

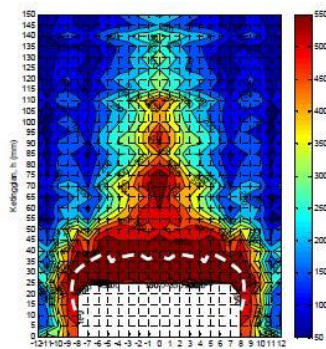
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Energi Panas Api

Energi panas adalah energi yang terdapat dalam benda-benda panas. Benda-benda tersebut pada umumnya terbakar sehingga menghasilkan panas. Misalnya saja dalam arti ini, Bumi dalam keadaannya di dalam bumi terdapat magma, dalam magma tersebut dapatlah diuraikan memiliki sifat panas, yang kemudian disebut dengan energi panas bumi. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa energi panas adalah Perpindahan panas dari suatu zat ke zat lain. Api terjadi dari reaksi pembakaran senyawa yang mengandung oksigen ( $O_2$ ). Jika suatu reaksi pembakaran kekurangan oksigen, maka efisiensi pembakaran berkurang dan menghasilkan suatu senyawa karbon seperti asap atau jelaga. Ketika suatu reaksi melepaskan elektron, maka terjadi pelepasan energi.

Hal ini juga terbukti dengan nilai entalpi energi reaksi pembakaran yang selalu negatif. Entalpi energi adalah jumlah energi dalam suatu sistem dengan tekanan tetap. Sebenarnya yang diukur adalah perubahan entalpi dalam suatu reaksi kimia, sedangkan entalpinya sendiri tidak dapat diukur. Faktor yang mempengaruhi warna nyala api adalah faktor fisika (yaitu suhu) dan faktor kimia (yaitu zat yang mengalami reaksi). Api merah umumnya bersuhu di bawah 1000 derajat celsius. Api biru, bersuhu lebih tinggi dari api merah, tapi masih di bawah 2000 derajat celcius. Kemudian api yang lebih panas, api putih yang bersuhu di atas 2000 derajat celcius. Api ini juga yang terdapat di dalam inti matahari. Api putih juga digunakan pada industri yang memproduksi material besi dan sejenisnya.



Gambar 2.1. Suhu Panas Api

Warna api juga dipengaruhi oleh zat yang mengalami reaksi pembakaran. Pada pembakaran sodium akan menghasilkan warna oranye, pembakaran stronsium klorida menghasilkan warna merah, pembakaran kalium nitrat menghasilkan warna ungu, pembakaran boron menghasilkan warna hijau, pembakaran tembaga menghasilkan warna biru, dan sebagainya

## 2.2 Hukum OHM dan Hukum Kirchoff

- 1) Hukum Ohm Jika sebuah penghantar atau resistansi atau hantaran dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial, atau Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan melintasi berbagai jenis bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut.

Secara matematis :

$$V = I.R \quad (2.1)$$

- 2) Hukum Kirchoff I / Kirchoff's *Current Law* (KCL) Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan atau node atau simpul samadengan arus yang meninggalkan percabangan atau node atau simpul, dengan kata lain jumlah aljabar semua arus yang memasuki sebuah percabangan atau node atau simpul samadengan nol. Secara matematis :
  - $\Sigma$  Arus pada satu titik percabangan = 0
  - $\Sigma$  Arus yang masuk percabangan =  $\Sigma$  Arus yang keluar percabangan

Dapat diilustrasikan bahwa arus yang mengalir sama dengan aliran sungai, dimana pada saat menemui percabangan maka aliran sungai tersebut akan terbagi sesuai proporsinya pada percabangan tersebut. Artinya bahwa aliran sungai akan terbagi sesuai dengan jumlah percabangan yang ada, dimana tentunya jumlah debit air yang masuk akan samadengan jumlah debit air yang keluar dari percabangan tersebut

- 3) Hukum Kirchoff II / Kirchoff's *Voltage Law* (KVL) Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup sama dengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai samadengan nol.

