

**PEMBUATAN PROTOTIPE PEMBANGKIT ENERGI  
LISTRIK MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK**



**KRISTAN GANDEWA MURDHA  
5115111693**

Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Memperoleh  
Gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELKETRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2017**

## ABSTRAK

### Kristan Gandewa Murdha . **Pembuatan Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Termoelektrik .**

Dosen Pembimbing, Dr Suyitno M.Pd, Imam Arif Raharjo S.Pd.,MT.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat prototipe pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik dan untuk mengetahui besar energi listrik yang di hasilkan pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik. Dengan menggunakan sepuluh elemen peltier, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk menghidupkan peralatan listrik

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanik Universitas Negeri Jakarta jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik. Penelitian ini dilaksanakan selama beberapa hari. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan mengujinya pada beberapa peralatan yang membuang panas di antaranya tungku pemanas, panas matahari dan kendaraan bermotor, peneliti menganalisa pengaruh kalor yang diserap oleh prototipe ini terhadap besar energi yang dihasilkan.

Hasil pengamatan penerapan prototipe pada tungku pemanas dengan  $\Delta T$   $38^{\circ}\text{C}$  kalor yang diserap sebesar  $4282 \text{ W/m}^2$  menghasilkan daya listrik sebesar 63watt dengan efisiensi 36,84%, penerapan dengan menggunakan cahaya matahari dengan  $\Delta T$   $22^{\circ}\text{C}$  prototipe ini dapat menyerap kalor dengan kelajuan  $1744,6 \text{ W/m}^2$  menghasilkan daya listrik sebesar 4 watt dengan efisiensi 5,73 %, dan penerapan pada kendaraan bermotor dengan  $\Delta T$   $52^{\circ}\text{C}$  kalor yang diserap  $4123,6 \text{ W/m}^2$  dan menghasilkan daya listrik sebesar 43 watt dengan efisiensi 26,07%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa prototipe ini hanya dapat digunakan untuk membangkitkan peralatan listrik yang membutuhkan daya listrik rendah seperti kipas angin 12watt, lampu 10 watt dan peralatan listrik yang kurang dari 63 watt

Kata kunci : Pembangkit, Termoelektrik, Energi Listrik

## **ABSTRACT**

Kristan Gandewa Murdha. ***Creating Prototye Generating Electrical Energy using Thermoelectrik***

Adviser : Dr Suyitno, M.Pd. and Imam Arif Raharjo S.Pd.,MT.

*The purpose of this research is creating prototype generating electrical energy using thermoelectrik knowing power electrical energy resulting form Generating Electrical Energy using Thermoelectrik. This generating electrical using ten peltier element, this research expected to bigger power electrical energy for turn on electrical equipment.*

*This research was done at mechanical laboratory in State University of Jakarta Faculty Engineering majoring in Electrical Engeneering. This research held for several days this research using experiment method that is with test with some equipment throw heat including furnance heating, lightning sun and motor vehicle researcher analizing calor effect absorbed of prototype to great energy of generated.*

*The result of application prototype on furnance heating heat with  $\Delta T$  38°C is absorbed as big 4282 W/m<sup>2</sup> and produce electricity energy 63watt with efficiency 36,84%, application of lightning sun with  $\Delta T$  22°C this prototype absorbed heat with footed 1744,6 W/m<sup>2</sup> and produce 4watt electricity power with efficiency 5,73% , application on motor vehicle with  $\Delta T$  52°C heat absorbed is 4123,6 W/m<sup>2</sup> and produce 43watt with efficiency 26,07% electricyti power. So it can be concluded that using for turn on electrical equipment with small power as aexample fan 12watt , lamp1 watt and all equipment less then 63 watt electrical energy.*

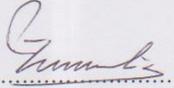
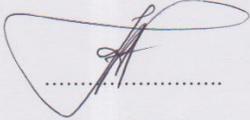
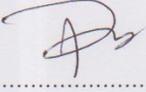
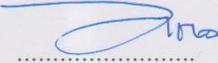
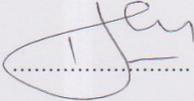
*Keyword: generating, thermoelectrick and electrical energy*

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN PROTOTIPE PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK  
MENGUNAKAN TERMOELEKTRIK

KRISTAN GANDEWA MURDHA/5115111693

PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Drs. Purwanto G., M.T</u> (Ketua Penguji)		11.01.2017
<u>Massus Subekti., M.T</u> (Sekretaris)		12.12.16
<u>Muhammad Rifan, M.T</u> (Dosen Ahli)		27.01.17
<u>Dr. Suyitno M, M.Pd</u> (Dosen Pembimbing I)		02.02.17
<u>Imam Arif Raharjo S.Pd.,MT</u> (Dosen Pembimbing II)		07.02.17

Tanggal Lulus :

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini peneliti menyatakan bahwa:

1. Karya tulis skripsi peneliti adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis Pembuatan Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Termoelektrik ini adalah gagasan, rumusan dan penelitian peneliti dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis Pembuatan Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Termoelektrik tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini peneliti buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka peneliti bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis Pembuatan Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Peltier ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 29 Desember 2016

Y  
METERAI  
TEMPEL  
D9E35AEF644786161 yataan,

6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
Kristan Gandewa Murdha  
5115111693

## KATA PENGANTAR

Saya panjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, atas berkat petunjuk dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi Penelitian dengan judul “**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK**” sebagai tugas yang wajib dikerjakan dalam rangka memenuhi kriteria penilaian akhir jika ingin lulus dari kuliah skripsi. Selain itu, skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk lulus dalam akademik perkuliahan. Meskipun terkadang ada saja kendala dalam proses pengerjaannya, tetapi Alhamdulillah berhasil melampauinya dengan baik.

Dalam merencanakan, menyusun, dan menyelesaikan penulisan skripsi penelitian ini, saya banyak menerima bantuan, bimbingan, dan motivasi serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya bermaksud mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Massus Subekti S.Pd.,MT. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Suyitno, M.Pd. selaku Pembimbing Skripsi 1
3. Bapak Imam Arif Raharjo, S.Pd.,MT. selaku Pembimbing Skripsi 2
4. Rekan – rekan Mahasiswa Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, selaku teman dan sahabat yang selalu memberikan motivasi kepada kami.

5. Serta semua pihak yang belum penulis sebutkan dalam membantu pelaksanaan dan pembuatan laporan kerja praktek ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Tujuan pembuatan skripsi penelitian ini tentunya adalah agar saya mengerti dan memahami tentang pembahasan dari penelitian ini dan sejauh mana penelitian ini bisa saya teliti. Karena itu, saya berharap semoga skripsi penelitian ini dapat menjadi sesuatu yang berguna bagi kita bersama.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa skripsi penelitian ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, setiap kritik dan saran yang anda berikan sangat bermanfaat untuk sempurnanya skripsi penelitian ini dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembacanya.

Jakarta, 29 Desember 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	3
1.3. Pembatasan Masalah .....	4
1.4. Perumusan Masalah .....	4
1.5. Tujuan Penelitian .....	5
1.6. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Deskripsi Konseptual .....	6
2.1.1. Prototipe .....	6
2.1.2. Pembangkit Energi Listrik .....	6
2.1.3. Dasar Konversi Energi .....	7
2.1.4. Kalor .....	10
2.1.5. Perpindahan Panas .....	10
2.1.6. Termoelektrik .....	13

2.1.7. Modul Termoelektrik .....	15
2.1.8. Air (radiator) .....	22
2.1.9. Arus .....	23
2.1.10. Tegangan .....	24
2.1.11. Daya .....	25
2.2. Kerangka Konseptual .....	25
2.3. Penelitian yang Relevan .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	33
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	34
3.3. Diagram Alir Penelitian .....	37
3.3.1. Rancangan mekanik .....	38
3.3.2. Perencanaan Rangkaian Heatsink .....	39
3.3.4. Rangkain Seri pada Komponen Peltier .....	40
3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data.....	41
3.4.1. Pengujian Rangkaian Heatsink .....	41
3.4.2. Pengujian Alat.....	42
3.4.2.1. Pengujian Pada Tungku Pemanas .....	42
3.4.2.2. Pengujian dengan Panas Matahari .....	43
3.4.2.3. Pengujian Alat Pada Kendaraan Bermotor .....	44
3.5 Teknik Analisis Data.....	45
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>46</b>
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian .....	46
4.2. Analisis Data Penelitian .....	48
4.2.1. Hasil Pengujian Pada Heatsink .....	48
4.2.2. Hasil Pengujian Pada Tungku Pemanas .....	50
4.2.3. Hasil Pengujian Dengan Panas Matahari .....	54
4.2.4. Hasil Pengujian Pada Kendaraan Bermotor .....	57
4.2.5. Perhitungan Efisiensi .....	61
4.3. Pembahasan.....	65

4.4. Aplikasi Hasil Penelitian.....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>68</b>
5.1. Kesimpulan .....	67
5.2. Saran.....	68
Daftar Pustaka .....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul Termoelektri .....	15
Gambar 2.2. Skema Kerja Termoelektrik sederhana .....	20
Gambar 2.3. Grafik sifat – sifat beberapa jenis material termoelektrik .....	22
Gambar 2.4. Diagram Blok Pembangkit Tenaga Listrik Termoelektrik.....	28
Gambar 2.5. Skema Rangkaian alat .....	29
Gambar 2.6. Desain Rangkaian Peltier .....	30
Gambar 2.7. Desain Rangkaian alat.....	31
Gambar 3.1. diagram alir pembuatan pembangkit energi listrik termoelektrik ....	37
Gambar 3.2 Desain Rancangan Pembangkit Energi listrik menggunakan termoelektrik .....	38
Gambar 3.3. Rangkaian Heatsink Panas dan Dingin .....	39
Gambar 3.4. Rangkaian Seri Komponen Peltier .....	40
Gambar 3.5. pengujian alat pada tungku pemanas.....	42
Gambar 3.6. Pengujian alat pada panas matahari .....	43
Gambar 3.7. Pengujian alat pada mesin kendaraan bermotor.....	44
Gambar 4.1. Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Peltier .....	47
Gambar 4.2. Rangkaian Heatsink.....	48
Gambar 4.3. Grafik laju perpindahan panas pada tungku pemanas .....	53
Gambar 4.4. Grafik Laju perpindahan kalor dengan panas matahari .....	56
Gambar 4.5. Grafik laju perpindahan panas pada kendaraan bermotor .....	59
Gambar 4.6. Pengukuran Suhu Pada Alat.....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi alat .....	30
Tabel 3.1. Waktu penelitian .....	33
Tabel 3.2. Pengujian Rangkaian Heatsink .....	41
Tabel 3.3 Pengujian Alat Pada Tungku Pemanas. ....	42
Tabel 3.4 Pengujian Alat dengan Panas Matahari .....	43
Tabel 3.5 Pengujian Alat pada Kendaraan Bermotor.....	44
Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran .....	47
Tabel 4.2. Data Pengukuran suhu pada Heatsink.....	49
Tabel 4.3. Perhitungan Laju Kalor Dengan Panas Matahari.....	49
Tabel 4.4. Perhitungan Laju Kalor Dengan Tungku Pemanas.....	50
Tabel 4.5. Perhitungan Laju Kalor Dengan Kendaraan Bermotor .....	50
Tabel 4.5. Data pengukuran pada tungku pemanas.....	51
Tabel 4.7. data pengukuran dengan panas matahari .....	54
Tabel 4.8. Data pengukuran pada kendaraan bermotor.....	58
Tabel 4.9. Daya Hasil Pengukuran.....	62

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Energi listrik adalah energi yang dibutuhkan oleh manusia pada era sekarang dan kebutuhan energi terus meningkat tiap tahunnya kebutuhan energi ini sudah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat sekarang. Energi listrik kini merupakan landasan bagi kehidupan modern dan tersedianya dalam jumlah dan mutu yang cukup menjadi syarat bagi masyarakat yang memiliki taraf kehidupan yang baik dan perkembangan industri yang maju (Kadir Abdul,1996: 3). Di Indonesia sendiri energi listrik dapat dipenuhi dari berbagai sumber energi, sumber energi tersebut dikelompokkan menjadi tiga macam energi yaitu energi tak terbarukan, energi terbarukan dan energi alternatif.

Negara Indonesia dengan sumber energi yang paling sering digunakan adalah energi tak terbarukan. Energi tak terbarukan adalah energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang waktu pembentukannya sampai jutaan tahun. Dikatakan tak terbarukan karena, apabila sejumlah sumbernya dieksploitasikan, maka untuk mengganti sumber sejenis dengan jumlah sama, baru mungkin atau belum pasti akan terjadi jutaan tahun yang akan datang. Hal ini karena, disamping waktu terbentuknya yang sangat lama, cara terbentuknya lingkungan tempat terkumpul bahan dasar sumber energi inipun tergantung dari proses dan keadaan geologi saat itu. Contoh dari Energi tak terbarukan yang sangat dikenal, yaitu minyak bumi. Dari cara

terbentuknya, Minyak bumi atau minyak mentah merupakan senyawa hidrokarbon yang berasal dari sisa-sisa kehidupan purbakala (fosil), baik berupa hewan, maupun tumbuhan. Seiring berjalannya waktu ketersediaan energi tak terbarukan semakin bergukarang dan menipis hal ini merupakan problematika yang harus diselesaikan oleh masyarakat pada era sekarang

Energi terbarukan yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air proses biologi, dan panas bumi. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia banyak penggunaan energi terbarukan untuk memenuhi hal tersebut namun hal tersebut membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang cukup lama untuk menggunakan energi tak terbarukan tersebut.

Energi alternatif adalah istilah yang merujuk kepada semua energi yang dapat digunakan yang bertujuan untuk menggantikan bahan bakar konvensional tanpa akibat yang tidak diharapkan dari hal tersebut. Istilah "alternatif" merujuk kepada suatu teknologi selain teknologi yang digunakan pada bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi. Teknologi alternatif yang digunakan untuk menghasilkan energi dengan mengatasi masalah dan tidak menghasilkan masalah seperti penggunaan bahan bakar fosil.

