

**ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI
PANAS MENJADI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN MODUL THERMOELCTRIC
GENERATOR PELTIER**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:
OKY ALWINSYAH
NPM : 1407220131



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI
PANAS MENJADI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN MODUL THERMOELECTRIC
GENERATOR PELTIER

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

Telah Diujikan Disidangkan Pada Tanggal :
(29 September 2018)

Oleh :

Okky Alwinskyah
1407220131

Pembimbing I


(Ir. Edy Warman MT)

Pembimbing II


(Zulfikar ST.MT)

Penguji I


(Partaon Harahap ST.MT)

Penguji II


(Muhammad Adam ST.MT)

Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro




(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : Oky Alwinskyah
NPM : 1407220131
Tempat / Tgl Lahir : Tebing Tinggi / 31 Oktober 1996
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik



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

**“ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI
PANAS MENJADI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN MODUL THERMOELECTRIC
GENERATOR PELTIER”**

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 04 Januari 2019

Saya yang menyatakan,



Oky Alwinskyah

ABSTRAK

Dari latar belakang penelitian ini bahwa kebutuhan energi listrik semakin lama semakin meningkat. Maka peneliti ingin membuat pembangkit alternatif energi listrik yaitu berbasis thermoelectric. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan modul thermoelectric yaitu peltier, dan menggunakan arang sebagai pemanas pada sisi peltier, dimana 22 peltier dirangkai secara seri, 13 peltier dirangkai secara parallel, kemudian 35 peltier di rangkai seri parallel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar daya output yang dihasilkan oleh peltier sebagai pembangkit energi listrik dengan menggunakan arang sebagai pemanas pada sisi peltier. Dari hasil pengukuran dan pengujian yang di lakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu : Pada 22 peltier yang dirangkai seri daya yang dapat dihasilkannya sebesar 7.728 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 102°C , sedangkan 13 peltier yang dirangkai parallel menghasilkan daya sebesar 1.420 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 98°C , dan 35 peltier yang dirangkai seri parallel daya yang dihasilkan sebesar 10.665 Watt. dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 110°C . Hal ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh thermoelectric generator yang dirangkai secara seri-parallel menghasilkan daya yang paling besar.

Kata Kunci : *Thermoelectric, peltier, daya, suhu.*

KATA PENGANTAR



Assalamu'Alikum Wr. Wb

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wataalla, atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul

” ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI PANAS MENJADI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN MODUL THERMOELECTRIC GENERATOR PELTIER”

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas motivasi, semangat dan dorongan dari berbagai pihak, baik berupa secara langsung atau tidak langsung maka pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Kepada ayahanda (Rahman Ma'ruf) dan Ibunda (Yulinda Harahap) tercinta beserta keluarga besar yang saya sayangi.
2. Bapak Munawar Al Fansury Siregar, ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST. M.Sc. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik
4. Bapak Khairul Ummurani, ST.MT selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik
5. Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro
6. Partaonan Harahap, ST.MT selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro
7. Bapak Ir Edy Warman, MT selaku Pembimbing I yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.

8. Bapak Zulfikar, ST.MT selaku Pembimbing II yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.

Serta seluruh Staf Pengajar, Staf Administrasi dan rekan-rekan mahasiswa angkatan 2012 Program Studi Teknik Elektro atas bantuan dan kontribusinya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Dan tidak melupakan sahabat dan saudara di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan yang telah memberi banyak dukungan, semangat, bantuan dan pengorbanan waktunya. Semoga Allah Subhanahu Wataalla memberikan kebahagiaan, berkah dan karunia kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga selesai tugas akhir ini.

Harapan penulis kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada siapa saja yang membaca, semua pengguna atau pemakai alat-alat dan kepada yang berminat dalam meneliti masalah ini saya ucapkan terima kasih.

Medan,2018

Penulis,

Oky Alwinskyah
1407220131

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian	3
1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa	4
1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi	4
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	8
2.2 Landasan Teori	11
2.3 <i>Thermoelectric</i>	12
2.4 Prinsip Kerja <i>Thermoelectric</i>	13
2.4.1 Efek <i>Seebeck</i>	13
2.4.2 Efek <i>Peltier</i>	14
2.5 Modul <i>Thermoelectric</i>	15

2.5.1 <i>Thermoelectric Generator (TEG)</i>	15
2.5.2 <i>Thermoelectric Cooling (TEC)</i>	16
2.6 <i>Elemen Thermoelectric Peltier</i>	17
2.7 <i>Perpindahan Panas</i>	19
2.7.1 <i>Perpindahan Panas Secara Konduksi</i>	20
2.7.2 <i>Perpindahan Panas Secara Konveksi</i>	21
2.8 <i>Arang</i>	22
2.9.1 <i>Jenis-Jenis Arang</i>	23
2.9.2 <i>Perhitungan nilai kalor bahan bakar arang</i>	24
2.9 <i>Arus Dan Tegangan</i>	25
2.10 <i>Pendingin Modul Thermoelectric</i>	27
2.10.1 <i>Coldsink</i>	27
2.10.2 <i>Sistem Pendinginan Dengan Air</i>	28
2.11 <i>Pemanas Modul Thermoelectric</i>	28
2.12 <i>DC Step Down Regulator</i>	29
2.13 <i>Sensor Suhu</i>	29
2.14 <i>Fitting Inverter</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 <i>Tempat Lokasi Penelitian</i>	31
3.2 <i>Peralatan dan Bahan Penelitian</i>	31
3.2.1 <i>Peralatan Penelitian</i>	31
3.2.2 <i>Bahan Penelitian</i>	32
3.3 <i>Prosedur Penelitian</i>	33
3.4 <i>Jalannya Penelitian</i>	35

3.5 Diagram Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Hasil Penelitian.....	39
4.2 Analisa Penelitian	39
4.2.1 Analisa 22 peltier secara seri	40
4.2.2 Analisa 13 peltier secara parallel	42
4.2.3 Analisa 35 peltier secara seri parallel.....	45
4.2.4 Analisa nilai koefisien seebeck 22 peltier secara seri.....	48
4.2.5 Analisa nilai koefisien seebeck 13 peltier secara parallel ..	50
4.2.6 Analisa nilai koefisien seebeck 35 peltier secara seri parallel	52
4.2.7 Perhitungan nilai kalor arang pada Peltier secara seri	54
4.2.8 Perhitungan nilai kalor arang pada Peltier secara parallel .	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil pengukuran tegangan dan arus pada 22 peltier seri	36
Tabel 3.2 Hasil pengukuran tegangan dan arus pada 13 peltier seri	36
Tabel 3.3 Hasil pengukuran tegangan dan arus pada 35 peltier seri	36
Tabel 4.1 Daya listrik yang dihasilkan oleh thermoelectric generator 22 seri	40
Tabel 4.2 Daya listrik yang dihasilkan oleh thermoelectric generator 13 parallel.....	40
Tabel 4.3 Daya listrik yang dihasilkan oleh thermoelectric generator 35 seri-parallel.....	40
Tabel 4.4 Data hasil Pengukuran suhu dan tegangan pada 22 peltier seri	48
Tabel 4.5 Data hasil Pengukuran suhu dan tegangan pada 13 peltier parallel	50
Tabel 4.6 Data hasil Pengukuran suhu dan tegangan pada 35 peltier seri parallel.....	52
Tabel 4.7 Data hasil pengukuran nilai kalor bahan bakar arang peltier seri dan parallel	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses termoelektrik mengubah energi listrik menjadi panas (a), Proses termoelektrik mengubah energi panas menjadi listrik (b)	12
Gambar 2.2 Proses konversi efek seebeck	13
Gambar 2.3 Efek Peltier	15
Gambar 2.4 Modul <i>thermoelectric generator</i> (a) proses ketika <i>thermoelectric</i> ketika diberi perbedaan suhu	16
Gambar 2.5 Modul <i>thermoelectric cooling</i>	17
Gambar 2.6 Penampang Termoelektrik	19
Gambar 2.7 Mekanisme perpindahan panas konduksi	20
Gambar 2.8 Memasak air adalah contoh perpindahan konveksi	22
Gambar 2.9 Konsep pergerakan elektron.....	25
Gambar 2.10 Coldsink terbuat dari aluminium	27
Gambar 2.11 Wadah air sebagai pendingin tambahan coldsink	28
Gambar 2.12 Heatsink terbuat dari bahan aluminium	28
Gambar 2.13 DC Step down converter regulator	29
Gambar 2.14 Fitting inverter 12V to 220V	30
Gambar 3.1 Blog Diagram Penelitian.....	33
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	38
Gambar 4.1. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap tegangan(V) 22 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> seri	41
Gambar 4.2. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap daya (WATT) 22 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> seri	42

Gambar 4.3. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap tegangan(V) 13 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> parallel	44
Gambar4.4. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap daya (WATT) 13 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> parallel	44
Gambar4.5 Grafik Perbedaan suhu (ΔT) terhadap Tegangan (V) 35 modul <i>thermoelectric generator peltier seri parallel</i>	47
Gambar4.6 Grafik Perbedaan suhu (ΔT) terhadap daya (WATT) 35 modul <i>thermoelectric generator peltier seri parallel</i>	47
Gambar 4.7 Grafik koefisein seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap tegangan (V) 22 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> yang dirangkai seri	49
Gambar 4.8 Grafik koefisein seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap Perbedaan suhu ($^{\circ}C$) 22 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> yang dirangkai seri	49
Gambar 4.9 Grafik koefisein seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap tegangan (V) 13 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> yang dirangkai parallel	51
Gambar 4.10 Grafik koefisein seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap Perbedaan suhu ($^{\circ}C$) 13 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> yang dirangkai parallel.....	52
Gambar 4.11 Grafik koefisein seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap tegangan (V) 35 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> yang dirangkai seri-parallel	53
Gambar 4.12 Grafik koefisein seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap Perbedaan suhu ($^{\circ}C$) 35 modul <i>thermoelectric generator peltier</i> yang dirangkai seri-parallel.....	54

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2020 mendatang diperkirakan kebutuhan energi akan bertambah sekitar 40 persen dari kebutuhan saat ini. Maka salah satu alternatif untuk menangani masalah tersebut adalah *thermoelectric*. *Thermoelectric* adalah salah satu solusi dalam mengatasi masalah energi yang selalu bertambah dari tahun ketahun seiring dengan kemajuan teknologi. Teknologi *thermoelectric* bekerja dengan mengkonversikan energi panas menjadi listrik secara langsung dengan menerapkan efek *seebeck*.

Dalam kehidupan sehari-hari banyak aktifitas baik itu dari diri sendiri maupun dari aktifitas sebuah perangkat atau mesin yang mana akan menghasilkan panas, dan panas tersebut biasanya hanya akan terbuang sia-sia atau hanya diabaikan dan dianggap sebagai akibat aktifitas dari perangkat yang digunakan. Kondisi ini tentunya menarik perhatian untuk bisa dimanfaatkan dalam pemberdayaan energi panas yang terbuang dengan percuma, sehingga energi terbarukan mampu terbentuk dari kondisi yang kerap ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan 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 dari arang

kemudian menggunakan elemen *peltier* yang akan dirubah menjadi energi listrik dan diaplikasikan menjadi pembangkit daya termoelektrik. Pembangkit daya termoelektrik 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*.

Pada penelitian ini dibuatlah rangkaian kombinasi Seri dan Paralel dari 35 keping modul *peltier* dengan memanfaatkan prinsip dari efek *seebeck* sebagai generator. sumber energi panas yang akan dimanfaatkan yaitu dengan membakar arang sebagai sumber panas. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan temperature yang baik untuk mengetahui bahwa *thermoelectric generator* benar benar dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Ditambah dengan plat dari aluminium sebagai media penghantar panas dan *heatsink*, sistem pendingin air sebagai pendingin tambahan *coldsink* dalam proses pendinginan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut maka diperoleh beberapa permasalahan yang berkaitan sangat penting dengan kebutuhan listrik untuk memberikan hasil yang diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas dengan memanfaatkan modul *thermoelectric* yang berskala kecil untuk kebutuhan tertentu antara lain:

1. Bagaimana prinsip kerja dari *thermoelectric generator peltier* bisa menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan arang.
2. Bagaimana cara mendapatkan hasil tegangan yang tinggi yang dihasilkan oleh *thermoelectric peltier* dengan memanfaatkan arang sebagai pemanas pada sisi *peltier*.

