

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN AIR PANAS SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC*

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh:

WAHYUDI

1407220132



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wahyudi
NPM : 1407220132
Program Studi : Teknik Elektro
Judul skripsi : Pemanfaatan Air Panas Sebagai Sumber Energi Listrik Menggunakan Thermoelectric

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 Oktober 2019

Mengetahui dan menyetujui

Dosen pembimbing I / Penguji



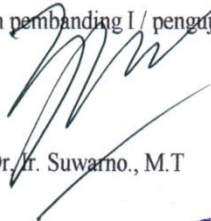
Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen pembimbing II / penguji



Partonon Harahap, S.T., MT

Dosen pembimbing I / penguji




Dr. Ir. Suwarno., M.T

Dosen pembimbing II / penguji



Elvy Sahnur, S.T., M.pd

Program Studi Teknik Elektro
Ketua

Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Wahyudi
Tempat / Tanggal Lahir : Medan / 26 Desember 1995
NPM : 1407220132
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



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

“Pemanfaatan Air Panas Sebagai Sumber Energi Listrik Menggunakan Thermoelectric “

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

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

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

Medan, 5 Oktober 2019

Saya yang menyatakan,



WAHYUDI

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yangtelah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yan mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalammeraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Pemanfaatan Air Panas Sebagai Sumber Energi Listrik Menggunakan Thermoelectric”**.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan danbimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah
2. Ayahanda (SAIMAN) dan Ibunda (Alm.TUMISEH) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Dr.Agussani, MAP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

4. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal M.Sc, P.hd selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Partaonan Harahap ST, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
11. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
12. Segenap kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa. Salam Kompak.
13. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak. Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 5 Oktober 2018

Penulis

WAHYUDI

1407220132

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGHANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metodeologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Relevan.....	6
2.2 Konsep <i>Thermoelectric</i>	16
2.3 <i>Thermoelectric</i> Cooler.....	17
2.3.1 <i>Thermoelectric</i> Generator.....	17
2.3.2 Kontruksi.....	20
2.3.3 Spesifikasi.....	21
2.4 Efek Seebeck, Peltier Dan Thomson.....	22
2.4.1 Efek Seebeck.....	22
2.4.2 Efek Peltier.....	24
2.4.3 Efek Thomson.....	25

2.5 Bahan Semikonduktor.....	26
2.6 Heatsink Dan coldsink.....	27
2.6.1 Heatsink.....	27
2.6.2 Coldsink.....	28
2.7 Panas.....	29
2.7.1 Perpindahan Panas secara Konduksi.....	30
2.7.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	31
2.7.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	32
2.7.4 Kalor Jenis.....	32
2.8 Rangkaian Listrik.....	33
2.8.1 Rangkaian Seri.....	34
2.8.2 Rangkaian Pararel.....	35
2.8.3 Tenaga Listrik.....	36
2.9 Boost Converter/DC to DC Converter.....	36
BAB 3 METEODOLOGI PENELITIAN.....	38
3.1 Tempat Dan Pelaksanaan.....	38
3.2 Bahan Dan Alat.....	38
3.3 Metode Pembuatan Alat.....	39
3.4 Gambar Rangkaian.....	40
3.5 Metode Pengambilan Data.....	40
3.6 Proses Uji Kinerja.....	42
3.7 Diagram Blok.....	42
3.7.1 Cara kerja <i>thermoelectric</i>	43
3.8 Diagram Alir.....	44

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Pengujian.....	45
4.2 Pengujian Pada Siang Hari.....	45
4.3 Pengujian Pada Malam Hari.....	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pergerakan Elektron Dari Bahan Tipe-p Ke Tipe -n.....	17
Gambar 2.2 Skema Elemen Peltier.....	19
Gambar 2.3 Penampang <i>Thermoelectric</i>	20
Gambar 2.4 Bentuk <i>Thermoelectric</i> yang ada dipasaran.....	21
Gambar 2.5 Arti Tulisan Pada <i>Thermoelectric</i>	21
Gambar 2.6 Skema efek seebeck pada suatu bahan.....	23
Gambar 2.7 Skema efek peltier pada suatu bahan.....	24
Gambar 2.8 Pita Konduksi dan Pita Valensi Pada electron.....	25
Gambar 2.9 Heatsink.....	28
Gambar 2.10 <i>Coldsink</i>	29
Gambar 2.11 Perpindahan Panas Secara Konduksi.....	31
Gambar 2.12 Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	31
Gambar 2.13 Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	32
Gambar 2.14 Rangkaian Listrik.....	33
Gambar 2.15 Rangkaian Seri.....	34
Gambar 2.16 Rangkaian Paralel.....	35
Gambar 2.17 Modul Dc to DC <i>Boost Converter</i>	37
Gambar 3.1 Bahan Penelitian Sudah Pasang.....	38
Gambar 3.2 Alat Uji Saat Di Pasang.....	40
Gambar 3.3 Skema rangkaian seri diparalel.....	40
Gambar 3.4 Skema Rangkaian Seri.....	41
Gambar 3.5 Diagram Blok.....	42
Gambar 3.6 Diagram Alur.....	44

Gambar 4.1 Grafik Tegangan Rata-rata Rangkaian Peltier Seri Dan Seri Diparalel.....	47
Gambar 4.2 Grafik Arus Rata-rata Rangkaian Peltier Seri Dan Seri Diparalel.....	49
Gambar 4.3 Grafik Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Siang Hari.....	51
Gambar 4.4 Grafik Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Diparalel Siang Hari.....	51
Gambar 4.5 Grafik Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Malam Hari.....	52
Gambar 4.6 Grafik Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Diparalel Malam Hari.....	52
Gambar 4.7 Grafik Koefisien Tegangan Rata-rata.....	54

ABSTRAK

Seiring dengan kemajuan jaman semakin banyak berkembang peningkatan kebutuhan energi listrik membuat semakin di butuhkannya tambahan energi baru yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. energi thermal merupakan salah satu sumber energi yang dapat di temui, pemanfaatannya dapat melalui suatu alat yang dapat mengesktrak panas menjadi energi listrik yaitu dengan *thermoelectric cell* Keterbatasan sel termoelektrik. Untuk meningkatkan kinerja dari sel *thermoelectric* baik kemampuan konversi energi maupun rentang kerja sel tersebut. Peningkatan tersebut dapat dicapai dengan *Multi StageCell* yaitu memanfaatkan tumpukan sel termoelektrik untuk dapat menghasilkan keluaran tegangan dan arus yang lebih tinggi. Penggunaan sel tersebut akan dirangkai dalam beberapa beda temperatur dan susunan rangkaian seri maupun paralel sehingga dapat diketahui dampak langsungnya melalui tegangan dan arus hasil keluaran sel. Dari hasil penelitian diketahui bahwa tegangan, arus dan daya yang tertinggi didapatkan pada rangkaian Seri yang diparalel, gabungan antara rangkaian seri dan paralel menghasilkan daya listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 1.369Watt saat malam hari, 1.121Watt saat siang hari., dan rangkaian seri menghasilkan daya listrik yang di hasilkan sebesar 0.820 Watt saat sing hari, 0.891Watt saat malam hari. Dan tegangan tertinggi yang dihasilkan rangkaian seri 5.4V saat siang hari, 5.65V saat malam hari, pada rangkainan seri yang dipararel gabungan antara rangkaian seri dan paralel sel 2.818V saat siang dan 3.03V saat malam arus yang di keluar 0.152A saat di hubungkan seri, saat rangkaian di hubungkan seri yang dipararel tergabung menghasilkan 0.398-0.452A. semakin besar perbedaan suhu atau gradien (ΔT) suhu pada kedua sisi elemen *thermoelectric*, maka akan semakin besar energi yang dapat dihasilkan.

Kata Kunci : Air Panas, Thermoelectric Generator, Efek seebeck, TEG-12706

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dengan semakin majunya perkembangan zaman membuat kebutuhan akan energi listrik kian meningkat. Berbagai usaha dilakukan untuk mencari sumber energi listrik baru, salah satunya dengan pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro yang memanfaatkan energi panas. Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Penelitian ini menggunakan termoelektrik tipe TEC1-12706 dengan aluminium sebagai penerima panas dan heatsink sebagai media pendingin. Variasi penelitian meliputi antara lain rangkaian termoelektrik tanpa beban dan berbeban yang dirangkai seri. Sumber panas yang dipilih yaitu sinar matahari, uap panas dan api. salah satu alternatif untuk menangani masalah tersebut thermoelectric adalah salah satu solusi dalam mengatasi masalah energi yang selalu bertambah dari tahun ke tahun seiring dengan kemajuan teknologi. Di samping relatif lebih ramah lingkungan, teknologi ini sangat efisien Teknologi thermoelectric bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi energi listrik.

Seiring dengan kemajuan jaman semakin banyak berkembang peningkatan kebutuhan energi listrik membuat semakin di butuhnya tambahan energi baru yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. energi thermal merupakan salah satu sumber energi yang dapat di temui, pemanfaatannya dapat melalui suatu alat yang dapat mengesktrak panas menjadi energi listrik yaitu

dengan Thermoelectric Cell Keterbatasan sel termoelektrik. Untuk meningkatkan kinerja dari sel termoelektrik baik kemampuan konversi energi maupun rentang kerja sel tersebut. yaitu memanfaatkan tumpukan sel termoelektrik untuk dapat menghasilkan keluaran tegangan dan arus yang lebih tinggi. Penggunaan sel tersebut akan dirangkai dalam beberapa beda temperatur dan susunan rangkaian seri maupun paralel sehingga dapat diketahui dampak langsungnya melalui tegangan dan arus hasil keluaran sel. Dari hasil penelitian diketahui bahwa tegangan, arus dan daya yang tertinggi didapatkan pada rangkaian paralel sel termoelektrik kemudian gabungan antara rangkaian seri dan paralel sel, sel tunggal, dan terakhir adalah rangkaian seri sel. Prinsip elektronika secara umum dapat diterapkan pada sel termoelektrik ini

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan pemanfaatan panas pada air sebagai sumber energi listrik menggunakan *thermoelektric*.

1. Bagaimana memanfaatkan energi panas pada air untuk dapat Dikonversikan menjadi sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric*
2. Bagaimana pengaruh suhu terhadap energi listrik yang di hasilkan
3. Mengukur nilai tegangan yang di hasilkan rangkaian pada *thermoelectric* yang di hubungkan secara seri dan seri lalu di paralelkan.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui memanfaatkan energi panas yang ada pada air untuk dapat di konversikan menjadi sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric*.
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu terhadap energi listrik yang di hasilkan pada output *thermoelectric*.
3. Untuk mengukur nilai tegangan yang dapat dihasilkan pada rangkaian, yang di hubungkan pada *thermoelectric*.

1.4 BATASAN MASALAH

1. Penelitian ini menggunakan peltier jenis *thermoelectric* generator TEC-12706 Yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik.
2. Penelitian ini menggunakan pemanfaatan air panas yang di hasilkan dari proses air yang di panaskan agar menaikkan temperatur air
3. Penelitian ini menggunakan delapan buah elemen peltier untuk membangkit tegangan listrik yang di hubungkan secara seri dan paralel.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

1. Mendapatkan pengetahuan tentang pengetahuan energi alternatif yang ramah lingkungan
2. Pemanfaatan air panas sebagai pembangkitan energi listrik yang ramah lingkungan

1.6 METODE PENELITIAN

Dalam penulisan skripsi, menggunakan beberapa metode untuk mengumpulkan data yang akan diperlukan untuk menyelesaikan skripsi ini.

1. Metode Studi Pustaka

Penulisan ini melakukan studi pustaka untuk memperoleh data data yang berhubungan dengan skripsi dari sumber bacaan seperti, jurnal, proseding dan website yang berkaitan dengan judul sebagai refrensi.

2. Metode Experimen

Yaitu membuat alat dan bahan secara langsung dan menguji apakah alat dan bekerja sesuai keinginan.

3. Metode Pengujian Sistem

Yaitu melakukan pengujian alat dan bahan bertujuan untuk mengetahui kinerja alat yang di buat sesuia dengan yang diinginkan.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan secara garis besar tentang *Thermoelectric generator*, suhu, konversi energi

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang permasalahan, batasan masalah, tujuan pembahasan, metodologi pembahasan, sistematika penulisan dan relevansi dari penulisan tugas akhir ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan teori tentang *thermoelectric generator* dan komponen pendukung lainnya.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, diagram alir/flowchart serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses perancangan.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan tentang hasil pengujian, pembahasan hasil pengujian dan menganalisa hasil dari alat yang sedang dirancang.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian tentang pemanfaatan panas pada air sebagai sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pembangkit listrik pikotermal matahari (PLTPM) merupakan konsep awal yang masih dalam tahap kajian. Pengujian dan perhitungan tegangan dan arus listrik dilakukan terhadap termoelektrik tunggal, sel termoelektrik terhubung seri dan sel termoelektrik terhubung paralel akibat kenaikan suhu pada sel-sel tersebut. Hasil memperlihatkan bahwa kenaikan suhu sebesar 71°C menghasilkan tegangan keluaran 1 volt dan arus 0.1 Amper. Sesuai dengan kaedah hubungan seri dan paralel, hubungan seri mampu melipat gandakan tegangan keluaran dan hubungan paralel melipat gandakan arus keluaran untuk tambahan setiap satu keping sel termoelektrik.[1]

Dengan semakin majunya perkembangan zaman membuat kebutuhan akan energi listrik kian meningkat. Berbagai usaha dilakukan untuk mencari sumber energi listrik baru, salah satunya dengan pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro yang memanfaatkan energi panas. Pemamfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Penelitian ini menggunakan termoelektrik tipe TEC1-12706 dengan aluminium sebagai penerima panas dan heatsink sebagai media pendingin. Variasi penelitian meliputi antara lain rangkaian termoelektrik tanpa beban dan berbeban yang dirangkai seri. Sumber panas yang dipilih yaitu sinar matahari dan api. Hasil penelitian menunjukkan panas dari matahari dan api dapat menjadi sumber energi listrik dengan kapasitas mikro yang cukup potensial. 4 buah modul termoelektrik

yang dirangkai secara seri menghasilkan tegangan sebesar 1.4 V ketika plat aluminium menyerap sinar matahari dengan beda temperatur antara sisi panas dan sisi dingin sebesar 31 K. Pada pengujian 4 buah modul termoelektrik yang dirangkai seri dengan beban 10 ohm, didapat efisiensi maksimal dari pembangkit yaitu 0.314% pada menit ke 60 sejak pemaparan sinar matahari dengan ΔT sebesar 30 K. Pada pengujian dengan beban panas api, didapat efisiensi maksimal dari pembangkit yaitu 1% pada menit ke 6 sejak pemanasan dengan ΔT sebesar 63.5 K. Dari hasil ini dapat disimpulkan, termoelektrik dapat menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energi panas.[2]

Indonesia menyimpan potensi energi terbarukan yakni geotermal berupa sumber air panas. Salah satu daerah yang berpotensi dalam pemanfaatan air panas untuk dijadikan pembangkit listrik berada di Blawan Bondowoso. Dalam penelitian ini, TEC dialih fungsikan sebagai pembangkit listrik tenaga panas / TEG (thermoelectric generator) yang menggunakan efek Seebeck. Digunakan 9 buah TEC berdimensi 4x4cm yang dirangkai secara seri, dengan bahan berupa Bi₂Te₃ (Bismuth telluride) sebagai alat bantu pengambilan data. Sumber air panas di Blawan memiliki temperatur pada kisaran 45-49,5 °C. Pengambilan data potensi dilakukan selama 3 hari yakni 21- 23 Agustus 2015. Pukul 9:00–15:00 WIB, dengan pencatatan keluaran data potensi setiap selang 30 menit. Tercatat VTEG tertinggi dimiliki hari ke-2 sebesar 4,506 V pada pukul 9:00 WIB dan VTEG terendah dimiliki hari ke-1 sebesar 2,001 V pada pukul 13:30 WIB. Variasi besar arus tercatat pada angka 0,04 A dan 0,03 A, namun rata-rata stabil pada 0,03A. Daya tertinggi yang dicapai pada ketiga hari sebesar 0,48 Watt, dan daya terendah dicapai pada hari pertama sebesar 0,07962 Watt.[3]

Jelantah merupakan limbah yang jumlahnya cukup melimpah tetapi pemanfaatannya belum maksimal. Dengan teknologi termoelektrik, jelantah dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar penghasil energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efisiensi prototipe generator termoelektrik berbahan bakar minyak jelantah. Generator tersebut terdiri dari 2 sel termoelektrik, pipa pendingin, penerima panas, tungku pembakaran dan tangki bahan bakar. Sumber panas atau kalor dihasilkan dari pembakaran minyak jelantah secara langsung pada tungku pembakaran. Pengujian dilakukan dengan mengukur keluaran tegangan yang dihasilkan dengan memasang sebuah hambatan beban (dummy load) secara paralel serta mengukur suhu pada sisi dingin dan sisi panas. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin besar selisih suhu (ΔT) maka tegangan keluaran (VRL), daya keluaran (P_{out}) dan efisiensi generator (η) meningkat. P_{out} dan efisiensi generator maksimum terukur pada pemasangan $R_L = 11$ ohm pada $\Delta T = 78,1$ 0C yaitu 0,86 watt dan 1,96%. Dengan menganalisa karakteristik keluaran daya generator pada pemasangan $R_L = 11$ ohm keluaran daya didekati dengan suatu permodelan yang dibagi dalam dua bagian. Bagian I pada ΔT 2,5 0C sampai 18,3 0C menunjukkan $R_{in} = 15,58$ ohm dan $[S1]^2 = 0,33$ volt²/K² dengan $err = 17\%$ terhadap hasil percobaan. Sedangkan bagian II pada ΔT 18,4 0C sampai 78,1 0C diperoleh $[S2]^2 = 0,06$ volt²/K² dan $C = 0,458$ dengan $err = 2,2\%$. [4]