Dari masalah diatas maka perlu dikembangkan sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut. Maka dari itu peneliti ingin mengembangkan lebih lanjut tentang salah satu energi alternatif yaitu pembangkit listrik yang memanfaatkan perbedaan suhu atau dikenal dengan *thermoelectric*.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan dan informasi dari berbagai sumber, penulis mengidentifikasi beberapa permasalahan yang ditemukan pada latar belakang, diantaranya sebagai berikut :

1. Indonesia merupakan Negara berkembang dengan perkembangan industri serta peralatan listrik yang membutuhkan konsumsi listrik, sehingga kebutuhan energi listrik terus meningkat.
2. Indonesia merupakan Negara yang menggunakan energi listrik dengan memanfaatkan sumber daya tak terbarukan, namun semakin sering digunakan sumber daya tak terbarukan akan semakin menipis.
3. Untuk memperkecil penipisan sumberdaya tak terbarukan banyak dibangun sumber energi dengan menggunakan sumberdaya terbarukan, akan tetapi memakan waktu yang lama dan biaya yang tinggi.
4. Sebagai pengganti energi konvensional banyak dikembangkan teknologi sumber energi alternatif, namun pemanfaatannya belum maksimal dan daya yang di hasilkan masih relatif kecil
5. Untuk mengembangkan potensi energi alternatif dikembangkan pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan bahan semi konduktor sebagai anoda dan katoda. Berdasarkan teori efek seebeck yaitu memanfaatkan aliran elektron yang ada pada bahan semikonduktor tersebut dengan memberikan temperatur yang berbeda pada tiap ujung bahan semikonduktor tersebut.

### 1.3. Pembatasan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang masalah di atas, maka penelitian akan dibatasi pada:

1. Pembangkit ini menggunakan komponen peltier dengan ukuran 40mm x 40mm x 4mm tegangan 12V DC dan arus 6A
2. Pembangkit energi listrik ini menggunakan 10 elemen peltier yang dirangkai secara parallel untuk mendapatkan daya  $\geq 60$  watt untuk menghidupkan peralatan listrik dengan daya  $\leq 60$  watt
3. Aplikasi dari pembangkit ini dengan memanfaatkan panas dari tungku pemanas mie ayam dengan suhu 121 °C, *body* mesin sepeda motor 150cc dengan suhu 102 °C dan panas matahari
4. Air dalam plastik yang di gunakan sebagai radiator
5. *Heatsink* aluminium yang digunakan dengan ukuran 26cm x 10cm x 4 cm sehingga dapat menampung sebanyak 10 unit peltier.

### 1.4. Perumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang dan batasan masalah di atas, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

“ Bagaimana cara membuat prototipe pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik ? “

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan membuat pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan termoelektrik
2. Mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik

### **1.6. Manfaat Penelitian**

Kegunaan yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat mengembangkan potensi energi alternatif dari elemen pendingin peltier memanfaatkan panas buang dari berbagai perangkat, sehingga kita dapat memanfaatkannya untuk keperluan sehari-hari.
2. Menghasilkan energi listrik untuk kebutuhan energi listrik yang kecil dan memperingan tanggungan beban sumber dari PLN.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Deskripsi Konseptual**

##### **2.1.1. Prototipe**

Prototype adalah bentuk fisik pertama dari satu objek yang direncanakan dibuat dalam satu proses produksi, mewakili bentuk dan dimensi dari objek yang diwakilinya dan digunakan untuk objek penelitian dan pengembangan lebih lanjut.

Kriteria dari prototipe adalah sebagai berikut :

1. Bentuk awal dari objek yang akan diproduksi dalam jumlah banyak
2. Prototipe dibuat berdasarkan pesanan untuk tujuan komersialisasi
3. Belum pernah dibuat sebelumnya
4. Merupakan hasil penelitian dan pengembangan dari objek atau sistem yang direncanakan akan dibuat
5. Mudah dipahami dan dianalisis untuk pengembangan lebih lanjut.

##### **2.1.2. Pembangkit Energi Listrik**

Ditinjau dari segi kamus bahasa Indonesia, yang dimaksud pembangkit adalah sesuatu yang membangkitkan atau alat untuk membangkitkan sesuatu. Sedangkan pernyataan hukum pertama termodinamika tentang kekekalan energi, energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi bersifat kekal. Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversi dari bentuk energi

yang satu ke bentuk energi yang lain (Paul Tipler, 1998:61). Sedangkan energi menurut purwadarminta, energi adalah tenaga atau gaya untuk berbuat sesuatu (Suyitno, 2011:10).

Albert Einstein membuat hipotesis bahwa energi sebenarnya dihubungkan dengan persamaan berikut :

$$E=mc^2 \quad (2.1)$$

Dimana  $E$  adalah energi yang dilepaskan, dalam joule,  $m$  adalah masa sebenarnya dalam kilogram, yang dikonversi menjadi energi, dan  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/det).

Dengan demikian dalam suatu sistem tenaga listrik yang dimaksud pembangkit tenaga listrik ialah suatu alat/peralatan yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara mengubah energi potensial menjadi tenaga mekanik, selanjutnya menjadi tenaga listrik. Istilah lain yang dipakai untuk menyebut pembangkit tenaga listrik ialah pusat tenaga listrik.

Untuk mendapatkan energi listrik dapat memanfaatkan bermacam-macam sumber energi, misalnya tenaga air, tenaga angin, bahan bakar fosil, dan bahan bakar nuklir.

### **2.1.3. Dasar Konversi Energi**

Sumber-sumber energi sebenarnya bisa dikelompokkan dalam dua kategori secara umum. Energi *celestial* dan energi modal (Archive W.Clup,1996:3). Pertama,

yaitu energi *celestial* atau energi perolehan yakni energi yang mencapai bumi dari luar angkasa. Energi yang termasuk energi *celestial* adalah energi surya. Kelebihan energi ini adalah tak pernah habis dan bebas polusi. Sedangkan kedua adalah energi modal, yaitu energi yang sudah ada sejak lama ada di dalam bumi. Dan energi yang termasuk di dalamnya adalah energi atom serta energi geothermal.

Pengklasifikasian produksi energi dibagi menjadi tiga macam menurut sumber produksi energinya. Pertama adalah produksi energi termal, kedua produksi energi mekanis dan ketiga adalah produksi energi listrik (Archive W.Clup,1996:6). Untuk lebih jelasnya kita akan membahas satu persatu dari energi produksi tersebut.

#### 1. Produksi energi termal

Energi termal merupakan bentuk dasar dari energi. Artinya semua bentuk energi dapat di konversikan ke bentuk energi termal dapat dilakukan dengan sempurna (Archive W.Clup,1996:6). Dan produksi energi termal ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu :

- a. Konversi energi mekanik
- b. Konversi energi elektromagnetik
- c. Konversi energi listrik
- d. Konversi energi kimia

#### 2. Produksi energi mekanis

Energi mekanis adalah salah satu energi yang paling diinginkan karena energi mekanis dapat dikonversikan menjadi energi panas dengan efisiensi yang tinggi atau

menjadi energi listrik dengan efisiensi yang lebih tinggi (Archive W.Clup,1996:7).

Ada beberapa cara produksi energi mekanis dari proses konversi energi, yaitu:

- a. Konversi energi panas
  - b. Konversi energi elektromekanis
3. Produksi energi listrik

Energi listrik adalah energi yang paling mudah untuk dikonversikan ke beberapa bentuk energi. Selain itu energi listrik dapat dihasilkan langsung dari bentuk energi yang lain tanpa harus melewati bentuk perantara energi lainnya. Maka dari itulah energi listrik sering disebut sebagai *direct energy converter* (Archive W.Clup,1996:8).

Terdapat banyak aplikasi konversi yang dapat dilakukan untuk produksi energi listrik, contohnya yaitu:

- a. Konversi energi termal menjadi energi listrik. Proses konversi energi yang potensial sekali yang salah satu pemanfaatannya dengan menggunakan termoelektrik.
- b. Konversi energi kimia menjadi energi listrik.
- c. Konversi energi elektromagnetik menjadi energi listrik.
- d. Konversi energi mekanis menjadi listrik

#### 2.1.4. Kalor

Kalor adalah perpindahan energi internal. Kalor ini mengalir dari suatu sistem ke sistem lain karena ada perbedaan temperature (Mark W.Zemansky, 1986: 83).

$$Q = \int_{t_2}^{t_1} Q dt \quad (2.2)$$

Kuantitas yang diketahui selama proses berlangsung ialah laju aliran  $Q$  yang merupakan fungsi waktu yang hanya bisa ditentukan bila  $t_2-t_1$  telah berlalu.

#### 2.1.5. Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut (Frank Kreith, 1997:4). Dapat dikatakan juga perpindahan panas itu terjadi karena berpindahnya panas dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah.

Perpindahan panas pada umumnya mengenal tiga cara pemindahan panas yang berbeda, yaitu : konduksi, radiasi dan konveksi. Masing-masing cara perpindahan panas ini akan diuraikan satu persatu agar lebih jelasnya.

##### 1. Konduksi

Proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam satuan medium (padat, cair dan gas) atau antara medium-medium berlainan yang bersinggungan secara langsung (Frank Kreith, 1997:4).

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (2.3)$$

Persamaan di atas dinyatakan pertama kali pada tahun 1822 oleh Fourir, dimana  $q$ , adalah laju perpindahan panas dalam arah  $x$ , dalam watt ;  $A$  adalah luas daerah yang normal (tegak lurus) terhadap arah aliran panas, dalam  $m^2$  ;  $dT/dx$  adalah gradient temperatur dalam arah  $x$ , dalam K/m; dan  $k$  adalah konduktivitas termal dalam W/(m.K) (James R.Welty, 2004:2).

## 2. Radiasi

Proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu renda bila benda-benda itu terpisah dalam ruang, bahkan bila terdapat dalam ruang hampa di antara benda-benda tersebut (Frank Kreith, 1997:5). Perpindahan panas radiasi tidak membutuhkan medium propaganda yang bahkan akan maksimum pada ruang hampa.

## 3. Konveksi

Proses *transport* energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, menyimpan energi dan gerakan mencampur (Frank Kreith, 1997:5). Perpindahan panas yang disebabkan karena adanya pertukaran energi antara satu permukaan dengan fluida didekatnya. Persamaan perpindahan panas konvektif ini pertamakali dinyatakan oleh Newton pada tahun 1701 tentang pendinginan (James R.Welty, 2004:8).

$$\frac{q}{A} = h \cdot \Delta T \quad (2.4)$$

Dimana  $q$  adalah laju perpindahan panas konvektif, dalam watt;  $A$  adalah daerah yang normal (tegak lurus); terhadap aliran panas, dalam  $m^2$ ;  $\Delta T$  adalah beda temperatur antara permukaan dan fluida, dalam kelvin; dan  $h$  adalah koefisien perpindahan panas konvektif, dalam  $W/m^2.K$  (James R.Welty, 2004:8).

Sebelum menghitung besarnya  $q$  konveksi disini kita perlu mencari terlebih dahulu nilai dari  $h$  karena belum diketahui. Dengan menghitung besaran bilangan Reynold dan Nusselt menggunakan persamaan.

$$Re = \frac{Ux}{\nu} \quad (2.5)$$

Dimana,  $Re$  adalah bilangan Reynold;  $U$  adalah kecepatan angin, dalam meter/sekon;  $x$  adalah jarak panjang bilah, dalam meter; dan  $\nu$  adalah viskositas knematika fluida, dalam  $m^2/s$

Dan bilangan Nusselt rata-rata untuk aliran laminar sepanjang plat rata adalah

$$Nu = 0.664 Pr^{1/3} Re^{1/2} \quad (2.6)$$

Dimana  $Nu$  adalah bilangan Nusselt; dan  $Pr$  adalah bilangan *Prandtl* yang dapat diperoleh dari tabel sifat-sifat udara dan temperatur. Maka  $h$  dapat diketahui dengan persamaan, yaitu:

$$h = \frac{Nu.k_{udara}}{L} \quad (2.7)$$

Dimana,  $k_{udara}$  adalah konduktivitas termal udara, dalam  $W/mK$ ; dan  $L$  adalah panjang bilah sirip dari ujung tepi, dalam meter.

### 2.1.6. Termoelektrik

Efek termoelektrik ini adalah penemuan lama yang menjadi pembincangan serius ketika sumber energi di bumi mulai habis. Termoelektrik ini tidak lepas dari teori efek *Peltier*, efek *Seebeck* dan efek *Thomson*. Karena ketiga teori ini adalah teori dasar termoelektrik.

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (efek seebeck) dan dari energi listrik menghasilkan panas (efek peltier). 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.

Fenomena termoelektrik ini pertamakali ditemukan oleh Thomas Johan Seebeck pada tahun 1821. Menurut seebeck bahwa sebuah voltase timbul dalam sirkuit dua material yang tidak sama jika kedua simpangan ini dijaga temperatur yang berbeda (Archive W.Clup,1996:386).

Masih berkaitan dengan efek *Seebeck* pada buku lainnya menjelaskan bahwa efek *Seebeck* timbul karena kerapatan muatan pembawa elektron dalam logam suatu penghantar berbeda dengan penghantar lainnya tergantung pada temperatur (Mark W.Zemansky, 1986: 483).

Mengetahui besaran dari *Seebeck* maka harus mengetahui koefisien *Seebeck*. Koefisien *Seebeck* adalah sifat material dalam memberikan kecepatan perubahan potensial termoelektrik  $E_s$  dengan suhu  $T$ .

$$S = \frac{dE_s}{dT} \quad (2.8)$$

Kemudian beberapa tahun setelahnya, seorang peneliti, Jean Chales Peltier di tahun 1844 mendalami teori dari *Seebeck*. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam dan pelepasan panas disambungan lainnya. Pelepasan panas ini bisa berbalik ketika arah arus juga ikut berbalik (Mark W.Zemansky, 1986: 387).

Koefisien *Peltier* untuk suatu rangkaian yang terdiri dari material A dan B ditandai dengan  $\pi_{ab}$  didefinisikan sebagai.