3. Bagaimana perbedaan daya output yang dihasilkan oleh *thermoelectric peltier* dengan dirangkai secara seri, parallel dan seri-parallel.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja dari *thermoelectric peltier* bisa menghasilkan energi listrik dengan menerapkan efek *seebeck* dengan mengubah energi panas menjadi energi listrik.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara mendapatkan hasil tegangan yang tinggi dengan cara menyusun *thermoelectric* secara seri dan menjaga kestabilan perbedaan suhu panas dan suhu dingin dengan memanfaatkan arang sebagai pemanas pada sisi *peltier*.
3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa hasil output yang dihasilkan dari *thermoelectric peltier* yang dirangkai *seri, parallel* dan *seri-parallel*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah dari tugas akhir ini antara lain :

1. *Prototype thermoelectric* ini menggunakan modul *peltier* sebagai penghasil energi listrik.
2. *Protoype thermoelectric* ini tidak bisa dihubungkan ke inverter 220VAC dikarenakan *output* yang dihasilkan kecil.
3. Pada penelitian ini arang digunakan sebagai pemanas pada sisi *peltier*.
4. Pada penelitian ini air digunakan sebagai pendingin pada sisi *peltier*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Dapat mengetahui hasil output yang dihasilkan dari *thermoelectric generator peltier* dengan memanfaatkan arang sebagai pemanas pada sisi peltier yang dipanaskan.
2. Dapat merancang *thermoelectric generator peltier* sebagai pembangkit energi listrik
3. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan tentang *thermoelectric generator peltier* sebagai pembangkit energi listrik.

1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi

1. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam praktikum tentang adanya *thermoelectric generator peltier* sebagai pembangkit energi listrik.
2. Alat serta bahan yang telah dibuat dapat diaplikasikan dalam sehari hari sebagai pengganti pensupply energi listrik untuk menghidupkan penerangan berskala kecil.
3. Manfaat penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

1.6 Metode Penelitian

Metode yang digunakan selama penelitian dan penulisan laporan adalah :

1. Metode Literatur

Penulis membaca buku, jurnal dan bahan-bahan lain yang berkaitan dengan analisa pemanfaatan output *thermoelectric generator peltier* sebagai penghasil energi listrik.

2. Desain Alat Uji

Perancangan simulasi penelitian *thermoelectric generator* dilakukan untuk memastikan pemilihan material dengan konduktivitas termal yang baik, agar panas transfer dari heater dapat dimanfaatkan secara maksimal pada modul *thermoelectric generator*, serta pemilihan komponen pendingin yang tepat untuk diaplikasikan pada sisi dingin dari modul *thermoelectric generator*.

3. Metode Analisa

Metode analisis dilakukan penulis untuk mempelajari objek dengan metode pengolahan data dan pengauditan yang akan dilakukan pada saat penelitian analisa pemanfaatan output *thermoelectric generator peltier* sebagai penghasil energi listrik, sehingga penulis mendapatkan informasi yang tepat tentang hasil penelitian tersebut.

3. Pengujian *thermoelectric generator*

Untuk kerja alat dilakukan dengan melalui proses kalibrasi termokopel yang digunakan untuk pengukuran temperatur, pengambilan data tegangan yang dihasilkan, untuk kemudian mengolah data pengujian yang didapat.

5. Metode Konsultasi

Metode ini mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing dan teman-teman yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas untuk menghasilkan pemikiran yang pas dalam permasalahan yang akan terjadi.

6. Analisa dan kesimpulan hasil pengujian

Setelah data pengujian didapat, kemudian dilakukan proses analisa terhadap grafik yang diperoleh. Dari analisa tersebut akan didapat kesimpulan terhadap simulasi uji *Thermoelectric generator* yang dilakukan, untuk kemudian dapat dijadikan referensi pengembangan desain aplikasi *thermoelectric generator* dalam pemanfaatan energi panas yang terbangun selanjutnya.

7. Menyusun Laporan Skripsi Penyusun

Penyusunan laporan ini dilakukan untuk memberikan penjelasan dengan analisa yang telah dilakukan dan juga sebagai dokumentasi yang telah dilakukan dan juga sebagai dokumentasi dari tugas akhir.

1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir terdiri dari 5 bab dimana sistematika penulisan yang diterapkan dalam tugas akhir ini menggunakan urutan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang pembahasan garis besar mengenai *thermoelectric generator peltier* sebagai alat penelitian untuk tugas akhir.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, data penelitian, jalannya penelitian, diagram alir, serta jadwal kegiatan dan hal-hal yang lain yang berhubungan dengan proses penyusunan tugas akhir.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan dari analisa pemanfaatan output *thermoelectric generator peltier* sebagai sumber energi listrik.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan Eakburanawat, 2006, ia mengembangkan *battery charger* berbasis *thermoelectric* dengan memanfaatkan sumber panas buang dari tungku api dan dinding tungku, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 7.99 W.

Hasil dari pengujian termoelektrik tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848 pada tegangan *voltage regulator* 60V dengan modul termoelektrik 4 buah menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan nilai modul termoelektrik SP 1848 lebih besar dibandingkan modul termoelektrik TEC 12706 yaitu tegangan *output* yang dihasilkan modul termoelektrik SP 1848 sebesar 0,391 V, sedangkan nilai tegangan modul termoelektrik TEC 12706 sebesar 0,379 V. Perbedaan temperatur sisi panas dan sisi dingin sangat berpengaruh pada kinerja modul termoelektrik. Semakin besar perbedaan temperatur maka nilai daya *output* dan arus modul termoelektrik akan semakin besar. Untuk modul termoelektrik SP 1848 nilai ΔT 14,45 °C, Daya 0,109 W, Arus 0,279 A, Sedangkan untuk modul termoelektrik TEC 12706 Nilai ΔT 14,87 °C, Daya 0,055 W, dan Arus 0,147 A. (Hasra Rafika, dkk, 2016).

Pada kondisi putaran 1000 RPM mesin MITSUBISHI type 4DR50A yang digunakan perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin pada *peltier* tunggal sebesar 24 °C dan menghasilkan daya sebesar 0,31 Watt, sedangkan pada putaran 2500 RPM perbedaan suhu yang terjadi sebesar 39 °C dan menghasilkan daya

sebesar 0,84 Watt. Ini menunjukkan bahwa semakin besar perbedaan suhu yang terjadi maka daya dari *peltier* meningkat. Pada *peltier* susunan seri nilai tegangan (V) lebih besar dari nilai arus (I), sedangkan pada *peltier* susunan paralel berlaku sebaliknya. Dari hasil analisis data daya yang dihasilkan *peltier* pada susunan seri lebih besar dibandingkan dengan daya *peltier* pada susunan paralel, yaitu diperoleh daya terbesar yang dapat dihasilkan *peltier* adalah 68,88 Watt pada kondisi putaran mesin 2500 RPM dan perbedaan suhu sebesar 39 °C. (Sherly Klara, 2016).

Berdasarkan uji yang telah dilakukan, diketahui spesifikasi alat konversi energi panas menjadi energi listrik yaitu; sensitivitas hubungan antara peningkatan suhu terhadap peningkatan tegangan sebesar 0,702 mV/°C; sensitivitas hubungan antara peningkatan suhu terhadap peningkatan arus listrik sebesar 0,035 mA/°C; sensitivitas hubungan antara peningkatan suhu terhadap peningkatan daya listrik sebesar 10,927 mW/°C; volume wadah sisi dingin konverter adalah 1 liter; volume wadah sisi panas konverter adalah 2,2 liter; suhu sisi dingin konverter adalah 0°C; dan suhu sisi panas konverter berada pada rentang 25°C-90°C. Hasil Uji kelayakan alat konversi energi panas menjadi energi listrik dan user manual menyatakan bahwa produk layak untuk digunakan untuk mengamati perilaku perubahan panas menjadi listrik dengan skor 3,692 pada uji kelayakan fisik dan skor 2,667 pada uji ahli desain. (Selamet Efendi, 2016).

Berdasarkan hasil pengujian karakterisasi termoelektrik yang dilakukan dapat diambil simpulan bahwa hasil penelitian karakterisasi termoelektrik generator dengan dua belas modul termoelektrik yang dipasang di sekitar sisi-sisinya menghasilkan keluaran daya dari pembangkit termoelektrik ini sekitar 8

Watt. Susunan termoelektrik mempunyai peran untuk menghasilkan tegangan atau kuat arus tertentu. Untuk menghasilkan tegangan yang tinggi *peltier* harus disusun secara seri, sedangkan untuk mendapatkan kuat arus yang tinggi, termoelektrik harus disusun secara paralel. Termoelektrik yang disusun seri menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan termoelektrik yang disusun paralel. Secara garis besar daya yang dihasilkan pembangkit daya termoelektrik masih cukup kecil. Akan tetapi, hal ini telah menunjukkan bahwa pembangkit termoelektrik memiliki prospek yang cerah di masa depan sebagai alternatif energi listrik. Jadi, dimanapun ada panas buang, pembangkit termoelektrik dapat mengubah panas buang tersebut menjadi daya listrik. (Nandy Putra, 2009).

Dengan memanfaatkan panas matahari sebagai sisi panas dari elemen *peltier*. Lensa fresnel digunakan untuk mengumpulkan sinar matahari kearah plat aluminium yang langsung mengenai sisi panas dari elemen *peltier*. Prinsip kerja dari termoelektrik generator sesuai dengan efek *seebeck*, dimana dengan adanya perbedaan temperature di antara sisi panas dan sisi dingin *peltier* maka akan terjadi aliran arus sehingga menghasilkan tegangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan dua belas modul termoelektrik yang biasa disebut dengan elemen *peltier* yang disusun secara seri, dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12,5 Volt dengan perbedaan temperature maksimal 72,2 0 C. Sehingga diperoleh besar daya mencapai 13,875 Watt. (Jerri Simanjuntak, 2015).

2.2 Landasan Teori

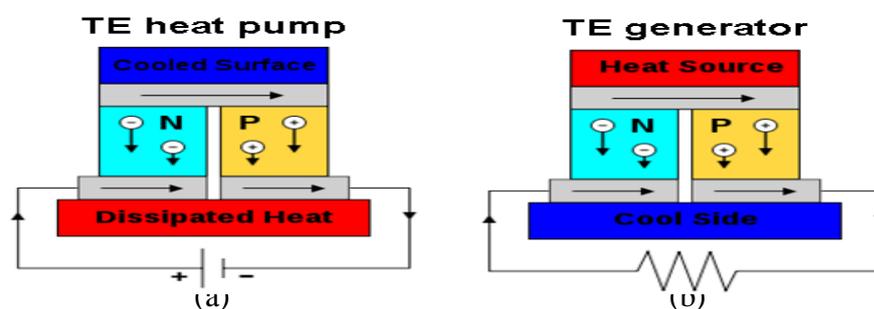
Thermoelectric adalah sebuah alat yang dapat digunakan sebagai pembangkit tegangan listrik dengan memanfaatkan konduktivitas atau daya hantar panas dari sebuah lempeng logam.[1]

Thermoelectric merupakan fenomena mengkonversikan dari perbedaan temperature menjadi energi listrik atau dari energi listrik berubah menjadi beda temperature. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi suatu modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin/ pemanas. Sejarah dari fenomena *thermoelectric* adalah seorang ilmuwan berasal dari Jerman, tahun 1821 Thomas Johan *Seebeck*. Dia melakukan percobaan dengan menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian diantara kedua logam tersebut, kemudian diletakkan jarum kompas. Pada saat sisi logam tersebut dipanaskan, ternyata jarum kompas bergerak. Fenomena ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam sehingga menimbulkan medan magnet. Jarum kompas bergerak akibat adanya medan magnet, fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek *seebeck*.

Pada tahun 1934 Jean Charles Peltier memberikan inspirasi pada penemuan *seebeck* dengan mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian, ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada kedua logam tersebut dan pelepasan panas. Kemudian fenomena ini dikenal dengan efek *peltier*. [2]

2.3 Thermoelectric

Thermoelectric adalah teknologi yang bekerja dengan mengkonversikan energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik).[3] Untuk menghasilkan listrik material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik panas yang ada disekitarnya akan terserap. Dengan demikian untuk mendinginkan udara. Tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional. Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe n dan tipe p. bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Persoalan untuk termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi.