Secara matematis :

$$\Sigma V = 0 \quad (2.2)$$

- 4) Hubungan Seri dan Paralel Secara umum digolongkan menjadi 2 :
  1. Hubungan seri Jika salah satu terminal dari dua elemen tersambung, akibatnya arus yang lewat akan sama besar.

2. Hubungan paralel Jika semua terminal terhubung dengan elemen lain dan akibatnya tegangan diantaranya akan sama.

### 2.3 *Thermoelectric*

Pada tahun 1821, Thomas Johann *Seebeck* menemukan bahwa perbedaan atau *gradient termal* yang terbentuk di antara dua konduktor berbeda akan menghasilkan tegangan. Perbedaan temperatur pada sebuah material konduktor akan menyebabkan terjadinya aliran panas. Hal ini akan menyebabkan terjadinya perpindahan elektron juga. Jika suatu metal dalam sebuah rangkaian dipanaskan pada salah satu sisinya maka sisi ini akan menjadi aktif dan memiliki kecepatan transfer elektron yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi yang satunya. Hal ini akan menyebabkan timbulnya perbedaan potensial yang kemudian akan menghasilkan arus listrik. Fenomena inilah yang kemudian dikenal dengan efek *Seebeck* atau dikenal juga dengan efek termoelektrik.

Bila suatu semikonduktor tipe-p dan tipe-n terhubung dalam suatu rangkaian listrik dan terdapat beban dalam rangkaian tertutup tersebut, maka perbedaan suhu yang diterima pada kedua sisi *junction* dari dua semikonduktor tersebut, menyebabkan adanya arus listrik yang timbul sebagai akibat perpindahan *electron* dari sisi panas menuju sisi dingin jika dikenakan suatu beban dalam rangkaian listrik tersebut.

Lalu pada tahun 1834, Jean Charles Athanese Termoelektrik generator menemukan hal yang berekebalikan dari penemuan *Seebeck*. Termoelektrik generator menemukan bahwa jika arus listrik diberikan kepada rangkaian tertutup yang terdiri dari dua konduktor yang berbeda maka pada rangkaian tersebut akan terjadi penyerapan kalor pada satu sisi dan pelepasan kalor pada sisi yang lainnya.

Termoelektrik merupakan salah satu teknologi *solid state* di mana pada termoelektrik ini tidak ada bagian yang bergerak ataupun fluida yang mengalir dan *relative* lebih ramah lingkungan. Saat ini modul termoelektrik telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi sebagai pendingin termoelektrik atau lebih dikenal dengan TEC dengan memanfaatkan efek Termoelektrik generator dan sebagai generator termoelektrik atau biasa disebut sebagai TEG yang berfungsi sebagai pembangkit listrik dengan menerapkan efek *Seebeck*.

## 2.4 Thermoelektrik Generator

Komponen termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau dengan fungsi sebaliknya yaitu dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk memperoleh listrik komponen termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Prototipe yang dirancang akan menghasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis dan jumlah bahan yang digunakan. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika komponen termoelektrik di aliri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan diserap. Dengan demikian untuk mendinginkan udara, tidak perlu menggunakan kompresor pendingin seperti halnya mesin-mesin pendingin konvensional. Untuk keperluan pembangkit listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor ialah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah tipe-n dan tipe-p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Permasalahan untuk termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi [4].

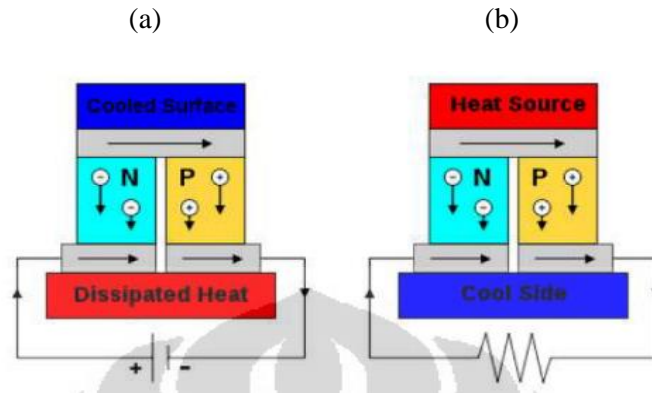
Pada dasarnya generator termoelektrik terdiri dari tiga komponen dasar menurut [5] yaitu :

- 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 jangkaun suhu, material termoelektrik yang dapat digunakan dapat berupa bahan *silicon germanium*, *lead telluride*, dan *bismuth telluride*.
- c. Sistem disipasi panas, yang mengatur transmisi panas melalui modul termoelektrik.