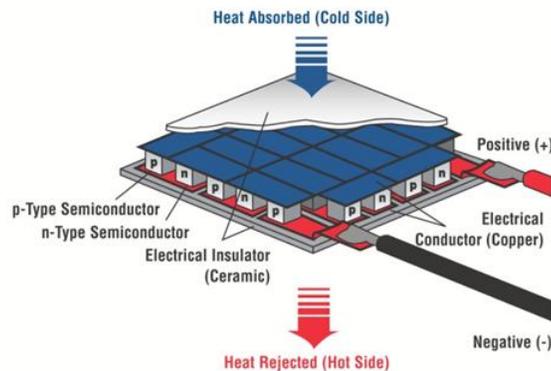
$$\pi_{ab} = \frac{-Q}{i_{ab}} \quad (2.9)$$

Besar  $-Q$  adalah jumlah perpindahan panas dari persimpangan dalam watt, dan  $i_{ab}$  adalah arus searah yang mengalir di dalam generator dalam ampere.

Dari hasil kedua penelitian ini *Seebeck* dan *Peltier* pun menjadi dasar dari pengembangan teknologi termoelektrik saat ini. Karena saling berhubungan, maka kedua pasangan di atas memiliki hubungan sebagai berikut:

$$\pi_{ab} = T_{(L \text{ atau } H)} S_{ab} = T_{(L \text{ atau } H)} (S_a - S_b) = -\pi_{ba} \quad (2.10)$$

### 2.1.7. Modul Termoelektrik



Gambar 2.1 Modul Termoelektri

Sumber: <http://alitputraiputu.blogspot.co.id/2012/04/pendingin-termoelektrik-termoelectric.html>

Gambar 2.1. merupakan bagian-bagian *Peltier* yang merupakan modul termoelektrik umumnya dibungkus oleh keramik tipis yang berisikan batang-batang Bismuth Telluride di dalamnya.

Pada Termoelektrik, jika terdapat perbedaan temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik atau efek *Seebeck*, dengan persamaan yang dapat ditulis:

$$V = \alpha \Delta T \quad (2.11)$$

Dimana  $V$  adalah tegangan,  $\alpha$  adalah koefisien Seebeck (V/m), dan  $\Delta T$  adalah perbedaan temperatur antara dua sambungan (K).

Peristiwa sebaliknya, perbedaan temperatur akan dihasilkan jika ada arus yang mengalir, yaitu efek *Peltier*, dapat ditulis:

$$q = \alpha IT \quad (2.12)$$

Dimana  $q$  adalah besarnya kalor yang diserap atau dibuang tergantung sambungan (dalam satuan W),  $I$  adalah arus yang mengalir dalam sambungan termoelektrik (dalam satuan A) dan  $T$  adalah temperatur pada sambungan baik panas maupun dingin (Dalam satuan K). Sambungan yang temperaturnya menjadi dingin artinya menyerap kalor, sedangkan sambungan yang menjadi panas berarti membuang kalor.

Pada saat termoelektrik terlaliri arus listrik, maka terdapat perbedaan temperatur. Jika terdapat perbedaan temperatur maka terjadi efek *Seebeck*, oleh karena itu tegangan pada termoelektrik saat ada arus listrik yang mengalir menjadi

$$V = IR + \alpha \Delta T \quad (2.13)$$

Dimana  $I$  adalah arus yang mengalir,  $R$  adalah hambatan listrik dari modul termoelektrik. Kemudian, karena adanya perbedaan temperatur, maka terjadi perpindahan kalor. Karena perpindahan kalor secara konduksi sangat dominan, maka pada modul termoelektrik diasumsikan bahwa konveksi dan radiasi antara kedua sisi modul diabaikan. Oleh karenanya dapat dituliskan :

$$q_{cond} = \frac{\Delta T}{\vartheta} \quad (2.14)$$

Dimana  $q_{\text{cond}}$  adalah besarnya perpindahan kalor konduksi,  $\theta$  adalah hambatan termal, dan  $\Delta T$  adalah perbedaan temperatur antara kedua sisi modul termoelektrik.

Selain itu ketika arus listrik melauai suatu bahan, maka selalu ada kalor yang di hasilkan yang dinamakan *joule heating* yang besarnya:

$$q_{\text{joule}} = I^2 R \quad (2.15)$$

Untuk menghitung besarnya kalor yang diserap (di sisi dingin) dan kalor yang diemisikan (di sisi panas) maka semua energi termal yang disebutkan di atas ( $q_{\text{joule}}$ ) harus diperhitungkan. Oleh Karena itu persamaan kesetimbangan energi pada penyerapan kalor mejadi:

$$q_{\text{abs}} = \alpha I T_c - \frac{\Delta T}{\theta} + \frac{I^2 R}{2} \quad (2.16)$$

Dapat dilihat pada persaamaan di atas efek peltier bernilai yang positif karena inilah menyerap kalor. Kemudian konduksi bernilai negatif karena kalor berpindah dari sisi panas ke sisi dingin. Joule heating adalah hambatan pada modul termo elektrik, joul heating ini juga mengurangi efek peltier karena joule heating selalu menghasilkan panas. Pada bagian joule heating besarnya dibagi dua karena dianggap total hambatan pada modul termoelektrik adalah R, sedangkan pada termoelektrik terdapat dua sisi sehingan  $\frac{1}{2} R$  berada di sisi dingin dan  $\frac{1}{2} R$  lainnya berada di sisi panas.

Untuk persamaan energi di sisi yang panas, energi yang diemisikan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q_{em} = \alpha IT_h - \frac{\Delta T}{\vartheta} + \frac{I^2 R}{2} \quad (2.17)$$

Fenomena penyerapan dan pembuangan kalor pada termoelektrik merupakan salah satu sistem pompa kalor, dimana kalor dapat dipaksa mengalir dari temperatur yang rendah ke temperatur yang lebih tinggi dengan memberikan kerja (energi) ke dalam sistem, yaitu daya listrik. Oleh karenanya berlaku persamaan:

$$q_{em} = q_{abs} + VI \quad (2.18)$$

Modul termoelektrik biasanya terdiri dari banyak pasangan material yang berbeda yang disebut dengan pelet. Sejumlah  $N$  peltier ini disusun secara seri dalam hal rangkaian listrik dan paralel dalam perpindahan kalor. Oleh karena itu total dari koefisien Seebeck, hambatan listrik dan hambatan panasnya adalah:

$$\alpha_n = N\alpha, R_n = NR \text{ dan } \Theta_N = \vartheta/N \quad (2.19)$$

Figure of merit merupakan parameter yang menunjukkan seberapa bagus sebuah termolektrik modul. Figure of merit ini berbanding lurus dengan kuadrat koefisien Seebeck dan hambatan pansnya, tetapi berbanding terbalik dengan hambatan listriknya. Oleh karena itu figure of merit suatu termoelektrik dapat dihitung dengan:

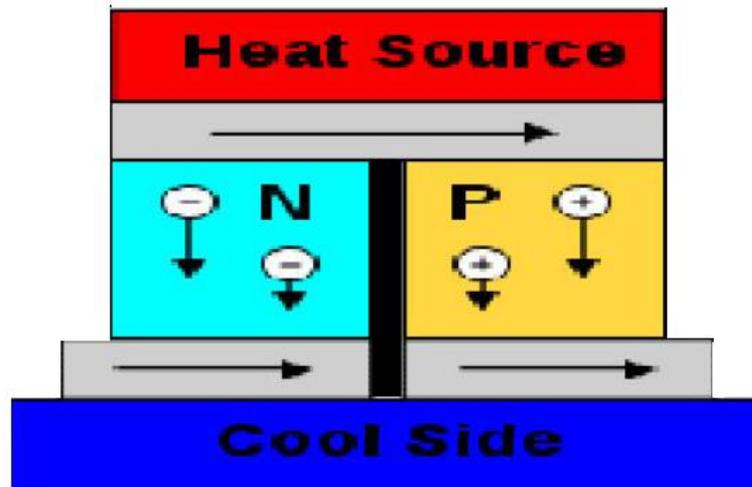
$$Z = \frac{\alpha^2 \vartheta}{R} = \frac{\alpha_N^2 \vartheta_N}{R_N} \text{ atau } Z = \alpha^2 \sigma / \lambda \quad (2.10)$$

Dimana  $\alpha$  adalah koefisien Seebeck dari material (volt.kelvin-1),  $\sigma$  adalah konduktivitas listrik material (ampere.volt-1.meter-1), dan  $\lambda$  konduktivitas termal material (watt.meter-1.kelvin-1).

Karena  $Z$  memiliki satuan per derajat temperatur, figure-of-merit tak berdimensi yang lebih berguna didefinisikan sebagai  $ZT$ , dimana  $T$  adalah temperature operasi rata-rata. Parameter penting ini berpengaruh pada besarnya efisiensi konversi daya maksimum atau koefisien refrigerasi maksimum dari performa alat TE.

Awalnya, material TE diteliti pada tahun 1950an dan 1960an yaitu campuran bismuth-telluride ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ), lead-telluride ( $\text{PbTe}$ ), dan silicongeranium ( $\text{SiGe}$ ) sebagai material dengan  $ZT$  yang baik dalam daerah temperatur tertentu.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  dan campurannya telah digunakan secara luas dalam aplikasi refrigerasi TE dan beberapa aplikasi pembangkit listrik rendah, dan memiliki temperatur optimal 180-450 K. material  $\text{PbTe}$  dan  $\text{SiGe}$  telah digunakan secara luas dalam aplikasi pembangkit listrik temperatur yang lebih tinggi, umumnya pembangkit listrik untuk spacecraft, dan memiliki temperatur operasi optimal 500-900 K dan 800-1300K.

Efek termoelektrik mengacu pada fenomena dimana baik suhu perbedaan menciptakan potensial listrik atau potensial listrik menciptakan perbedaan temperatur. Fenomena ini dikenal lebih khusus sebagai efek Seebeck (mengkonversi suhu untuk saat ini), efek Peltier (mengkonversi saat suhu), dan efek Thomson (konduktor heating / cooling).



Gambar 2.2. Skema Kerja Termoelektrik sederhana

Sumber : Juenal teknik mesin Vol.11, ITS, halaman. 33

Gambar 2.2 adalah skema kerja sederhana dari modul termoelektrik. Sesuai dengan efek *Seebeck* bahwa perbedaan temperatur antara penghantar akan menghasilkan arus listrik. Jika konduktor dibiarkan mencapai kesetimbangan termodinamika, proses ini akan menghasilkan panas yang di distribusikan secara merata sepanjang konduktor tersebut (Mark W.Zemansky, 1986: 389).

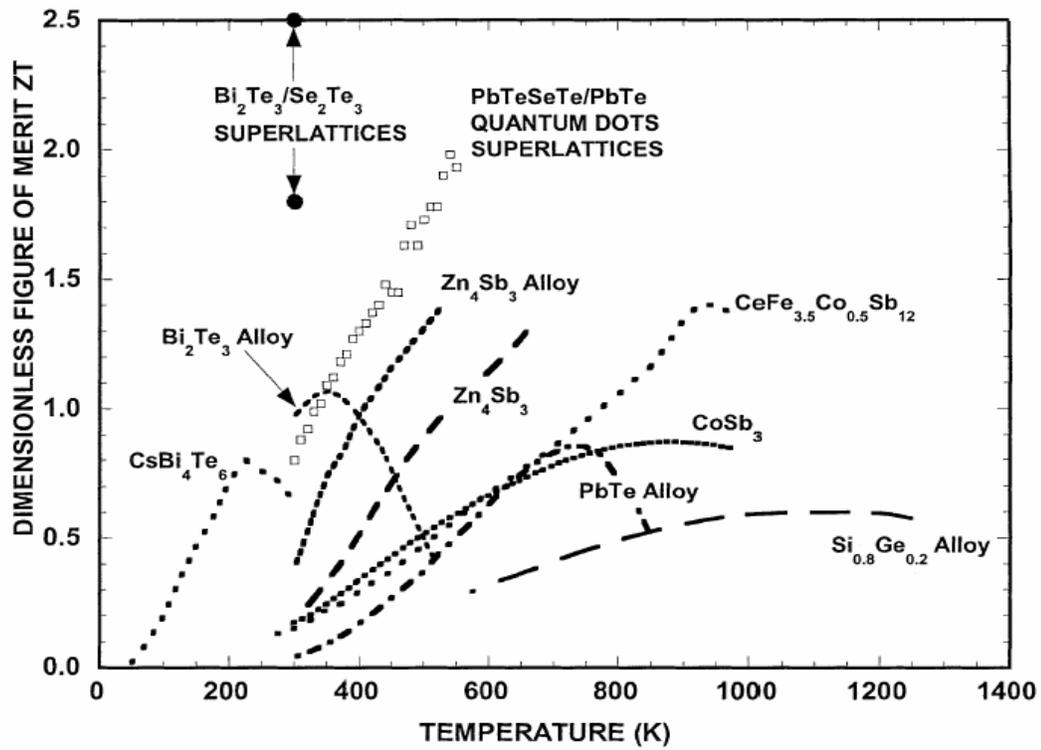
Semikonduktor  $n - p$  bisa digunakan dalam sistem termoelektrik. Karena dikehendaki konduktivitas atau konduktansi panas yang rendah, biasa dipakai material yang mempunyai berat atom atau berat molekul yang tinggi karena mempunyai konduktivitas yang rendah (Mark W.Zemansky, 1986: 395).

Gambar 2.3 merupakan nilai dari efisiensi ( $ZT$ ) dari beberapa material termoelektrik, untuk kedua material  $n - p$  Timah tellurida ( $PbTe$ ) biasa dipakai dalam generator termoelektrik sedangkan Bismuth telluride ( $Bi_2Te$ ) biasa dipakai dalam *refrigerator* termoelektrik.

Efek *Thompson* menjelaskan bahwa proses pelepasan dan penyerapan kalor secara bolak-balik dalam batang homogen berlangsung secara kontinu dikarenakan adanya beda potensial. Gradient potensial ini bergantung dari perubahan beda potensial per perubahan suhunya.