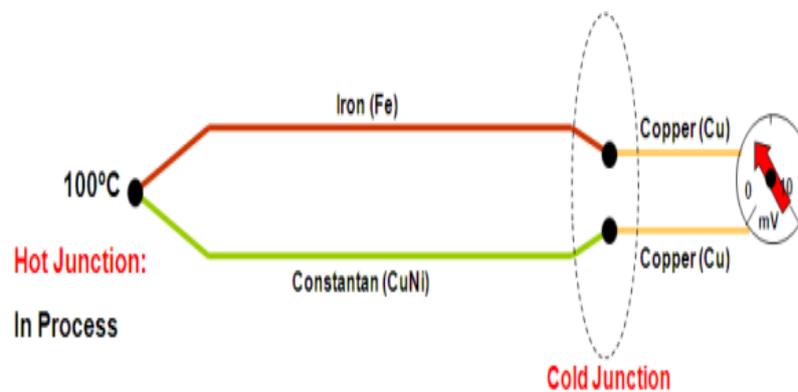
Gambar 2.1 Proses termoelektrik mengubah energi listrik menjadi panas (a), Proses termoelektrik mengubah energi panas menjadi listrik (b).

2.4 Prinsip Kerja Termoelektrik

Prinsip dasar dari termoelektrik dapat ditentukan oleh beberapa efek seperti yang telah dibahas sedikit pada *thermoelectric*, antara lain yaitu efek *seebeck* dan efek *peltier*.

2.4.1 Efek *Seebeck*

Efek *seebeck* adalah suatu fenomena tegangan listrik yang ditimbulkan oleh perbedaan suhu pada dua jenis logam yang tersusun. Jika ada dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan ini, maka akan terjadi arus listrik. Prinsip ini lah yang digunakan *thermoelectric* sebagai generator (pembangkit listrik).[4]



Gambar 2.2 Proses konversi efek *seebeck*

Setiap bahan memiliki koefisien *seebeck* yang berbeda-beda. Semakin besar koefisien *seebeck* ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah menjadi tegangan listrik, maka prinsip ini juga digunakan sebagai sensor temperatur yang dinamakan *thermocouple*.

Pada *Thermoelectric*, jika terdapat perbedaan temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik atau efek *seebeck*, secara matematis dapat ditulis :

$$V = S\Delta T \quad (2.1)$$

Dimana:

V = Tegangan (Volt)

S = Koefisien *seebeck* (V/°C)

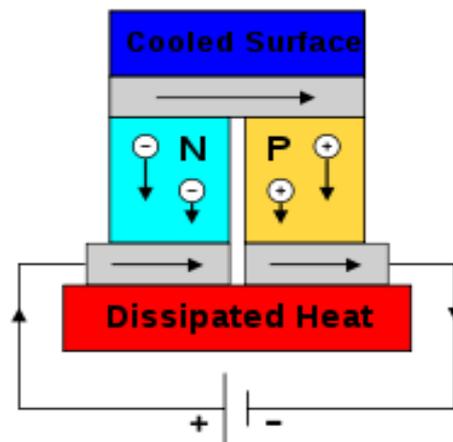
ΔT = Perbedaan temperatur antara dua sambungan (°C).

2.4.2 Efek *Peltier*

Efek *peltier* merupakan thermoelektrik yang prinsip kerjanya merupakan kebalikan dari efek *seebeck*. Efek *peltier*, di temukan oleh Jean Peltier pada tahun 1834, adalah fenomena dimana energi panas dapat diserap pada salah satu sambungan konduktor dan dilepaskan pada sambungan konduktor lainnya ketika arus listrik dialirkan pada suatu rangkaian tertutup. Atau dengan kata lain efek *peltier* mengkonversikan energi listrik menjadi perubahan suhu.[5]

Prinsip kerja *peltier* diperlihatkan pada Gambar 2.4. Pada sistem *peltier*, dua jenis semikonduktor (tipe n dan tipe p) disusun berdampingan. Apabila bahan semikonduktor tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan, perbedaan energi fermi diantara kedua semikonduktor tersebut menyebabkan elektron akan mengalir dari semikonduktor tipe n ke tipe p dengan melewati junction. Elektron yang sampai pada tipe p akan berekombinasi dengan hole dengan melepaskan energi dalam bentuk panas. Sebaliknya, pada bagian n, elektron akan melepaskan diri dari ikatan valensinya dengan menyerap energi panas. Dengan demikian, arus

yang melewati junction, baik arah maju ataupun mundur, akan menghasilkan perbedaan suhu. Suhu junction panas tersebut dijaga agar tetap rendah dengan mengurangi atau menghilangkan panas yang dihasilkan dengan menggunakan heat sink, sedangkan suhu bagian dingin dipertahankan sesuai dengan yang diinginkan.



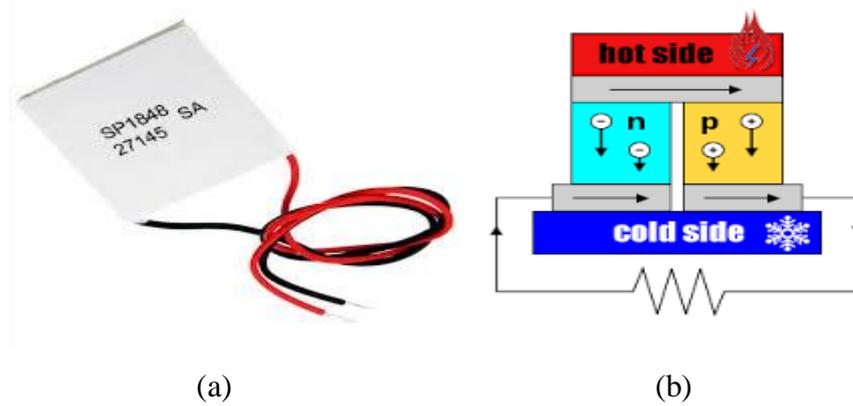
Gambar 2.3 efek *peltier*

2.5 Modul *Thermoelectric*

Modul *thermoelectric* adalah alat yang dapat mengubah energi panas dari perbedaan temperature menjadi listrik atau sebaliknya. Modul ini memanfaatkan 2 efek yaitu efek *seebeck* dan *peltier*. Konstruksi modul termoelektrik terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe p dan tipe n.[6]

2.5.1 *Thermoelectric Generator* (TEG)

Thermoelectric atau TEG menggunakan efek *seebeck*. Jika ada dua buah material logam yang berbeda tersambung pada lingkungan dengan temperature yang berbeda, maka pada material itu akan mengalir arus gaya gerak listrik. Termoelektrik generator secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik.[6]



Gambar 2.4 Modul *thermoelectric* (a) proses ketika *thermoelectric* ketika diberi perbedaan suhu

Dengan perbedaan temperature panas antara sisi panas dan sisi dingin pada termoelektrik generator, pada elemen ini mengalir arus sehingga terjadi beda tegangan. Secara umum termoelektrik generator menggunakan bahan Bite *bismuth tellurid*, dengan rentang temperature kerja hingga 180°C . besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradient temperatur[7]

2.5.2 *Thermoelectric Cooling* (TEC)

Thermoelectric cooling atau TEC menggunakan prinsip yang berkebalikan dari TEG yaitu menggunakan efek *peltier*. Jika ada arus listrik yang mengalir melewati rangkaian dari dua buah konduktor dengan material yang berbeda, akan terjadi kenaikan dan penurunan temperature pada *junction* yang bergantung pada arah aliran arus listrik. Pembuangan panas dari sisi panas akan menurunkan temperature pada sisi dingin dengan cepat, besarnya penurunan temperature bergantung pada arus yang diberikan[6].



*Gambar 2.5 Modul *Thermoelectric Cooling*

Modul TEC biasanya digunakan untuk sistem pendingin, seperti *dispenser*. Ketika ada aliran arus listrik, electron bergerak dari bahan tipe-p ke bahan tipe-n menyerap energi panas pada *junction* sisi dingin. Elektron-elektron membuang kelebihan energi pada *junction* sisi panas.

2.6 Elemen Termoelektrik *Peltier*

Semikonduktor adalah bahan pilihan untuk termoelektrik yang umum dipakai. Bahan semikonduktor termoelektrik 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. [8]

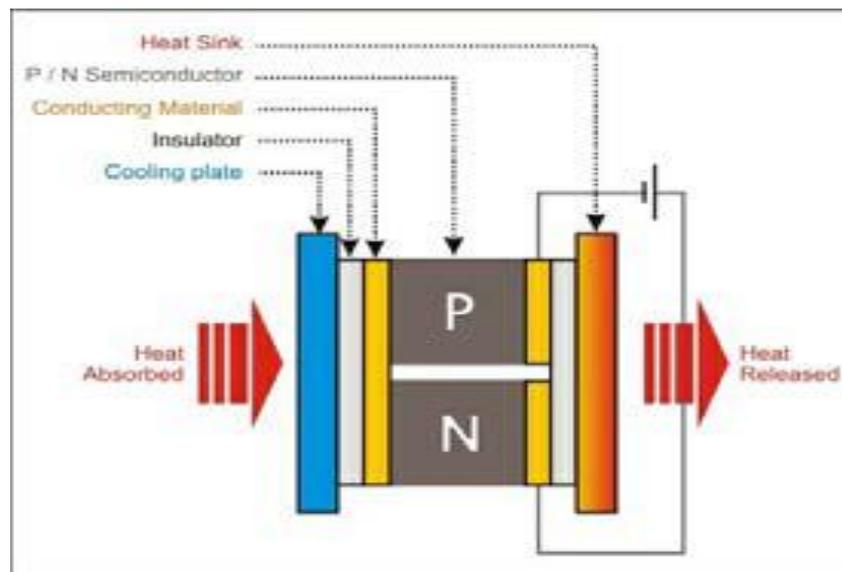
Bahan termoelektrik lainnya termasuk Timbal Telluride (PbTe), Silicon Germanium (SiGe) dan Bismuth-Antimony (SbBi) adalah paduan bahan yang dapat digunakan dalam situasi tertentu. Namun, Bismuth Telluride adalah bahan terbaik dalam hal pendinginan. Bismuth Telluride memiliki dua karakteristik yang patut dicatat. Karena struktur kristal, Bismuth Telluride sangat anisotropic. Perilaku anisotropic perlawanan lebih besar dari pada konduktivitas termalnya. Sehingga anisotropic ini dimanfaatkan untuk pendinginan yang optimal.

Karakteristik lain yang menarik dari Bismuth Telluride adalah Kristal Bismuth Telluride (Bi_2Te_3) terdiri dari lapisan heksagonal atom yang sama. Termoelektrik 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.

Elemen termoelektrik merupakan semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang dihubungkan dalam suatu rangkaian listrik tertutup yang terdapat beban. Dari perbedaan suhu yang ada pada tiap junction di tiap semikonduktor tersebut akan menyebabkan electron berpindah dari sisi panas menuju sisi dingin. Jika pada batang logam semikonduktor berlaku prinsip kedua efek (efek seeback dan efek *peltier*), batang semikonduktor dipanaskan dan didinginkan pada dua semikonduktor tersebut, maka elektron pada sisi panas semikonduktor akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi dingin semikonduktor.[8] Dengan kecepatan yang lebih tinggi pula, maka electron dari sisi panas akan mengalami difusi ke sisi dingin dan menyebabkan timbulnya medan elektrik pada semikonduktor tersebut.