## 2.5 Prinsip Kerja Termoelektrik

Termoelektrik merupakan salah satu teknologi *solid state* di mana pada termoelektrik ini tidak ada bagian yang bergerak ataupun fluida yang mengalir dan relative lebih ramah lingkungan. Saat ini modul termoelektrik telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi sebagai pendingin termoelektrik atau lebih dikenal dengan TEC dengan memanfaatkan efek

Termoelektrik generator dan sebagai generator termoelektrik atau biasa disebut sebagai TEG yang berfungsi sebagai pembangkit listrik dengan menerapkan efek *Seebeck*. Pada Gambar 2.2 menunjukkan modul termoelektrik sebagai pendingin (a) dan sebagai generator termoelektrik (b).



Gambar 2.2 modul termoelektrik sebagai pendingin (a). modul termoelektrik sebagai generator (b).

Kinerja termoelektrik dapat diukur melalui *figure of merit* atau  $Z$  yang merupakan kombinasi dari sifat-sifat material termoelektrik. Sifat-sifat yang menandakan bahwa material termoelektrik tersebut baik adalah konduktivitas elektrik yang tinggi, koefisien *Seebeck* yang besar, dan konduktivitas termoelektrik yang rendah. Konduktivitas elektrik tinggi ditujukan untuk mengurangi pemanasan Joule, maksudnya untuk mengurangi peningkatan temperatur yang diakibatkan dari tahanan listrik ketika arus mengalir melaluinya. Sedangkan koefisien *Seebeck* yang besar akan memberikan konversi maksimal dari kalor menjadi energi listrik atau dari energi listrik menjadi kinerja pendinginan. Konduktivitas termal yang rendah bertujuan untuk mencegah terjadinya konduksi termal di sepanjang

Efisiensi maksimal dari modul termoelektrik sebagai pembangkit listrik (TEG) dapat dihitung dengan persamaan 2.2

$$E = \frac{I x V}{T_h} \times 100 \% \quad (2.3)$$

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (2.4)$$

Dimana :

$E$  = efisiensi modul termoelektrik generator

$T_h$  = Suhu panas

$T_c$  = Suhu dingin

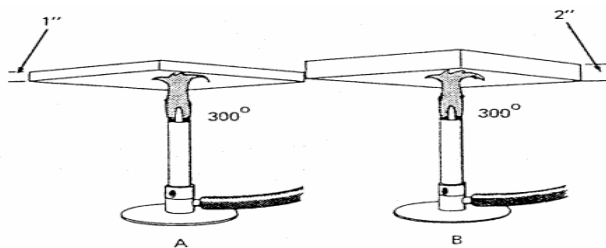
$\Delta T$  = Perbedaan suhu

## 2.6 Sistem konversi energi panas dengan Termoelektrik

Pada dasarnya perpindahan panas terjadi akibat adanya ketidakseimbangan (adanya perbedaan temperatur) termal. Proses perpindahan panas sebenarnya terjadi adalah sangat rumit dan memerlukan pengkajian yang cukup sulit. Oleh karena itu dilakukan berbagai cara penyederhanaan dalam peninjauan proses tersebut yaitu dengan jalan memperhatikan yang kurang berpengaruh terhadap proses keseluruhan. Dengan dasar penyederhanaan tersebut, maka mekanisme perpindahan panas dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu: konduksi, konveksi, dan radiasi.