Pada semikonduktor, ketika tidak diberi energi (atau energinya kurang dari batas minimumnya) maka elektron akan tersimpan pada pita valensinya dengan ikatan kovalen yang cukup besar. Ketika diberikan suatu energi, maka elektron tersebut akan tereksitasi meninggalkan pita valensi menuju pita konduksinya yang selanjutnya akan menghasilkan arus. Untuk kasus semikonduktor tipe-n, ketika elektron tereksitasi ke pita konduksi, maka akan ada hole dari hasil perpindahan elektron tersebut. Setelah itu, hole tersebut akan diisi oleh elektron selanjutnya dan elektron yang pindah ke hole satu, akan menghasilkan hole selanjutnya. Sehingga akan terlihat pergerakan hole yang berlawanan pergerakan dari elektron (arus).

Kegunaan dari bahan dalam sistem thermoelectrik ditentukan oleh dua faktor efisiensi perangkat dan faktor daya. Ini ditentukan oleh bahan itu konduktivitas listrik, konduktivitas termal, koefisien Seebeck dan perilaku di bawah perubahan suhu.



Gambar 2.3. Grafik sifat – sifat beberapa jenis material termoelektrik

Sumber: Archie W. Culp, Prinsip – prinsip Konversi Energi, Terjemahan : Darwin Sitompul, (Jakarta: Erlangga, 199). halaman 396

### 2.1.8. Air (radiator)

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O: satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan

banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan maupun memanaskan. Radiator yang kita kenal pada umumnya digunakan pada kendaraan bermotor (roda dua atau roda empat), namun tidak jarang radiator juga digunakan pada mesin yang memerlukan pendinginan ekstra. Seperti pada mesin mesin produksi atau mesin mesin lainnya yang bekerja dalam kondisi kerja berat atau lama. Pada kendaraan baik motor atau mobil radiator pada umumnya terletak di depan dan berada didekat mesin atau pada posisi tertentu yang menguntungkan bagi system pendinginan.

### **2.1.9. Arus**

Arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang lintang (Paul Tipler, 1998:138). Jika  $\Delta Q$  adalah muatan yang mengalir melalui penampang lintang A dalam waktu  $\Delta t$ , maka arus dinyatakan:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.21)$$

Sesuai dengan rumus di atas arus listrik dinyatakan dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere. Pada pembangkit energi listrik dengan termoelektrik ini arus akan mengalir bila terjadi peristiwa perbedaan temperatur pada elemen peltier maka akan terjadi efek seebeck, dimana  $\Delta Q$  adalah muatan yang mengalir dalam dua

bahan semikonduktor yang ada dalam komponen peltier dalam waktu  $\Delta t$  yang di pengaruhi oleh perbedaan suhu tersebut tergantung dari besar perbedaan suhu  $\Delta T$  akan berpengaruh pada kecepatan perpindahan kalor dari suhu tinggi ke suhu rendah.

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan maupun memanaskan.

Pembuatan alat ini memmanfaatkan air yang berfungsi sebagai radiator, dengan membungkus air dalam plastik air ini diletakan pada cela-cela heatsink yang akan mengurangi temperaturnya.

#### 2.1.10. Tegangan

Tegangan listrik (kadang disebut sebagai *Voltase*) adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Beda potensial  $V_b - V_a$  didefinisikan sebagai negative dari kerja persatuan muatan yang dilakukan oleh medan listrik ketika muatan uji bergerak dari titik a ke b

$$\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b E \cdot dl \quad (2.22)$$

Potensial pada satu titik adalah energi potensial muatan dibagi dengan muatan.  $v = u/q$  maka  $1V = 1 \text{ joule/coloumb}$

Tegangan pada pembangkit termoelektrik ini di dapat dari adanya perbedaan suhu antara dua buah material logam yang berlaku efek seebeck dengan persamaan :

$$V = IR + \alpha \Delta T \quad (2.23)$$

### 2.1.11. Daya

Daya merupakan laju energi yang dihantarkan atau kerja yang dilakukan per satuan waktu yang dilambangkan dengan  $P$ . Mengikuti definisi ini daya dapat dirumuskan sebagai :

$$P = \frac{W}{t} \text{ atau } P = VI \quad (2.24)$$

Dimana  $V$  adalah tegangan listrik, dalam volt;  $I$  adalah kuat arus listrik yang mengalir;  $W$  adalah laju usaha atau kerja sistem dalam joule;  $t$  adalah waktu, dalam sekon; dan  $P$  yang merupakan daya dinyatakan dalam satuan watt.

Daya yang akan di hasilkan pembangkit termoelektrik ini yang kemudia akan di manfaatkan untuk keperluan lebih lanjut daya yang di hasilkan di peroleh dari beda potensial antara dua material semikonduktor dalam elemen peltier dengan perbedaan suhu dan kecepatan perpindahan kalor yang membawa muatan pada kedua bahan tersebut maka akan menghasilkan daya listrik.

## 2.2. Kerangka Konseptual

Pembangkit listrik dengan menggunakan termoelektrik adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan perbedaan temperatur yang ada pada generator termoelektrik. Generator termoelektrik (juga disebut *Seebeck* generator) adalah

perangkat generator listrik yang mengkonverensi perbedaan suhu menjadi energi listrik, menggunakan fenomena yang di sebut efek *Seebeck*.

Pembangkit ini dibuat dengan tujuan menganalisis potensi energi listrik yang didapat dari elemen peltier sebagai generator termoelektrik, untuk mengembangkan energi alternatif sebagai referensi pengganti energi terbarukan dan tak terbarukan.

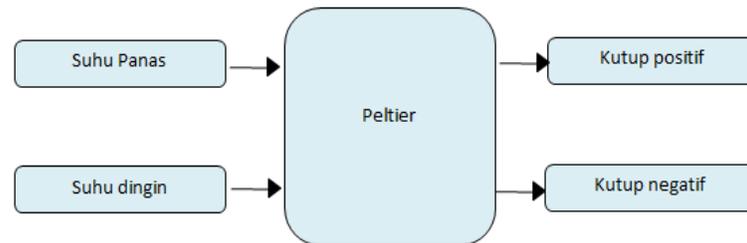
Pembangkit energi listrik termoelektrik yang penulis rancang menggunakan heatsink yang terbuat dari alumunium sebagai konduktor dingin atau pelepas panas dengan ukuran 26 cm x 10 cm x 4cm yang dipasangkan pada bagian atas atau sisi dingin elemen peltier dan plat almunium dengan ukuran 26 cm x 10 cm dipasangkan pada sisi depan peltier yang bertujuan untuk menyerap panas dari *body* mesin sepeda motor 150cc dengan suhu  $276^{\circ}\text{C}$  dan tungku pemanas mie ayam dengan suhu  $245^{\circ}\text{C}$ .

Pebangkit ini menggunakan komponen peltier TEC1-12706 dengan dimesi 40mm x 40mm x 4mm komponen ini mempunyai nilai tegangan 12V DC dan arus listrik 6A. Komponen ini digunakan sebagai generator termoelektrik yang dipasang secara parallel sebanyak 10 unit dengan tujuan mendapatkan daya yang diinginkan untuk menghidupkan peralatan listrik (lampu penerangan) 12volt

Cara kerja alat ini yaitu dengan menempelkan (konduksi) pada perangkat yang membuang panas atau didekatkan (radiasi) pada perangkat yang membuang panas. Plat penerima panas akan menyerap panas dari perangkat lain untuk membangkitkan generator termoelektrik dan kipas pada bagian pendingin akan bekerja untuk mempercepat pembuangan kalor pada *heatsink*.

Alat ini menggunakan dua input yaitu temperatur dingin dan panas dari heatsnik yang akan ditransferkan ke komponen peltier. Adapun output dari alat ini yaitu dua buah kabel sebagai kluaran arus kutup positif dan kutup negatif dari 10 rangkaian elemen peltier.

Adapun diagram blok dari rancangan alat pembangkit tenaga listrik termoelektrik ini dapat dilihat dari gambar 2.4.

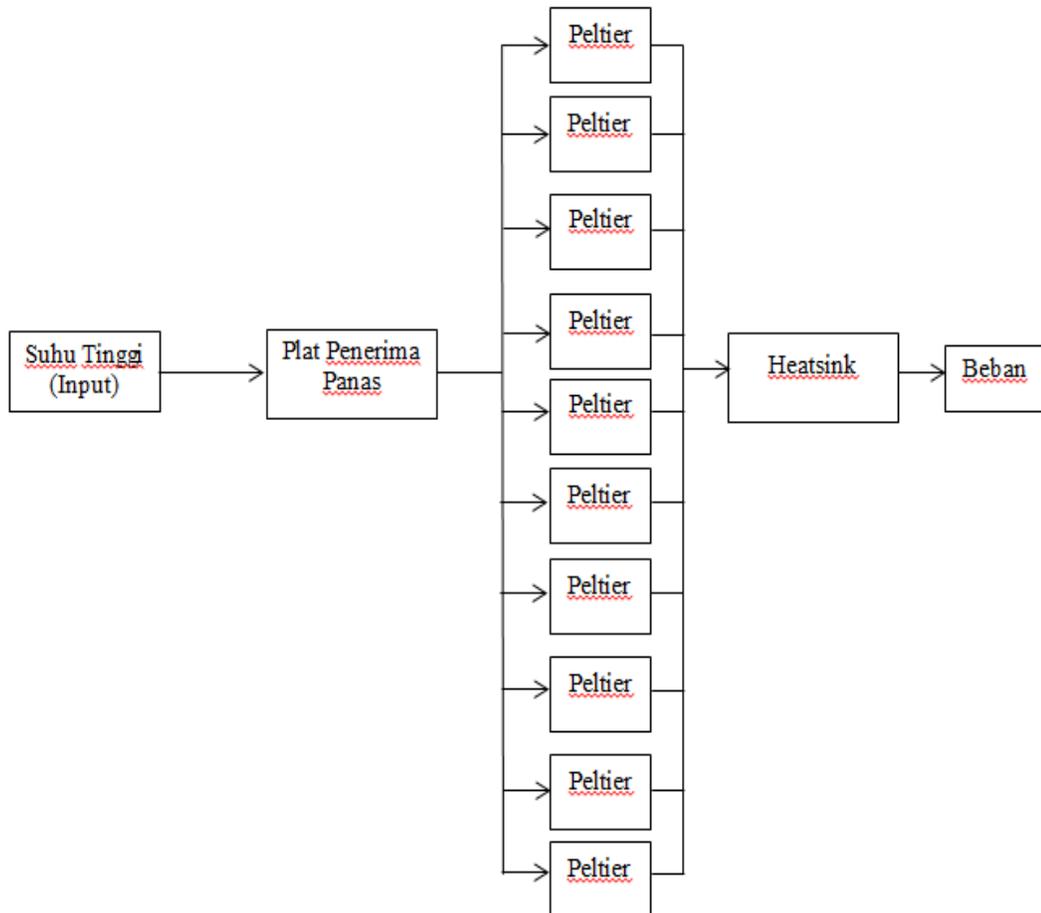


Gambar 2.4. Diagram Blok Pembangkit Tenaga Listrik Termoelektrik

*Sumber : Dokumen Penulis*

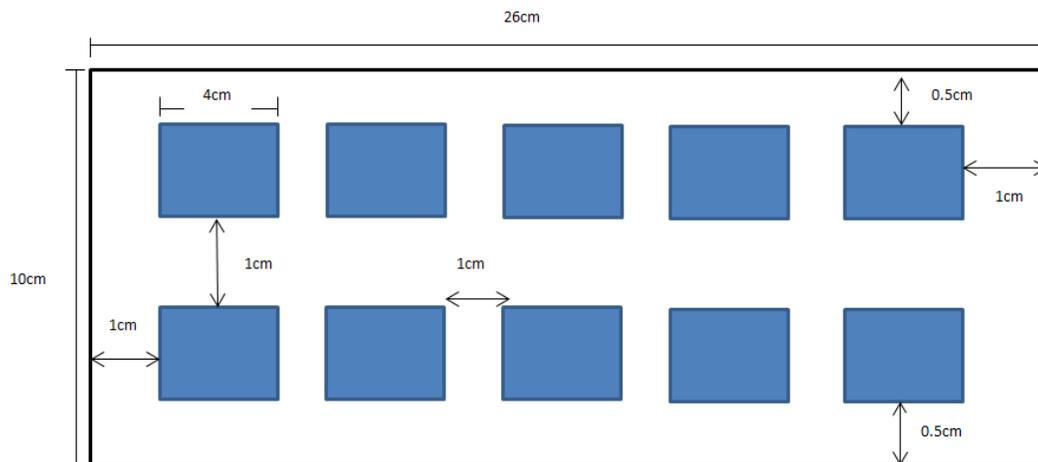
Dengan menggunakan heatsink maka akan mengurangi jumlah kalor pada sisi atas (pendinginan). Pada bagian bawa digunakan plat almunium yang berfungsi sebagai penyerap kalor yang akan di teruskan pada generator termoelektrik. Penggunaan heatsink dan plat almunium ini yang akan menjadikan perbedaan temperatur pada kedua sisi peltier sehingga dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan efek *seebeck*. Penelitian ini menggunakan air sebagai pendingin atau radiator yang berfungsi untuk medinginkan bagian heatsink. Air yang digunakan dibungkus dalam plastik dan diletakan pada tiap-tiap celah heatsink guna mengurangi panas

yang ditimbulkan akibat induksi dari plat penerima panas pada alat tersebut. Penelitian ini menggunakan peltier yang disusun secara seri untuk mendapatkan tahanan yang lebih besar, penggunaan heatsink diletakan pada bagian akhir alat guna mengurangi panas untuk mendapatkan perbedaan suhu yang di inginkan adapun skema rangkaian alat seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Skema Rangkaian alat