Elemen *peltier* atau pendingin termoelektrik merupakan alat yang adapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya. Pada gambar 2.2 penampang termoelektrik memiliki keuntungan utama dari elemen *peltier* adalah tidak adanya bagian yang bergerak atau cairan yang bersikulasi dan ukurannya kecil serta bentuknya sangat

mudah untuk direkayasa. Sedangkan kekurangan dari elemen *peltier* ada pada faktor efisiensi daya yang rendah dan biaya perancangan sistem masih relatif mahal. Namun kini banyak peneliti yang sedang mencoba mengembangkan elemen *peltier* yang lebih murah dan juga efisien



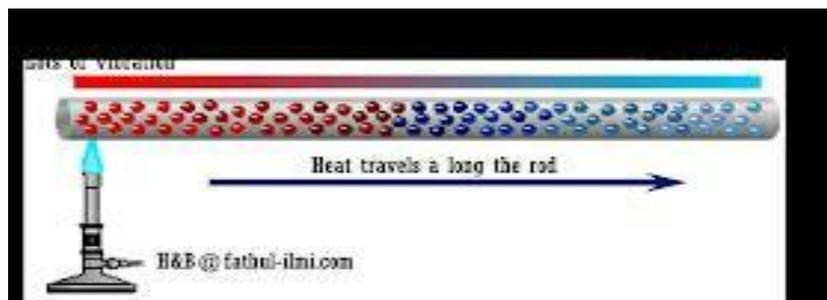
Gambar 2.6 Penampang Termoelektrik

2.7 Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau kalor merupakan suatu bentuk energi yang berpindah karena adanya perbedaan temperatur. Panas atau kalor tersebut akan bergerak dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Ketika panas atau kalor bergerak maka akan terjadi pertukaran panas dan kemudian akan berhenti ketika kedua tempat tersebut sudah memiliki temperatur yang sama[9]. Perpindahan panas terbagi atas dua yaitu perpindahan panas secara konduksi dan perpindahan panas secara konveksi

2.7.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor yang terjadi pada suatu medium padat. Dalam proses perpidahan panas secara konduksi yang berpindah hanyalah panas sementara mediumnya tidak ikut berpindah. Contohnya ketika kita memanaskan sebatang besi maka pada bagian ujung yang tidak dipanaskan dalam jarak (x) tertentu dari sumber panas (T_{Hot}), seiring waktu (s) area yang bertemperatur lebih rendah (T_{Cold}) akan menjadi lebih panas, hal ini menggambarkan bahwa panas yang berasal dari perapian dengan temperatur lebih panas (T_{Hot}) berpindah (q) dari ujung besi yang dipanaskan ke ujung lain yang tidak dipanaskan (T_{Cold}). Itulah contoh sederhana proses berlangsungnya perpindahan panas. [10]



Gambar 2.7. Mekanisme perpindahan panas konduksi

Ketika salah satu bagian benda dengan temperature yang lebih tinggi bersentuhan dengan benda dengan temperature yang rendah, maka energi akan berpindah dari benda bertemperatur tinggi (T_{Hot}) menuju bagian benda yang bertemperatur rendah (T_{Cold}). Adanya tambahan energi menyebabkan atom dan molekul penyusun benda bergerak semakin cepat. [11]Ketika bergerak, maka molekul tersebut akan memiliki energi kinetik ($EK = \frac{1}{2} mv^2$). Molekul-molekul yang bergerak lebih cepat (energi kinetiknya lebih besar) menumbuk molekul yang berada di sebelahnya. Molekul tadi menumbuk lagi molekul lain yang berada di

sebelah. Demikian seterusnya. Jadi molekul-molekul saling bertumbukan, sambil memindahkan energi. Perpindahan panas yang terjadi melalui tumbukan antara molekul penyusun benda inilah yang dinamakan perpindahan panas secara konduksi.

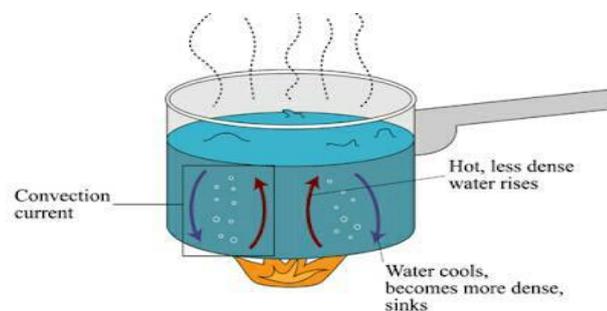
2.7.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas konveksi terjadi pada saat sejumlah fluida (gas ataupun cair) mengalir disertai membawa panas yang ikut dengan aliran fluida tersebut. Aliran fluida tersebut dapat terjadi secara alami, yang disebut dengan konveksi natural, atau juga secara paksaan dengan menggunakan alat tertentu. Konveksi natural dapat terjadi akibat gaya gravitasi, atau juga akibat adanya perbedaan temperatur pada dua titik berbeda sehingga terjadi aliran natural dari temperatur tinggi menuju temperatur yang lebih rendah. Konveksi yang dipaksakan *forced convection* diperlukan alat tambahan seperti pompa atau kipas sehingga dapat terjadi aliran fluida serta panas sesuai dengan yang diinginkan.[12]

Contoh konveksi dalam kehidupan sehari-hari dapat di lihat pada proses pemasakan air. Saat air dimasak maka air bagian bawah akan lebih dulu panas, saat air bawah panas maka akan bergerak ke atas (dikarenakan terjadinya perubahan masa jenis air) sedangkan air yang diatas akan bergerak kebawah begitu seterusnya sehingga keseluruhan air memiliki suhu yang sama. Air merupakan zat cair yang terdiri dari partikel-partikel penyusun air. Saat memasak air dalam panci, api memberikan energi kepada paci dalam hal ini termasuk proses konduksi. Kemudian panas yang diperoleh panci kemudian dialirkan pada air. Partikel air paling bawah yang pertama kali terkena panas kemudian lama

kelamaan akan memiliki massa jenis yang lebih kecil karena sebagian berubah menjadi uap air.

Sehingga saat massa jenisnya lebih kecil partikel tersebut akan berpindah posisi naik ke permukaan. Air yang masih diatas permukaan kemudian turun ke bawah menggantikan posisi partikel yang tadi. Begitulah seterusnya hingga mendidih dan menguap seperti tampak pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.8 Memasak air adalah contoh perpindahan panas konveksi

2.8 Arang

Arang merupakan residu dari proses peruraian panas terhadap bahan yang mengandung karbon sebagian besar komponennya adalah karbon. Proses peruraian panas ini dapat dilakukan dengan jalan memanasi bahan langsung atau tidak langsung di dalam timbunan, kiln atau tanur. Sebahagian besar pori-pori arang masih tertutup oleh hidrokarbon, ter, dan komponen lain, seperti abu, air, nitrogen, dan sulfur yang menghambat keaktifannya atau daya serapnya rendah. Untuk mengaktivasi arang menjadi arang aktif, digunakan retort dan steam boiler[13].

2.8.1 Jenis-Jenis Arang

a. Arang Kayu

Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu paling banyak digunakan untuk keperluan memasak seperti yang dijelaskan sebelumnya. Sedangkan penggunaan arang kayu yang lainnya adalah sebagai penjernih air, penggunaan dalam bidang kesehatan, dan masih banyak lagi. Bahan kayu yang digunakan untuk dibuat arang kayu adalah kayu yang masih sehat, dalam hal ini kayu belum membusuk.

b. Arang Serbuk gergaji

Arang serbuk gergaji adalah arang yang terbuat dari serbuk gergaji yang dibakar. Serbuk gergaji biasanya mudah didapat ditempat-tempat penggergajian atau tempat pengrajin kayu. serbuk gergaji adalah bahan sisa produksi yang jarang dimanfaatkan lagi oleh pemiliknya. Sehingga harganya bisa terbilang murah. selain dapat untuk bahan bakar, arang serbuk gergaji biasanya dimanfaatkan untuk campuran pupuk dan dapat diolah menjadi briket arang.

c. Arang Sekam Padi

Arang sekam padi biasa digunakan sebagai pupuk dan bahan baku briket arang. Sekam yang digunakan bisa diperoleh ditempat penggilingan padi. Selain digunakan untuk arang, sekam padi juga sering dijadikan bekatul untuk pakan ternak. Arang sekam juga bisa digunakan sebagai campuran pupuk dan media tanam di persemaian. Hal ini karena sekam padi memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan air sebagai cadangan makanan.

d. Arang Tempurung Kelapa

Arang tempurung kelapa adalah arang yang berbahan dasar tempurung kelapa. Pemanfaatan arang tempurung kelapa ini termasuk cukup strategis sebagai sektor usaha. Hal ini karena jarang masyarakat yang memanfaatkan tempurung kelapanya. Selain dimanfaatkan dengan dibakar langsung, tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan dasar briket arang. Tempurung kelapa yang akan dijadikan arang harus dari kelapa yang sudah tua, karena lebih padat dan kandungan airnya lebih sedikit dibandingkan dari kelapa yang masih muda. Harga jual arang tempurung kelapa terbilang cukup tinggi. Karena selain berkualitas tinggi, untuk mendapatkan tempurung kelapanya juga terbilang sulit dan harganya cukup mahal.

2.8.2 Perhitungan nilai kalor bahan bakar arang

Arang yang digunakan adalah arang yang berbahan kayu. maka untuk menghitung jumlah nilai kalor dalam arang yang dibakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot c}{m} \quad (2.9)$$

Dimana :

Q = Nilai kalor (Cal/gr)

T1 = Suhu awal selama pengujian (°C)

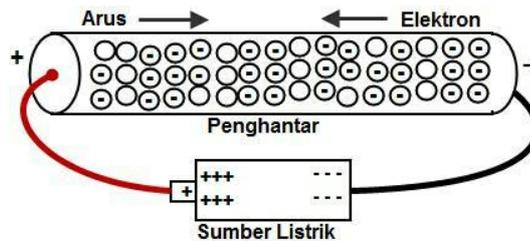
T2 = Suhu akhir selama pengujian (°C)

c = 2575,6 (Cal/°C) ketetapan setiap bahan yang dibakar untuk menaikkan 1°C temperatur air dan perangkat kalori meter

m = Jumlah arang (gr)[14]

2.9 Arus Dan Tegangan

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian pada satu waktu. Muatan listrik yang dimaksud di sini adalah elektron. Arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif.



Gambar 2.9. Konsep pergerakan elektron

Pada gambar di atas menunjukkan sumber tegangan listrik yang disambungkan ke sebuah penghantar. Pada kutub positif penghantar, muatan negatif akan ditarik oleh muatan positif pada sumber tegangan melewati ruang-ruang kosong (Hole). Hole digambarkan dalam bentuk bulat tanpa tanda negatif "-". Sedangkan pada kutub negatif penghantar, muatan akan terisi elektron baru dari sumber tegangan, sehingga elektron pada penghantar juga terdorong untuk bergerak ke arah kutub positif.

Menurut aturan bahwa arus listrik mengalir dari positif ke negatif, sedangkan elektron mengalir dari negatif ke positif. Kenapa bisa begitu? Karena sejatinya aturan berpatokan bahwa elektron berpindah dari negatif ke positif meninggalkan hole dan mengisi hole baru maka seolah-olah hole tersebut bergerak dari positif ke negatif.

Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara

formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar 2×10^{-7} Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara. Tidak semua bahan bisa menghantarkan elektron dengan baik. Kemampuan penghantar mengalirkan elektron ditentukan oleh susunan atom dari bahan penghantar tersebut. Bahan yang mempunyai kemampuan mengalirkan elektron dengan baik disebut dengan konduktor seperti besi, tembaga, air sumur, dll. Sedangkan bahan yang sulit untuk mengalirkan elektron disebut dengan isolator, misalnya plastik, kertas, air murni (H_2O), dll.

Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik pada suatu penghantar atau rangkaian listrik. Beda potensial adalah perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik. Di satu sisi sumber arus listrik terdapat elektron yang bertumpuk sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang memengaruhi materi tersebut. Dengan kata lain, sumber tersebut menjadi bertegangan listrik. Tegangan listrik (disebut juga voltase) identik dengan beda potensial dll.

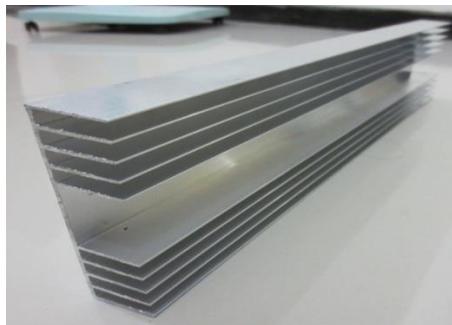
Pada dasarnya, beda potensial (tegangan) inilah yang menyebabkan aliran elektron dari potensial rendah (negatif) ke potensial tinggi (positif). Artinya adanya arus listrik disebabkan karena adanya tegangan listrik pada dua titik (kutub positif dan kutub negatif). Pada rangkaian listrik, bisa jadi setiap komponen listrik mempunyai beda potensial yang berbeda tergantung hambatan komponen tersebut.

2.10 Pendingin Modul *Thermoelectric*

Pendingin modul *Thermoelectric* berguna untuk mendinginkan salah satu bagian sisi *peltier* agar kedua sisi *peltier* tidak ikut panas, pendingin modul *Thermoelectric* terdiri dari *coldsink* dan juga menggunakan sistem pendinginan dengan air.