### 1. Konduksi

Perpindahan panas konduksi, dimana proses perpindahan panas terjadi antara benda atau partikel-partikel yang berkontak langsung, melekat satu dengan yang lainnya, tidak ada pergerakan relative diantara benda-benda tersebut. Pemanasan salah satu ujungnya seperti terlihat pada 2.3. Ujung A menjadi naik temperaturnya walaupun yang dipanasi adalah ujung B dimana prinsip dan laju perpindahan panas konduksi ada pada persamaan berikut 2.4:



Gambar 2.3 perpindahan secara konduksi

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.5)$$

$$q_k = k \frac{A}{L} (T_1 - T_2) \quad (2.6)$$

Dimana:

$q_k$  = laju panas konduksi yang berpindah

$A$  = Luas penampang bidang

$L$  = Tebal dinding

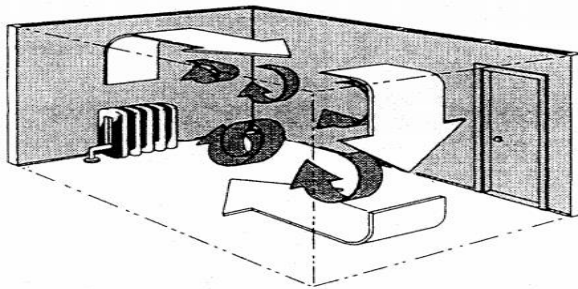
$k$  = konduktifitas bahan termal

$T$  = Temperatur

## 2. Konveksi

Perpindahan panas konveksi, dimana perpindahan panas terjadi diantara permukaan sebuah benda padat dengan fluida (cairan atau gas) yang mengalir menyentuh permukaan tadi [6].

Misalnya teko menjadi panas atau dingin akibat fluida panas atau dingin yang menggenang didalamnya yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dimana persamaan rumus laju perpindahan panas secara konveksi ditunjukkan pada 2.5



Gambar 2.4 Konveksi

$$Q_c = -h_c A \Delta T \quad (2.7)$$

$$Q_c = h_c A (T_w - T_f) \quad (2.8)$$

Dimana :

$Q_c$  = laju perpindahan panas konveksi (w)

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

$h_c$  = koefisien konveksi (W/m<sup>2</sup>c)

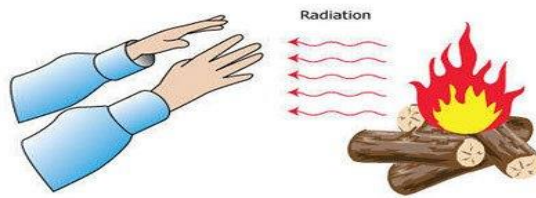
$T_w$  = Suhu permukaan dinding ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_f$  = suhu fluida ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 3. Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses perpindahan panas terjadi diantara dua permukaan yang terjadi tanpa adanya media perantara.

Misalnya saat kita menyalakan api unggun, dan tanpa menyentuh api tersebut tangan kita terasa hangat. Bisa dilihat pada Gambar 2.5 dimana persamaan rumus laju perpindahan panas radiasi ditunjukkan pada 2.6



Gambar 2.5 : perpindahan panas secara radiasi

$$Q_r = \epsilon \cdot \sigma \cdot A (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.9)$$

$$Q_r = \epsilon \cdot \sigma \cdot A (\Delta T^4) \quad (2.10)$$

Dimana :

$Q_r$  = laju perpindahan panas radiasi (w)

$A$  = luas pampang bidang ( $\text{m}^2$ )

$T$  = Temperatur (K)

$\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzman ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4$ )

$\epsilon$  = emisifitas bahan ( $0 < \epsilon < 1$ )

$\epsilon = 0$  (benda putih)  $\epsilon = 1$  (benda hitam)

Pada umumnya bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan sempurna (logam) merupakan penghantar yang baik juga untuk kalor dan sebaliknya. Berikut pada tabel 2.1 merupakan nilai konduktivitas termal berbagai zat.