Thermoelectric Generator (TEG) digunakan untuk menghasilkan energi listrik, dengan adanya perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin dari modul termoelektrik. Prinsip ini dikenal dengan nama efek seebeck yang merupakan fenomena kebalikan dari efek peltier (Thermoelectric Cooling). Penelitian ini menggunakan dua buah tipe modul termoelektrik, tipe TEC 12706

dan TEG SP 1848. Dengan variasi tegangan input 60 V sebagai sumber energi sisi panas (heater). Sisi dingin modul termoelektrik menggunakan air bertemperatur 10° dengan laju aliran 16,6 liter/menit. Dari pengujian daya yang dihasilkan modul termoelektrik tipe TEG SP 1848 lebih besar dibandingkan tipe TEC 12706. Daya maksimum yang dihasilkan termoelektrik tipe TEC 12706 pada pengujian 1,2,3 dan 4 buah modul termoelektrik adalah sebesar 0,007 W, 0,018 W, 0,061 W, dan 0,105 W. Sedangkan dengan menggunakan modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan pada pengujian yang sama adalah sebesar 0,125 W, 0,141 W, 0,274 W dan 0,357 W. Selisih daya maksimum yang dihasilkan antara modul TEC 12706 dan modul TEG SP 1848 adalah berkisar 0,2 W.[5]

Pembangkit energi listrik elemen TEG (Thermoelectric generator) Tipe 10W-4V-40s bekerja berdasarkan efek Seebeck dengan memanfaatkan perbedaan suhu dikedua sisi elemen. Sisi panas (Th) dari sebuah elemen TEG diletakan pada dudukan yang terbuat dari bahan Alumunium-Dural dan diberi sumber panas yang berasal dari pemanas buatan (heater), pada sisi dingin (Tc) elemen TEG dipasang heatsink guna mengurangi energi panas yang menembus sisi dingin serta menjaga suhunya agar tetap rendah. Pengukuran daya output (PL) dilakukan dengan variasi RL dari 0 Ω sampai 20 Ω pada kondisi perbedaan suhu (ΔT) bervariasi dengan Tc konstan pada suhu 30°C, hasil dari penelitian menunjukkan bahwa daya output (PL) elemen termoelektrik bernilai maksimum pada saat RL=1 Ω atau pada saat beban minimum kemudian turun sebanding dengan bertambahnya hambatan RL. Nilai hambatan internal (Rint) dari elemen TEG meningkat sebanding dengan besarnya ΔT dikedua sisi elemen, pada Tc dan Th berada pada suhu ruang (30°C) diperoleh nilai Rint sebesar 0.85 Ω dan bernilai maksimum pada $\Delta T=50^\circ\text{C}$ yaitu

sebesar 1.043 Ω . Hal ini menandakan bahwa elemen TEG tidak hanya bergantung pada ΔT di kedua sisi modul saja, akan tetapi juga sangat bergantung kepada besarnya range suhu yang digunakan.[6]

Termoelektrik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik. Pembangkit daya termoelektrik (Thermoelectric Generator / TEG) digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ketika perbedaan temperatur terjadi antara dua material semi konduktor yang berbeda, maka elemen termoelektrik ini akan mengalirkan arus sehingga menghasilkan perbedaan tegangan. Prinsip ini dikenal dengan nama 'efek Seebeck' yang merupakan fenomena kebalikan dari efek peltier TEC (Thermoelectric Cooling). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi listrik yang bersumber dari elemen termoelektrik sebanyak empat buah dengan tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848. Sumber panas disimulasikan dengan menggunakan heater tegangan 60 volt, sedangkan sisi pendinginan menggunakan fan kecepatan 3,5 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Thermoelectric tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya maksimum 0,055 W, arus 0,279 A, sedangkan tipe TEC 12706 menghasilkan daya maksimum 0,109 W arus 0,147 A, dengan perbedaan temperatur rata-rata 14,87 °C. Kinerja elemen termoelektrik TEG tipe SP 1848 lebih besar potensi listrik yang dihasilkan dibandingkan TEC 12706.[7]

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui daya listrik dari elemen Peltier. Energi listrik merupakan kebutuhan primer bagi manusia, namun penggunaan yang berlebihan akan menyebabkan kelangkaan energi listrik, sehingga diperlukan upaya untuk mencari energi alternatif yang terbarukan. Salah satunya dengan

memanfaatkan panas buangan menggunakan elemen Peltier yang akan dirubah menjadi energi listrik dan diaplikasikan menjadi pembangkit daya termoelektrik. Pembangkit daya termoelektrik TEG (Thermoelectric Generator) dapat menghasilkan energi listrik ketika ada perbedaan suhu yang terjadi antara dua material semi konduktor yang berbeda prinsip ini dikenal dengan nama “efek Seebeck” yang merupakan kebalikan dari efek Peltier TEC (Thermoelectric Cooling), dimana variasi tegangan travo toroid pada pemanas sebagai simulasi dari panas terbuang pada kendaraan yakni sebesar 10 volt mulai dari 30 volt hingga 80 volt selama 40 menit. Hasil pengujian menunjukkan tegangan bergantung pada perbedaan suhu antara sisi panas dan dingin. Dimana tegangan yang dihasilkan berbanding lurus dengan perbedaan suhu elements peltier, begitu juga dengan arus dan daya yang dihasilkan. Penelitian tentang TEG ini memiliki prospek yang cerah untuk masa depan sebagai sumber energi listrik.[8]

Meningkatnya populasi manusia di dunia yang menyebabkan permintaan kebutuhan akan energi akan terus meningkat, dan dengan semakin menipisnya sumber energi fosil, dibutuhkan alternatif energi yang baru dengan meningkatkan efisiensi sumber energi yang ada. Termoelemen merupakan salah satu sumber energi alternatif yang baru, termoelektrik generator merupakan modul yang dapat merubah energi panas menjadi energi listrik yang menggunakan efek seebeck dan efek peltier sebagai dasar dari prinsip kerjanya. Fokus pada penelitian ini adalah menggunakan modul termoelektrik dengan melakukan simulasi memanaskan aluminium yang ditempelkan pada sisi panas dari modul termoelektrik. Dengan melakukan variasi temperatur antara 66,6 0C sampai dengan 103,9 0C didapatkan tegangan keluaran dari 4 buah modul termoelektrik generator TEG SP1848 27145

SA yang dirangkai secara seri sebesar 8,4 volt maksimal, dengan ΔT maksimal sebesar 55,7 0C yang menghasilkan daya sebesar 3,484 watt.[9]

Penelitian ini dilatarbelakangi banyaknya industri pengolahan logam bekas di Indonesia yang belum memanfaatkan energi panas buang secara maksimal, sedangkan pada saat ini kebutuhan energi semakin meningkat. Energi panas yang terbuang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara pengonversian, dimana pengonversian menggunakan TEG (Thermoelectric Generator) yang berfungsi mengubah panas menjadi listrik dengan memanfaatkan beda temperatur. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap output tegangan TEG pada tungku peleburan logam bekas dengan rangkaian seri. Untuk mengetahui pengaruh jumlah elemen peltier terhadap output tegangan TEG pada tungku peleburan logam bekas dengan rangkaian seri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan faktorial $2^2 \times 3$ dengan replikasi 3 kali uji coba dan menggunakan analisis data anova 2 arah karena jumlah faktor lebih dari satu yaitu variasi temperatur dinding tungku dan jumlah elemen peltier. Hasil dari penelitian ini adalah kenaikan temperatur dinding berpengaruh terhadap output tegangan TEG dan jumlah elemen peltier juga mempengaruhi hasil output tegangan TEG. Penggunaan 3 keping elemen peltier yang di rangkai seri secara elektris dengan temperatur 320 °C menghasilkan output tegangan terkecil sebesar 1.4700 Volt , dan temperatur 400 °C menghasilkan output tegangan terbesar sebesar 2.4400 Volt. Sedangkan 6 keping elemen peltier yang di rangkai seri secara elektris dengan temperatur 320 °C menghasilkan output tegangan terkecil sebesar 2.9233 Volt, dan temperatur 400 °C menghasilkan output tegangan tertinggi sebesar 5.0167 Volt.[10]

Kurangnya pemanfaatan modul termoelektrik sebagai pembangkit listrik di masyarakat sering diakibatkan energi yang dihasilkan cenderung tidak stabil. Sehingga diperlukan sebuah rangkaian penstabil tegangan yang dapat menaik dan menurunkan tegangan menjadi tegangan tertentu. Tujuan proyek ini adalah merancang sebuah rangkaian penstabil tegangan DC skala pico berbasis boost converter. Pengujian dilakukan dengan 3 tahap, yaitu pengujian rangkaian penstabil menggunakan sumber adaptor yang mempunyai tegangan masukan 3-9 V, pengujian kinerja pembangkit termoelektrik pada beberapa ΔT tertentu dan pengujian rangkaian penstabil menggunakan sumber termoelektrik dengan ΔT yang sama dengan pengujian sebelumnya. Hasil pengujian pertama, saat diberikan tegangan masukan 3 hingga 9 V maka menghasilkan tegangan keluaran 5,07 hingga 5,08 V sehingga memiliki persentase ketepatan 98,55% terhadap tegangan 5 V yang diharapkan. Pada pengujian kedua, yaitu saat ΔT bernilai 30, 50 dan 70 °C menghasilkan tegangan keluaran 2,5, 3,04 dan 3,39 V. Sementara pada pengujian ketiga dengan ΔT yang sama menghasilkan tegangan keluaran 5,08 hingga 5,09 V. Namun, saat ΔT bernilai 12 °C mengeluarkan tegangan 0,8 hingga 0,9 V baik pada pengujian kedua maupun ketiga, hal ini disebabkan tidak memenuhi tegangan kerja sistem penstabil yaitu 2 hingga 24 V. Hubungan antara ΔT terhadap Tegangan Keluaran (V), Arus (I) dan Daya (P) yang dihasilkan memiliki nilai R positif 0,76 hingga 1, yang berarti adanya hubungan berbanding lurus. Sehingga, semakin besar nilai ΔT maka akan berdampak pula pada semakin besarnya nilai V, I dan P yang dapat menjadi indikator kualitas pembangkit termoelektrik yang sedang diuji.[11]

Energi fosil semakin menipis akibat banyaknya kebutuhan yang menggunakan energi, terutama di sektor industri dan otomotif yang merupakan sektor pengguna energi terbanyak sekaligus sektor penghasil panas buang tertinggi. Hal tersebut menyebabkan banyaknya pengembangan sumber energi alternatif, terutama di bidang pemanfaatan energi panas. Penelitian ini memanfaatkan energi panas buang knalpot sepeda motor menjadi energi listrik dengan menggunakan Thermo Electric Generator (TEG). Dengan menggunakan prinsip thermocouple yaitu adanya perbedaan suhu dari sisi panas dan sisi dingin TEG, maka tegangan dapat dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan tiga titik uji yaitu di kepala, badan dan mulut knalpot. Tegangan output maksimum yang dihasilkan di kepala knalpot lebih besar dibanding di badan dan mulut knalpot. Ini disebabkan karena perubahan suhu di kepala knalpot lebih besar dibanding posisi lain. Di kepala knalpot, tegangan output maksimum yang dihasilkan 1 modul, 2 modul dan 3 modul TEG berturut-turut adalah 1,26 V, 2,27 V dan 3,43 V.[12]

Handphone sebagai penunjang bisnis ojek on line tidak bisa kehabisan daya, sehingga dibutuhkan suatu pembangkit listrik yang bisa mengisi baterai tanpa harus berhenti terlebih dahulu. Metode yang dilakukan adalah merancang prototype pembangkit listrik tenaga panas pada knalpot yang merubah energi panas pada knalpot sepeda motor menjadi energi listrik. Apakah tegangan keluaran dari peltier bisa mencapai 2-3 volt. Mana yang lebih stabil antara menggunakan 1 peltier atau 2 peltier. Metode yang dilakukan adalah mengukur tegangan output pada 1 peltier dan tegangan keluaran 2 peltier yang dirangkai seri. Pengujian dilakukan pada perancangan pembangkit listrik tenaga panas saat knalpot motor yang dinyalakan selama 60 menit dengan mengukur tegangan

output peltier dan modul charger. Tegangan yang dihasilkan pada peltier saat menggunakan 1 peltier dan pada saat tegangan keluaran 2 peltier dirangkai seri > 2 volt yaitu 2.05 Volt dan 2.46 Volt. Tegangan keluaran pada 2 peltier yang dirangkai seri > 1 peltier tetapi pada modul charger tegangan yang dihasilkan lebih stabil pada saat menggunakan 1 peltier dari pada 2 peltier.[13]

Perkembangan teknologi untuk menghemat bahan bakar menjadi isu yang menarik dalam penelitian. Energy listrik masih menjadi kebutuhan primer pada system internal combustion engine. Ditinjau secara micro dalam penggunaan elektrikal diterapkan pada system pengapian mesin yang bersumber pada battery mobil. sistem elektrikal pada mobil bersumber pada alternator. Cara kerja alternator menggunakan pulley kopel putaran mesin alternator tersebut juga berdampak membebani putaran mesin. System elektrikal yang mampu menghemat bahan bakar mesin tersebut dapat kita temukan pada modul thermoelectric. terobosan baru sistem sumber energy listrik tersebut menggunakan modul Thermo Electric (TEC) proses konversi energi dengan memanfaatkan seback effect . Thermo Electric (TEC) ketika dialiri panas pada salah satu sisinya maka akan terjadi proses perpindahan electron di dalam modulnya kemudian terciptalah aliran listrik. Besarnya energy listrik bergantung pada kecepatan pending sisi lawan permukaannya. Proses penurunan temperature dapat dibantu dengan menggunakan alat penukar kalor berupa heat exchanger sirip dan fin. semakin lama proses pendinginan, maka semakin optimal besaran nominal arus yang dihasilkan. Dari data Hasil pengujian dapat diketahui perangkat pembangkit energi tersebut mampu bekerja dengan rate orde satuan milivolt. Selanjutnya energy listrik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai system penerangan kendaraan.

Di era yang semakin maju ini, banyak sekali lampu LED yang hemat energy diaplikasikan pada mobil citycar yang hemat bahan bakar.[14]

Pada masa sekarang ini teknologi otomatisasi berbasis internet IoT(Internet of Things) adalah salah satu teknologi yang populer dan terus berkembang, khususnya di dalam penerapan peralatan rumah tangga di rumah otomatisasi sangat dibutuhkan sehingga pengguna tidak lagi perlu repot untuk menghidupkan dan mematikan sebuah alat elektronik yang ada. Dalam penelitian ini penulistelah mengembangkan kompor listrik digital dengan elemenpemanas peltier berbasis microcontroller wemos yang yang mampu dikendalikan dengan menggunakan smartphone android dengan melalui media internet. Kompor listrik ini dapat dikendalikan dengan mudah hanya dengan menekan tombol untuk menghidupkan/mematikan kompor listrik pada smartphone. Pengujian alat ini mampu untuk membaca suhu kamar yang ada dari 30⁰ Celcius sampai dengan 50⁰ celcius dalam waktu 10 menit. Sistem ini memiliki kelemahan yaitu sangat bergantung terhadap internet disebabkan kontrol On/Off melalui aplikasi pada smartphone.[15]

2.2 Konsep *Thermoelectric*

Modul termoelektrik merupakan sebuah susunan material *thermoelectric* yang dapat mengkonversi energi panas yang melewati modul tersebut menjadi energi listrik, Modul *thermoelectric* yaitu alat yang mengubah energi panas dari gradien temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya dari energi listrik menjadi gradien temperatur. Banyak pembahasan biasanya berkisar figure-of-merit atau ZT dari bahan *thermoelectric* dan dampak terhadap efisiensi perubahan

panas ke listrik pada aplikasi *thermoelectric* generator atau *thermoelectric cooling*.

2.3 *Thermoelectric Cooler*

Perangkat *thermoelectric cooling* didasarkan pada efek Peltier. Jika arus listrik melewati rangkaian dari dua konduktor yang tidak sama, di situ akan terjadi kenaikan atau penurunan temperatur di persambungan bergantung dari arah aliran arus listrik. Ditemukan oleh Jean Peltier pada tahun 1834 dan kemudian diperluas oleh Emil Lenz pada tahun 1838. Lenz menunjukkan bahwa air dapat membeku ketika diletakkan pada persambungan bismuth–antimony dengan melewati arus listrik melalui persambungan tersebut. Dia juga mengamati bahwa jika arus listrik dibalik, es dapat meleleh. Lenz menyimpulkan bahwa arah dari aliran arus listrik menentukan apakah panas diserap atau dihasilkan pada persambungan. Ketika masukan listrik diterapkan pada termokopel, elektron bergerak dari bahan tipe-p ke bahan tipe-n menyerap energi panas pada sambungan dingin. Elektron–elektron membuang kelebihan energi pada sambungan panas karena elektron mengalir dari tipe-n kembali ke bahan tipe-p melalui konektor listrik. Membuang panas dari sisi panas akan menurunkan temperatur pada sisi dingin dengan cepat, besarnya penurunan bergantung dari arus listrik yang diberikan.



Gambar 2.1 Pergerakan Elektron Dari Bahan Tipe-p Ke Tipe -n

2.3.1 Thermoelectric Generator

Thermoelectric generator diawali dari teori fisika Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1826, bahwa dua buah bahan semikonduktor yang berbeda jenis bila masing-masing permukaannya memiliki beda (gradien) temperatur maka akan menghasilkan tegangan. *Thermoelectric* generator didasarkan pada efek *Seebeck*. Jika panas diterapkan pada rangkaian di persambungan dari dua konduktor yang berbeda, arus listrik akan dihasilkan. Ini adalah perangkat solid state dan tidak seperti dinamo yang mempunyai bagian bergerak sehingga tidak menimbulkan suara saat bekerja. Efek ini ditemukan pada tahun 1826. Thomas Johann Seebeck mengamati bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan perbedaan temperatur dan bergantung pada tipe bahan konduktor, tetapi tidak terpengaruh persebaran temperatur sepanjang konduktor. Seebeck menguji berbagai bahan, termasuk semikonduktor yang ditemukan secara alami yaitu ZnSb dan PbS. Koefisien *seebeck* (sering kali diukur dalam $\mu\text{V/K}$) didefinisikan sebagai tegangan buka rangkaian yang dihasilkan antara dua titik pada konduktor ketika perbedaan temperatur seragam sebesar 1 K diterapkan antara dua titik tersebut. *Thermoelectric* generator paling sederhana terdiri dari termokopel yang terdiri dari tipe-n (bahan dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (bahan dengan kekurangan elektron) elemen yang terhubung listrik secara seri dan panas secara paralel.

Besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradient temperature. Elemen peltier merupakan sebuah perangkat yang awalnya menggunakan implementasi prinsip peltier, dimana bila arus listrik dialirkan pada sambungan dua jenis logam maka akan menghasilkan perpindahan kalor.

Thermoelectric generator diawali dari teori fisikawan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1826, bahwa dua buah bahan semikonduktor yang berbeda jenis bila masing-masing permukaannya memiliki beda (gradien) temperatur maka akan menghasilkan tegangan.

$$S = V / \Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana

S = adalah koefisien *Seebeck* ($V/^\circ C$),

V = tegangan yang dihasilkan output peltier (Volt)

ΔT = adalah beda temperatur sisi *heat sink* panas dan *heat sink* dingin (Kelvin/ $^\circ C$).



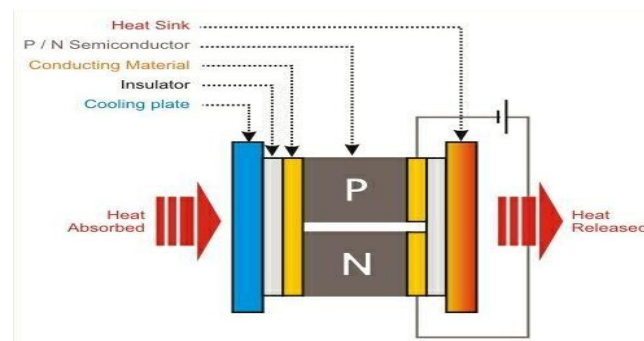
Gambar 2.2 Skema Elemen Peltier

Pada gambar 2.2, terlihat elemen peltier terdiri dari kaki-kaki dengan dua jenis material semikonduktor yaitu tipe-n dan tipe-p. Elektron pada ujung sisi kaki yang dipanaskan memiliki energi kalor yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ujung kaki yang dingin. Elektron yang dengan energi kalor yang lebih besar akan menyebar sampai ujung kaki-kaki yang lebih dingin. Pada tahap ini kenetralan atom tetap terjaga sehingga distribusi elektron membentuk muatan negatif pada ujung yang dingin (kelebihan muatan

elektron) dan muatan positif pada ujung yang panas (kekosongan elektron pada atom) sehingga terbentuk tegangan listrik.

2.3.2 Kontruksi

Thermoelectric dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda, satu tipe N dan yang lainnya tipe P (mereka harus berbeda karena mereka harus memiliki kerapatan elektron yang berbeda dalam rangka untuk bekerja). Kedua semikonduktor diposisikan paralel secara termal dan ujungnya digabungkan dengan lempeng pendingin biasanya lempeng tembaga atau aluminium.



Gambar 2.3 Penampang *Thermoelectric*

Ujung penghantar dari dua bahan yang berbeda dihubungkan ke sumber tegangan, dengan demikian arus listrik akan mengalir melalui dua buah semikonduktor yang terhubung secara seri (lihat gambar diatas). Aliran arus DC yang melewati dua semikonduktor tersebut menciptakan perbedaan suhu. Sebagai akibat perbedaan suhu ini, Peltier pendingin menyebabkan panas yang diserap dari sekitar pelat pendingin akan pindah ke plat lain (heat sink). Dalam prakteknya banyak pasangan *thermoelectric* (pasangan) seperti dijelaskan diatas, yang terhubung paralel dan diapit dua buah pelat keramik dalam sebuah

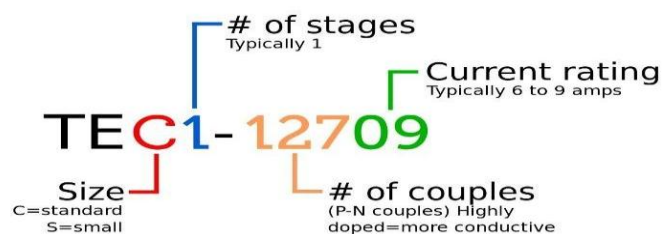
thermoelectric tunggal. Sedangkan besarnya perbedaan suhu panas dan dingin adalah sebanding dengan arus dan jumlah pasangan semikonduktor di unit.

2.3.3 Spesifikasi

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



Gambar 2.4 Bentuk *Thermoelectric* yang ada dipasaran



Gambar 2.5 Arti Tulisan Pada *Thermoelectric*

Untuk lebih jelasnya dalam memahami atau membaca spesifikasi dari modul peltier dapat dilihat pada gambar. Modul peltier yang sering digunakan secara umum memiliki ukuran dimensi yang sama yaitu sekitar 4cm x 4cm, gambaran dari ukuran dimensi yang dimiliki modul peltier bisa dilihat pada gambar. Banyak jenis atau macam modul peltier yang ada dipasaran, namun yang masuk dan ada di Indonesia tidak begitu banyak. Setiap peralatan atau komponen tentunya punya datasheet atau spesifikasi. Tak terkecuali

thermoelectric tersebut. Adapaun spesifikasinya seperti berikut :

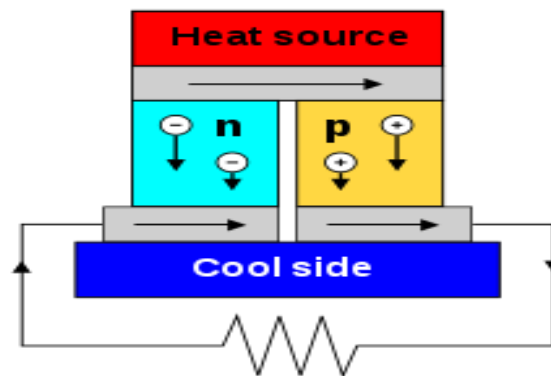
- Dimentions : 40 x 40 x 3.9mm
- I_{max} - 7A
- V_{max} - 15.4V
- Q_{cmax} - 62.2W
- 1.7 Ohm resistance
- Max Operating Temp: 180°C
- Min Operating Temp: - 50°C

2.4 Efek Seebeck, Peltier dan Thompson

2.4.1 Efek Seebeck

Efek *Seebeck* adalah perubahan secara langsung dari perbedaan temperatur ke listrik dan mengambil nama fisikawan Jerman–Estonia, Thomas Johann Seebeck, yang pada tahun 1821 menemukan bahwa jarum kompas akan dibelokkan oleh loop tertutup yang dibentuk oleh gabungan dua logam di dua tempat, dengan perbedaan temperature antara persambungan. Ini disebabkan respon logam berbeda – beda terhadap perbedaan temperatur, menimbulkan loop arus dan medan magnet.

Seebeck tidak menyadari ada arus maka dia menyebut fenomena tersebut dengan efek *thermomagnetic*. Fisikawan Denmark, Hans Christian Orsted memperbaiki kesalahan dan menciptakan istilah *thermoelectric*. Tegangan yang dihasilkan oleh efek ini dalam orde $\mu\text{V/K}$. Satu contoh gabungan antara tembaga dan nikel, mempunyai koefisien Seebeck $41 \mu\text{V/K}$ pada temperatur ruang.



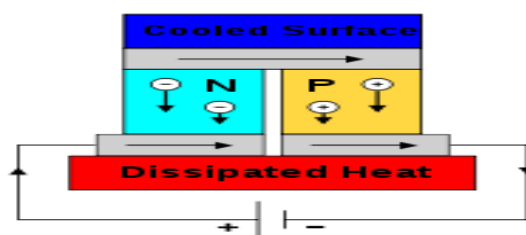
Gambar 2.6 Skema efek *seebeck* pada suatu bahan

Perbedaan tegangan (V), dihasilkan di seluruh persambungan dari rangkaian terbuka yang dibuat dari sepasang logam berbeda, A dan B, yang dua persambungan terjadi perbedaan temperatur, adalah berbanding lurus dengan perbedaan temperatur antara persambungan panas dan dingin, $T_h - T_c$. Tegangan atau arus yang dihasilkan di seluruh persambungan dari dua logam yang berbeda disebabkan oleh difusi elektron dari daerah dengan kepadatan elektron yang tinggi ke daerah dengan kepadatan elektron rendah karena kepadatan elektron berbeda pada logam yang berbeda. Karena itu arus mengalir dalam arah yang berlawanan. Jika kedua persambungan dijaga pada temperatur yang sama, difusi elektron pada kedua persambungan juga sama. Oleh karena arus pada kedua persambungan adalah sama dan berlawanan arah sehingga jumlah arus adalah nol, dan jika kedua persambungan dijaga pada temperatur yang berbeda maka difusi pada kedua persambungan juga berbeda sehingga arus dihasilkan. Oleh karena itu jumlah arus tidak nol. Hal ini dikenal sebagai fenomena *thermoelectric*.

2.4.2 Efek *peltier*

Kebalikan dari dari efek Seebeck, yaitu jika dua logam yang berbeda disambungkan kemudian arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan terjadi fenomena pompa kalor. Prinsip inilah yang digunakan termoelektrik sebagai pendingin/pompa kalor, Termoelektrik terdiri dari dua buah bahan berbeda yang disambubngkan. Material yang dipilih memiliki koefisien seebeck cukup tinggi. Saat ini kebanyakan termolektrik menggunakan Bismuth-Telluride sebagai bahan pembuatnya.

Perangkat modul termoelektrik yang dijual biasanya berbentuk plat tipis. Salah satu termoelektrik yang dapat dengan mudah kita dapatkan berukuran 40 mm x 40 mm dengan ketebalan 3 mm dan terdapat dua buah kabel (biasanya merah dan hitam). Jika di antara kedua permukaan termoelektrik terapat perbedaan temperatur maka tegangan listrik dihasilkan dan tegangan tersebut dapat kita ukur melalui dua kabel termoelektrik dengan menggunakan voltmeter. Jika perbedaan temperatur cukup besar, maka termoelektrik dapat menghidupkan sebuah lampu LED kecil. Listrik yang dihasilkan pada thermoelectric generator adalah listrik searah (DC).

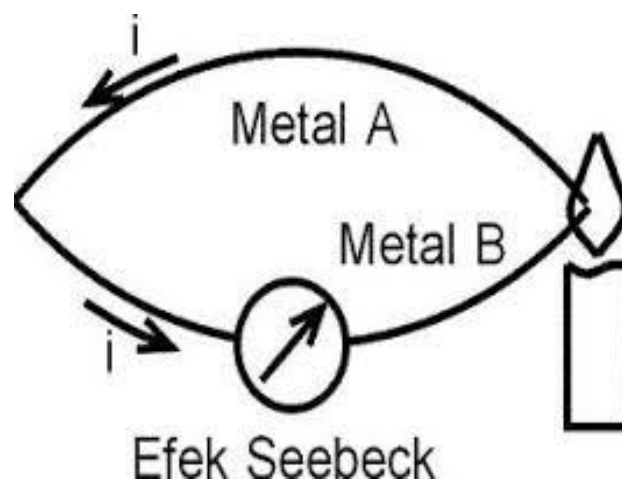


Gambar 2.7 Skema efek peltier pada suatu bahan

2.4.3 Efek Thomson

Efek Thomson diperkirakan dan kemudian diamati oleh William Thomson pada tahun 1851. Ini menjelaskan pemanasan atau pendinginan dari konduktor pembawa arus dengan gradien temperatur. Pada semikonduktor, ketika tidak diberikan 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).



Gambar 2.8 Pita Konduksi dan Pita Valensi Pada electron

2.5 Bahan Semikonduktor

Bahan semikonduktor sendiri merupakan elemen dasar dari komponen elektronika, seperti transistor, IC serta diode. Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor, semikonduktor sangatlah penting dalam dunia elektronika, disebabkan konduktivitasnya yang dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut dengan dopping). Semikonduktor sangat luas pemakaiannya, terutama sejak ditemukannya transistor pada akhir tahun 1940-an. Oleh karena itu semikonduktor dipelajari secara intensif dalam fisika zat padat. Namun dalam penelitian ini hanya akan membahas bahan semikonduktor *Thermoelectric* (Peltier) saja.

Semikonduktor adalah bahan pilihan untuk *thermoelectric* yang umum dipakai. Bahan semikonduktor *thermoelectric* yang paling sering digunakan saat ini adalah *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3) yang telah diolah untuk menghasilkan blok atau elemen yang memiliki karakteristik individu berbeda yaitu N dan P. Bahan *thermoelectric* lainnya termasuk *Timbal Telluride* (PbTe), *Silicon Germanium* (SiGe) dan *Bismuth-Antimony* (SbBi) adalah paduan bahan yang dapat digunakan dalam situasi tertentu. Namun, *Bismuth Telluride* adalah bahan terbaik dalam hal pendinginan. Energi panas bisa dimanfaatkan sehingga bisa lebih berguna dengan mengkonversi atau mengubahnya menjadi energy listrik yang tentunya menggunakan pengubah atau pengkonversi yang dapat merubah dari energy panas Energi panas bisa dimanfaatkan sehingga bisa lebih berguna dengan mengkonversi atau mengubahnya menjadi energy listrik yang tentunya menggunakan pengubah atau pengkonversi yang dapat merubah dari energi

panas menjadi energi listrik yang dinamakan generator. Modul peltier bias dimanfaatkan sebagai generator panas dengan mengaplikasikan prinsip efek *Seebeck*.

Berdasarkan dari prinsip-prinsip diatas dalam upaya penciptaan energi terbarukan yang ramah lingkungan maka perlu diadakannya penelitian untuk mengetahui efektifitas dari modul peltier yang mana memanfaatkan kedua prinsip diatas, yaitu efek *Seeback* dan efek peltier, yang kedua prinsip tersebut bisa ditemukan pada bahan semikonduktor *thermoelectric* peltier.

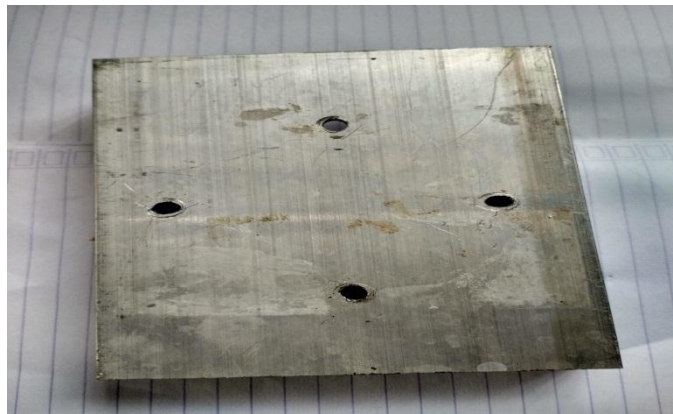
2.6 Heatsink dan Coldsink

2.6.1 Heatsink

Heatsink ini merupakan logam dengan design yang khusus terbuat dari alumuniun dan juga tembaga yang berfungsi untuk memperluas proses transfer panas dari sebuah prosesor. Komponen- komponen cpu yang biasanya dipakai untuk menyerap panas ini biasanya terbuat dari bahan aluminium yang biasanya banyak dipadukan dengan pemakaian fan pada heatsink untuk lebih mengoptimalkan penyerapan panas yaitu dengan mengalirkan panas dari heatsink ke luar cpu, proses ini akan menyebabkan meningkatnya performa kerja komputer. *Heatsink* digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul *thermoelectric* tunggal akan berbeda beda bergantung pada ukuran, konstruksi dan perbedaan temperaturnya.

Perbedaan temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul heatsink digunakan untuk menyalurkan/menghantarkan panas ke permukaan sisi peltier, sehingga panas yang diperoleh menjadi maksimal dan juga

merata, dan juga heatsink harus memiliki permukaan yang rata dan halus, sebab jika permukaan tidak rata maka suhu yang disalurkan tidak akan maksimal dan akan berpengaruh pada daya yang dihasilkan nantinya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, biasanya heatsink dilapisi oleh pasta thermal, ini dilakukan agar suhu yang dikirimkan menjadi lebih maksimal dan efisien. Heatsink bisa kita dapatkan di toko-toko elektronik, biasanya dijual di toko onlinedengan harga yang bervariasi, tergantung dari ukuran dan juga kualitas heatsink tersebut.



Gambar 2.9 *Heatsink*

2.6.2 Coldsink

Coldsink merupakan benda yang digunakan untuk mengurangi suhu panas pada satu peralatan elektronik, umumnya ini digunakan pada IC, CPU dan juga peltier. *Coldsink* ini fungsinya hampir sama dengan *heatsink*, yaitu sama-sama menyerap suhu, bedanya adalah jika *heatsink* digunakan untuk menyalurkan.

Panas ke peltier, namun *coldsink* digunakan untuk menurunkan atau bahkan menghilangkan suhu panas pada peltier. Hal ini dilakukan agar perbedaan suhu yang terjadi pada peltier tetap terjaga, agar energi listrik yang dihasilkan menjadi lebih optimal dan peltier tidak *overheat*, karena jika peltier terlalu panas

akan menyebabkan kerusakan yang fatal, sehingga peltier tidak dapat digunakan kembali. Dalam penggunaannya, coldsink terkadang diberi tambahan berupa *fan* untuk memaksimalkan kinerja dari *coldsink* itu sendiri. Pada penggunaannya di penelitian ini *coldsink* juga diberikan pasta termal, tetap berbeda dengan dengan heatsink, disini *coldsink* menggunakan pasta termal yang mampu mengurangi suhu panas dari peltier.