*Sumber : Dokumentasi penulis*

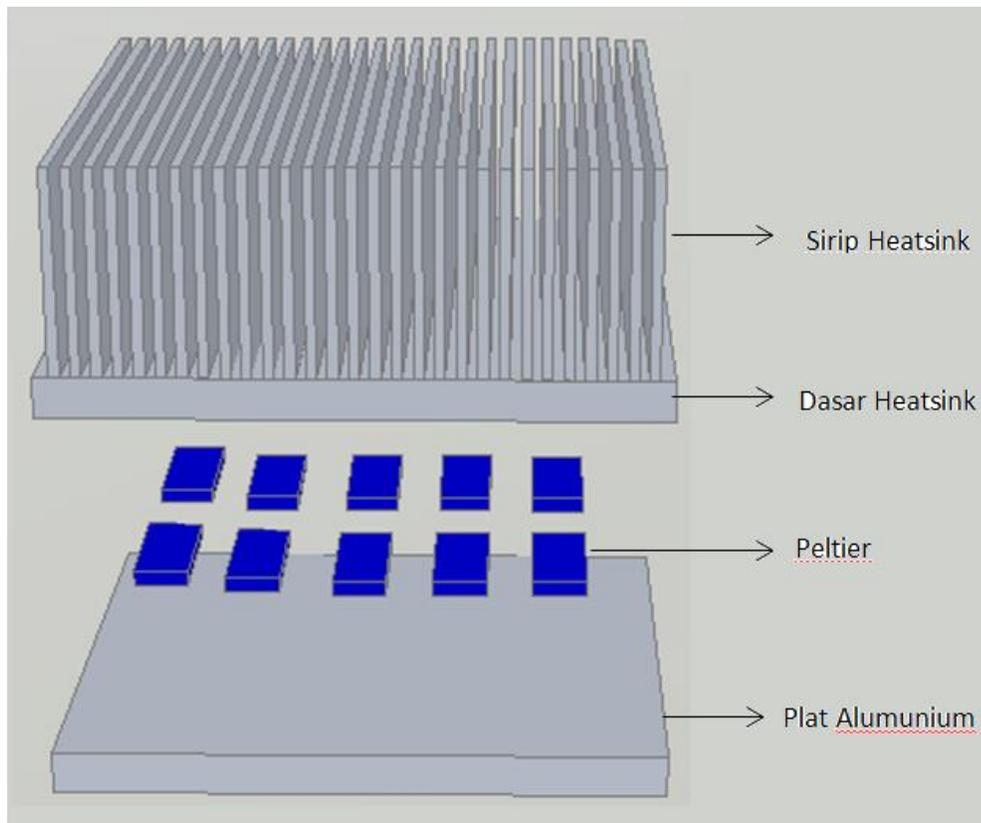


Gambar 2.6. Desain Rangkaian Peltier

Pada desain gambar 2.6. peltier disusun dengan jarak 1cm pada papan plat alumunium dengan panjang 26 cm dan lebar 10 cm, desain ini menggunakan 10 elemen peltier yang masing-masing memiliki spesifikasi ( $I_{max}$  6 Ampere,  $V_{max}$  14 Volt, dan  $\Delta T_{max}$   $66^{\circ}C$ ) maka didapat spesifikasi alat sebagai berikut :

Tabel 2.1. Spesifikasi alat

Dimensi alat	26cm x 10cm x 3cm
$I_{max}$ pada satu peltier	6 Ampere
$V_{max}$ pada satu peltier	14 volt
Delta $T_{max}$	$66^{\circ}c$
Hambatan modul	1.98 Ohm
I total	6 Ampere
V total	140 Volt



Gambar 2.7. Desain Rangkaian alat.

Gambar 2.7. merupakan gambar desain alat dimana terdapat rangkaian heatsink yang telah di rancang oleh penulis dengan ukuran 26cm x 10 cm x 4 cm dirangkai pada bagian paling atas, rangkain yang kedua adalah rangkaian peltier sebanyak 10 unit disusun secara seri dan yang terakhir rangkaian plat penerima panas pada sisi dasar alat untuk menyerap energi kalor yang akan di ubah menjadi energi listrik.

### 2.3. Penelitian yang Relevan

1. Penelitian yang dilakukan oleh Sugeng Sutrisna dengan judul Penerapan Termoelektrik Modul Peltier dengan Fin Sejajar pada Exhaust Manifold Sepeda Motor pada tahun 2012 menyimpulkan bahwa,
  1. Perbandingan kecepatan putaran mesin dengan daya yang dikeluarkan termoelektrik TEC 12706 berbanding lurus
  2. Perbandingan kecepatan angin sebagai pendingin sirip pendingin juga berbanding lurus dengan daya yang dikeluarkan
  3. Perbandingan daya yang dikeluarkan pada setiap putaran mesin tidaklah berlaku kelipatan
  4. Energi kalor yang terbuang dari setiap kecepatan angin hanyalah terpaut sedikit
2. Penelitian yang dilakukan oleh Wawan Liyanto dengan judul Pengembangan Model *Slot Fin* dengan Delapan Modul Pembangkit Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Alternatif pada Kendaraan Sepeda Motor pada tahun 2012 menyimpulkan bahwa,
  1. Temperatur sirip akan semakin mengalami penurunan jika kecepatan angin yang diberikan dinaikan sehingga model *slot fin* lebih efektif dengan nilai efisiensi tertinggi 0,60 dalam melakukan pelepasan panas
  2. Sumber panas dari knalpot yang diserap oleh *body* yang terbuat dari aluminium mampu menghasilkan laju kalor yang semakin besar jika kecepatan putaran mesin dinaikan

3. Dengan perlakuan kecepatan angin yang bertahap meningkat memberikan efek pendinginan pada *slot fin*.
4. Daya keluaran terbesar yang diperoleh yaitu 36,15 Watt pada perlakuan kecepatan mesin 4000 rpm dan kecepatan angina 7,2 m/s
5. Daya yang dihasilkan dari alat pembangkit termoelektrik ini berbanding lurus dengan setiap kenaikan variasi perlakuan putaran mesin dan kecepatan angin yang dilakukan
6. Temperatur yang diukur pada 8 titik dari pembangkit termoelektrik ini memiliki karakteristik masing-masing. Seperti pada  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_7,$  dan  $T_8$  akan mengalami penurunan temperatur jika kecepatan angin dinaikan, sementara pada  $T_5$  dan  $T_6$  yang merupakan gasbuang mesin tidak berpengaruh pada kecepatan angin yang diberikan temperatur akan mengikuti kecepatan putaran mesin jika putaran mesin tinggi maka temperaturnya pun akan tinggi.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium mekanik Universitas Negeri Jakarta Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro. Penyusunan rencana penelitian di buat setelah konsultasi dengan dosen pembimbing, pada rencana penelitian pembuatan rekayasa alat akan dilakukan setelah seminar proposal dalam waktu 6 bulan dan pengambilan data di lakukan selama 1 bulan. Seperti yang di tunjukan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Waktu penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan							
	12-2015	01-2016	02-2016	03-2016	04-2016	05-2016	06-2016	07-2016
Persiapan								
Penyusunan Proposal								
Observasi Alat dan Bahan								
Konsultasi								
Pembuatan Alat								
Penyusunan Laporan								

### **3.2. Alat dan Bahan Penelitian**

Pada penelitian ini ada beberapa alat dan bahan yang di gunakan untuk membuat dan meneliti alat, di antaranya adalah :

#### **1. Termometer digital**

Termometer digital adalah alat yang di gunakan untuk mengukur besaran temperatur yang di tampilkan dengan angka digital pada layar alat tersebut. Alat ini menggunakan sensor inframerah yang langsung di tembakan pada bagian yang ingin di ukur temperaturnya. Dengan alat ini peneliti menggunakannya untuk mengukur temperature pada kedua heatsink yang ada pada alat.

#### **2. Heatsink**

Heatsink adalah alat yang digunakan sebagai pendingin biasanya alat ini terbuat dari alumunium atau tembaga

Pembangkit energi listrik termoelektrik yang penulis rancang menggunakan heatsink yang terbuat dari alumunium sebagai konduktor dingin atau pelepas panas yang dipasang pada bagian atas atau sisi dingin elemen peltier dan heatsink berbahan besi sebagai konduktor panas atau penerima panas yang dipasang di sisi bawah atau sisi panas elemen peltier

### 3. Modul termoelektrik

Modul termoelektrik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik secara langsung. Selain itu, termoelektrik juga dapat mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor/refrigerasi.

Pada penelitian ini penulis menggunakan 10 buah modul termoelektrik yang di susun secara paralel.

### 4. Termal pasta

Termal pasta adalah adalah cairan kental yang memiliki sifat seperti minyak, yang berguna untuk meningkatkan konduktivitas termal antara dua permukaan dengan mengisi celah-celah mikroskopis.

kebanyakan dari pengguna awam kurang begitu mengerti seberapa pentingnya peranan termal pasta. termal pasta biasa berada di antara chip dan heatsink, secara garis besar berguna untuk melancarkan rambatan panas yang dihasilkan oleh chip menuju heatsink agar mudah di lepaskan ke udara

### 5. Multitester

Multitester adalah alat ukur yang terdiri dari gabungan beberapa alat ukur yang dijadikan satu. Multimeter standar biasanya terdiri dari Amperemeter, Voltmeter Ohm meter dan frekuensi sehingga multitester sering juga disebut dengan avo meter . fungsi dari multitester yaitu mengukur tegangan DC dan AC (voltmeter), mengukur

kuat arus DC dan AC (ampermeter) dan mengukur nilai hambatan sebuah resistor (ohmmeter), fungsi tambahan yaitu mengecek hubung-singkat atau koneksi, mengecek transistor, mengecek kapasitor elektrolit, mengecek diode dan mengecek induktor. Ada dua jenis dari alat ukur ini yaitu digital dan analog, pada penelitian ini penulis menggunakan alat ukur digital dikarenakan lebih mudah dan lebih akurat dalam penggunaannya.

Pada penelitian ini penulis menggunakan multimeter Aaron dt9205a dengan rentang 0V sampai 4mV pada multimeter ini terdapat beberapa macam pengukuran seperti Ohm meter (200 ohm – 200m ohm), ampere meter (2m ampere – 20 ampere) volt meter (200m Volt – 1000Volt) frekuensi (200u – 2n). Multimeter ini Mempunyai tingkat kesalahan sebesar 1,2%

### 3.3. Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah–langkah serta prosedur penelitian yang digunakan dalam mengembangkan sebuah produk ditunjukkan pada gambar 3.1.

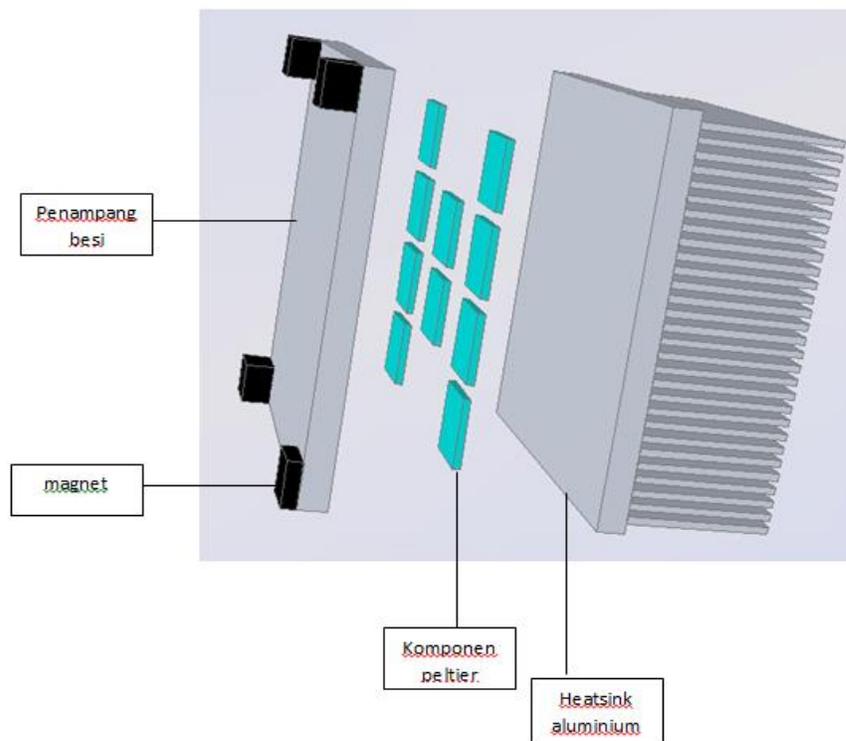


Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan pembangkit energi listrik termoelektrik

*Sumber : dokumentasi penulis*

### 3.3.1. Rancangan Mekanik

Rancangan ini peneliti membuat alat dengan menggunakan heatsink yang bertujuan untuk menerima dan membuang kalor yang di serap dari tungku pemanas. Gambar 3.2. merupakan rancangan pembangkit tenaga listrik termoelektrik menggunakan 10 elemen peltier yang bertujuan untuk mencukupi kebutuhan peralatan listrik yang dapat di gunakan sehari – hari



Gambar 3.2 Desain Rancangan Pembangkit Energi listrik menggunakan termoelektrik

*Sumber : Dokumentasi Penulis*

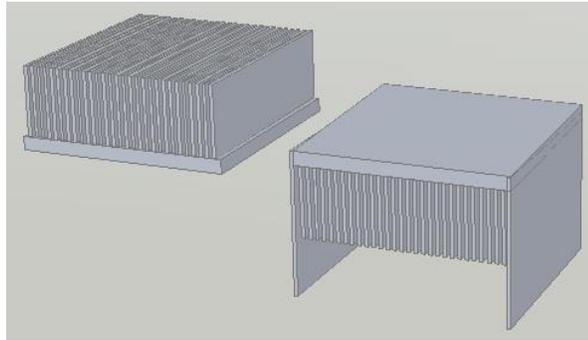
Pembangkit energi listrik termoelektrik yang penulis rancang menggunakan heatsink yang terbuat dari alumunium sebagai konduktor dingin atau pelepas panas yang dipasangkan pada bagian atas atau sisi dingin elemen peltier dan heatsink berbahan besi sebagai konduktor panas atau penerima panas yang dipasangkan di sisi bawah atau sisi panas elemen peltier

Cara kerja alat ini yaitu dengan memberikan perlakuan tertentu pada kedua bagian sisi alat tersebut. Dengan memberikan temperatur yang berbeda maka elektron akan mengalir pada elemen peltier sesuai dengan efek *seebeck*. Dan kedua ujung kabel output elemen peltier tersebut akan menghasilkan tegangan.