**Tabel 2.1** Nilai konduktifitas termal berbagai zat [7].

No	Jenis zat (20°C)	Konduktifitas termal (°C)
1.	Aluminium	220
2.	Kuningan	110
3.	Tembaga	390
4	Timbal	35
5	Perak	410
6	Besi	80
7	Baja	46
8	Asbes	0,008
9	Beton	0,80
10	Gabus	0,17
11	Kaca	0,80
12	Kayu	0,08
13	Air	0,60
14	Es	1,70
15	Udara	0,024
16	Hydrogen	0,14
17	Oksigen	0,023

## 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 [8].

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. Tegangan itu disebut sebagai tegangan EMF (*Elektromotive Force*) dan ditunjukkan dengan rumus berikut:

$$V = (\alpha_{XY}) (T_h - T_c) \quad (2.11)$$

Dengan :

$V$  = Tegangan (V)

$\alpha_{XY}$  = Koefisien *Seebeck* material X dan Y (V/K)

$T_h$  = suhu termokopel panas ( $^{\circ}$ K)

$T_c$  = suhu termokopel dingin ( $^{\circ}$ K)

### 1. 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 [9]

### 2. 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  $419^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $906^{\circ}\text{C}$ . dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong element kering (kutub negative), batang-batang (elektroda) element galvani. Tahanan jenisnya  $0,12 \text{ ohmm}^3/\text{m}$ . dalam penjualan, seng sering kali dijual dalam bentuk pelat yang rata atau bergelombang, dan juga dalam bentuk kawat dan tuangan dalam bentuk balok [10].

### 3. 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. Dalam proses manufaktur produksi pembuatan kuningan ada 4 tahap yaitu :

- a. *Melting*
- b. *Hot Rolling*
- c. *Annealing and Cold Rolling*
- d. *Finish Rolling*

## 2.8 Efek Seebeck

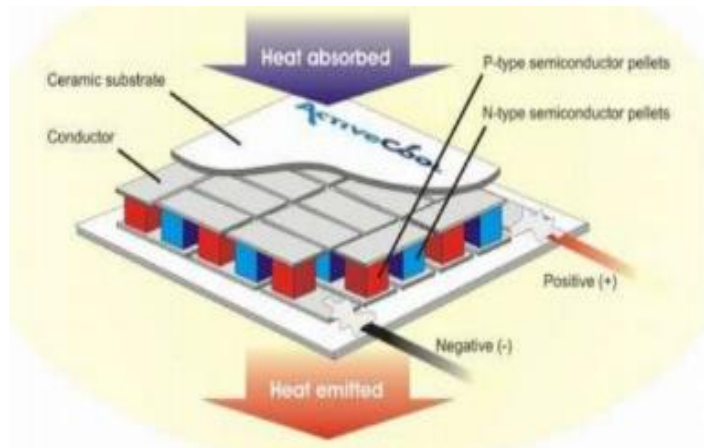
Efek *Seebeck* merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua buah bahan yang berbeda kemudian ujungnya di sambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan ini, maka akan terjadi arus listrik. Prinsip ini lah yang digunakan termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik). Setiap bahan memiliki koefisien *Seebeck* yang berbeda-beda. Semakin besar koefisien *Seebeck* ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah menjadi tegangan listrik.

## 2.9 Cara Kerja Element Termoelektrik Generator

Suatu elemen Termoelektrik generator memiliki dua sisi dimana satu sisi bertindak sebagai bagian panas dan sisi lainnya bertindak sebagai bagian dingin. Berikut cara kerja element termoelektrik generator:

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

Cara kerja elemen termoelektrik generator ditunjukkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Cara kerja element Termoelektrik generator

Berikut menunjukkan Gambar element termoelektrik generator, pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Termoelectrik generator

Spesifikasi bagian termoelektrik generator **TEG SP1848** dijelaskan pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 spesifikasi bagian termoelektrik generator **TEG SP1848**

Ukuran	40 x 40 x 3.9mm
I max	2 A
V max	12 V
W max	24 W
Resistance	1.7 Ohm
Thermocouples	127
Suhu max	200 °C
Suhu min	-50 °C

### 2.10 Sensor suhu Thermometer digital.

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu (temperatur), ataupun perubahan suhu. Istilah termometer berasal dari bahasa Latin *thermo* yang berarti panas dan meter yang berarti untuk mengukur. Prinsip kerja termometer ada bermacam-macam, yang paling umum digunakan adalah termometer air raksa. pada penelitian kali ini berencana menggunakan alat ukur sensor suhu thermometer digital.