Gambar 2.10 Coldsink

2.7 Panas

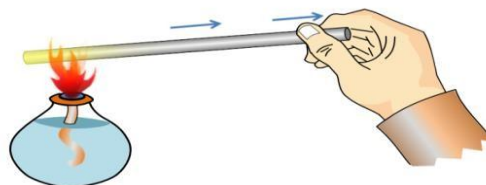
Panas merupakan suatu bentuk energi. Panas memiliki kaitan erat dengan getaran atau gerakan molekul. Molekul adalah bagian atau partikel dari suatu benda. Apabila benda dipanaskan molekul akan bergerak cepat sedangkan apabila didinginkan molekul akan bergerak lemah. Perpindahan panas terjadi karena perbedaan suhu yang terdapat pada suatu benda. Jika panas diambil dari suatu benda maka temperatur benda itu akan turun. Makin banyak panas yang diambil temperatur benda menjadi makin rendah, tetapi setelah mencapai $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka panas itu tidak dapat lagi dikeluarkan dengan perkataan lain temperatur tersebut adalah yang terendah yang tidak dapat dicapai dengan cara apapun. Karena itu

maka temperatur -273°C dikatakan sebagai nol absolute dan didalam dunia ilmu dikenal sebagai 0°K .

Perpindahan panas terjadi oleh karena adanya perbedaan temperatur, dimana panas mengalir dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur lebih rendah. Perpindahan panas terjadi dengan tiga cara yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi dapat didefinisikan sebagai perpindahan panas yang terjadi melalui medium yang diam, misalnya perpindahan panas di dalam benda padat. Sedang konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan dengan fluida yang bergerak karena adanya gradien temperatur yang disebabkan perbedaan rapat massa.

2.7.1 Perpindahan Panas Secara 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 relatif diantara benda-benda tersebut. Misalnya panas yang berpindah di dalam sebuah batang logam akibat pemanasan salah satu ujungnya seperti terlihat pada gambar, ujung A menjadi naik temperaturnya walaupun yang dipanasi ujungnya adalah ujung B. Gambar menunjukkan prinsip dari laju perpindahan panas konduksi pada dinding pelat.

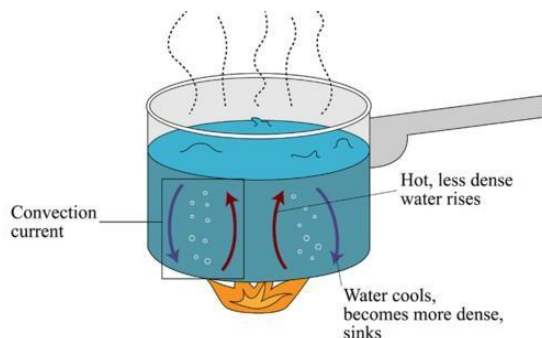


Gambar 2.11 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Panas mengalir secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Laju perpindahan panas dinyatakan dengan hukum Fourier.

2.7.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

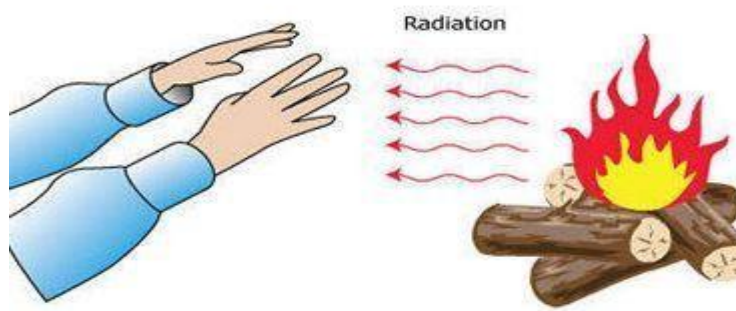
Perpindahan panas konveksi, dimana perpindahan panas terjadi di antara permukaan sebuah benda padat dengan fluida (cairan atau gas) yang mengalir menyentuh permukaan tadi. Misalnya dinding pipa logam yang menjadi panas atau dingin akibat fluida panas atau dingin yang mengalir di dalamnya. Apabila aliran udara disebabkan oleh sebuah blower, kita menyebutnya sebagai konveksi paksa, dan apabila disebabkan oleh gradien massa jenis, maka disebut konveksi alamiah.



Gambar 2.12 Perpindahan Panas Secara Konveksi

2.7.3 Perpindahan panas secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi di antara dua permukaan yang terjadi tanpa adanya media perantara. Misalnya perpindahan panas antara matahari dengan mobil berwarna hitam yang diparkir di tempat yang terik. Udara bukanlah perantara dalam perpindahan panas ini karena temperatur udara di sekitar mobil tersebut lebih rendah daripada temperatur mobil tersebut.



Gambar 2.13 Perpindahan Panas Secara Radiasi

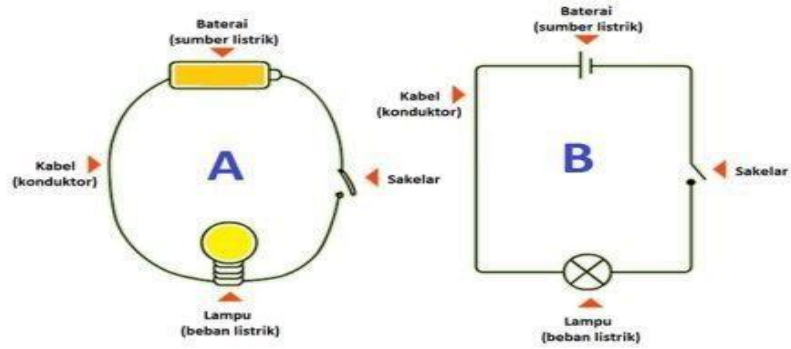
2.7.4 Kalor Jenis

Kalor jenis adalah banyaknya kalor yang diserap atau diperlukan oleh 1gram zat untuk menaikkan suhu sebesar 1°C . Kalor jenis juga diartikan sebagai kemampuan suatu benda untuk melepas atau menerima kalor. Masing-masing benda mempunyai kalor jenis yang berbeda-beda. Satuan kalor jenis $\text{J}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$.

2.8 Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik adalah sebuah jalur atau rangkaian sehingga elektron dapat mengalir dari sumber voltase atau arus listrik. Proses perpindahan elektron inilah yang kita kenal sebagai listrik. Elektron dapat mengalir pada material penghantar arus listrik yakni konduktor. Oleh karena itu kabel dipakai pada rangkaian listrik karena kabel terbuat dari tembaga yang dapat menghantarkan arus listrik. Tempat dimana elektron masuk ke dalam rangkaian listrik dinamakan dengan sumber listrik.

Pada gambar dibawah, lampu merupakan beban listrik dan sumber listrik berasal dari baterai; listrik mengalir melalui kabel dan sakelar berfungsi untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik. Untuk menggambar rangkaian listrik, kita harus menyederhanakan gambar seperti pada contoh dibawah dari gambar A menjadi gambar B.

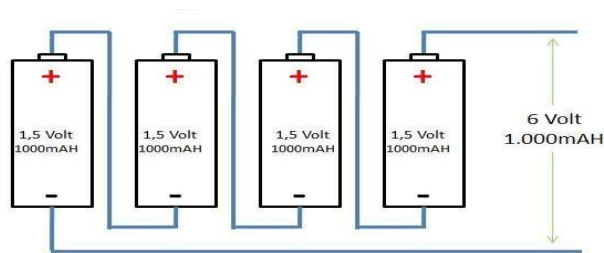


Gambar 2.14 Rangkaian Listrik

Benda apapun dapat menjadi beban listrik, oleh karena itu simbol universal untuk beban listrik adalah hambatan (resistor). Terdapat dua tipe rangkaian yaitu: rangkaian seri dan rangkaian paralel. Rangkaian seri dan paralel dapat dikombinasikan sehingga menjadi rangkaian kombinasi atau gabungan.

2.8.1 Rangkaian Seri

Pada dasarnya, Baterai dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Tetapi hasil Output dari kedua Rangkaian tersebut akan berbeda. Rangkaian Seri Baterai akan meningkatkan Tegangan (Voltage) Output Baterai sedangkan Current/Arus Listriknya (Ampere) akan tetap sama. Hal ini Berbeda dengan Rangkaian Paralel Baterai yang akan meningkatkan Current/Arus Listrik (Ampere) tetapi Tegangan (Voltage) Outputnya akan tetap sama.



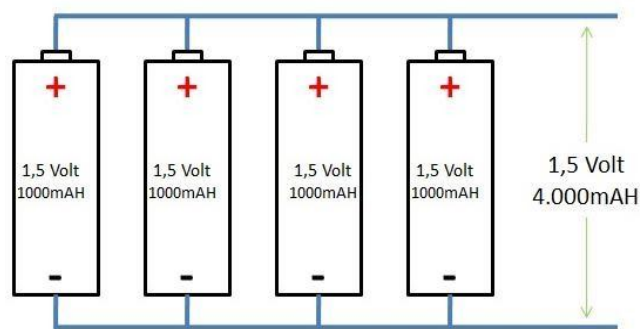
Gambar 2.15 Rangkaian Seri

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n \dots\dots\dots(2.3)$$

Dari gambar 2.15 dapat kita lihat bahwa, 4 buah baterai masing-masing menghasilkan Current atau kapasitas arus listrik (Ampere) yang sama seperti Arus Listrik pada 1 buah baterai, tetapi Tegangannya yang dihasilkan menjadi 4 kali lipat dari Tegangan 1 buah baterai. Yang dimaksud dengan Tegangan dalam Elektronika adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam Rangkaian Listrik yang dinyatakan dengan satuan volt. Seperti yang digambarkan pada rangkaian seri baterai diatas, 4 buah Baterai yang masing-masing bertegangan 1,5Volt dan 1.000 miliampere per jam (mAh) akan menghasilkan 6 Volt Tegangan tetapi kapasitas arus Listriknya (Current) akan tetap yaitu 1.000 miliampere per jam (mAh)

2.8.2 Rangkaian Paralel

Berbeda dengan rangkaian seri yang disusun secara sejajar atau berurutan, pada rangkaian parallel ini rangkaian tidak disusun secara sejajar. Dengan kata lain pada input setiap komponen semuanya berasal dari sumber yang sama. Salah satu contoh dari rangkaian parallel ini yaitu lampu lalu lintas.



Gambar 2.16 Rangkaian Paralel

Seperti yang terlihat pada gambar 2.16, tegangan yang dihasilkan dari rangkaian paralel adalah sama yaitu 1,5 Volt tetapi *current* atau kapasitas arus

listrik yang dihasilkan adalah 4.000 mAH (miliampere per Jam) yaitu total dari semua kapasitas arus listrik pada Baterai.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \dots\dots\dots(2.4)$$

2.8.3 Tenaga Listrik

Tenaga listrik atau daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja.

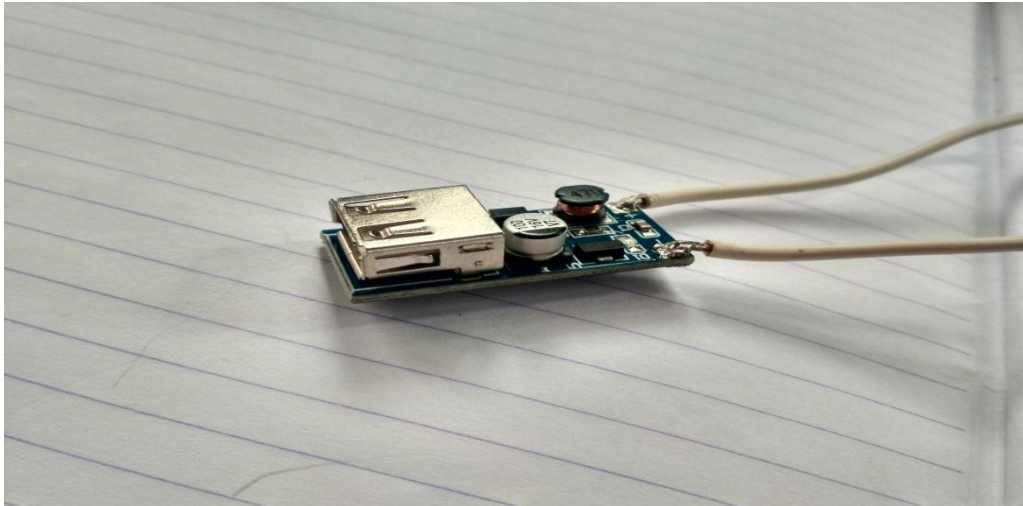
Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan kata lain, 1 W adalah didefinisikan sebagai daya listrik yang diburuhkan bila tegangan 1 V dihubungkan ke lampu dan arus 1 A mengalir melalui lampu tersebut.

2.9 Boost Converter/DC to DC 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 energy seperti kapasitor, induktor, atau kombinasinya. Filter biasanya terbuat dari kapasitor (namun kadang-kadang berada dalam kombinasi dengan induktor juga) biasanya ditambahkan untuk output *converter* sehingga dapat mengurangi riak tegangan output.



Gambar 2.17 Modul Dc to DC *Boost Converter*

Pada peltier alat ini berfungsi untuk menaikkan tegangan menjadi 5 volt. Saat *peltier* menghasilkan energi listrik, maka alat akan secara otomatis menaikkan tegangannya menjadi 5 volt, namun tegangan yg di input minimal harus mencapai 0,6 volt ataupun 2 volt, tergantung dari jenis booster yang digunakan. Alat ini juga memiliki batasan maksimal arus yang bisa diterima, yaitu 600 mA untuk *booster* yang minimal tegangannya 0,6 volt, dan tegangan 2 volt. Setelah nilai tegangan dinaikkan menjadi 5 volt, nantinya akan digunakan untuk menghidupkan lampu led ataupun yang lainnya, dan semakin besar daya besar arus yang dihasilkan, semakin besar arus yang dihasilkan maka akan semakin terang lampu menyala.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

Waktu dan tempat pelaksanaan pembuatan alat pemanfaatan panas air pada thermoelectric sebagai sumber energy listrik sebagai berikut:

1. Tempat pembuatan : Jl. Baut pasar 11 medan marelان, Kota medan
2. Tempat pengambilan data : Jl. Baut pasar 11 medan marelان, Kota medan
3. Waktu pelaksanaan : 3 Juli- 5 agustus 2019

3.2 Bahan dan alat

Dalam pembuatan alat pemanfaatan panas air pada thermoelectric sebagai sumber energy listrik adalah sebagai berikut:

a). Bahan

1. Delapan buah thermoelectric TEG-12706
2. Heatsink ukuran 9.5cm x 10cm 2 buah
3. Coldsink ukuran 9.5cm x 14cm 2 buah
4. Terminal kabel
5. Delapan baut , delapan mur dan ring
7. Lem dextone



Gambar 3.1 Bahan Penelitian Sudah Pasang

b). alat

1. Tang
2. Obeng
3. Multimeter Digital
4. Thermometer
5. Boost converter
6. Lampu Led 5vdc

3.3 Metode pembuatan alat

Untuk membuat pembangkit energi listrik menggunakan *thermoelectric* alat dan bahan sudah di jelaskan di awal bab ini .kemudian alat dan bahan tersebut di rangkai dengan cara seperti berikut:

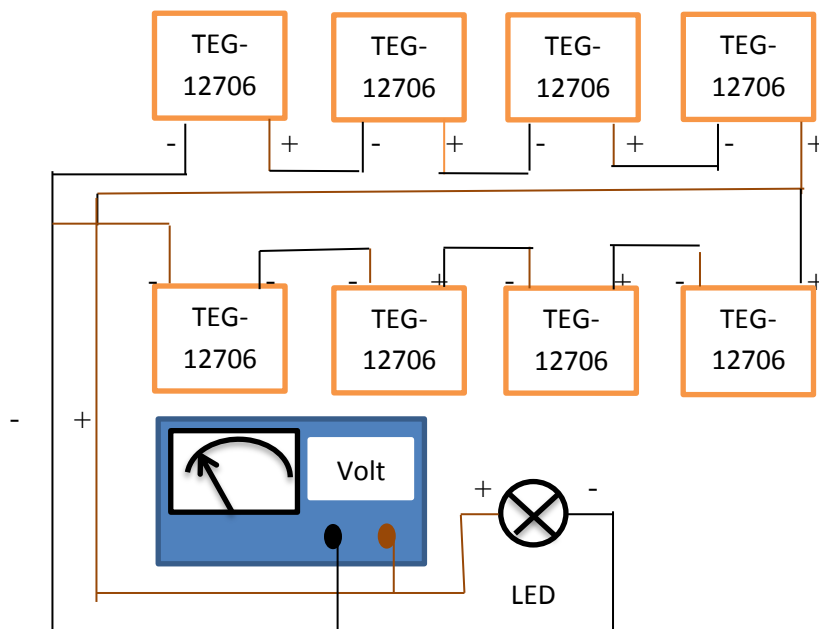
1. Membuat lubang pada sisi kanan dan kiri *heatsink* untuk memasukan baut dan kemudian *heatsink* di pasang pada wadah yang sudah di lubang kan kemudian *heatsink* di lem agar menyatu tunggu hingga kering.
2. Memberikan pasta pada *heatsink* agar berguna untuk menempelkan ke *thermoelectric*.
3. Memasang *thermoelectric* pada permukaan *heatsink* yang mana sudah di beri pasta agar menempel dengan baik.
4. Memasang *coldsink* mengunci agar menjadi satu dengan *heatsink* dan *thermoelectric* menjadi satu modul.
5. Menyambung kabel pada *thermoelectric* dan memasang terminal agar menjadi sambungan pada kabel.
6. Setelah cara 1 sampai ke 6 selesai makan modul termoelectric siap di Pasangkan atau di satukan dengan *heatsink* yang sudah di lem ke wadah air.

7. *Heatsink* yang di pasang pada wadah sehingga modul *thermoelectric* menjadi satu dengan heatsink dan coldsin dan siap di uji coba.