### **3.3.2. Perencanaan Rangkaian 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 dari sebuah alat.

Pembangkit energi listrik termoelektrik yang penulis rancang menggunakan heatsink yang terbuat dari alumunium sebagai konduktor dingin atau pelepas panas yang dipasangkan pada bagian atas atau sisi dingin elemen peltier dan heatsink berbahan besi sebagai konduktor panas atau penerima panas yang dipasangkan di sisi bawah atau sisi panas elemen peltier dan untuk merekatkan peltier pada heatsink penulis menggunakan termal pasta sebagai perekat sekaligus isolasi agar kalor yang mengalir lebih efisien.



Gambar 3.3. Rangkaian Heatsink Panas dan Dingin

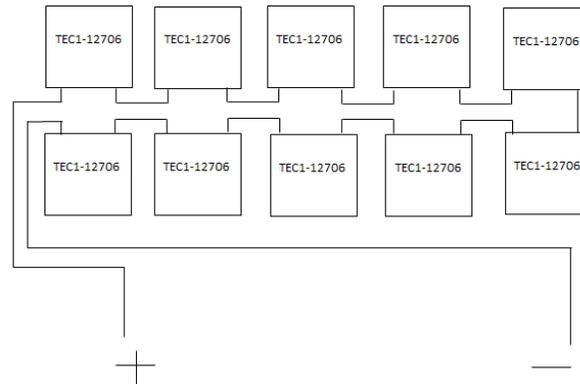
*Sumber : Dokumentasi Penulis*

Gambar 3.3. Merupakan rangkaian *heatsink* dibuat dan di bentuk sesuai ukuran untuk 10 buah elemen peltier dengan ukuran total 20cm x 10cm maka dari itu *heatsink* dibuat dengan ukuran 26cm x 10 cm x 4 cm. *heatsink* ini akan di kombinasikan dengan 2 unit kipas pendingin untuk mempercepat proses pendinginan.

#### **3.3.4. Rangkain Seri pada Komponen Peltier**

Pada pembuatan alat ini penulis akan merangkai komponen peltier ini secara seri. Rangkaian seri yang akan di terapkan pada alat ini dapat di lihat pada gambar 3.4 di bawah ini

Rangkaian seri adalah salah satu model rangkaian listrik yang dikenal dalam pelajaran kelistrikan, rangkaian seri adalah suatu rangkaian yang semua bagian-bagiannya dihubungkan berurutan, sehingga setiap bagian dialiri oleh arus listrik yang sama



Gambar 3.4. Rangkaian Seri Komponen Peltier

*Sumber : dokumentasi penulis*

Gambar 3.4. adalah rancangan elemen peltier yang di susun secara seri dengan tujuan memperoleh tegangan yang lebih besar . Untuk mendapatkan nilai tegangan yg besar maka komponen peltier disusun secara seri untuk memenuhi kebutuhan peralatan listrik (lampu penerangan,) 12 volt.

### 3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Teknik dan prosedur pengumpulan data oleh penulis akan dilakukan dengan beberapa pengujian, pengujian tersebut dilakukan pada masing – masing komponen yang ada pada alat tersebut di antaranya :

#### 3.4.1. Pengujian Rangkaian Heatsink

Pengujian pada rangkaian heatsink ini bertujuan untuk mengetahui besaran suhu yang di terima oleh heatsink dan yang di lepaskan oleh heatsink, pengujian dilakukan pada masing masing heatsink penerima panas dan pelepas panas. Adapun

alat yang di gunakan pada pengujian ini adalah termometer digital. Tabel 3.2 menunjukkan heatsink yang di pasangkan pada beberapa kondisi.

Tabel 3.2. Pengujian Rangkaian Heatsink

waktu	Kalor yang di terima (T1)	Kalor yang di lepaskan (T2)
1 menit		
2 menit		

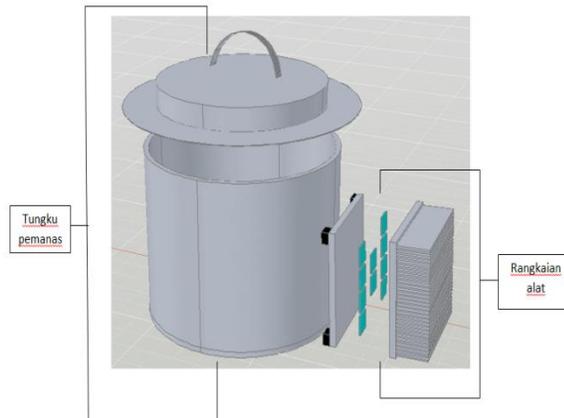
*Sumber : Dokumentasi Penulis*

Tabel 3.2 merupakan tabel untuk pengujian *heatsink* yang akan di uji pada *body* mesin sepeda motor 150cc dengan suhu  $276^{\circ}\text{C}$  dan tungku pemanas mie ayam dengan suhu  $245^{\circ}\text{C}$  dan di hitung kalor yang dilepas dan yang diterima.

### 3.4.2. Pengujian Alat

#### 3.4.2.1. Pengujian Pada Tungku Pemanas

Pengujian pada alat langsung di gunakan pada tungku pemanas. Tabel 3.3 merupakan pengujian alat pada tungku pemanas.



Gambar 3.5. Pengujian alat pada tungku pemanas.

*Sumber : dokumentasi penulis*

Gambar 3.5. merupakan gambaran pengujian alat pada tungku pemanas dengan meletakkan rangkaian alat disisi tungku pemanas, alat ini diharapkan menyerap panas (radiasi) dari tungku pemanas yang akan di data hasilnya untuk dia analisa lebih lanjut.

Tabel 3.3 Pengujian Alat Pada Tungku Pemanas.

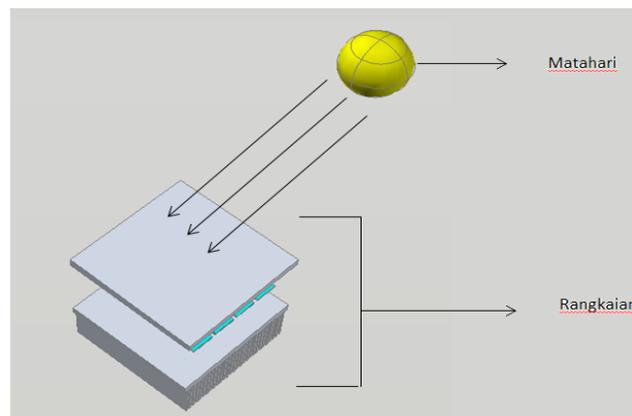
Temperatur		V (Tegangan)	I (Arus)	P (Daya)
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			

*Sumber : dokumentasi penulis*

Pengumpulan data yang peneliti gunakan adalah observasi objek yaitu dengan menguji coba alat yang dibuat dengan mengujinya pada tungku pemanas.

#### 3.4.2.2. Pengujian dengan Panas Matahari

Pengujian pada alat langsung di gunakan dengan cahaya matahari. Tabel 3.4 merupakan pengujian alat dengan panas matahari



Gambar 3.6. Pengujian alat pada panas matahari

*Sumber : dokumentasi penulis*

Tabel 3.4 Pengujian Alat dengan Panas Matahari

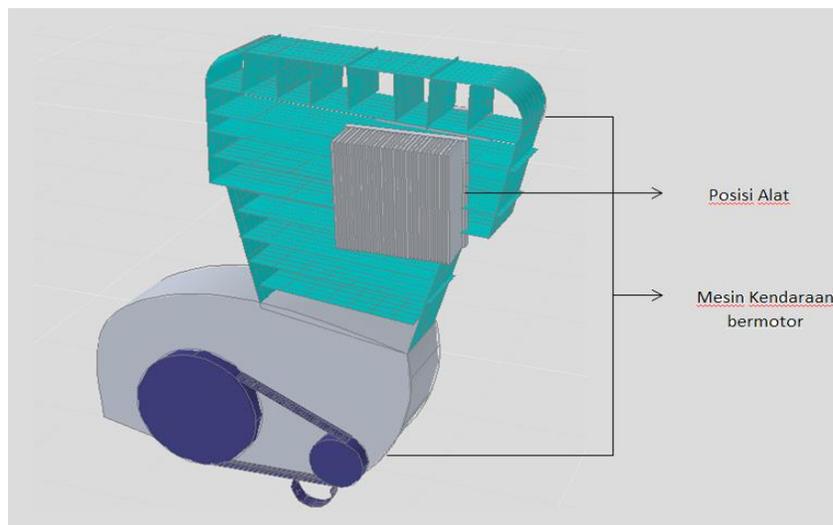
Temperatur		V (Tegangan)	I (Arus)	P (Daya)
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			

*Sumber : dokumentasi penulis*

Pengumpulan data yang peneliti gunakan adalah observasi objek yaitu dengan menguji coba alat yang dibuat dengan mengujinya pada panas matahari.

### 3.4.2.3. Pengujian Alat Pada Kendaraan Bermotor

Pengujian pada alat langsung di gunakan pada kendaraan bermotor seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7. merupakan pengujian alat dengan kendaraan bermotor



Gambar 3.7. Pengujian alat pada mesin kendaraan bermotor

*Sumber : dokumentasi penulis*

Tabel 3.5 Pengujian Alat pada Kendaraan Bermotor

Temperatur		V (Tegangan)	I (Arus)	P (Daya)
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>			

*Sumber : dokumentasi penulis*

Pengumpulan data yang peneliti gunakan adalah observasi objek yaitu dengan menguji coba alat yang dibuat dengan mengujinya pada panas matahari.

### **3.5. Teknik Analisis Data**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan teknik analisis data yaitu dengan menguji besar nilai tegangan dan arus yang di keluarkan output alat tersebut dengan eksperimen beberapa kondisi. Data yang di peroleh akan saling di bandingkan dan ditarik kesimpulan.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### 4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Produk yang telah di hasilkan dari penelitian ini adalah sebuah prototipe pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan termoelektrik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

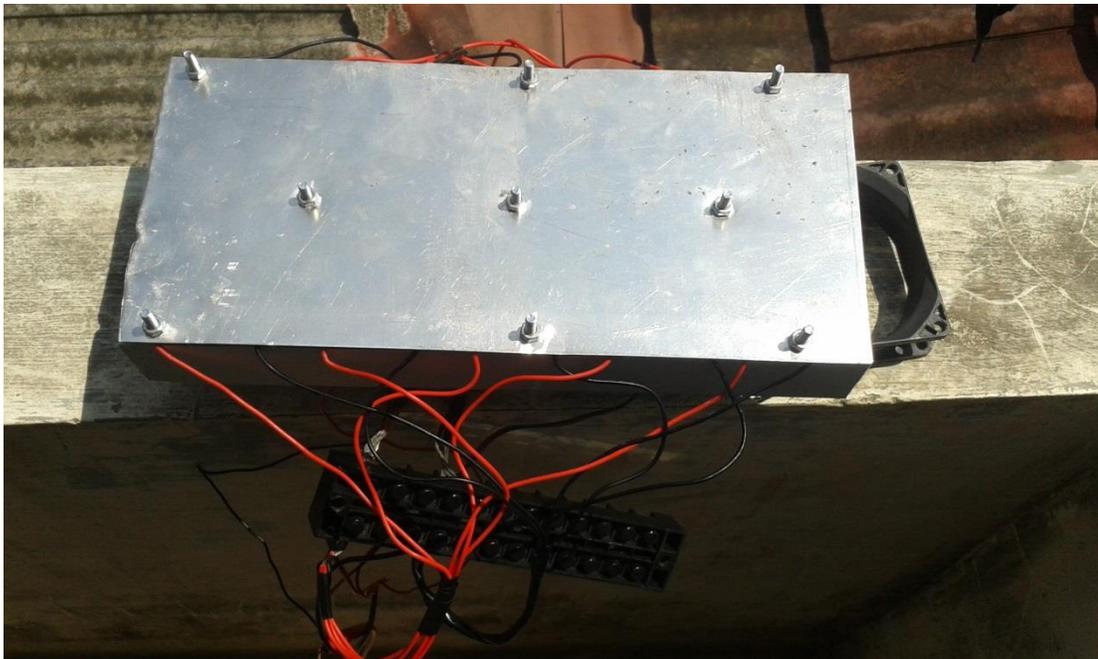
Tabel 4.1. Data hasil pengukuran

waktu	$\Delta T$ (Tungku Pemanas)	Volt Ampre
Menit pertama	38 <sup>0</sup> C	63
Menit kedua	38 <sup>0</sup> C	53
Menit ketiga	35 <sup>0</sup> C	60
	$\Delta T$ (Panas Matahari )	Volt Ampre
Menit pertama	22 <sup>0</sup> C	4
Menit kedua	21 <sup>0</sup> C	3
Menit ketiga	21 <sup>0</sup> C	1,5
	$\Delta T$ (Kendaraan Bemotor)	Volt Ampre
Menit pertama	52 <sup>0</sup> C	43
Menit kedua	41 <sup>0</sup> C	40
Menit ketiga	29 <sup>0</sup> C	33

Pembangkit ini dibuat untuk mengetahui seberapa besar potensial energi listrik yang dapat di hasilkan oleh termoelektrik. Prototipe ini menggunakan 10 unit peltier sebagai generator termoelektrik. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan mengubah energi panas menjadi energi listrik. Energi panas yang di serap oleh alat

ini akan disalurkan pada generator termoelektrik untuk di ubah menjadi energi listrik semakin besar laju energi kalor yang mengalir pada alat ini maka energi listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Memanfaatkan panas dari matahari sebesar  $53^{\circ}\text{C}$  prototipe ini dapat menghasilkan tenaga listrik sebesar 4watt , dengan memanfaatkan panas buang dari tungku pemanas sebesar  $121^{\circ}\text{C}$  alat ini menghasilkan tenaga listrik sebesar 63watt dan memanfaatkan panas buang dari kendaraan bermotor sebesar  $102^{\circ}\text{C}$  alat ini menghasilkan tenaga listrik sebesar 43watt

Alat ini dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan peralatan yang membutuhkan daya listrik yang kecil, dengan tenaga listrik sebesar 60watt alat ini dapat membangkitkan peralatan listrik seperti lampu penerangan, charger baterai dan kipas angin dan peralatan lainnya yang membutuhkan daya listrik rendah