#### 1. Jenis thermometer digital

Seiring dengan perkembangan teknologi maka diciptakanlah termometer digital yang prinsip kerjanya sama dengan termometer yang lainnya yaitu pemuaian. Pada termometer digital menggunakan logam sebagai sensor suhunya yang kemudian memuai dan pemuaiannya ini diterjemahkan oleh rangkaian elektronik dan ditampilkan dalam bentuk angka yang langsung bisa dibaca. Gambar sensor suhu thermometer digital ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 thermometer digital

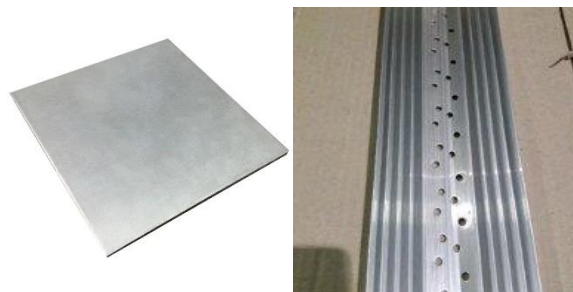
Spesifikasi kinerja thermometer digital dijelaskan pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 spesifikasi kinerja thermometer digital.

No	Spesifikasi	Nilai
1	Batas pengukuran	-50°C sd 110C
2	Ketelitian	0,1°C
3	Tipe sensor	NTC (10k/3435)
4	Tegangan kerja	1.5 V
5	Arus kerja	4 mA
6	Ukuran	4,8 x 2,8 x 1,5cm
7	Power	2 Batrai tipe AG13
8	Panjang kabel sensor	1 meter

### 2.11 Heatsink

*Heatsink* adalah logam dengan design khusus yang terbuat dari alumunium atau tembaga (bisa merupakan kombinasi kedua material tersebut yang berfungsi untuk memperluas transfer panas. Biasanya terbuat dari aluminium dan dapat dipadukan dengan pemakaian fan pada heatsink untuk mengoptimalkan penyerapan panas yaitu dengan mengalirkan panas dari heatsink ke luar. Aluminium memiliki tingkat konduktivitas dibawah tembaga sehingga penyerapannya kurang sempurna, tetapi memiliki kemampuan terbalik dengan tembaga yaitu memiliki kemampuan melepas atau mengurai panas dengan baik tetapi bahan aluminium kurang baik dalam penyerapan panas dan memiliki harga yang lebih rendah dengan berat yang ringan.

Gambar 2.9. *Heatsink*

## 2.12 Volt Amperemeter

Voltmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran tegangan atau beda potensial listrik antara dua titik pada suatu rangkaian listrik yang dialiri arus listrik. Pada alat ukur voltmeter ini biasanya ditemukan tulisan voltmeter (V), milivoltmeter (mV), mikrovoltmeter, dan kilovolt (kV). Sekarang ini, voltmeter ditemukan dalam dua jenis yaitu voltmeter analog (jarum penunjuk) dan voltmeter digital. Voltmeter memiliki batas ukur tertentu, yakni nilai tegangan maksimum yang dapat diukur oleh voltmeter tersebut. Jika tegangan yang diukur oleh voltmeter melebihi batas ukurnya, voltmeter akan rusak.