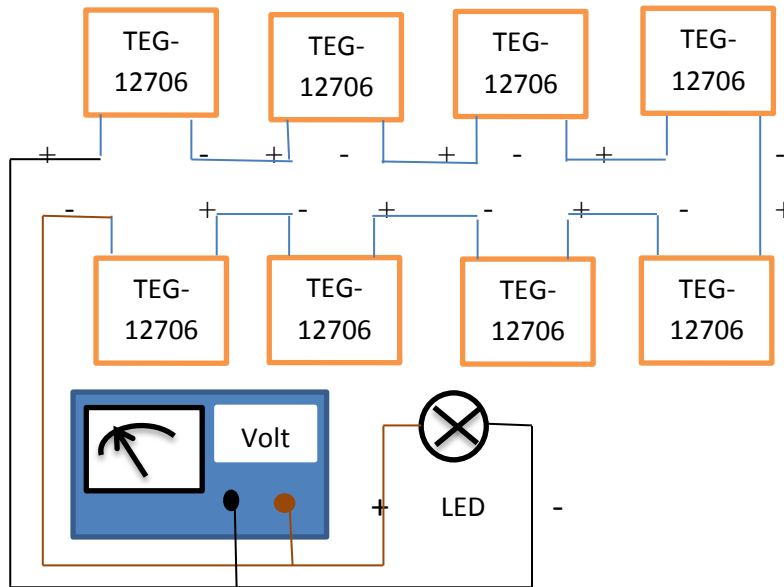


Gambar 3.2 Alat Uji Saat Di Pasang

3.4 Gambar rangkaian



Gambar 3.3 Skema rangkaian gabungan seri diparalel



Gambar 3.4 Skema Rangkaian Seri

3.5 Proses pengambilan data

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengambilan data:

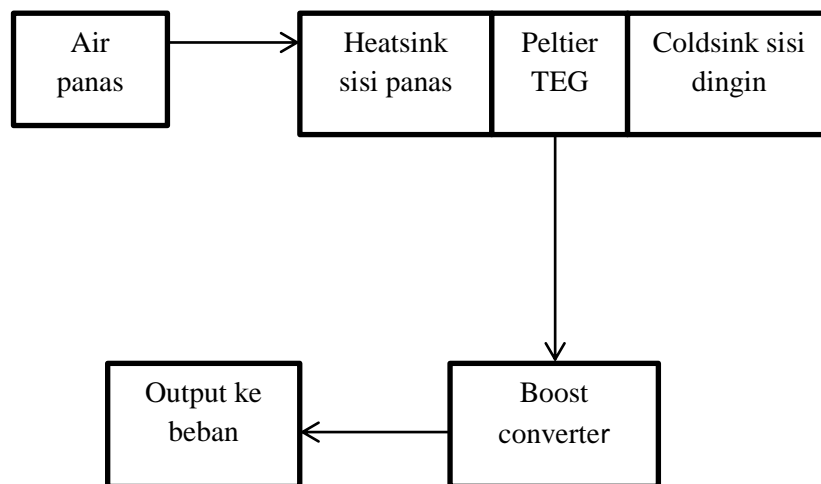
1. Memasang alat modul rakitan peltier pada wadah air atau heatsink yang sudah di satukan atau di lem pada bodi seperti pada gambar 3.2
2. Mengukur temperature pada heatsink untuk mengetahui nilai suhunya dan lalu mencatatnya
3. Mengukur temperature pada coldsink untuk mengetahui nilai suhunya dan lalu mencatatnya
4. Mengukur output tegangan dan arus yang keluar dengan multimeter digital
5. Mencatat nilai output maksimal yang terbaca di pada multimeter dengan variasi suhu yang berbeda yaitu 40°C , 50°C , 60°C , 70°C , 80°C .
6. Setelah selesai putuskan rangkaian dan sambungan pada beban

3.6 Proses Uji Kinerja

Dalam penelitian ini pengujian di bagi dalam beberapa bagian metode dan juga waktu berbeda, ada beberapa metode yang harus di perhatikan saat melakukan pengujian alat, hal ini dilakukan mengetahui metode mana yang paling baik untuk mendapat kan hasil yang paling optimal dalam menghasilkan energy listrik.

1. Pengujian dilakukan dengan variasi rangkain yaitu rangkaian seri dan seri diparalelkan
2. Pengujian dilakukan saat siang hari dan malam
3. Pengujian di lakukan dengan variasi temperatur suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, pada sisi heatsink dan suhu coldsink yang bertemperatur lingkungan

3.7 Diagram blok



Gambar 3.5 Diagram Blok

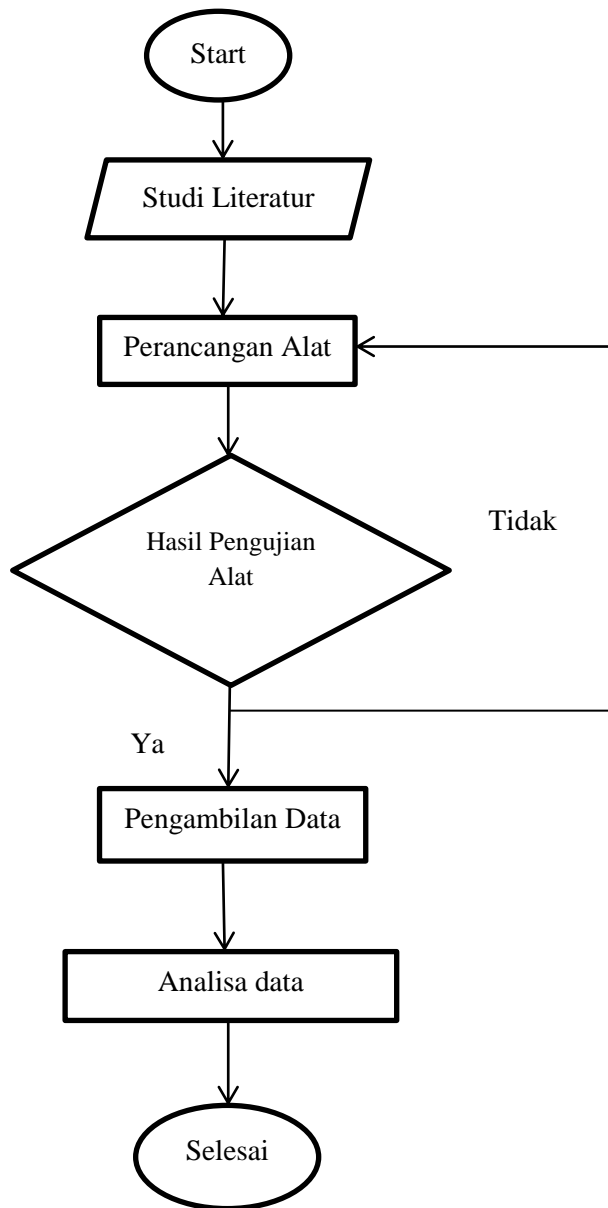
Pada saat suhu air di naikan atau dipanaskan maka akan menghasilkan energy panas pada air, suhu panas pada lingkungan air kan mengirimkan panas ke heatsink secara konduksi yang akan membuat heatsink mengalami perubahan suhu / kenaikan suhu setelah heatsink menjadi panas, saat sisi peltier yang

menempel pada heatsink akan mengalami perubahan suhu yaitu menjadi panas saat sisi peltier mengalami perubahan temperature suhu maka akan menghasilkan output tegangan maupun arus listrik, namun output yang di hasilkan tidak akan maksimal karena hanya ada sedikit gradient suhu yang terjadi pada peltier, maka untuk itu di pada sisi peltier lainnya memasang coldsink untuk mendinginkan sisi pada peltier agar terjadi perbedaan temperature suhu pada kedua sisi peltier agar gradient temperature yang di hasilkan menjadi besar, agar sisi peltier menjadi dingin, sehingga output yang dihasilkan akan maksimal, sehingga boost converter yang di pasang pada output peltier akan menaikkan tegangan yang di gunakan untuk pada beban baik lampu led, charger handphone.

3.7.1 Cara Kerja Thermoelectric

Saat thermoelectric mendapatkan suhu panas dan dingin maka bahan semikonduktor yang ada di dalam thermoelectric akan menghasilkan electron electron yang akan bergerak menuju penampang dan output pada thermoelectric, hal ini terjadi dikarenakan dua bahan semi konduktor yang berbeda jenis bila masing masing mendapatkan selisi perbedaan temperature suhu maka akan menghasilkan tegangan, di karenakan adanya Efek seebeck merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambunga ini maka akan terjadi arus listrik akan terjadi. setiap bahan memiliki koefisien seebeck yang berbeda-beda maka semakin besar koefisien seebeck ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah menjadi tegangan listrik.

3.8 Diagram Alir



Gambar 3.6 Diagram Alur

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian

Pengujian ini di lakukan menggunakan 8 buah elemen peltier yang dirangkai secara seri dan seri paralel. dan menggunakan *heatsink* ukuran 9.5cm x 10cm 2 buah, *coldsink* ukuran 9.5cm x 14cm 2 buah, Pengujian ini dilakukan dalam 2 waktu, yaitu pengujian pada siang hari dan pada malam hari. Dimana temperature coldsink yang digunakan 30°C dan waktu yang digunakan selama 10 detik.

4.2 Pengujian Pada Siang Hari

Tabel 4.1 Data output pada peltier rangkaian seri pada siang hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Coldsink (Tcol) °C
1	seri	40	1,10	0,065	0,071	30
2	seri	50	1,55	0,095	0,147	
3	seri	60	2,10	0,120	0,252	
4	seri	70	4.35	0,143	0,622	
5	seri	80	5.4	0,152	0,820	

Tabel 4.2 Data Output Pada Peltier rangkaian Seri Diparalel Siang Hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Coldsink (Tcol) °C
1	Seri diparalel	40	0,820	0,095	0,077	30
2	Seri diparalel	50	1,205	0,110	0,132	
3	Seri diparalel	60	1,355	0,225	0,304	
4	Seri diparerelel	70	2,513	0,325	0,816	
5	Seri diparerelel	80	2,818	0,398	1,121	

4.3 Pengujian Pada Malam Hari

Tabel 4.3 Data Output Pada Peltier rangkaian Seri Pada Malam Hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (Watt)	Coldsink (Tcool) °C
1	Seri	40	1.85	0.059	0.109	30
2	Seri	50	2.22	0.090	0.199	
3	Seri	60	2.64	0.125	0.328	
4	Seri	70	4.95	0.145	0.717	
5	Seri	80	5.64	0.152	0.891	

Tabel 4.4 Data Output Pada Peltier rangkaian Seri Diparalel Malam Hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (Watt)	Coldsink (Tcool) °C
1	Seri diparalel	40	0,734	0,098	0,071	30
2	Seri diparalel	50	1,26	0,175	0,220	
3	Seri dipararel	60	1,45	0,295	0,427	
4	Seri dipararel	70	2,65	0,355	0,940	
5	Seri dipararel	80	3,03	0,452	1,369	

Pehitungan mencari tegangan rata-rata

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V1 + V2}{2}$$

V1= tegangan yang dihasilkan saat percobaan siang hari
V2= tegangan yang dihasilkan saat percobaan malam hari

Perhitungan tegangan rata-rata rangkaian seri pada output *Thermoelectric*

1. $\frac{1,10 + 1,85}{2} = 1,475 \text{ V}$
2. $\frac{1,55 + 2,22}{2} = 1,885 \text{ V}$
3. $\frac{2,10 + 2,63}{2} = 2,365 \text{ V}$
4. $\frac{4,35 + 4,95}{2} = 4,65 \text{ V}$
5. $\frac{5,4 + 5,64}{2} = 5,52 \text{ V}$

Perhitungan tegangan rata-rata rangkaian seri diparalel pada output

Thermoelectric

1. $\frac{0,820 + 0,734}{2} = 0,777 \text{ V}$
2. $\frac{1,205 + 1,26}{2} = 1,232 \text{ V}$
3. $\frac{1,355 + 1,45}{2} = 1,402 \text{ V}$
4. $\frac{2,513 + 2,65}{2} = 2,581 \text{ V}$
5. $\frac{2,818 + 3,03}{2} = 2,924 \text{ V}$

Tabel 4.5 Pengukuran keluaran dari boost converter dari rangkaian seri siang hari

No	Tegangan input boost converter dari <i>thermoelectric</i>	Tegangan yang dihasilkan dari output boost converter
1	1,10 V	4.97 V
2	1,55 V	4.97 V
3	2,10 V	4.97 V
4	4.35 V	4.97 V
5	5.4 V	4.97 V

Tabel 4.6 Pengukuran keluaran dari boost converter dari rangkaian seri di parallel siang hari

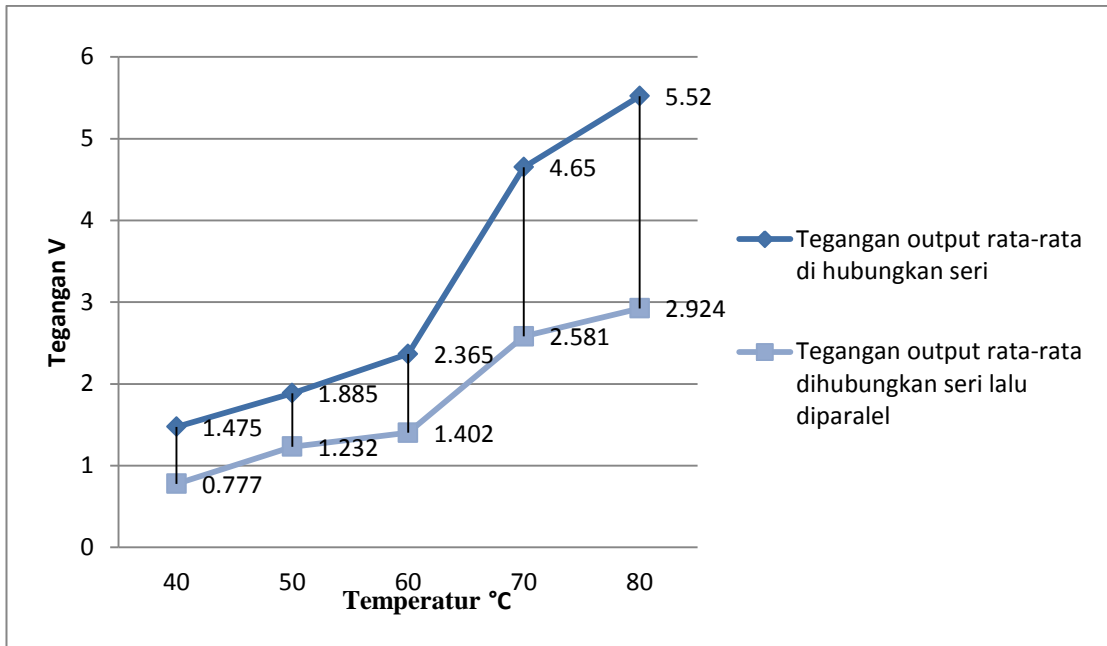
No	Tegangan input boost converter dari <i>thermoelectric</i>	Tegangan yang dihasilkan dari output boost converter
1	0,820V	4.97 V
2	1,205V	4.97 V
3	1,355V	4.97 V
4	2,513V	4.97 V
5	2,818V	4.97 V

Tabel 4.7 Pengukuran keluaran dari boost converter dari rangkaian seri malam hari

No	Tegangan input boost converter dari <i>thermoelectric</i>	Tegangan yang dihasilkan dari output boost converter
1	1.85V	4.97 V
2	2.22V	4.97 V
3	2.64V	4.97 V
4	4.95V	4.97 V
5	5.64V	4.97 V

Tabel 4.8 Pengukuran keluaran dari boost converter dari rangkaian seri di parallel malam hari

No	Tegangan input boost converter dari <i>thermoelectric</i>	Tegangan yang dihasilkan dari output boost converter
1	0,734 V	4.97 V
2	1,26 V	4.97 V
3	1,45 V	4.97 V
4	2,65 V	4.97 V
5	3,03 V	4.97 V



Gambar Grafik 4.1 Tegangan Rata-rata Rangkaian Peltier Seri Dan Seri Diparalel

Pada grafik 4.1 terlihat bahwa tegangan rangkaian seri lebih tinggi di banding yang dengan yang lainnya, hal ini dikarenakan rangkaian seri membuat tegangan menjadi meningkat dengan menyerikan 8 delapan buah peltier tetapi pada rangkaian seri daya yang di keluarkan tidak sebesar rangkaian di seri lalu paralel. Sedangkan tegangan rangkaian seri peltier yang di paralel tegangan yang di hasil kan redah namun daya output lebih besar dari rangkian seri.

Perhitungan mencari arus rata-rata

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad I_1 = \text{ arus yang dihasilkan saat percobaan siang hari}$$

$I_2 =$ arus yang dihasilkan saat percobaan malam hari

Arus rata rata rangkaian seri

$$1. \frac{0,065 + 0,059}{2} = 0,062 \text{ A}$$

$$2. \frac{0,095 + 0,090}{2} = 0,092 \text{ A}$$

$$3. \frac{0,120 + 0,125}{2} = 0,122 \text{ A}$$

$$4. \frac{0,143 + 0,145}{2} = 0,144 \text{ A}$$

$$5. \frac{0,152 + 0,158}{2} = 0,155 \text{ A}$$

Arus rata rata rangkaian seri lalu diparalel

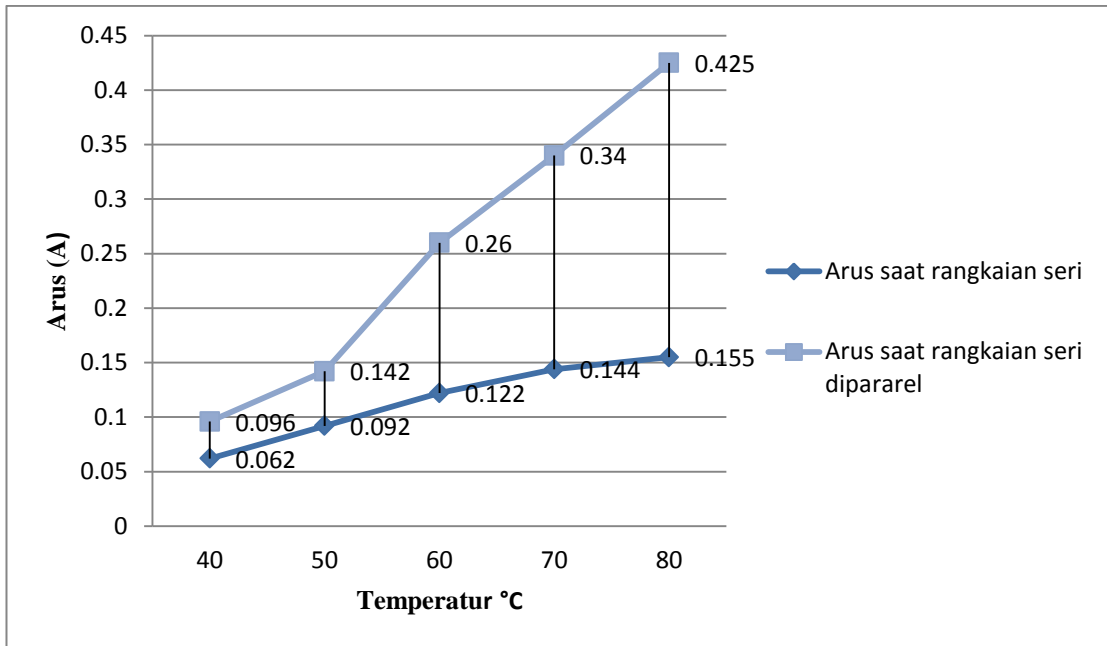
$$1. \frac{0,095 + 0,098}{2} = 0,096 \text{ A}$$

$$2. \frac{0,110 + 0,175}{2} = 0,142 \text{ A}$$

$$3. \frac{0,225 + 0,295}{2} = 0,26 \text{ A}$$

$$4. \frac{0,325 + 0,355}{2} = 0,34 \text{ A}$$

$$5. \frac{0,398 + 0,452}{2} = 0,425 \text{ A}$$



Gambar Grafik 4.2 Arus Rata-rata Rangkaian Peltier Seri Dan Seri Diparalel

Pada grafik 4.2 arus rata-rata rangkaian seri terlihat sangat rendah pada rangkaian seri arus tidak walaupun sumber daya nya banyak, untuk arus rata-rata rangkaian seri diparalel terlihat cukup tinggi, disebabkan rangkaian yang di pararelkan semakin bertambah arus listriknya seiring banyaknya ditambah sumber daya yang akan dihasilkan.