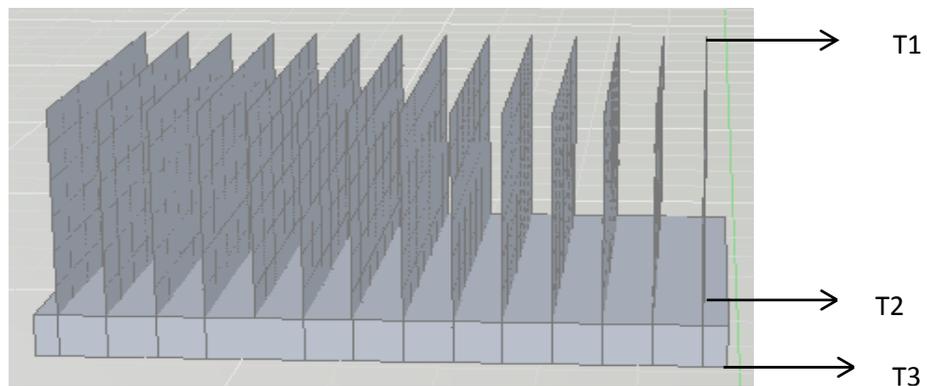


Gambar 4.1. Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Peltier

## 4.2. Analisis Data Penelitian

### 4.2.1. Hasil Pengujian Pada Heatsink

Untuk mengetahui karakteristik perpindahan panas yang dilepas dari model heatsink maka dilakukanlah perhitungan pada tiap bagian heatsink dengan karakteristik heatsink bagian dasar 26cm x 10 cm dan tebal 0,5 cm sedangkan bagian sirip 0,25 cm x 26cm dan tebal 3 cm yang berjumlah 12 sirip dengan menggunakan bahan alumunium yang mempunyai nilai konduksi termal sebesar 122 W/m K seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 4.2. Rangkaian Heatsink

Dari gambar 4.2. telah dilakukan beberapa kali percobaan yaitu dengan radiasi panas dari sinar matahari, radiasi dari panas tungku dan induksi dari panas kendaraan bermotor. Pada percobaan tersebut telah diukur dengan menggunakan persamaan.

$$H = k \times A \times \frac{\Delta T}{d} \quad (4.1)$$

Maka akan di dapatkan nilai kelajuan kalor yang ditunjukkan pada tabel 4.2 laju kalo dengan tungku pemanas, tabel 4.3 laju kalor pada panas matahari dan tabel 4.4. laju kalor pada mesin kendaraan bermotor.

Tabel 4.2. Perhitungan Laju Kalor Pada Tungku Pemanas

Bagian Heatsink	T <sub>1</sub> Celsius	T <sub>2</sub> Celsius	K W/mK	A meter	X meter	Laju Kalor W/m <sup>2</sup>
Dasar Heatsink	101	121	122	260. 10 <sup>-4</sup>	0,005	12688
Sirip Heatsink	81	101	65	6,5 m <sup>-4</sup>	0,03	53,131

Tabel 4.3. Perhitungan Laju Kalor Dengan Panas Matahari

Bagian Heatsink	T <sub>1</sub> Celsius	T <sub>2</sub> Celsius	K W/mK	A meter	X meter	Laju Kalor W/m <sup>2</sup>
Dasar Heatsink	56	40	122	260. 10 <sup>-4</sup>	0,005	10150
Sirip Heatsink	31	40	65	6,5 m <sup>-4</sup>	0,03	23,79

Tabel 4.4. Perhitungan Laju Kalor Dengan Kendaraan Bermotor

Bagian Heatsink	T <sub>1</sub> Celsius	T <sub>2</sub> Celsius	K W/mK	A meter	X meter	Laju Kalor W/m <sup>2</sup>
Dasar Heatsink	94	102	122	260. 10 <sup>-4</sup>	0,005	5075,2
Sirip Heatsink	71	94	65	6,5 m <sup>-4</sup>	0,03	60,79

Hasil perhitungan laju kalor yang akan mempengaruhi seberapa besar daya listrik yang di hasilkan oleh generator termoelektrik

#### 4.2.2. Hasil Pengujian Pada Tungku Pemanas

Pengujian pada tungku pemanas dilakukan selama 3 menit dan di ambil sampel 3 kali pada tiap menit, pada pengujian ini data yang di ambil di tunjukan pada tabel 4.5 hasil pengukuran pada tungku pemanas.

Tabel 4.6. Data pengukuran pada tungku pemanas

waktu	T1 (suhu pada plat penerima panas)	T2 (suhu pada dasar heatsink)	T3 (suhu pada ujung heatsink)	Volt Ampere
1 menit	121 <sup>0</sup> C	83 <sup>0</sup> C	67 <sup>0</sup> C	63
2 menit	119 <sup>0</sup> C	84 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	60
3 menit	118 <sup>0</sup> C	80 <sup>0</sup> C	71 <sup>0</sup> C	53

Dari data yang di tunjukan tabel 4.6 maka dapat dihitung besarnya kalor yang di terima oleh generator termoelektrik pada tiap menitnya untuk mengetahui perbandingan antara energi kalor yang diterima oleh generator dengan daya yang dihasilkan dihitung menggunakan persamaan.

$$H = k \times A \times \frac{\Delta T}{d} \quad (4.2)$$

Pada menit pertama energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 121^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 67^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 54/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 4282 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 4282 \cdot 60 = 256.920 \text{ joule}$$

Pada menit pertama dengan energi 256.920 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 63 watt

Pada menit kedua energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 119^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = 70^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 49/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 3885.7 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 3885,7 \cdot 60 = 233.142 \text{ joule}$$

Pada menit kedua dengan energi 233,142 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 60 watt

Pada menit ketiga energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 118^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = 71^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 47/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 3727.1 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 3727,1 \cdot 60 = 223626 \text{ joule}$$

Pada menit ketiga dengan energi 223626 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 53 watt. Dari ketiga menit perhitungan tersebut maka dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik laju perpindahan panas pada tungku pemanas

#### 4.2.3. Hasil Pengujian Dengan Panas Matahari

Pengujian dengan panas dilakukan selama 3 menit dan di ambil sampel 3 kali pada tiap menit, pada pengujian ini data yang di ambil di tunjukan pada tabel 4.7. hasil pengukuran dengan panas matahari

Tabel 4.7. data pengukuran dengan panas matahari

waktu	T1 (suhu pada plat penerima panas)	T2 (suhu pada dasar heatsink)	T3 (suhu pada ujung heatsink)	Volt Ampere
1 menit	53 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	4
2 menit	52 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	3
3 menit	52 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	1,5

Dari data yang di tunjukan tabel di atas maka dapat dihitung besarnya kalor yang di terima oleh generator termoelektrik pada tiap menitnya untuk mengetahui perbandingan antara energi kalor yang diterima oleh generator dengan daya yang dihasilkan dihitung menggunakan persamaan

$$= k \times A \times \frac{\Delta T}{d} \quad (4.3)$$

Pada menit pertama energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 53^0\text{C}$$

$$T_2 = 31^0\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 22/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 1744,6 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 1744,6 \cdot 60 = 104.670 \text{ joule}$$

Pada menit pertama dengan energi 104.670 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 4 watt

Pada menit kedua energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 52^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 31^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 21/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 1665,3 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 1665,3 \cdot 60 = 99918 \text{ joule}$$

Pada menit kedua dengan energi 99918 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 3 watt

Pada menit ketiga energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 52^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 31^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

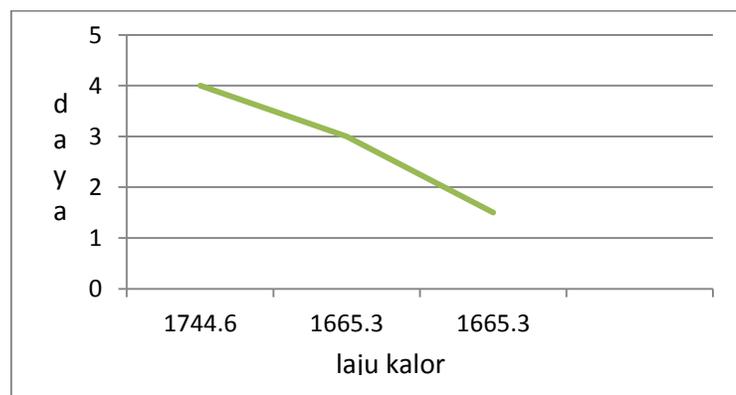
$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 21/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 3727.1 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 1665,3 \cdot 60 = 99918 \text{ joule}$$

Pada menit ketiga dengan energi 99918 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1,5 watt. Dari perhitungan tiga menit laju perpindahan kalor pada panas matahari maka dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Laju perpindahan kalor dengan panas matahari

#### 4.2.4. Hasil Pengujian Pada Kendaraan Bermotor

Pengujian kendaraan bermotor dilakukan selama 3 menit dan di ambil sampel 3 kali pada tiap menit, pada pengujian ini data yang di ambil di tunjukan pada tabel 4.8. hasil pengukuran pada kendaraan bermotor.

Tabel 4.8. Data pengukuran pada kendaraan bermotor

waktu	T1 (suhu pada plat penerima panas)	T2 (suhu pada dasar heatsink)	T3 (suhu pada ujung heatsink)	Volt Ampere
1 menit	102 <sup>0</sup> C	74 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C	43
2 menit	98 <sup>0</sup> C	73 <sup>0</sup> C	57 <sup>0</sup> C	40
3 menit	90 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	61 <sup>0</sup> C	33

Dari data yang di tunjukan tabel di atas maka dapat dihitung besarnya kalor yang di terima oleh generator termoelektrik pada tiap menitnya untuk mengetahui perbandingan antara energi kalor yang diterima oleh generator dengan daya yang dihasilkan dihitung menggunakan persamaan

$$= k \times A \times \frac{\Delta T}{d} \quad (4.4)$$

Pada menit pertama energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 102^0\text{C}$$

$$T_3 = 50^0\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 52/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 4123,6 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 4123,6 \cdot 60 = 247416 \text{ joule}$$

Pada menit kedua dengan energi 247416 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 43 watt

Pada menit kedua energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 98^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 57^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,04$$

$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 41/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 3251,3 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 3251,5 \cdot 60 = 195078 \text{ joule}$$

Pada menit kedua dengan energi 195078 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 40 watt

Pada menit ketiga energi kalor yang di terima oleh alat

$$T_1 = 90^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 61^{\circ}\text{C}$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4} \text{ X} = 0,04$$

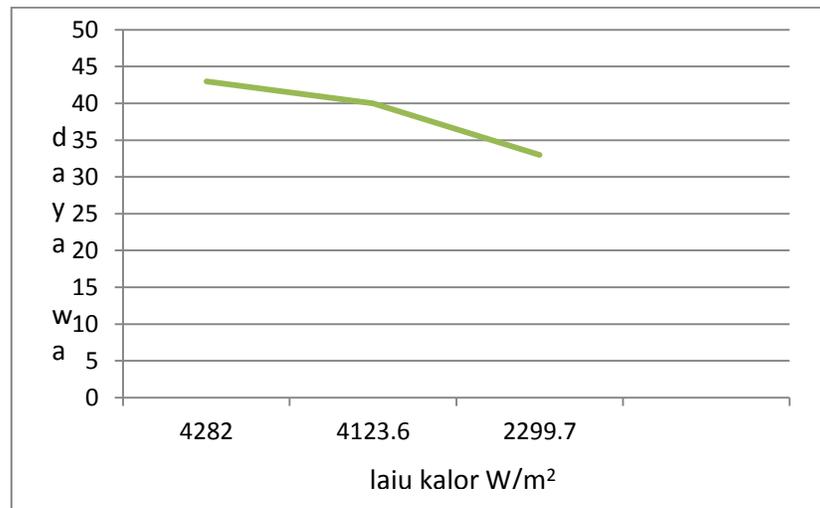
$$\text{Laju kalor} = 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 29/4 \cdot 10^{-2}$$

$$= 2299,7 \text{ W/m}^2$$

Jumlah kalor yg di terima dalam 1 menit

$$= 2299,7 \cdot 60 = 137982 \text{ joule}$$

Pada menit ketiga dengan energi 137982 joule dapat menghasilkan energi listrik sebesar 33 watt. Dari ketiga menit perhitungan kalor pada kendaraan bermotor maka didapat grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik laju perpindahan panas pada kendaraan bermotor

#### 4.2.5. Perhitungan Efisiensi

Dari pengukuran menggunakan tungku pemanas, mesin kendaraan bermotor dan panas matahari dapat dihitung nilai efisiensi dengan menggunakan persamaan

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (4.5)$$

Dimana  $P_{out}$  adalah daya yang dihasilkan pada percobaan dengan satuan VA

$P_{in}$  adalah daya yang digunakan untuk melakukan percobaan, daya yang digunakan pada percobaan ini menggunakan perbedaan suhu atau  $\Delta T$ , untuk memperoleh nilai efisiensi maka perlu mengubahnya dalam satuan VA yaitu dengan menghitung energi kalor yang masuk kedalam rangkaian alat menggunakan persamaan

$$\frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \quad (4.6)$$

Maka dapat dihitung nilai efisiensi pada masing-masing percobaan sebagai berikut :

Nilai efisiensi pada percobaan tungku pemanas

1.  $P_{out} = 63$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 121^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 67^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 54 = 171,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{63}{171,2} \times 100 \% = 36,84\% \end{aligned}$$

2.  $P_{out} = 60$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 119^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 49 = 155,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{60}{155,4} \times 100 \% = 38,61\% \end{aligned}$$

3.  $P_{out} = 53$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 118^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 71^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 47 = 136,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{53}{136,8} \times 100 \% = 38,74\% \end{aligned}$$