2.10.1 Coldsink

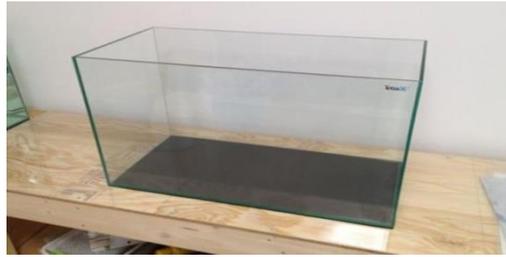
Coldsink adalah logam dengan design khusus yang terbuat dari alumunium atau tembaga (bisa merupakan kombinasi kedua material tersebut) yang berfungsi untuk membantu proses pendinginan salah satu sisi *peltier* secara teknik, semakin luas permukaan perpindahan panas sebuah benda maka akan semakin cepat proses pendinginan benda tersebut.



Gambar 2.10. Coldsink terbuat dari aluminium

2.10.2 Sistem Pendinginan Dengan Air

Sistem pending air yaitu suatu sistem pendinginan yang digunakan untuk menyerap panas pada *coldsink*, agar *coldsink* akan bekerja dengan maksimal menyerap panas pada salah satu sisi *peltier* yang dipanaskan.



Gambar 2.11. Wadah air sebagai pendingin tambahan coldsink

2.11 Pemanas Modul *Thermoelectric*

Pemanas modul *Thermoelectric* ini menggunakan plat aluminium atau bisa disebut juga *heatsink* dan arang sebagai sumber panas. *Heatsink* adalah sebuah logam yang terbuat dari bahan logam aluminium yang berfungsi untuk menghantarkan panas ke modul *thermoelectric*,



Gambar 2.12. Heatsink terbuat dari bahan aluminium.

2.12 DC Step Down Regulator

Untuk menghasilkan tegangan dan Arus DC yang tetap dan stabil. diperlukan bagian *voltage regulator* yang berfungsi untuk mengatur tegangan sehingga tegangan *output* tidak dipengaruhi oleh suhu, arus beban dan juga

tegangan input yang berasal *output* Filter. *Voltage Regulator* pada umumnya terdiri dari *Dioda Zener*, *Transistor* atau IC . Pada *DC power supply* yang canggih, biasanya *voltage regulator* juga dilengkapi dengan *short circuit protection* (perlindungan atas hubuing singkat) *current limiting* (pembatas arus) ataupun *over voltage protection* (perlindungan atas hubung kelebihan tegangan).



Gambar 2.13. DC Step down converter regulator

2.13 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya.

2.14 Fitting Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah tegangan atau arus listrik searah (DC) menjadi tegangan atau arus listrik bolak-balik (AC). Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR,

transistor, dan mosfet yang beroperasi sebagai saklar dan pengubah.[15] Sumber listrik DC tidak dapat langsung digunakan untuk menghidupkan beban AC seperti lampu. Maka diperlukan sistem elektronika yang dapat merubah tegangan DC menjadi tegangan AC yaitu inverter. Inverter adalah sistem elektronika yang dapat digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus, gelombang kotak dan gelombang sinus modifikasi.



Gambar 2.13 Fitting inverter 12V to 220V

BAB III

METEODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengukuran dan perhitungan tegangan, arus, suhu, daya dan nilai kalor bahan bakar arang pada *thermoelectric peltier* yang dirangkai secara seri dan parallel.

3.1 Tempat dan lokasi penelitian

Kegiatan penelitian ini bertempat di laboratorium kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No 3 Glugur Darat II medan. Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama kurang lebih 3 (tiga) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan alat, pengujian, dan pengambilan data pengujian

3.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan dalam penelitian ini dapat di uraikan sebagai berikut.

3.2.1 Peralatan Penelitian

Adapun alat-alat dari penelitian ini adalah :

1. Voltmeter

Voltmeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan suatu rangkaian atau terminal keluaran sebuah sistem. Dalam penggunaannya voltmeter terhubung paralel terhadap terminal atau rangkaian yang di ukur sehingga nilai resistansi sebuah volt meter menentukan kualitas

pembacaannya semakin besar nilai resistansi alat ukur voltmeter semakin baik pula pembacaannya pada suatu sumber tegangan.

2. Ammeter

Ammeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besar arus pada suatu rangkaian atau sistem. Dalam penggunaannya ammeter terhubung seri dengan beban yang diukur sehingga nilai resistansi alat ukur ammeter menentukan kualitas pembacaannya serta rugi-rugi tegangan yang terjadi. Semakin kecil nilai resistansinya semakin baik pula penggunaannya pada beban.

3. Wattmeter.

Wattmeter merupakan alat ukur kombinasi yang digunakan untuk mengukur daya listrik yang merupakan perkalian antara nilai tegangan dan arus yang terjadi pada suatu rangkaian tertutup atau memiliki beban.

4. Sensor suhu

Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya.

3.2.2 Bahan Penelitian

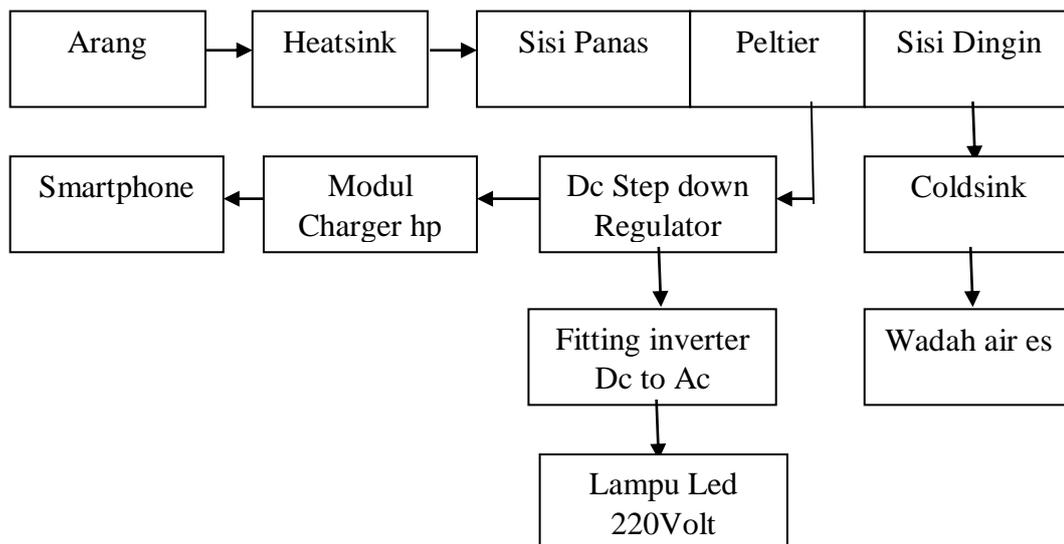
Adapun bahan penelitian yang digunakan adalah :

1. 35 Modul peltier yang dirangkai seri dan parallel sebagai modul *thermoelectric generator*.
2. Lem *silicon* sebagai perekat antara *peltier* dengan heatsink.
3. *Heatsink* sebagai penghantar panas salah satu sisi yang dipanaskan *peltier*.

4. Coldsink sebagai pendingin salah satu sisi yang didinginkan *peltier*.
5. Wadah air pendingin sebagai pendingin ekstra *coldsink*.
6. DC *step down regulator* sebagai penstabil tegangan.
7. Arang sebagai sumber panas.
8. Isolasi kabel bakar sebagai pengaman kabel agar tidak terbakar.
9. Fitting inverter 12 VDC to 220 VDC.
10. Lampu Led 220V
11. Stopwatch

3.3 Prosedur Penelitian

Setelah semua alat dan bahan diperlukan telah didapatkan, maka pengujian dilakukan dengan mengikuti alur yang telah direncanakan, alur pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan proses pengujian yang aman, serta mendapatkan hasil data pengujian yang valid. Adapun blog diagram yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blog Diagram

Saat arang telah dibakar maka akan menghasilkan energi panas kemudian panas tersebut disalurkan melalui heatsink secara konduksi yang akan membuat heatsink mengalami perubahan suhu/kenaikan suhu. Setelah heatsink menjadi panas, maka sisi peltier yang telah ditempelkan pada permukaan coldsink akan mengalami perubahan panas, setelah terjadi perubahan suhu pada kedua sisi peltier maka akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan peltier belum stabil maka digunakan dc step down regulator kemudian output yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk beban lampu led 220v, dan untuk mengcharger hp.

Beberapa hal yang harus diperhatikan saat akan melakukan proses pengujian alat pembangkit termoelektrik antara lain :

- Pemasangan peltier modul pada alat bantu uji sesuai dengan karakter tiap sisi modul, sisi panas bertemu dengan heatsink aluminium, serta sisi dingin bertemu dengan coldsink aluminium.
- Pada permukaan modul peltier harus dipastikan tidak ada celah dengan heatsink serta dengan coldsink, sehingga perpindahan kalor yang terjadi berlangsung secara efisien. Penggunaan *thermal paste* pada permukaan yang saling bersentuhan agar perpindahan kalor berlangsung lebih baik lagi.
- Kabel pada modul peltier dilapisi dengan isolasi termal agar radiasi panas ataupun konduksi yang terjadi tidak menghanguskan atau mempengaruhi kinerja dari kabel pada modul peltier yang digunakan.

- Pemasangan termokopel pada titik yang akan diukur dipastikan akurasi dengan mengambil titik kontak pertama pada termokopel dengan permukaan yang diukur temperaturnya, serta pengaturan pemasangan termokopel yang kurang baik pada modul akuisisi data sering kali menyebabkan terjadinya kesalahan pengambilan data.
- Bagian luar termokopel ada baiknya untuk diberi isolator termal agar tidak meleleh apabila tidak sengaja mengalami konduksi panas dari heatsink.

3.4 Jalannya Penelitian

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer.
2. Pengumpulan data diperoleh dengan pengukuran, perhitungan, observasi dan penelusuran data.
3. Merangkai 22 peltier secara seri, 13 peltier secara parallel, dan 35 peltier secara seri parallel.;
4. Pengukuran tegangan, arus, dan suhu pada rangkaian seri, parallel, seri parallel.
5. Penghitungan daya, nilai koefisien *seebeck*, dan nilai kalor bahan bakar arang.

Dari hasil data pengukuran yang dilakukan, didapatkan data berupa tabel yang disajikan dari jenis peltier yang dirangkai secara seri ,parallel dan seri parallel pada Tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada 22 peltier seri

Waktu (menit)	Sisa Arang (gr)	Thot (°C)	Tcold (°C)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	380	131	44	87	30.8	0.22
5	300	145	52	93	31.1	0.23
10	240	163	61	102	33.6	0.23
15	180	158	69	89	28.5	0.22
20	150	144	74	70	26.0	0.20

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada 13 peltier parallel

Waktu (menit)	Sisa Arang (gr)	Thot (°C)	Tcold (°C)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	380	123	43	80	0.87	1.25
5	300	130	45	85	0.99	1.27
10	240	158	56	102	1.11	1.28
15	180	146	67	79	0.78	1.27
20	150	135	70	65	0.65	1.24

Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada 35 peltier seri parallel

Waktu (menit)	Sisa Arang (gr)	Thot (°C)	Tcold (°C)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	790	142	40	102	6.40	1.33
5	670	154	48	106	7.10	1.35
10	590	169	59	110	7.90	1.35
15	500	150	68	82	6.10	1.33
20	420	141	76	65	5.80	1.31

Dari tabel 3.1, 3.2 dan 3.3 dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric* rangkaian seri dan parallel akan digunakan rumus dari perhitungan daya listrik yang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

- P : Daya (Watt)
 V : Tegangan (Volt)
 I ; Arus (Ampere)

Dari tabel 3.1, 3.2, dan 3.3 maka dapat dihitung nilai koefisien *seebeck* oleh modul *thermoelectric* rangkaian seri dan parallel akan digunakan rumus dari perhitungan koefisien *seebeck* yang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{V}{\Delta T} \quad (3.2)$$

Dimana :

- S : Koefisien Sebeck (V/°C)
 V : Tegangan (Volt)
 ΔT : Perbedaan temperature antara dua sambungan (°C)

Dari tabel 3.1, 3.2, dan 3.3 dapat dihitung nilai kalor bahan bakar arang dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