Daya listrik yang dihasilkan pada percobaan hubungan rangkaian seri siang hari

$$P = V \times I$$

$$1. P = 1.10 \times 0.06$$

$$P = 0.071 \text{ Watt}$$

$$2. P = 1.55 \times 0.095$$

$$P = 0.147 \text{ Watt}$$

$$3. P = 2.10 \times 0.120$$

$$P = 0.252 \text{ Watt}$$

$$4. P = 4.35 \times 0.143$$

$$P = 0.622 \text{ Watt}$$

$$5. P = 6.05 \times 0.152$$

$$P = 0.919 \text{ Watt}$$

Daya listrik yang dihasilkan pada percobaan hubungan rangkaian seri diparalel siang hari: $P = V \times I$

1. $P = 0.820 \times 0.095$

$P = 0.077 \text{ Watt}$

3. $P = 1.355 \times 0.225$

$P = 0.304 \text{ Watt}$

5. $P = 2.818 \times 0.398$

$P = 1.121 \text{ Watt}$

2. $P = 1.205 \times 0.110$

$P = 0.132 \text{ Watt}$

4. $P = 2.513 \times 0.325$

$P = 0.816 \text{ Watt}$

Daya listrik yang dihasilkan pada percobaan hubungan rangkaian seri malam hari:

$P = V \times I$

1. $P = 1.85 \times 0.059$

$P = 0.109 \text{ Watt}$

3. $P = 2.64 \times 0.124$

$P = 0.328 \text{ Watt}$

5. $P = 5.65 \times 0.152$

$P = 0.891 \text{ Watt}$

2. $P = 2.22 \times 0.090$

$P = 0.199 \text{ Watt}$

4. $P = 4.95 \times 0.145$

$P = 0.717 \text{ Watt}$

Daya listrik yang dihasilkan pada percobaan hubungan rangkaian seri diparalel malam hari: $P = V \times I$

1. $P = 0.734 \times 0.098$

$P = 0.071 \text{ Watt}$

3. $P = 1.46 \times 0.295$

$P = 0.427 \text{ Watt}$

5. $P = 3.03 \times 0.452$

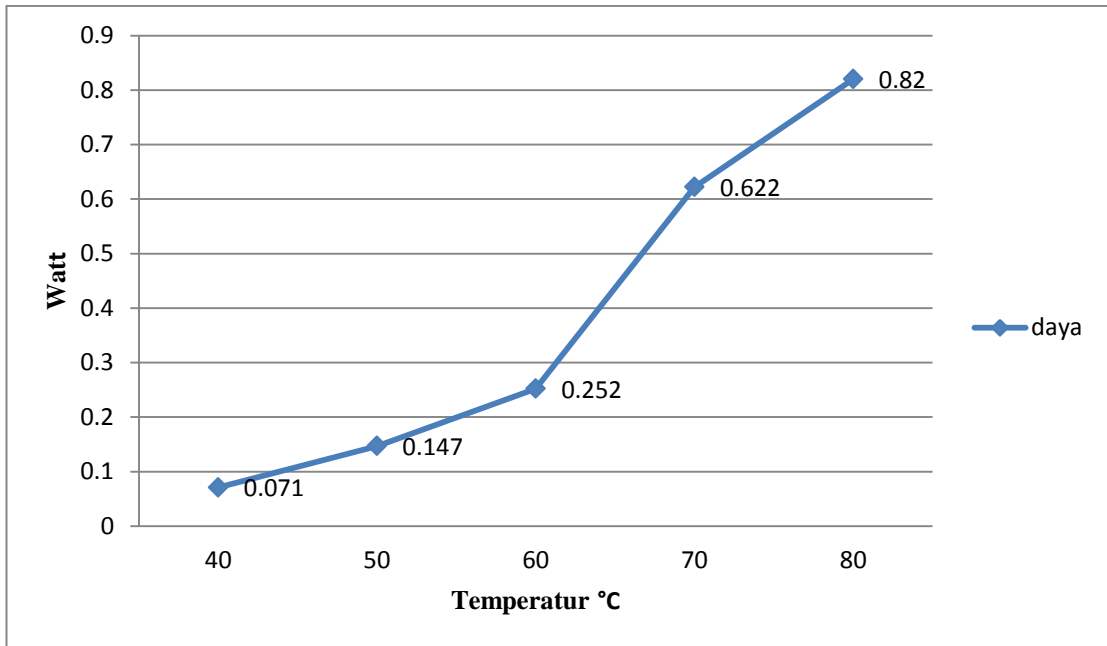
$P = 1.369 \text{ Watt}$

2. $P = 1.26 \times 0.178$

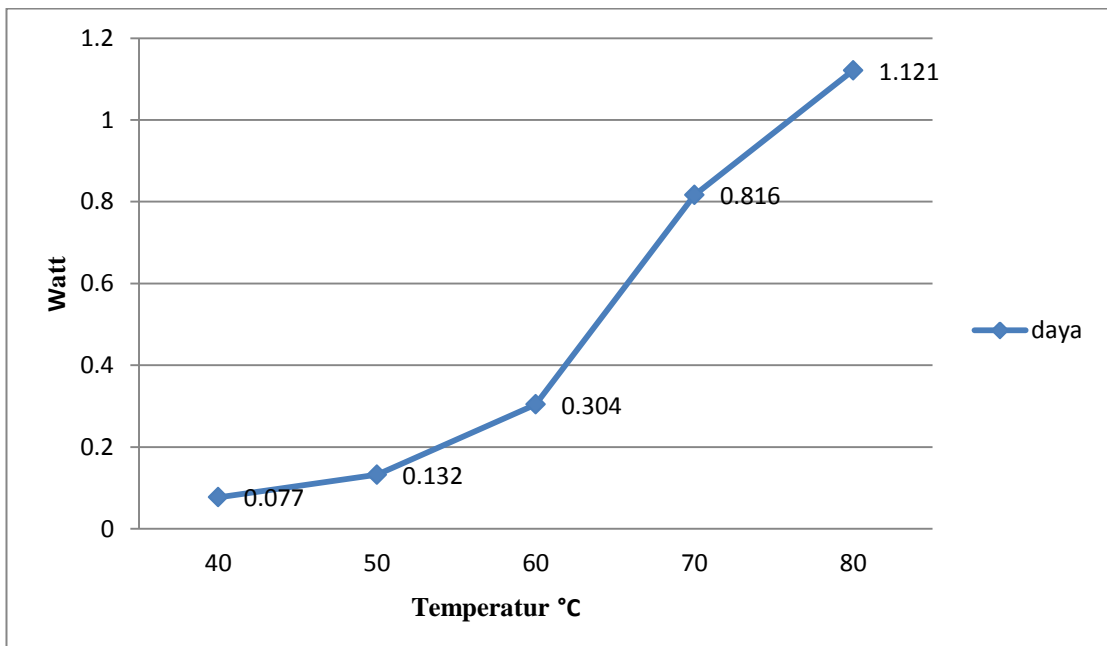
$P = 0.220 \text{ Watt}$

4. $P = 2.65 \times 0.355$

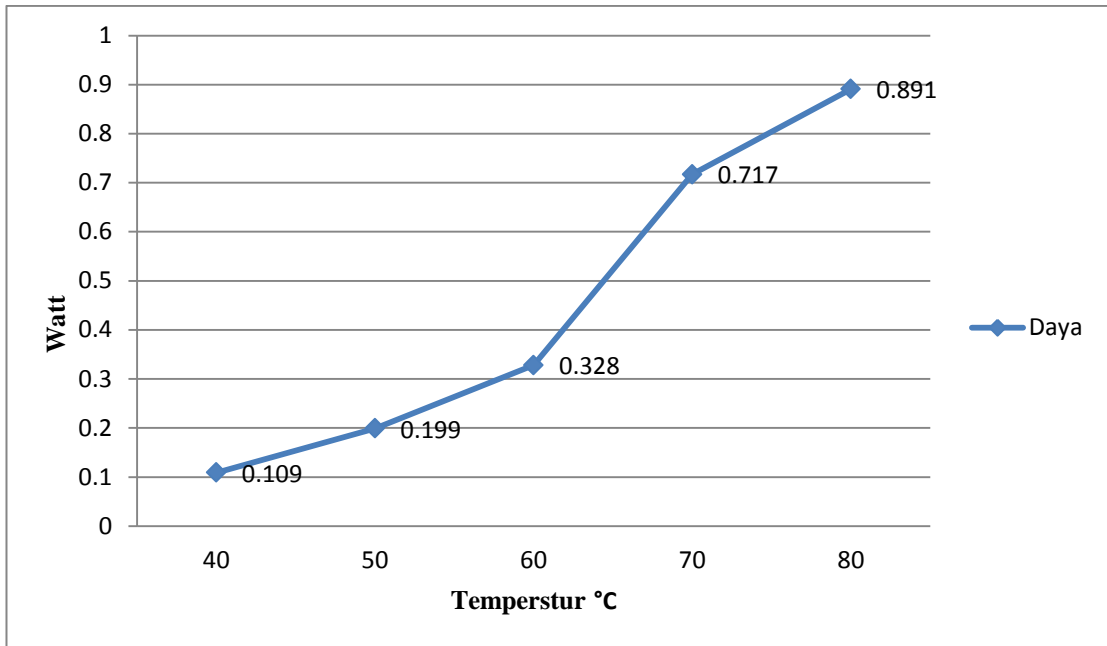
$P = 0.940 \text{ Watt}$



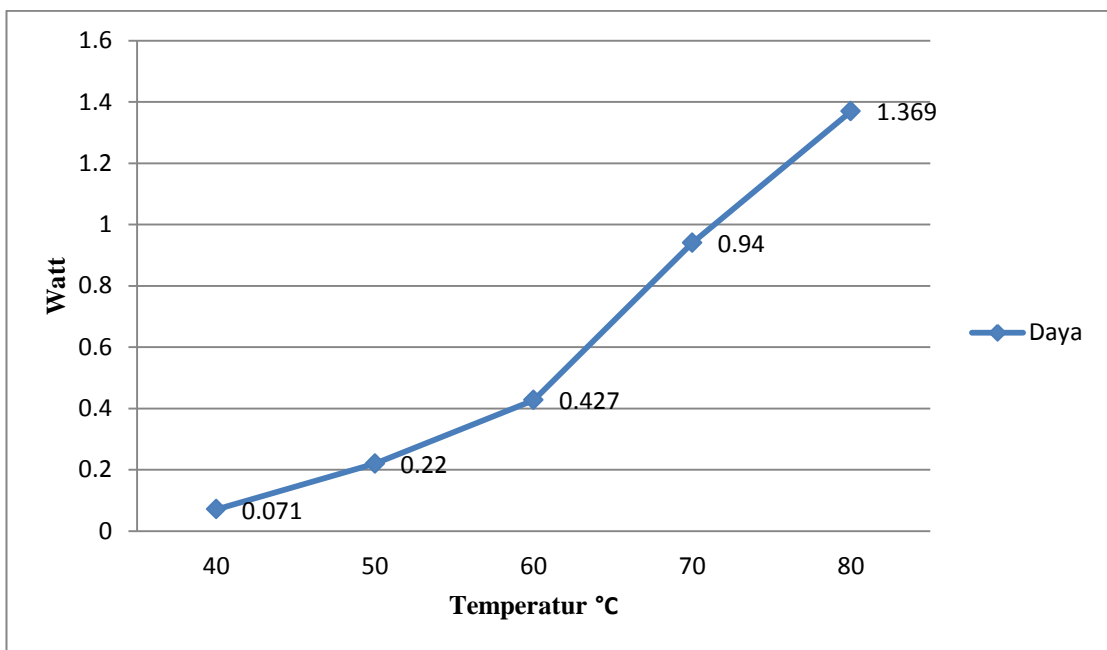
Gambar Grafik 4.3 Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Siang Hari



Grafik 4.4 Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Diparalel Siang Hari



Gambar Grafik 4.5 Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Malam Hari



Grafik 4.6 Temperatur Terhadap Output Rangkaian Seri Diparalel Malam Hari

Pada penelitian ini juga membahas tentang nilai koefisien dari *thermoelectric* yang di gunakan. Untuk mencari tahu seberapa besar tegangan dapat di bangkitkan oleh alat tersebut,berikut ini nilai perhitungan koefisien yang telah di lakukan :

Koefisien tegangan rata-rata rangkaian seri pada *thermoelectric*

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{1,475}{10} = 0,1475 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{1,885}{20} = 0,0942 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{2,365}{30} = 0,0788 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{4,65}{40} = 0,1162 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{5,52}{50} = 0,1104 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

Koefisien tegangan rata-rata rangkain seri lalu di paralel pada *thermoelectric*

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{0,777}{10} = 0,0777 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{1,232}{20} = 0,0616 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

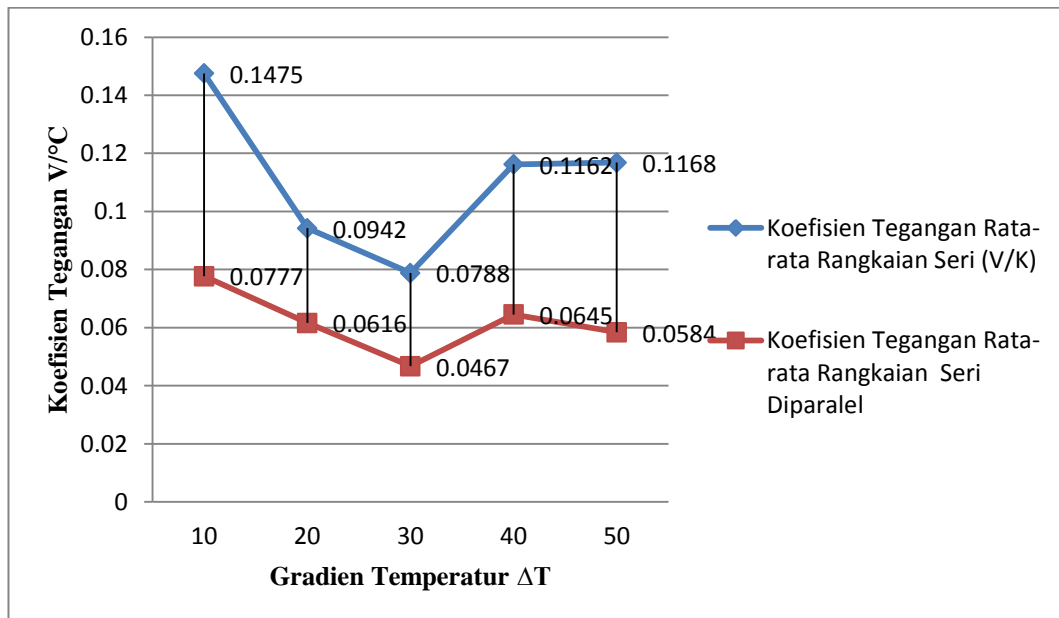
$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{1,402}{30} = 0,0467 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{2,581}{40} = 0,0645 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{2,924}{50} = 0,0584 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

Tabel 4.5 Koefisien Tegangan Rata-rata

No	Gradien Temperatur (ΔT)	Koefisien Tegangan Rata-rata Rangkaian Seri ($V/^\circ C$)	Koefisien Tegangan Rata-rata Rangkaian Seri Di Pararel ($V/^\circ C$)
1	10	0.1475	0.0777
2	20	0.0942	0.0616
3	30	0.0788	0.0467
4	40	0.1162	0.0645
5	50	0.1168	0.0584



Gambar Grafik 4.7 Koefisien Tegangan Rata-rata

Pada grafik 4.7 terlihat bahwa nilai koefisien tertinggi adalah $0.1474 \text{ V} / ^\circ C$. artinya setiap ada perbedaan temperatur sebesar $1K$, maka akan menghasilkan nilai tegangan 0.1475 .