Gambar 2.10. Modul Voltmeter dan Amperemeter

Amperemeter adalah alat ukur arus listrik yang digunakan untuk mengukur besarnya kuat arus listrik yang terdapat dalam sebuah rangkaian tertutup. Amperemeter terdiri dari sebuah galvanometer yang terdiri atas arus, sebuah magnet, sebuah kumparan kawat, sebuah pegas spiral, sebuah jarum penunjuk, dan sebuah skala kalibrasi. Sebuah amperemeter mempunyai batas ukur tertentu. Agar amperemeter dapat digunakan untuk mengukur kuat arus yang lebih besar daripada batas ukurnya, maka harus ditambahkan suatu hambatan yang dipasang paralel dengan amperemeter yang disebut hambatan Shunt.

Amperemeter bisa dibuat atas susunan mikroamperemeter dan shunt yang fungsinya yaitu untuk deteksi arus pada rangkaian baik arus yang kecil, sedangkan untuk arus yang besar ditambahkan dengan menggunakan hambatan shunt. Kinerja Amperemeter sesuai dengan gaya Lorentz gaya magnetis. Arus yang mengalir pada kumparan yang diselubungi dengan

medan magnet akan menimbulkan sebuah gaya lorentz yang bisa menggerakkan jarum yang terdapat dalam amperemeter. Jika arus sumber yang mengalir semakin bertambah besar maka semakin besar pula simpangannya. Amperemeter yang ideal yaitu amperemeter yang mempunyai hambatan dalam yang sangat kecil, sehingga kuat arus yang terukur oleh amperemeter sama dengan kuat arus yang melewati rangkaian. Amperemeter mempunyai batas ukur tertentu, tetapi dalam penggunaannya batas ukur tersebut bisa diperbesar dengan merangkainya secara paralel bersama resistansi yang disebut dengan  $R_{sh}$  (resistansi shunt).

### 2.13 Accu kering GT6A

Accu kering adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (Proses Pengisian), pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam sel. Tiap sel baterai terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan yaitu elektroda positif dan elektroda negative yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia.

Tabel 2.4 Spesifikasi Accu

Nama :	GT6A
Produksi :	PT GS Battery
Tipe :	Aki Kering
Dimensi :	120mm (p) x 59 mm (l) x 131 mm (t)
Tegangan :	12 V
Kapasitas :	5 Ah

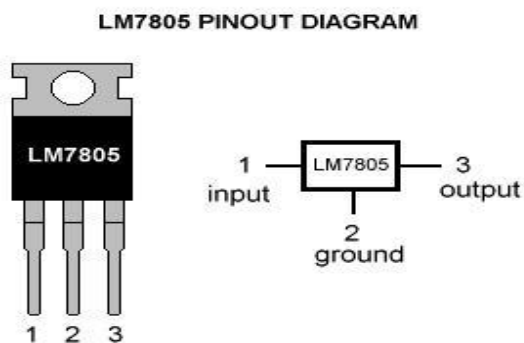




Gambar 2.11. Accu kering

### 2.14 Regulator Tegangan

Regulator tegangan adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan pada nominal tertentu. Regulator tegangan memiliki tiga buah terminal yaitu terminal *input* ( $V_{in}$ ) yang terhubung ke sumber, terminal *output* ( $V_{out}$ ) yang dihubungkan ke beban dan terminal *ground* ( $GND$ ) yang terhubung ke *ground*. Bentuk regulator IC7805 pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Regulator Tegangan

Tabel 2.5 Spesifikasi fungsi Pin IC regulator 7805

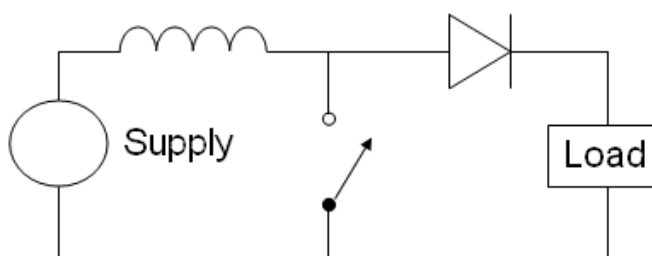
Pin No	Fungsi	Nama
1	Input Voltage DC (5V-18V)	Input
2	Ground (0V)	Ground
3	Regulator output; 5V (4.8V-5.2V)	Output

Sesuai dengan fungsinya komponen ini biasanya digunakan untuk menstabilkan atau menurunkan suatu nominal tegangan menjadi nominal tegangan tertentu tanpa dipengaruhi oleh tegangan *input* yaitu stabil output tegangan  $\pm 5$  Volt DC

regulator yang umum digunakan pada rangkaian elektronika adalah IC LM7805, LM7809 dan LM7812 pemasangannya disesuaikan dengan kebutuhan [11].