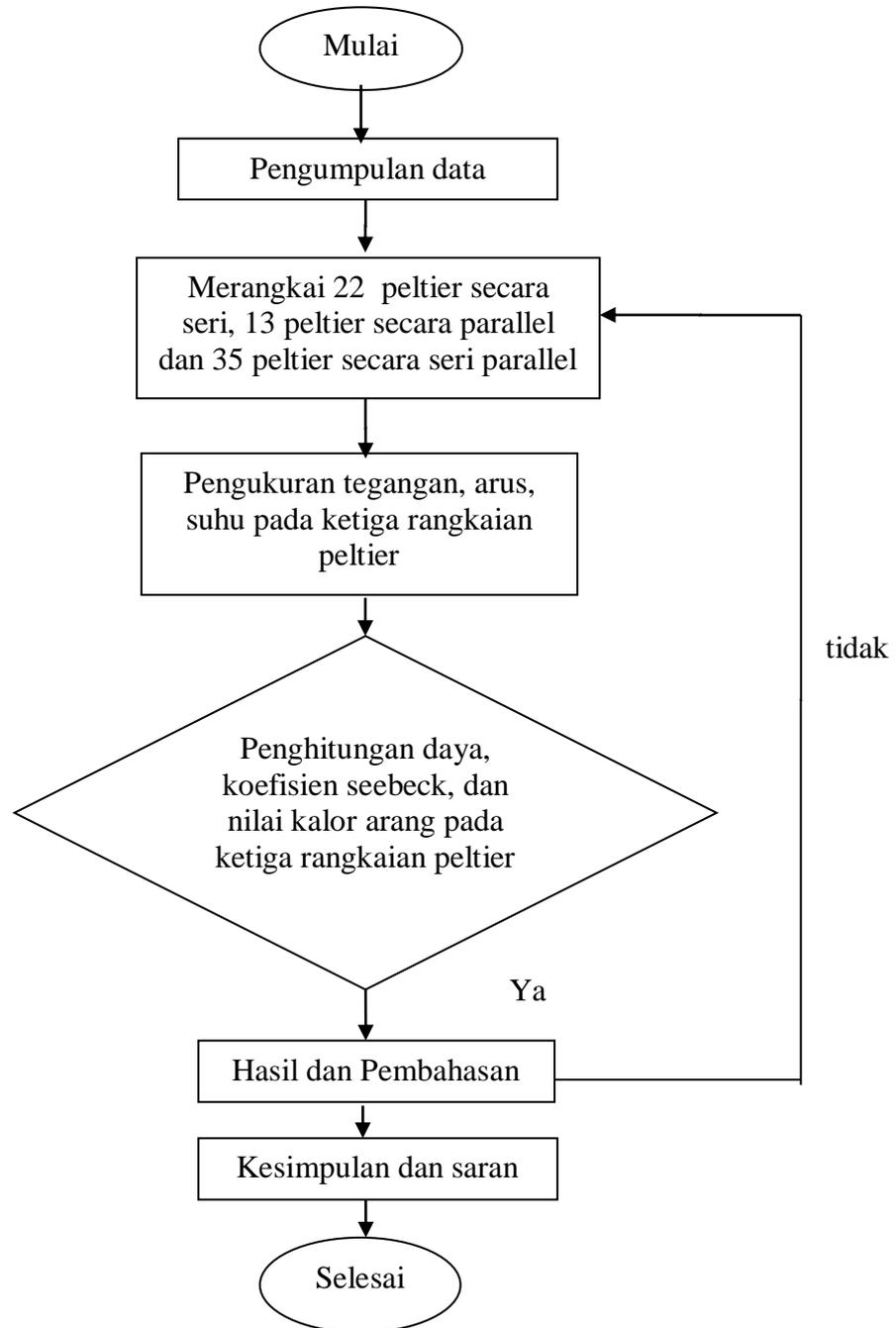
$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot c}{m} \quad (2.9)$$

Dimana :

- Q = Nilai kalor (Cal/gr)
 T1 = Suhu awal selama pengujian (°C)
 T2 = Suhu akhir selama pengujian (°C)
 c = 2575,6 (Cal/°C) ketetapan setiap bahan yang dibakar untuk menaikkan 1°C temperatur air dan perangkat kalori meter
 m = Jumlah arang (gr)

3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir untuk mempermudah memahami penelitian alat ini adalah sebagai berikut :



3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dibahas tentang penelitian berdasarkan perencanaan dari yang telah dibuat. Penelitian disimulasikan disuatu sistem yang sesuai. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari alat yang di buat. Penelitian pertama tama dilakukan secara terpisah, dan kemudian dilakukan kedalam sistem yang telah terintegrasi

4.2 Analisa Penelitian

Analisa yang dilakukan di bab ini yaitu antara lain :

1. Analisa energi listrik yang dihasilkan dari 22 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai secara seri.
2. Analisa energi listrik yang dihasilkan dari 13 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai parallel.
3. Analisa energi listrik yang dihasilkan dari 35 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai seri-parallel.
4. Analisa nilai koefisien seebeck pada 22 modul *thermoelectric Generator* yang dirangkai secara seri.
5. Analisa nilai koefisien seebeck pada 13 modul *thermoelectric Generator* yang dirangkai secara parallel.
6. Analisa nilai koefisien seebeck pada 35 modul *thermoelectric Generator* yang dirangkai secara seri-paralel.
7. Analisa perhitungan bahan bakar arang.

4.2.1 Analisa 22 peltier secara seri

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh tegangan dan daya yang dituangkan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.1 Daya listrik yang dihasilkan oleh thermoelectric generator 22 seri

Waktu (menit)	Sisa Arang (gr)	Thot (°C)	Tcold (°C)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	380	131	44	87	30.8	0.22
5	300	145	52	93	31.1	0.23
10	240	163	61	102	33.6	0.23
15	180	158	69	89	28.5	0.22
20	150	144	74	70	26.0	0.20

Dari data diatas maka daya yang dihasilkan oleh thermoelectric peltier dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Percobaan 1

$$P = V \cdot I$$

$$P = 30.8 \cdot 0.22$$

$$P = 6.776 \text{ Watt}$$

Percobaan 2

$$P = V \cdot I$$

$$P = 31.1 \cdot 0.23$$

$$P = 7.153 \text{ Watt}$$

Percobaan 3

$$P = V \cdot I$$

$$P = 33.6 \cdot 0.23$$

$$P = 7.728 \text{ Watt}$$

Percobaan 4

$$P = V \cdot I$$

$$P = 28.5 \cdot 0.22$$

$$P = 6.27 \text{ Watt}$$

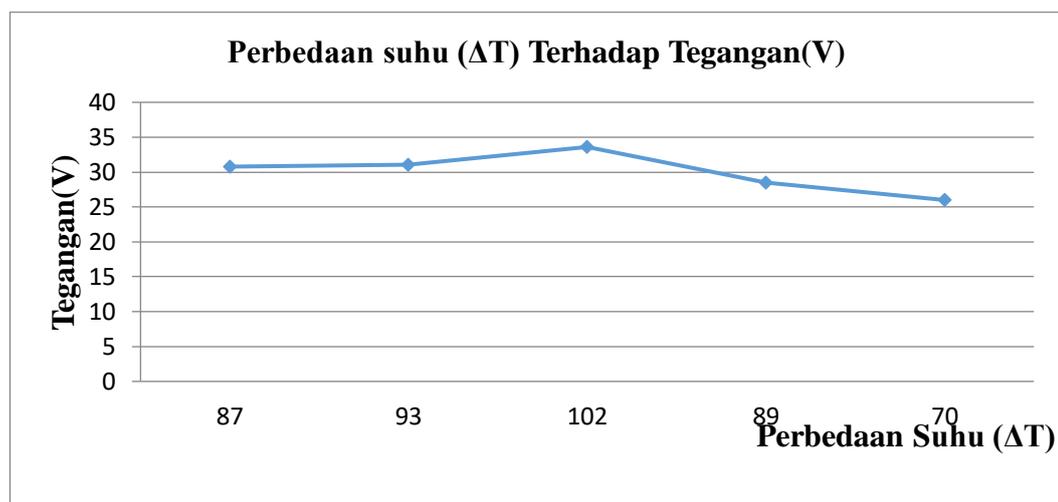
Percobaan 5

$$P = V \cdot I$$

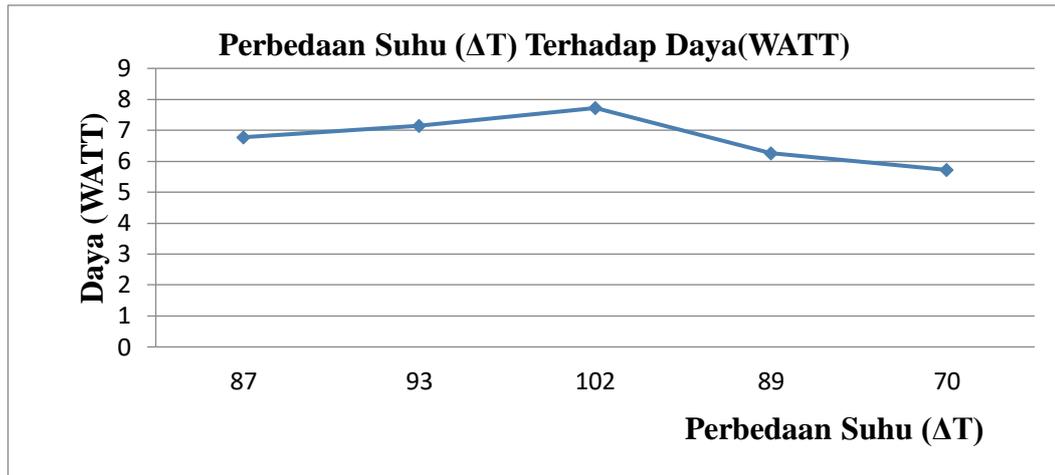
$$P = 26.0 \cdot 0.20$$

$$P = 5.72 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat digambarkan hubungan antara perbedaan suhu terhadap besar tegangan dan daya yang dihasilkan pada 22 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai secara seri, berikut grafik di bawah ini:



Gambar 4.1. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap tegangan(V) 22 modul *thermoelectric generator peltier* seri.



Gambar 4.2. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap daya (WATT) 22 modul *thermoelectric generator peltier* seri.

Dari gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa tegangan dan daya yang dihasilkan oleh peltier berpengaruh terhadap Perbedaan suhu pada sisi dingin dan suhu sisi dingin (ΔT), semakin besar perbedaan suhu maka tegangan dan daya yang dihasilkan oleh peltier akan besar pula.