BAB 5

KESIMPILAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dimana ukuran *heatsink* dan *coldsink* yang di gunakan pada percobaan ini 9.5cm x 10cm 2 buah, 9.5cm x 14cm 2 buah, dengan 8 buah thermoelectric untuk mengekstrak energi panas menjadi energy listrik.
2. Thermoelectric dapat membangkitkan energi listrik dengan cara mengkonversi kan dari energi panas air yang di dimanfaatkan menjadikan energi listrik untuk keperluan seperti mencas handphone, menghidupkan lapu LED, dll.
3. Pada saat rangkaian berbeda akan terjadi perbedaan output yang dihasilkan pada rangkaian Seri di paralel menghasilkan daya listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 1.369 Watt saat malam hari, 1.121 Watt saat siang hari. dibandingkan dengan rangkaian seri menghasilkan daya listrik yang di hasilkan sebesar 0.919Watt saat sing hari, 0.891 Watt saat malam hari.
4. Pengaruh suhu merupakan faktor paling penting dalam hal untuk menghasilkan energi listrik, semakin besar perbedaan suhu atau gradien (ΔT) suhu kedua sisi elemen *thermoelectric*, maka akan semakin besar energi yang dapat dihasilkan.
5. Nilai koefisien tertinggi adalah 0.1475 V / °C, ynag berarti setiap ada perbedaan suhu 1 derajat kelvin, pada thermoelectric, maka akan terjadi akan terjadi naik nya tegangan sebesar 0.1475 Volt.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mencari sumber energi panas yang lebih baik lagi.
2. Diharapkan pada *thermoelectric* sisi *coldsink* memberikan suhu lebih rendah atau mengatur suhu agar stabil, suhu pada kedua sisi elemen *thermoelectric* menjadi perbedaan suhu lebih besar sehingga energi yang dihasilkan lebih baik dan mengetahui besar output yang dihasilkan.
3. Menggunakan model *thermoelectric* tipe lain selain TEG -12706, agar mengetahui energi yang dihasilkan lebih besar

Daftar Pustaka

- [1] A. Aulia, D. Darwison, F. Razak, and E. P. Walidi, "Pembangkit Listrik Pikotermal Matahari, Kajian Awal," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [2] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik," vol. 1, no. 3. pp. 57–62, 2016.
- [3] J. Khalily, "Pemanfaatan Potensi Sumber Air Alternatif Berbasis Tec (Thermoelectric Cooler)," pp. 15–20.
- [4] K. Dan *et al.*, "Pengujian Prototipe Generator Termoelektrik Berbahan Bakar Minyak Jelantah Testing of a Thermoelectric Generator Prototype Fueled By Used Cooking Oil," vol. 12, no. 2, pp. 113–122, 2013.
- [5] G. Andrapica, R. Iman, and A. Aziz, "PENGUJIAN THERMOELECTRIC GENERATOR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SISI DINGIN MENGGUNAKAN AIR BERTEMPERATUR 10 °C," vol. 14, no. September, pp. 45–50, 2015.
- [6] M. Program and S. Studi, "PENGARUH HAMBATAN INTERNAL TERHADAP DAYA OUTPUT ELEMEN TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE 10W-4V-40s," vol. 15, no. 1, pp. 0–5, 2018.
- [7] H. Rafika, R. I. Mainil, and A. Aziz, "Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–11, 2017.
- [8] W. Tambunan, L. Umar, and D. Fuji, "Sebagai Generator Termal Memanfaatkan Energi Panas Terbuang," pp. 720–726.
- [9] T. Teg, S. P. Sa, and D. F. T. Unkris, "Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017," vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [10] A. Muazam, H. Istiqlaliyah, M. Eng, and M. M. Ilham, "Analisa Variasi

Temperatur Dan Jumlah Elemen Peltier Terhadap Output Tegangan TEG Pada Tungku Peleburan Logam Bekas Dengan Rangkaian Seri Oleh : Dibimbing oleh : SURAT PERNYATAAN ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2018,” 2018.

- [11] A. R. Fajria, B. Priyanto, and I. Pakaya, “Rancang Bangun Penstabil Tegangan pada Pembangkit Termoelektrik Skala Pico Berbasis Boost Converter,” vol. 2, no. 2, pp. 117–124, 2017.
- [12] M. Latif, N. Hayati, and U. G. S. Dinata, “Potensi Energi Listrik Pada Gas Buang Sepeda Motor,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 5, p. 163, 2015.
- [13] H. Hadiansyah, E. Roza, and R. Rosalina, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas pada Knalpot Motor,” *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 70, 2018.
- [14] M. Yusuf, “MEMANFAATKAN LIMBAH PANAS MESIN MOBIL CITY CAR MENGGUNAKAN MODUL TERMO ELECTRIC COOLER (TEC),” pp. 1–6, 2018.
- [15] H. P. Yuliza, “Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana ISSN : 2086-9479 RANCANG BANGUN KOMPOR LISTRIK DIGITAL IOT Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana ISSN : 2086-9479,” vol. 7, no. 3, pp. 187–192, 2016.



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl.kapten mukhtar basri no.3 medan telp.061-66244567

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Wahyudi
NPM : 1407220132
Pembimbing 1 : Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T

NO	HARI/TANGGAL	URAIAN	PARAF
1	5-8-2019	Sesuaikan letur belakang dengan Batasan masalah	
2	13-8-2019	Rumus di bab II berkaitan dengan suhu	
3	26-8-2019	Perbaiki flowchart.	
4	2-9-2019	Lanjut bab IV.	
5	4-9-2019	Buat penjelasan ketetapan rumus pada analisa perhitungan	
6	5-9-2019	Perbaiki analisa perhitungan bab 4	
7	6-9-2019	Daftar Pustaka, perbaiki Abstract	
8	9-9-2019	ALL work disempurnakan	

Pembimbing 1

Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl.kapten mukhtar basri no.3 medan telp.061-66244567

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Wahyudi
NPM : 1407220132
Pembimbing 2 : Partaonan Harahap S.T.,M.T

NO	HARI/TANGGAL	URAIAN	PARAF
1.	1/8/2019.	- pada Bab 1. kurangi pustaka lain bela lain dan pembisa Judul kiil di bold. - pada Bab 2 Tinjauan pustaka yg relevan - perbaiki floccast pd Bab 3- layut ke pa kay 1.	
2.	5/8/2019.	layut Bab 3 kensul ke pembimbing 1	
3.	10/8/2019.	Ulangi percobaan pd bab 4	
4.	20/8/2019.	perbaiki aulasa	
5.	29/8/2019	layut 5 sub bab ke Pui I	
6.	2/9/2019	perbaiki floccast pd bab 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	

7. 5/9/2019. Buat konipulae dan depro paska
8. 9/9/2019. Pce sainer Pembimbing 2

Partaonan Harahap S.T.,M.T

LAMPIRAN







PEMANFAATAN AIR PANAS SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC*

Wahyudi¹, Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.², Partaonan Harahap, S.T., M.T.³

¹ Mahasiswa Program Sarjana Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3} Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email : wahyudi95wijaya@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan kemajuan jaman semakin banyak berkembang peningkatan kebutuhan energi listrik membuat semakin di butuhkan tambahan energi baru yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. energi thermal merupakan salah satu sumber energi yang dapat di temui, pemanfaatannya dapat melalui suatu alat yang dapat mengesktrak panas menjadi energi listrik yaitu dengan thermoelectric cell Keterbatasan sel termoelektrik. Untuk meningkatkan kinerja dari sel termoelectric baik kemampuan konversi energi maupun rentang kerja sel tersebut. Peningkatan tersebut dapat dicapai dengan Multi StageCell yaitu memanfaatkan tumpukan sel termoelektrik untuk dapat menghasilkan keluaran tegangan dan arus yang lebih tinggi. Penggunaan sel tersebut akan dirangkai dalam beberapa beda temperatur dan susunan rangkaian seri maupun paralel sehingga dapat diketahui dampak langsungnya melalui tegangan dan arus hasil keluaran sel. Dari hasil penelitian diketahui bahwa tegangan, arus dan daya yang tertinggi didapatkan pada rangkaian Seri yang diparalel, gabungan antara rangkaian seri dan paralel menghasilkan daya listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 1.369Watt saat malam hari, 1.121Watt saat siang hari., dan rangkaian seri mengasilkan daya listrik yang di hasilkan sebesar 0.820 Watt saat sing hari, 0.891Watt saat malam hari. Dan tegangan tertinggi yang dihasilkan rangkaian seri 5.4V saat siang hari, 5.65V saat malam hari, pada rangkainan seri yang dipararel gabungan antara rangkaian seri dan paralel sel 2.818V saat siang dan 3.03V saat malam arus yang di keluar 0.152A saat di hubungkan seri, saat rangkaian di hubungkan seri yang dipararel tergabung menghasilkan 0.398-0.452A. semakin besar perbedaan suhu atau gradien (ΔT) suhu pada kedua sisi elemen thermoelectric, maka akan semakin besar energi yang dapatdihasilkan.

Kata Kunci : Air Panas, Thermoelectric Generator, Efek seebeck, TEG-12706

1. PENDAHULUAN

Dengan semakin majunya perkembangan zaman membuat kebutuhan akan energi listrik kian meningkat. Berbagai usaha dilakukan untuk mencari sumber energi listrik baru, salah satunya dengan pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro yang memanfaatkan energi panas. Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan

kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Penelitian ini menggunakan termoelektrik tipe TEC1-12706. Sumber panas yang dipilih yaitu sinar matahari dan api. Hasil penelitian menunjukkan panas dari matahari dan

api dapat menjadi sumber energi listrik dengan kapasitas mikro yang cukup

Pembangkit listrik pikotermal matahari (PLTPM) merupakan konsep awal yang masih dalam tahap kajian. Pengujian dan perhitungan tegangan dan arus listrik dilakukan terhadap termoelektrik tunggal, sel termoelektrik terhubung seri dan sel termoelektrik terhubung paralel akibat kenaikan suhu pada sel-sel tersebut. Hasil memperlihatkan bahwa kenaikan suhu sebesar 71°C menghasilkan tegangan keluaran 1 volt dan arus 0.1 Amper. Sesuai dengan kaedah hubungan seri dan paralel, hubungan seri mampu melipat gandakan tegangan keluaran dan hubungan paralel melipatkan gandakan arus keluaran untuk tambahan setiap satu keping sel termoelektrik.[2]

Tujuan Penelitian ini adalah memanfaatkan energi panas yang ada pada air untuk dapat di konversikan menjadi sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric*.

Dan mengetahui pengaruh perbedaan suhu terhadap energi listrik yang di hasilkan pada output *thermoelectric*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Thermoelectric

Modul termoelektrik merupakan sebuah susunan material *thermoelectric* yang dapat mengkonversi energi panas yang melewati modul tersebut menjadi energi listrik, Modul *thermoelectric* yaitu alat yang mengubah energi panas dari gradien temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya dari energi listrik menjadi gradien temperatur. Banyak pembahasan biasanya berkisar figure-of-merit atau ZT dari bahan *thermoelectric* dan dampak terhadap

potensial.[1]

efisiensi perubahan panas ke listrik pada aplikasi *thermoelectric* generator atau *thermoelectric cooling*.

Thermoelectric generator diawali dari teori fisikawan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1826, bahwa dua buah bahan semikonduktor yang berbeda jenis bila masing-masing permukaan memiliki beda (gradien) temperatur maka akan menghasilkan tegangan. *Thermoelectric* generator didasarkan pada efek *Seebeck*. Jika panas diterapkan pada rangkaian di persambungan dari dua konduktor yang berbeda, arus listrik akan dihasilkan, Kondisi ini di kenal dengan efek seebeck dengan rumus.

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

Dimana

S = adalah koefisien *Seebeck* (V/°C),

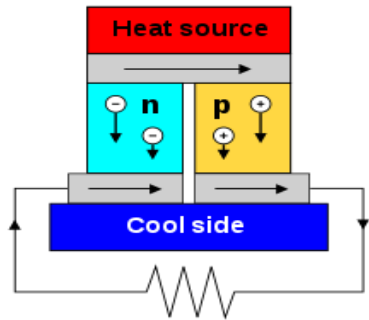
V = tegangan yang dihasilkan output peltier (Volt)

ΔT = adalah beda temperatur sisi *heat sink* panas dan *heat sink* dingin (°C).

2.2 Efek Seebeck

Efek *Seebeck* adalah perubahan secara langsung dari perbedaan temperatur ke listrik dan mengambil nama fisikawan Jerman-Estonia, Thomas Johann Seebeck, yang pada tahun 1821 menemukan bahwa jarum kompas akan dibelokkan oleh loop tertutup yang dibentuk oleh gabungan dua logam di dua tempat, dengan perbedaan temperature antara persambungan. Ini disebabkan respon logam berbeda – beda terhadap perbedaan temperatur, menimbulkan loop arus

dan medan magnet. Seebeck tidak menyadari ada arus maka dia menyebut fenomena tersebut dengan efek *thermomagnetic*. Fisikawan Denmark, Hans Christian Orsted memperbaiki kesalahan dan menciptakan istilah *thermoelectric*. Tegangan yang dihasilkan oleh efek ini dalam orde $\mu\text{V/K}$.



Gambar 1. Efek seebeck



Gambar 2. Thermoelectric di pasaran

2.4 Bahan Semikonduktor

Bahan semikonduktor sendiri merupakan elemen dasar dari komponen elektronika, seperti transistor, IC serta diode. Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor, semikonduktor sangatlah penting dalam dunia elektronika, disebabkan konduktivitasnya yang dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut dengan doping).

Gambar 1. Skema efek seebeck

2.3 Spesifikasi

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

Adapaun spesifikasinya seperti berikut :

- Dimentions : 40 x 40 x 3.9mm
- I_{max} - 7A
- V_{max} - 15.4V
- Q_{cmax} - 62.2W
- 1.7 Ohm resistance
- Max Operating Temp: 180°C
- Min Operating Temp: - 50°C

Semikonduktor sangat luas pemakaiannya, terutama sejak ditemukannya transistor pada akhir tahun 1940-an. Oleh karena itu semikonduktor dipelajari secara intensif dalam fisika zat padat. Namun dalam penelitian ini hanya akan membahas bahan semikonduktor *Thermoelectric* (Peltier) saja.

Semikonduktor adalah bahan pilihan untuk *thermoelectric* yang umum dipakai. Bahan semikonduktor *thermoelectric* yang paling sering

digunakan saat ini adalah *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3) yang telah diolah untuk menghasilkan blok atau elemen yang memiliki karakteristik individu berbeda yaitu N dan P. Bahan *thermoelectric* lainnya termasuk *Timbal Telluride* (PbTe), *Silicon Germanium* (SiGe) dan *Bismuth-Antimony* (SbBi) adalah paduan bahan yang dapat digunakan dalam situasi tertentu. Namun, *Bismuth Telluride* adalah bahan terbaik dalam hal pendinginan. Energi panas bisa dimanfaatkan sehingga bisa lebih berguna dengan mengkonversi atau mengubahnya menjadi energi listrik yang tentunya menggunakan pengubah atau pengkonversi yang dapat merubah dari energi panas. Energi panas bisa dimanfaatkan sehingga bisa lebih berguna dengan mengkonversi atau mengubahnya menjadi energi listrik yang tentunya menggunakan pengubah atau pengkonversi yang dapat merubah dari energi panas menjadi energi listrik yang dinamakan generator. Modul peltier bias dimanfaatkan sebagai generator panas dengan mengaplikasikan prinsip efek *Seebeck*.

Berdasarkan dari prinsip-prinsip diatas dalam upaya penciptaan energi terbarukan yang ramah lingkungan maka perlu diadakannya penelitian untuk mengetahui efektifitas dari modul peltier yang mana memanfaatkan kedua prinsip diatas, yaitu efek *Seebeck* dan efek peltier, yang kedua prinsip tersebut bisa ditemukan pada bahan semikonduktor *thermoelectric peltier*.

2.6 Heatsink

Heatsink ini merupakan logam dengan design yang khusus terbuat dari aluminium dan juga tembaga yang berfungsi untuk memperluas proses

transfer panas dari sebuah prosesor. Komponen-komponen cpu yang biasanya dipakai untuk menyerap panas ini biasanya terbuat dari bahan aluminium yang biasanya banyak dipadukan dengan pemakaian fan pada heatsink untuk lebih mengoptimalkan penyerapan panas yaitu dengan mengalirkan panas dari heatsink ke luar cpu, proses ini akan menyebabkan meningkatnya performa kerja komputer. *Heatsink* digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul *thermoelectric* tunggal akan berbeda beda bergantung pada ukuran, konstruksi dan perbedaan temperaturnya.

Perbedaan temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul heatsink digunakan untuk menyalurkan/menghantarkan panas ke permukaan sisi peltier, sehingga panas yang diperoleh menjadi maksimal dan juga merata, dan juga heatsink harus memiliki permukaan yang rata dan halus, sebab jika permukaan tidak rata maka suhu yang disalurkan tidak akan maksimal dan akan berpengaruh pada daya yang dihasilkan nantinya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, biasanya heatsink dilapisi oleh pasta thermal, ini dilakukan agar suhu yang dikirimkan menjadi lebih maksimal dan efisien. Heatsink bisa kita dapatkan di toko-toko elektronik, biasanya dijual di toko onlinedengan harga yang bervariasi, tergantung dari ukuran dan juga kualitas heatsink tersebut.



Gambar 3. *Heatsink*

2.6.1 *Coldsink*

Coldsink merupakan benda yang digunakan untuk mengurangi suhu panas pada satu peralatan elektronik, umumnya ini digunakan pada IC, CPU dan juga peltier. *Coldsink* ini fungsinya hampir sama dengan *heatsink*, yaitu sama-sama menyerap suhu, bedanya adalah jika *heatsink* digunakan untuk menyalurkan.

Panas ke peltier, namun *coldsink* digunakan untuk menurunkan atau bahkan menghilangkan suhu panas pada peltier. Hal ini dilakukan agar perbedaan suhu yang terjadi pada peltier tetap terjaga, agar energi listrik yang dihasilkan menjadi lebih optimal dan peltier tidak *overheat*, karena jika peltier terlalu panas akan menyebabkan bergerak cepat sedangkan apabila didinginkan molekul akan bergerak lemah. Perpindahan panas terjadi karena perbedaan suhu yang terdapat pada suatu benda. Jika panas diambil dari suatu benda maka temperatur benda itu akan turun. Makin banyak panas yang diambil temperatur benda menjadi makin rendah, tetapi setelah mencapai -273 °C maka panas itu tidak dapat lagi dikeluarkan dengan perkataan lain temperatur tersebut adalah yang terendah yang tidak dapat dicapai dengan cara apapun.

kerusakan yang fatal, sehingga peltier tidak dapat digunakan kembali. Dalam penggunaannya, *coldsink* terkadang diberi tambahan berupa *fan* untuk memaksimalkan kinerja dari *coldsink* itu sendiri. Pada penggunaannya di penelitian ini *coldsink* juga diberikan pasta termal, tetap berbeda dengan dengan *heatsink*, disini *coldsink* menggunakan pasta termal yang mampu mengurangi suhu panas dari peltier.