### 2.15 Boost Converter

*Boost Converter* adalah sebuah teknik *Power supply switching Step-Up* yang merupakan konverter daya dari DC ke DC dengan tegangan output lebih besar dari tegangan input. Ini merupakan teknik switched-mode power supply (SMPS) yang mengandung setidaknya dua semikonduktor *switching* (dioda dan transistor) dan setidaknya satu elemen penyimpanan energi seperti kapasitor, induktor, atau kombinasinya. Filter biasanya terbuat dari kapasitor (namun kadang-kadang berada dalam kombinasi dengan inductor juga) biasanya ditambahkan untuk output konverter sehingga dapat mengurangi riak tegangan output.



Gambar 2.13 Skematik dasar Boos converter

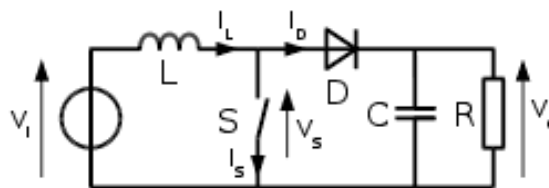


Gambar 2.14 *Boost Converter*

Dalam boost konverter , tegangan output selalu lebih tinggi dari tegangan input . Prinsip dasar dari sebuah Boost converter terdiri dari 2 kondisi yang berbeda :

1. Bila saklar ditutup , arus mengalir melalui induktor searah jarum jam dan induktor menyimpan energi . Polaritas dari sisi kiri induktor adalah positif. Ketika saklar di On, saklar S (lihat gambar diatas) ditutup, maka akan mengakibatkan terjadinya peningkatan arus induktor.

2. Ketika saklar dibuka , arus akan berkurang sebagai impedansi lebih tinggi . Oleh karena itu , perubahan atau pengurangan saat ini akan ditahan oleh induktor. Dengan demikian polaritas akan terbalik ( berarti sisi kiri induktor akan negatif sekarang ) . Akibatnya dua sumber akan dalam seri menyebabkan tegangan yang lebih tinggi untuk mengisi kapasitor melalui dioda D. maka ketika saklar Off-negara, saklar terbuka dan satu-satunya jalan yang ditawarkan untuk arus induktor adalah melalui flyback dioda D, kapasitor C dan beban R. Ini hasil dalam mentransfer energi yang terakumulasi selama On-negara menjadi kapasitor. Arus input sama dengan arus induktor seperti dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Boost converter* saklar terbuka

Jika saklar buka-tutup dengan cukup cepat, maka induktor tidak akan sepenuhnya kosong ketika masa pengisian dan pengurangan energi.

Maka dengan hal ini beban akan melihat tegangan akan selalu lebih besar daripada sumber tegangan input ketika sakelar dibuka. Dan ketika sakelar dibuka kapasitor secara paralel dengan beban, maka kapasitor akan menyuplai energi ke beban dengan kombinasi energi dari input sehingga energi total menjadi berlipat-lipat energi semula. Ketika sakelar ditutup maka akan terjadi korsleting sehingga sisi kanan akan kekurangan energi, namun pada waktu ini energi akan di supply oleh kapasitor. Maka pada waktu tersebut kapasitor itu mampu memberikan tegangan dan energi ke beban. Selama waktu ini, dioda akan mencegah energi dari kapasitor untuk keluar melalui saklar . Saklar tentu saja harus dibuka dengan sangat cepat untuk mencegah energi kapasitor keluar terlalu banyak.