4.2.2 Analisa 13 peltier secara parallel

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh tegangan dan daya yang dituangkan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.2 Daya listrik yang dihasilkan oleh *thermoelectric generator* 22 parallel

Waktu (menit)	Sisa Arang (gr)	Thot ($^{\circ}\text{C}$)	Tcold ($^{\circ}\text{C}$)	Perbedaan suhu(ΔT)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	380	123	43	80	0.87	1.25
5	300	130	45	85	0.99	1.27
10	240	158	56	102	1.11	1.28
15	180	146	67	79	0.78	1.27
20	150	135	70	65	0.65	1.24

Dari data diatas maka daya yang dihasilkan oleh thermoelectric peltier dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Percobaan 1

$$P = V \cdot I$$

$$P = 0.87 \cdot 1.25$$

$$P = 1.087 \text{ Watt}$$

Percobaan 2

$$P = V \cdot I$$

$$P = 0.99 \cdot 1.27$$

$$P = 1.257 \text{ Watt}$$

Percobaan 3

$$P = V \cdot I$$

$$P = 1.11 \cdot 1.28$$

$$P = 1.420 \text{ Watt}$$

Percobaan 4

$$P = V \cdot I$$

$$P = 0.78 \cdot 1.27$$

$$P = 0.990 \text{ Watt}$$

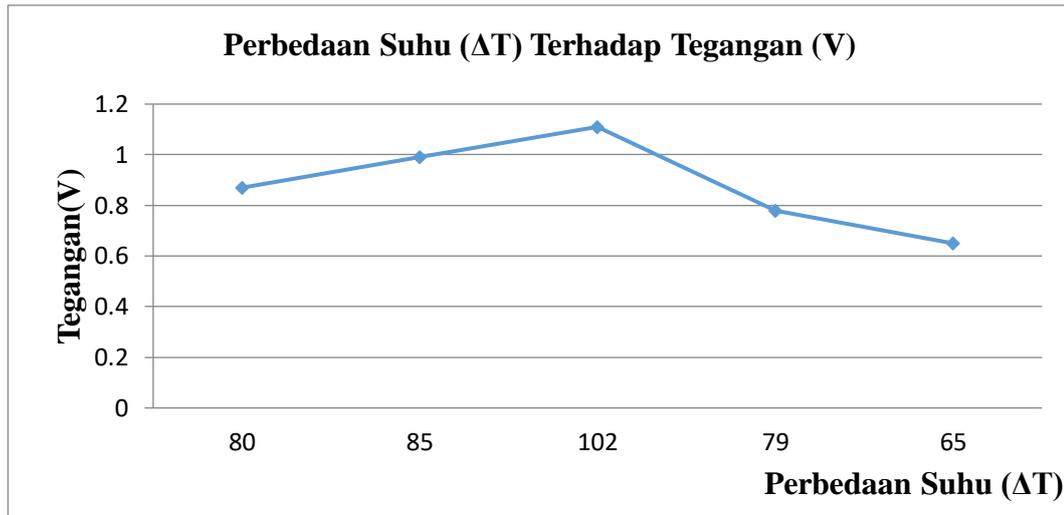
Percobaan 5

$$P = V \cdot I$$

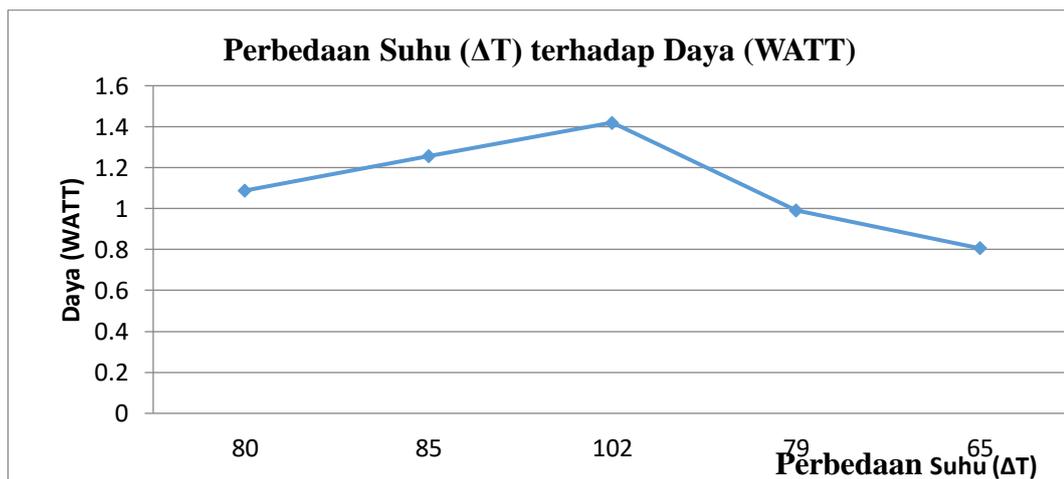
$$P = 0.65 \cdot 1.24$$

$$P = 0.806 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat digambarkan hubungan antara perbedaan suhu terhadap besar tegangan dan daya yang dihasilkan pada 13 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai secara parallel, berikut grafik di bawah ini:



Gambar 4.3. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap tegangan (V) 13 modul *thermoelectric generator peltier* parallel.



Gambar 4.4. Grafik perbedaan suhu (ΔT) terhadap daya (WATT) 13 modul *thermoelectric generator peltier* parallel.

Dari gambar 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa tegangan dan daya peltier yang dihasilkan berpengaruh terhadap Perbedaan suhu (ΔT), semakin besar perbedaan suhu maka tegangan daya yang dihasilkan oleh peltier akan besar pula.

4.2.3 Analisa 35 peltier secara seri parallel

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh tegangan dan daya yang dituangkan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.3 Daya listrik yang dihasilkan oleh *thermoelectric generator* 35 seri-parallel

Waktu (menit)	Sisa Arang dari 1000 (gr)	T _{hot} (°C)	T _{cold} (°C)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	790	142	40	102	6.40	1.33
5	670	154	48	106	7.10	1.35
10	590	169	59	110	7.90	1.35
15	500	150	68	82	6.10	1.33
20	420	141	76	65	5.80	1.31

Dari data diatas maka daya yang dihasilkan oleh thermoelectric peltier dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Percobaan 1

$$P = V \cdot I$$

$$P = 6.40 \cdot 1.33$$

$$P = 8.512 \text{ Watt}$$

Percobaan 2

$$P = V \cdot I$$

$$P = 7.10 \cdot 1.35$$

$$P = 9.585 \text{ Watt}$$

Percobaan 3

$$P = V \cdot I$$

$$P = 7.90 \cdot 1.35$$

$$P = 10.665 \text{ Watt}$$

Percobaan 4

$$P = V \cdot I$$

$$P = 6.10 \cdot 1.33$$

$$P = 8.113 \text{ Watt}$$

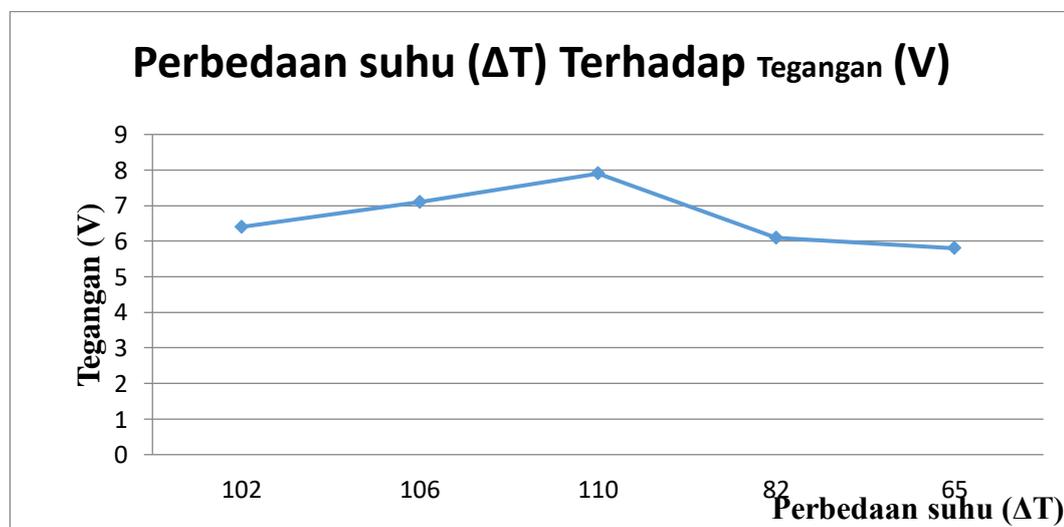
Percobaan 5

$$P = V \cdot I$$

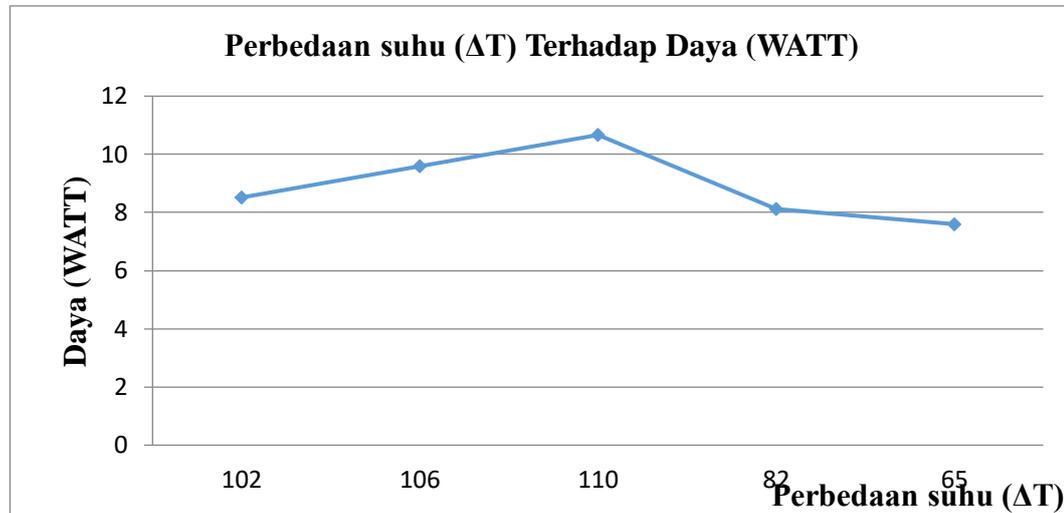
$$P = 5.80 \cdot 1.31$$

$$P = 7.59 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat digambarkan hubungan antara perbedaan suhu terhadap besar tegangan dan daya yang dihasilkan pada 35 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai secara seri-parallel, berikut grafik di bawah ini :



Gambar4.5 Grafik Perbedaan suhu (ΔT) terhadap Tegangan (V) 35 modul *thermoelectric generator peltier seri parallel*.



Gambar4.6 Grafik Perbedaan suhu (ΔT) terhadap daya (WATT) 35 modul *thermoelectric generator peltier seri parallel*.

Dari gambar 4.5 dan 4.6 dapat dilihat bahwa tegangan dan daya peltier yang dihasilkan berpengaruh terhadap Perbedaan suhu (ΔT), semakin besar perbedaan suhu maka tegangan daya yang dihasilkan oleh peltier akan besar pula.

4.2.4 Analisa nilai koefisien seebeck 22 peltier secara seri.

Tabel 4.4 Data hasil pengukuran suhu dan tegangan pada 22 peltier seri

Percobaan	Waktu (menit)	Thot ($^{\circ}\text{C}$)	Tcold ($^{\circ}\text{C}$)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)
1	0	131	44	87	30.8
2	5	145	52	93	31.1
3	10	163	61	102	33.6

Dengan menggunakan data diatas, yaitu perbedaan suhu sisi panas dan sisi dingin dan besarnya tegangan yang didapat, maka dapat dihitung menggunakan rumus koefisien seebeck sebagai berikut:

Percobaan 1

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{30.8}{87} = 0.354 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

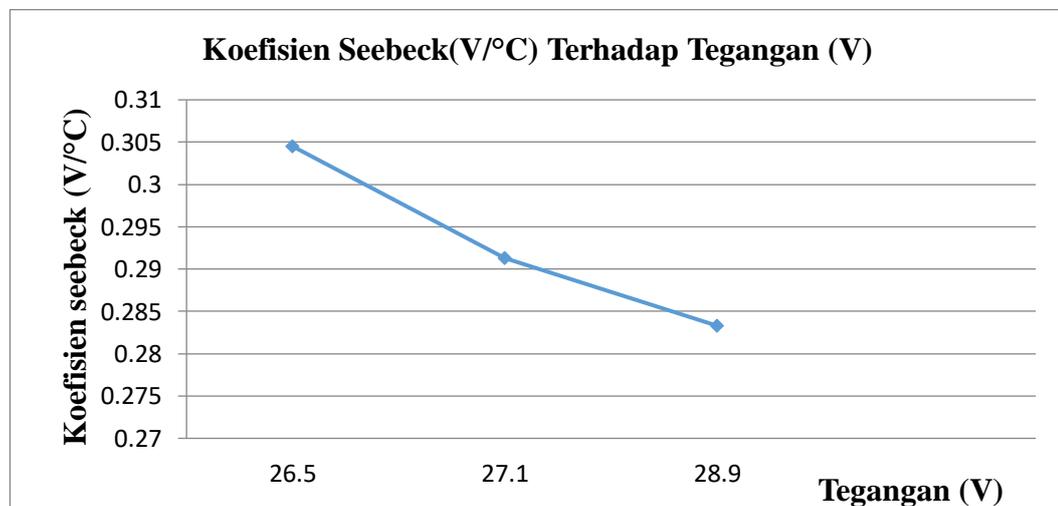
Percobaan 2

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{31.1}{93} = 0.334 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

Percobaan 3

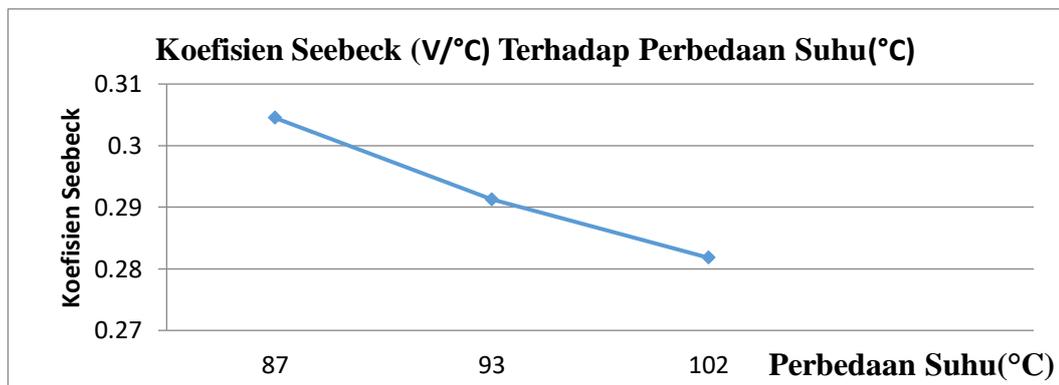
$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{33.6}{102} = 0.329 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

Dari persamaan diatas dapat kita lihat bahwa koefisien seebeck berbanding terbalik dengan tegangan dan perbedaan temperature pada sisi dingin dan panas, semakin besar perbedaan temperature dan tegangan, maka koefisien seebeck maka semakin kecil, dan juga sebaliknya semakin kecil tegangan dan perbedaan temperature maka koefisien seebeck akan semakin besar pula. Maka kita bisa melihatnya pada grafik 4.7 dan 4.8 dibawah ini :



Gambar 4.7 Grafik koefisien seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap tegangan (V) 22 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai seri.