Nilai efisiensi pada percobaan panas matahari

1.  $P_{out} = 4$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 53^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 31^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 22 = 69,78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{4}{69,78} \times 100 \% = 5,73\% \end{aligned}$$

$$\text{Losses} = 94,27\%$$

2.  $P_{out} = 3$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 52^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 31^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 21 = 66,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{3}{66,61} \times 100 \% = 4,50\% \end{aligned}$$

$$\text{Losses} = 94,50\%$$

$$3. \quad P_{out} = 1,5$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 52^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 31^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 21 = 66,61 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1,5}{66,61} \times 100 \% = 2,25 \%$$

$$\text{Losses} = 97,75\%$$

Nilai efisiensi pada percobaan kendaraan bermotor

$$1. \quad P_{out} = 43$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 102^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 52 = 164,94 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$= \frac{43}{164,94} \times 100 \% = 26,07 \%$$

$$\text{Losses} = 73,93\%$$

$$2. P_{out} = 40$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 98^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 57^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 41 = 130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{40}{130} \times 100 \% = 30,76\% \end{aligned}$$

$$\text{Losses} = 69,24 \%$$

$$3. P_{out} = 33$$

$$k = 122 \text{ W/m K}$$

$$A = 260 \cdot 10^{-4}$$

$$T_1 = 90^{\circ}\text{C} \quad T_2 = 61^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{Q}{t} = kA(T_2 - T_1) \\ &= 122 \cdot 260 \cdot 10^{-4} \cdot 29 = 91,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{33}{91,98} \times 100 \% = 35,87\% \end{aligned}$$

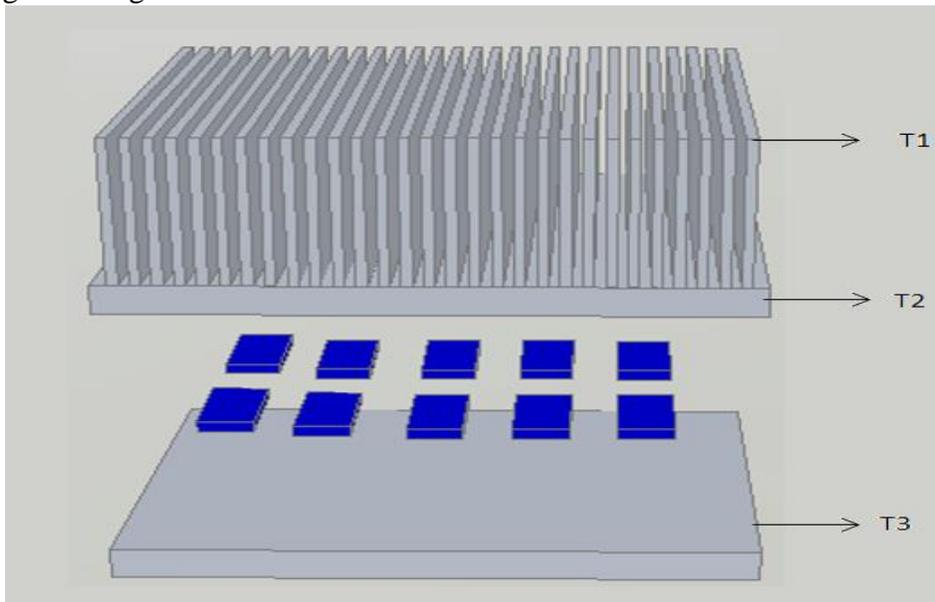
$$\text{Losses} = 64,13\%$$

Losses pada perhitungan nilai efisiensi ini dikarenakan oleh beberapa faktor di antaranya temperatur pada bagian pendingin semakin naik menyamai temperatur pada plat penerima panas sehingga menyebabkan  $\Delta T$  semakin mengecil dan pemberian

energi kalor yang tidak merata hanya pada bagian tengah saja sehingga menyebabkan perbedaan arah arus karena suhu pada pendingin dan penerima panas berbeda-beda.

### 4.3. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapat prototipe pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik, energi yang di dapat sebesar yaitu 12 volt , dengan demikian tujuan penelitian telah dicapai yaitu mengetahui seberapa besar energi listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik dan mengetahui potensi pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik. Tegangan sebesar 12 volt yang di hasilkan alat ini, energi ini dapat digunakan untuk membangkitkan peralatan listrik dengan tegangan kurang lebih 12 volt



Gambar 4.6. Pengukuran Suhu Pada Alat

Sumber : *dokumentasi penulis*

Tabel 4.9. Daya Hasil Pengukuran

T <sub>1</sub> (Celsius)	T <sub>2</sub> (Celsius)	T <sub>3</sub> (Celsius)	Daya (watt)
53 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	4
52 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	3
52 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	1,5
102 <sup>0</sup> C	74 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C	43
98 <sup>0</sup> C	73 <sup>0</sup> C	57 <sup>0</sup> C	40
90 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	61 <sup>0</sup> C	33
121 <sup>0</sup> C	83 <sup>0</sup> C	67 <sup>0</sup> C	63
119 <sup>0</sup> C	84 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	60
118 <sup>0</sup> C	80 <sup>0</sup> C	71 <sup>0</sup> C	53

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diasumsikan untuk mendapatkan tegangan sebesar 1 kilo volt jika  $T_1 = 0$  dan  $T_2 = 75$  atau  $\Delta T = 75^0C$  maka satu peltier dapat menghasilkan 16,4 volt,  $1000/16,4 = 62$  unit peltier dalam pembuatan pembangkit energi listrik dengan tegangan 1kv.

#### 4.4. Aplikasi Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian pada tungku pemanas daya yang dihasilkan sebesar 63 watt maka dapat digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik seperti kipas carger dan lain-lain. Dari hasil penelitian pada kendaraan bermotor daya yang dihasilkan sebesar 43 maka dapat digunakan untuk menghidupkan kipas carger dan peralatan lainnya yang membutuhkan daya 43 watt.

Prototipe ini dapat disempurnakan menjadi pembangkit energi listrik yang berpotensi menghasilkan energi listrik yang lebih besar dengan memanfaatkan panas buang dari industri yang menggunakan mesin-mesin yang membuang panas.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “pembuatan prototipe pembangkit energi listrik menggunakan termoelektrik” yang di lakukan dengan membuat alat dan mengujinya dengan menggunakan panas matahari, panas tungku pemanas dan panas kendaraan bermotor penulis menyimpulkan :

1. Pemanfaatan panas dari tungku pemanas dapat menyerap kalor dengan kelajuan  $4282 \text{ W/m}^2$  dan menghasilkan daya sebesar 63 Volt ampere dengan efisiensi 36,84%
2. Pemanasan dari panas matahari dapat menyerap kalor dengan kelajuan  $1744,6 \text{ W/m}^2$  dan menghasilkan daya listrik sebesar 4 Volt ampere dengan efisiensi 5,73%
3. Pada pengujian kendaraan bermotor alat ini menyerap panas dengan kelajuan sebesar  $4123,6 \text{ W/m}^2$  alat ini menghasilkan daya listrik sebesar 43 Volt ampere dengan efisiensi 26,07%
4. Besaran energi yang di hasilkan oleh alat ini sangat di pengaruhi oleh kelajuan kalor yang mengalir melewati generator termoelektrik.
5. Besarnya  $\Delta T = 22^{\circ}\text{C}$  sampai  $48^{\circ}\text{C}$  antara plat penerima panas dengan ujung heatsink mempengaruhi besar kelajuan kalor yang melewati alat.

## 5.2. Saran

Pengalaman dari penelitian ini maka terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk pengembangan alat pembangkit termoelektrik selanjutnya, yaitu :

1. Memperhatikan kosep kerja termoelektrik yang menggunakan prinsip  $\Delta T$  ( $T_{hot} - T_{cold}$ ), maka untuk mengoptimalkan kerja dari termoelektrik dengan memperbesar  $\Delta T$ . Salah satu caranya dengan menggunakan pelepas panas dan pendingin yang lebih efektif.
2. Untuk lebih efisien prototipe ini bisa digunakan pada industri yang menggunakan peralatan yg membuang panas tinggi seperti pengolahan baja
3. Penelitian ini bisa di kembangkan dengan memperbesar luas termoelektrik agar mendapatkan daya yang lebih besar.
4. Memperhatikan karakteristik bahan termoelektrik yang mempunyai nilai ZT, bahan termoelektrik bisa di kembangkan dengan menggunakan material yang mempunyai nilai ZT yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- James R. Welty dkk 2004. *Dasar – Dasar Fenomena Transport* ; volume 2 transfer panas, Terjemahan: Gunawan Prasetio, Edisi keempat, Jakarta : Erlangga
- Kreith, Frank 1997. *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*, Terjemahan: Arko Prijono, Edisi ketiga, Jakarta: Erlangga
- Liyanto, Wawan. 2012. Pengembangan Model Slot Fin dengan Delapan Modul Pembangkit Termoelektronik sebagai Sumber Energi Alternatif pada Kendaraan Sepeda Motor [Skripsi]. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta
- Putu, I.A.P. 2012. Pendingin Termoelektrik. <http://alitputraiputu.blogspot.co.id/2012/04/pendingin-termoelektrik-termoelectric.html> Diakses pada tanggal 04 mei 2016
- Roekettino, Ardian. 2008. Perancangan Awal dan Manufaktur *Thermoelectric Generator* dengan Menggunakan Dua Belas Modul *Thermoelectric* untuk Aplikasi Kendaraan Hibrid [Skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- Ryanuargo. 2013. Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensator pada Sistem Pendingin. *Jurnal Rekayasa ElektriKa Vol. 10, No. 4.*
- Sutrisna, Sugeng. 2012. Penerapan Termoelektrik Modul Peltier dengan Fin Sejajar pada Exhaust Manifold Sepeda Motor [Skripsi]. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta
- Tipler, Paul 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jakarta: Erlangga
- W.Clup, Archive 1996. *Prinsip–Prinsip Konversi Energi*, Jakarta: Erlangga
- W.Zemansky, Mark 1986. *Kalor dan Termodinamika*, Terjemahan: Suroso, Bogor: Penerbit IPB

# Lampiran 1

## Data Sheet Termoelektrik



Thermoelectric  
Cooler

TEC1-12706

### Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I <sub>max</sub> (Amps)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



## Lampiran 2

### Data Sheet Multimeter Aaron



Function Range	Input Terminals	Maximum Input
DCV 200mV	V/OHM COM	250VDC
ACV 200mV		250VAC
DCV 2~1000V		1000 VDC
ACV 2~750V		750VAC
OHM	V/OHM COM	250V DC/AC
Diode	V/OHM COM	
DCA 200mA	A COM	200mA DC/AC
ACA 200mA		
DCA2A		2A DC/AC
ACA2A		
DCA 20A	20A COM	20A DC/AC

## Lampiran 3

### Data Sheet Termometer



Product Name : **Infrared thermometer GM320**

\*Temperature range: -50 ~ 330°C (-58~626°F)

\*Accuracy:  $\pm 1.5\%$  or  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$

\*Repeatability:  $\pm 1\%$  or  $\pm 1^{\circ}\text{C}$

\*Distance Spot Ratio: 12:1

\*Emissivity: 0.95 preset

\*Resolution:  $0.1^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$

\*Response Time: 500ms

\*Wavelength: 8-14 $\mu\text{m}$

\* $^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$  Selection

\*Data Hold function

\*Laser Target Pointer selection

\*Backlight ON/OFF selection

\*Auto Power Shut Off

\*Power supply: 2\*1.5V AAA battery

\*Weight: 115.1g (Including battery)

\*Packing Method: Blister+Card

Lampiran 4

Foto dokumentasi pengujian pada tungku pemanas



Lampiran 5

Foto dokumentasi pengujian menggunakan panas matahari.



## Lampiran 6

### Data Pengukuran

#### Data pengukuran Pada Suhu Heatsink

Temperatur	Suhu Panas Matahari	Suhu Tungku pemanas	Suhu body mesin motor 150 cc
T1	31 <sup>0</sup> C	81 <sup>0</sup> C	71 <sup>0</sup> C
T2	40 <sup>0</sup> C	101 <sup>0</sup> C	94 <sup>0</sup> C
T3	56 <sup>0</sup> C	121 <sup>0</sup> C	102 <sup>0</sup> C

#### Data pengukuran pada tungku pemanas

waktu	T1 (suhu pada plat penerima panas)	T2 (suhu pada dasar heatsink)	T3 (suhu pada ujung heatsink)	Volt Ampere
1 menit	121 <sup>0</sup> C	83 <sup>0</sup> C	67 <sup>0</sup> C	63
2 menit	119 <sup>0</sup> C	84 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	60
3 menit	118 <sup>0</sup> C	80 <sup>0</sup> C	71 <sup>0</sup> C	53

#### Data pengukuran pada kendaraan bermotor

waktu	T1 (suhu pada plat penerima panas)	T2 (suhu pada dasar heatsink)	T3 (suhu pada ujung heatsink)	Volt Ampere
1 menit	98 <sup>0</sup> C	73 <sup>0</sup> C	57 <sup>0</sup> C	43
2 menit	102 <sup>0</sup> C	74 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C	40
3 menit	90 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	61 <sup>0</sup> C	33

#### Data pengukuran pada panas matahari

waktu	T1 (suhu pada plat penerima panas)	T2 (suhu pada dasar heatsink)	T3 (suhu pada ujung heatsink)	Volt Ampere
1 menit	53 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	4
2 menit	52 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	3
3 menit	52 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	31 <sup>0</sup> C	1,5

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Kristan Gandewa Murdha. Lahir di mmadiun pada tanggal 29 desember 1991, merupakan anak kedua dari pasangan suami istri Bapak Priagus Marwantoro dan Ibu Sri Indrayani. Penulis sekarang bertempat tinggal di Jalan Raya Puspitek Perumahan

Puri Serpong 1 Blok D1 No 19 Kecamatan Setu Kelurahan Setu Tangerang Selatan Provinsi Banten Kode Pos 15315

Adapun riwayat pendidikan penulis yaitu pada tahun 2005 lulus dari SDN Kedung banteng 1 dan melanjutkan ke SMPN 1 Pilangkenceng lulus pada tahun 2008, pada tahun 2011 lulus dari SMA Yadika 3 Tangerang, Jurusan IPA. Setelah itu penulis melanjutkan studi S1 di Universitas Negeri Jakarta mengambil program (praktik kerja lapangan) di Badan Tenaga Nuklir Nasional dan PKM (Praktik Ketrampilan Mengajar) di SMKN 34 Jakarta