Gambar 4. *Coldsink*

2.7 Panas

Panas merupakan suatu bentuk energi. Panas memiliki kaitan erat dengan getaran atau gerakan molekul. Molekul adalah bagian atau partikel dari suatu benda. Apabila benda dipanaskan molekul akan

2.8 Rangkaian Seri

Pada dasarnya, Baterai dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Tetapi hasil Output dari kedua Rangkaian tersebut akan berbeda. Rangkaian Seri Baterai akan meningkatkan Tegangan (Voltage) Output Baterai sedangkan Current/Arus Listriknya (Ampere) akan tetap sama. Hal ini Berbeda dengan Rangkaian Paralel Baterai yang akan meningkatkan Current/Arus Listrik (Ampere) tetapi Tegangan (Voltage) Outputnya akan tetap sama.

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (2)$$

2.8.1 Rangkaian Paralel

Berbeda dengan rangkaian seri yang disusun secara sejajar atau berurutan, pada rangkaian paralel ini rangkaian tidak disusun secara sejajar. Dengan kata lain pada input setiap komponen semuanya berasal dari sumber yang sama. Salah satu contoh dari rangkaian paralel ini yaitu lampu lalu lintas.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (3)$$

2.8.2 Tenaga Listrik

Tenaga listrik atau daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (4)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan alat pemanfaatan air panas sebagai sumber energy listrik menggunakan thermoelectric, bahan dan peralatan yang digunakan adalah.

a). Bahan

1. Delapan buah thermoelectric TEG-12706
2. Heatsink ukuran 9.5cm x 10cm 2 buah
3. Coldsink ukuran 9.5cm x 14cm 2 buah
4. Terminal kabel
5. Delapan baut , delapan mur dan ring
7. Lem dextone

b). Peralatan

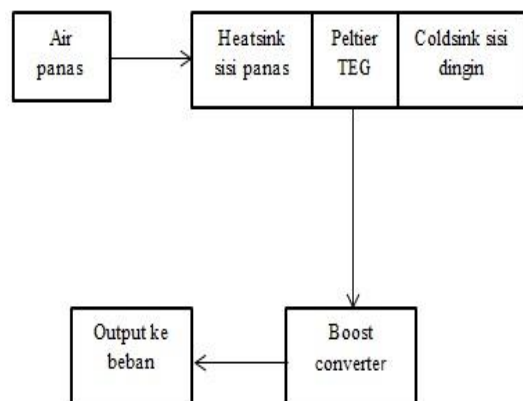
1. Tang potong, kombinasi
2. Obeng + -
3. Multimeter Digital
4. Thermometer
5. Boost converter
6. Lampu Led 5Vdc

3.6 Proses Uji Kinerja

Dalam penelitian ini pengujian di bagi dalam beberapa bagian metode dan juga waktu berbeda, ada beberapa metode yang harus di perhatikan saat melakukan pengujian alat, hal ini dilakukan mengetahui metode mana yang paling baik untuk mendapat kan hasil yang paling optimal dalam menghasilkan energy listrik.

1. Pengujian dilakukan dengan variasi rangkain yaitu rangkaian seri dan seri diparalelkan
2. Pengujian dilakukan saat siang hari dan malam
3. Pengujian di lakukan dengan variasi temperatur suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, pada sisi heatsink dan suhu coldsink yang bertemperatur lingkungan

3.7 Diagram blok



Gambar 3.5 Diagram Blok

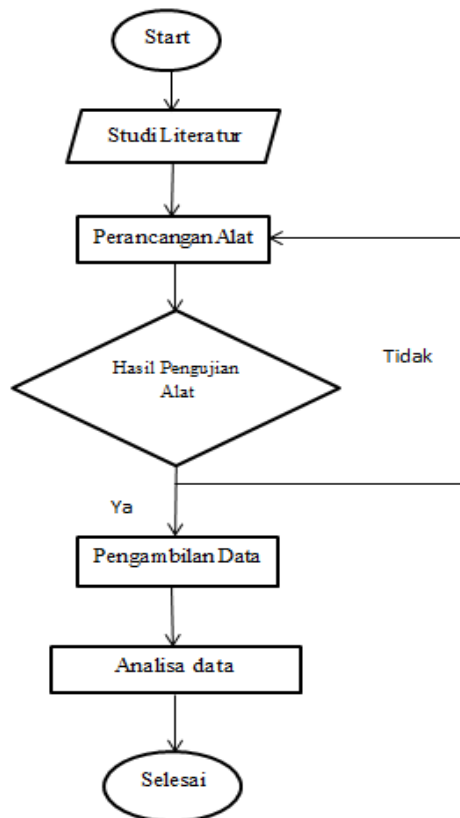
Pada saat suhu air di naikan atau dipanaskan maka akan menghasilkan energy panas pada air, suhu panas pada

lingkungan air kan mengirimkan panas ke heatsink secara konduksi yang akan membuat heatsink mengalami perubahan suhu / kenaikan suhu setelah heatsink menjadi panas, saat sisi peltier yang menempel pada heatsink akan mengalami perubahan suhu yaitu menjadi panas saat sisi peltier mengalami perubahan temperature suhu maka akan menghasilkan output tegangan maupun arus listrik,

namun output yang di hasilkan tidak akan maksimal karena hanya ada sedikit

gradient suhu yang terjadi pada peltier, maka untuk itu di pada sisi peltier lainnya memasang coldsink untuk mendinginkan sisi pada peltier agar terjadi perbedaan temperature suhu pada kedua sisi peltier agar gradient temperature yang di hasilkan menjadi besar, agar sisi peltier menjadi dingin, sehingga output yang dihasilkan akan maksimal, sehingga boost converter yang di pasang pada output peltier akan menaikkan tegangan yang di gunakan untuk pada beban baik lampu led, charger handphone.

3.8 Diagram Alir



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini di lakukan menggunakan 8 buah elemen peltier yang dirangkai secara seri dan seri paralel. dan

menggunakan *heatsink* ukuran 9.5cm x 10cm 2 buah, *coldsink* ukuran 9.5cm x 14cm 2 buah, Pengujian ini dilakukan dalam 2 waktu, yaitu pengujian pada siang hari dan pada malam hari. Dimana temperature coldsink yang digunakan 30°C dan waktu yang digunakan selama 10 detik.

Tabel 4.1 Data output pada peltier rangkaian seri pada siang hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Coldsink (Tcol) °C
1	seri	40	1,10	0,065	0,071	30
2	seri	50	1,55	0,095	0,147	
3	seri	60	2,10	0,120	0,252	
4	seri	70	4,35	0,143	0,622	
5	seri	80	5,4	0,152	0,820	

Tabel 4.2 Data Output Pada Peltier rangkaian Seri Diparalel Siang Hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Coldsink (Tcol) °C
1	Seri diparalel	40	0,820	0,095	0,077	30
2	Seri diparalel	50	1,205	0,110	0,132	
3	Seri diparalel	60	1,355	0,225	0,304	
4	Seri diparereel	70	2,513	0,325	0,816	
5	Seri diparereel	80	2,818	0,398	1,121	

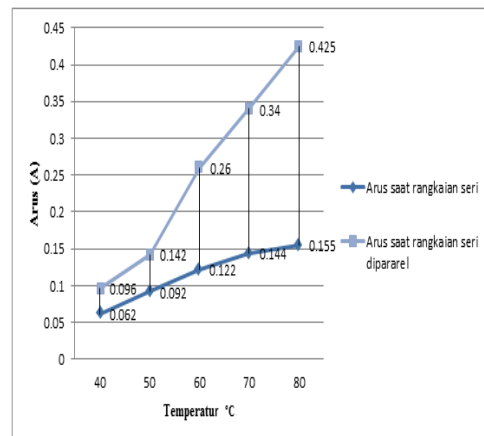
Tabel 4.3 Data Output Pada Peltier rangkaian Seri Pada Malam Hari

No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (Watt)	Coldsink (Tcool) °C
1	Seri	40	1.85	0.059	0.109	30
2	Seri	50	2.22	0.090	0.199	
3	Seri	60	2.64	0.125	0.328	
4	Seri	70	4.95	0.145	0.717	
5	Seri	80	5.64	0.152	0.891	

Tabel 4.4 Data Output Pada Peltier rangkaian Seri Diparalel Malam Hari

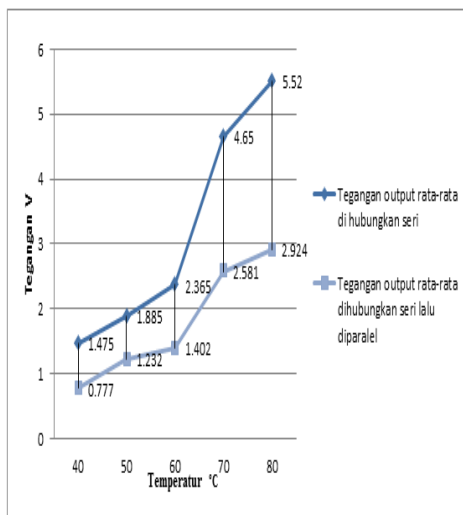
No	Jenis Rangkaian	Temperatur Air Pada Heatsink (Thot) °C	Tegangan (V)	Arus (ampere)	Daya (Watt)	Coldsink (Tcool) °C
1	Seri diparalel	40	0,734	0,098	0,071	30
2	Seri diparalel	50	1,26	0,175	0,220	
3	Seri diparalel	60	1,45	0,295	0,427	
4	Seri diparalel	70	2,65	0,355	0,940	
5	Seri diparalel	80	3,03	0,452	1,369	

tegangan menjadi meningkat dengan menyerikan 8 delapan buah peltier tetapi pada rangkaian seri daya yang di keluarkan tidak sebesar rangkaian di seri lalu paralel. Sedangkan tegangan rangkaian seri peltier yang di paralel tegangan yang di hasil kan redah namun daya output lebih besar dari rangkian seri.



Gambar Grafik 4.2 Arus Rata-rata Rangkaian Peltier Seri Dan Seri Diparalel

Pada grafik 4.2 arus rata-rata rangkaian seri terlihat sangat rendah pada rangkaian seri arus tidak walaupun sumber daya nya banyak, untuk arus rata-rata rangkaian seri diparalel terlihat cukup tinggi, disebabkan rangkaian yang di paralelkan semakin bertambah arus listriknya seiring banyaknya ditambah sumber daya yang akan dihasilkan.

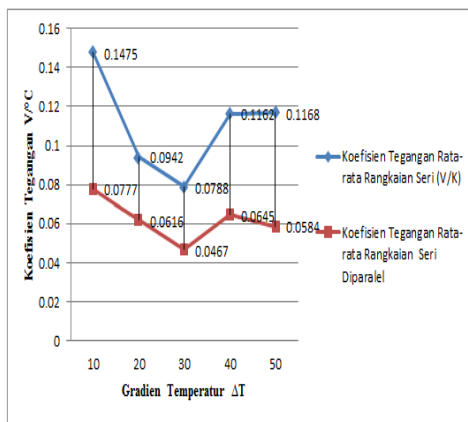


Gambar Grafik 4.1 Tegangan Rata-rata Rangkaian Peltier Seri Dan Seri Diparalel

Pada grafik 4.1 terlihat bahwa tegangan rangkaian seri lebih tinggi di banding yang dengan yang lainnya, hal ini dikarenakan rangkaian seri membuat

Tabel 4.5 Koefisien Tegangan Rata-rata

No	Gradien Temperatur (ΔT)	Koefisien Tegangan Rata-rata Rangkaian Seri ($V/^\circ C$)	Koefisien Tegangan Rata-rata Rangkaian Seri Di Pararel ($V/^\circ C$)
1	10	0.1475	0.0777
2	20	0.0942	0.0616
3	30	0.0788	0.0467
4	40	0.1162	0.0645
5	50	0.1168	0.0584



Kesimpulan

1. Dimana ukuran *heatsink* dan *coldsink* yang di gunakan pada percobaan ini 9.5cm x 10cm 2 buah, 9.5cm x 14cm 2 buah, dengan 8 buah thermoelectric untuk mengekstrak energi panas menjadi energy listrik.
2. Thermoelectric dapat membangkitkan energi listrik dengan cara mengkonversi kan dari energi panas air yang di dimanfaatkan menjadikan energi listrik untuk keperluan seperti

Gambar Grafik 4.7 Koefisien Tegangan Rata-rata

Pada grafik 4.7 terlihat bahwa nilai koefisien tertinggi adalah 0.1474 V / $^\circ C$. artinya setieap ada perbedaan temperatur sebesar 1K, maka akan menghasilkan nilai tegangan 0.1475.

mencas handphone, menghidupkan lampu LED, dll.

3. Pada saat rangkaian berbeda akan terjadi perbedaan output yang dihasilkan pada rangkaian Seri di paralel menghasilkan daya listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 1.369 Watt saat malam hari, 1.121 Watt saat siang hari. dibandingkan dengan rangkaian seri menghasilkan daya listrik yang di hasilkan sebesar 0.820 Watt saat sing hari, 0.891 Watt saat malam hari.
4. Pengaruh suhu merupakan faktor paling penting dalam hal untuk menghasilkan energi listrik, semakin besar perbedaan suhu atau gradien (ΔT) suhu kedua sisi elemen *thermoelectric*, maka akan semakin besar energi yang dapat dihasilkan.

5. Nilai koefisien tertinggi adalah $0.1475 \text{ V} / ^\circ\text{C}$, yang berarti setiap ada perbedaan suhu 1 derajat kelvin, pada thermoelectric, maka akan terjadi akan terjadi naiknya tegangan sebesar 0.1475 Volt .

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mencari sumber energi panas yang lebih baik lagi.
2. Diharapkan pada *thermoelectric* sisi *coldsink* memberikan suhu lebih rendah atau mengatur suhu agar stabil, suhu pada kedua sisi elemen *thermoelectric* menjadi perbedaan suhu lebih besar sehingga energi yang dihasilkan lebih baik dan mengetahui besar output yang dihasilkan.
3. Menggunakan model thermoelectric tipe lain selain TEG -12706, agar mengetahui energi yang dihasilkan lebih besar

Daftar Pustaka

- [1] A. Aulia, D. Darwison, F. Razak, and E. P. Walidi, "Pembangkit Listrik Pikotermal Matahari, Kajian Awal," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [2] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik," vol. 1, no. 3, pp. 57–62, 2016.
- [3] J. Khalily, "Pemanfaatan Potensi Sumber Air Alternatif Berbasis Tec (Thermoelectric Cooler)," pp. 15–20.
- [4] K. Dan *et al.*, "Pengujian Prototipe Generator Termoelektrik Berbahan Bakar Minyak Jelantah Testing of a Thermoelectric Generator Prototype Fueled By Used Cooking Oil," vol. 12, no. 2, pp. 113–122, 2013.
- [5] G. Andrapica, R. Iman, and A. Aziz, "PENGUJIAN THERMOELECTRIC GENERATOR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SISI DINGIN MENGGUNAKAN AIR BERTEMPERATUR $10 \text{ }^\circ\text{C}$," vol. 14, no. September, pp. 45–50, 2015.
- [6] M. Program and S. Studi, "PENGARUH HAMBATAN INTERNAL TERHADAP DAYA OUTPUT ELEMEN TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE 10W-4V-

- 40s,” vol. 15, no. 1, pp. 0–5, 2018.
- [7] H. Rafika, R. I. Mainil, and A. Aziz, “Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–11, 2017.
- [8] W. Tambunan, L. Umar, and D. Fuji, “Sebagai Generator Termal Memanfaatkan Energi Panas Terbuang,” pp. 720–726.
- [9] T. Teg, S. P. Sa, and D. F. T. Unkris, “Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017,” vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [10] A. Muazam, H. Istiqlaliyah, M. Eng, and M. M. Ilham, “Analisa Variasi Temperatur Dan Jumlah Elemen Peltier Terhadap Output Tegangan TEG Pada Tungku Peleburan Logam Bekas Dengan Rangkaian Seri Oleh : Dibimbing oleh : SURAT PERNYATAAN ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2018,” 2018.
- [11] A. R. Fajria, B. Priyanto, and I. Pakaya, “Rancang Bangun Penstabil Tegangan pada Pembangkit Termoelektrik Skala Pico Berbasis Boost Converter,” vol. 2, no. 2, pp. 117–124, 2017.
- [12] M. Latif, N. Hayati, and U. G. S. Dinata, “Potensi Energi Listrik Pada Gas Buang Sepeda Motor,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 5, p. 163, 2015.
- [13] H. Hadiansyah, E. Roza, and R. Rosalina, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas pada Knalpot Motor,” *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 70, 2018.
- [14] M. Yusuf, “MEMANFAATKAN LIMBAH PANAS MESIN MOBIL CITY CAR MENGGUNAKAN MODUL TERMO ELECTRIC COOLER (TEC),” pp. 1–6, 2018.
- [15] H. P. Yuliza, “Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana ISSN : 2086-9479 RANCANG BANGUN KOMPOR LISTRIK DIGITAL IOT Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana ISSN : 2086-9479,” vol. 7, no. 3, pp. 187–192, 2016.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Wahyudi
Tempat & Tanggal Lahir : Medan 26 Desember 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Kawin
Alamat : jl.Baut Psr 11 Link 2 Kel.
Tanah Enem Ratus Medan
Marelan
No. Telp/HP : 082274114368
Email : wahyudi95wijaya@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

Tahun 2014-2019 : Universitas Muhammadiyah
Sumatra Utara
Tahun 2011-2014 : SMK SWASTA SINAR HUSNI
Tahun 2009-2011 : SMP SWASTA BINA SATRIA
Tahun 2002-2009 : SDN 067249