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa besar koefisien pada percobaan 1,2 dan 3 bergantung pada tegangan yang dihasilkan pada *thermoelectric generator peltier*, semakin besar tegangan yang dihasilkan maka koefisien seebeck nya akan semakin kecil.



Gambar 4.8 Grafik koefisien seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap Perbedaan suhu ($^{\circ}C$) 22 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai seri.

Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa besar koefisien pada percobaan 1,2 dan 3 bergantung pada Perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin pada *peltier*, semakin besar perbedaan suhu maka koefisien seebeck nya akan semakin kecil.

4.2.5 Analisa nilai koefisien seebeck 13 peltier secara parallel

Tabel 4.5 Data hasil pengukuran suhu dan tegangan pada 13 peltier parallel

Percobaan	Waktu (menit)	T_{hot} ($^{\circ}C$)	T_{cold} ($^{\circ}C$)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)
1	0	123	43	80	0.87
2	5	130	45	85	0.99
3	15	158	56	102	1.11

Dengan menggunakan data diatas, yaitu perbedaan suhu sisi panas dan sisi dingin dan besarnya tegangan yang didapat, maka dapat dihitung koefisien seebeck sebagai berikut :

Percobaan 1

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{0.87}{80} = 0.0108 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

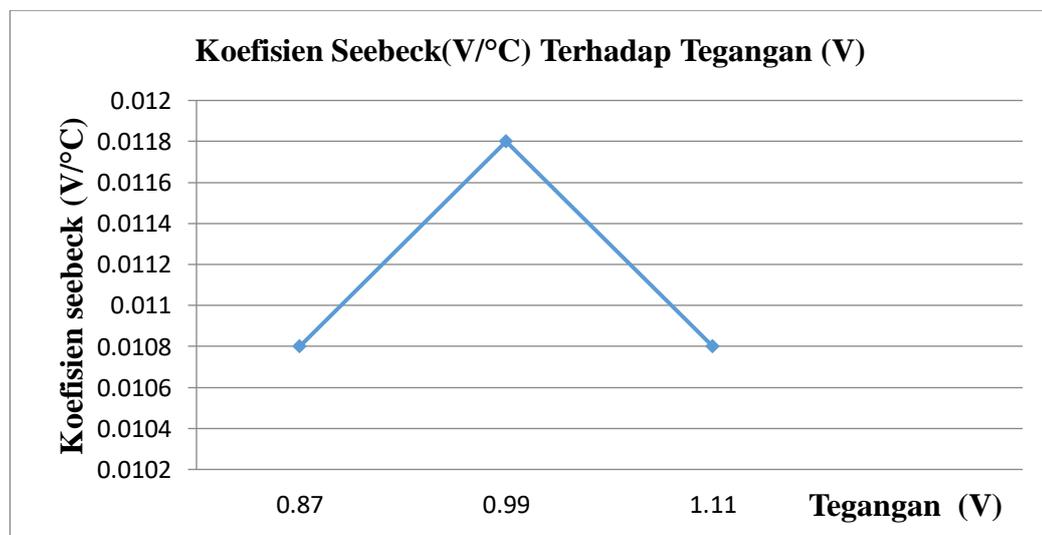
Percobaan 2

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{0.99}{85} = 0.0118 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

Percobaan 3

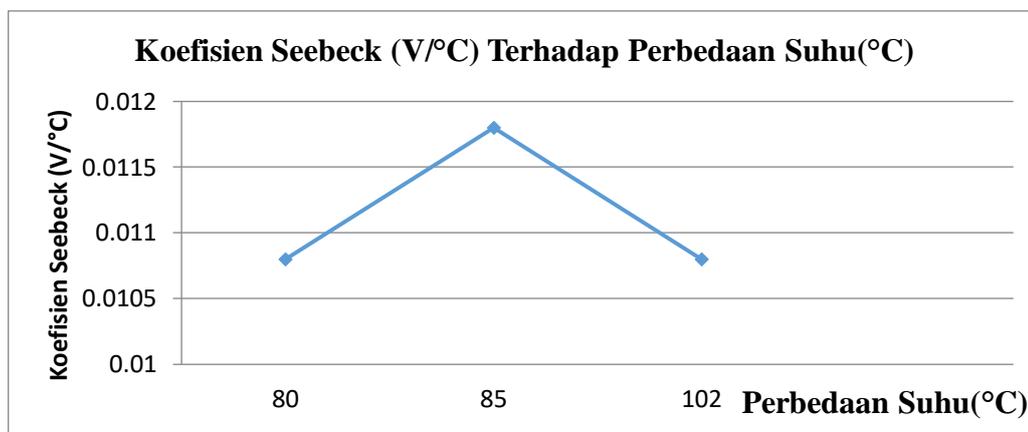
$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{1.11}{102} = 0.0108 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

Dari persamaan diatas dapat kita lihat bahwa koefisien seebeck pada rangkaian paralel berbanding lurus dengan tegangan dan perbedaan temperature pada sisi dingin dan panas, semakin besar perbedaan temperature dan tegangan, maka koefisien seebeck maka semakin besar. Maka kita bisa melihatnya pada grafik 4.9 dan 4.10 dibawah ini :



Gambar 4.9 Grafik koefisien seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap tegangan (V) 13 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai parallel.

Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa besar koefisien pada percobaan 1,2 dan 3 bergantung pada tegangan yang dihasilkan pada *thermoelectric generator* peltier, semakin besar tegangan yang dihasilkan maka koefisien seebeck nya akan semakin besar.



Gambar 4.10 Grafik koefisien seebeck ($V/^{\circ}C$) terhadap Perbedaan suhu ($^{\circ}C$) 13 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai parallel.

Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa besar koefisien pada percobaan 1,2 dan 3 bergantung lurus pada Perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin pada peltier, semakin besar perbedaan suhu maka koefisien seebeck nya akan semakin besar.

4.2.6 Analisa nilai koefisien seebeck 35 peltier secara seri parallel

Tabel 4.6 Data hasil pengukuran suhu dan tegangan pada 35 peltier seri parallel

Percobaan	Waktu (menit)	T_{hot} ($^{\circ}C$)	T_{cold} ($^{\circ}C$)	Perbedaan suhu (ΔT)	Tegangan (V)
1	0	142	40	102	6.40
2	5	154	48	106	7.10
3	15	169	59	110	7.90

Dengan menggunakan data diatas, yaitu perbedaan suhu sisi panas dan sisi dingin dan besarnya tegangan yang didapat, maka dapat dihitung koefisien seebeck sebagai berikut :

Percobaan 1

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{6.40}{102} = 0.0627 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$$

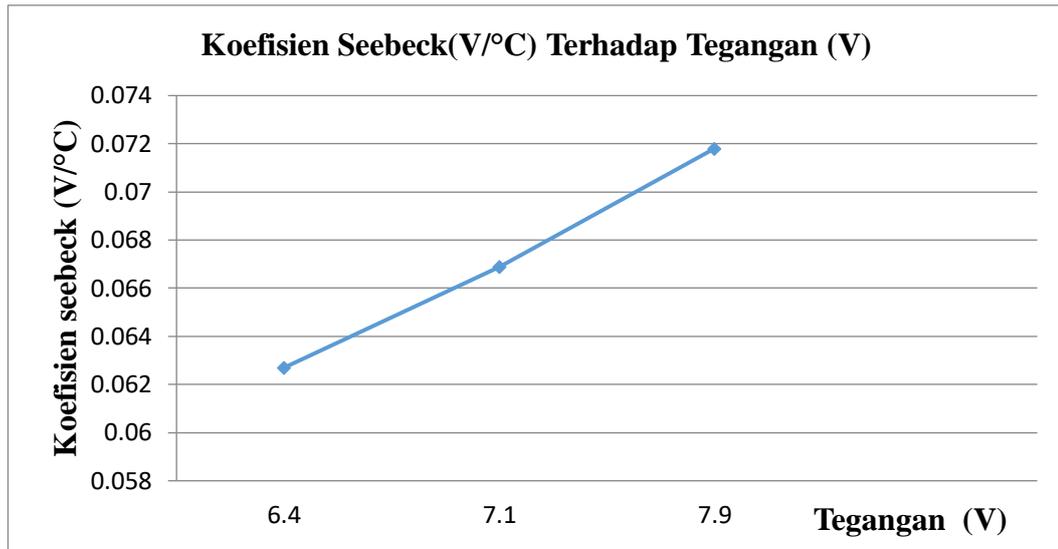
Percobaan 2

$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{7.10}{106} = 0.0669 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$$

Percobaan 3

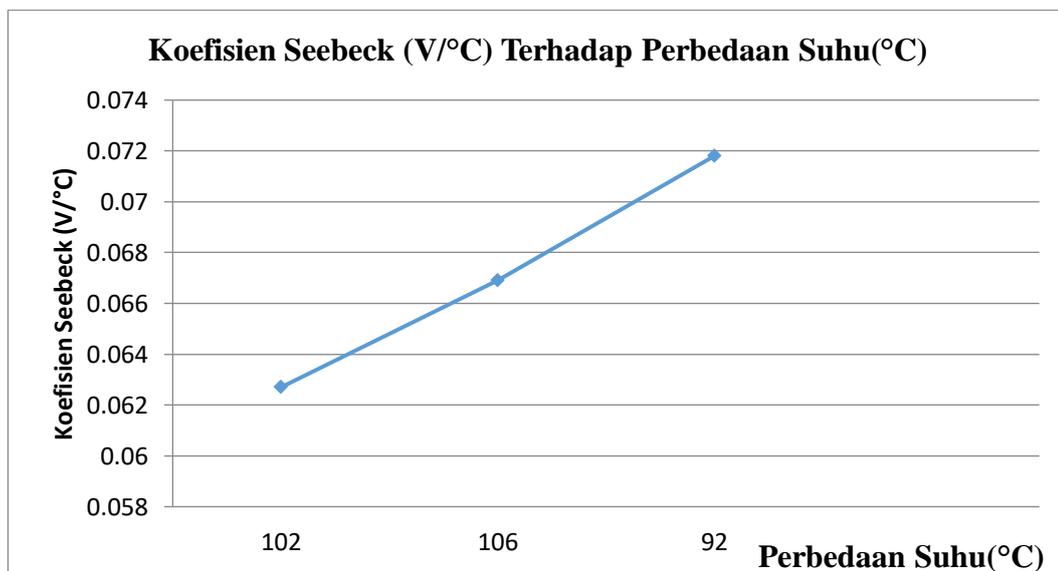
$$S = \frac{V}{\Delta T} = \frac{7.90}{110} = 0.0718 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$$

Dari persamaan diatas dapat kita lihat bahwa koefisien seebeck pada rangkaian seri-paralel berbanding lurus dengan tegangan dan perbedaan temperature pada sisi dingin dan panas, semakin besar perbedaan temperature dan tegangan, maka koefisien seebeck maka semakin besar. Maka kita bisa melihatnya pada grafik 4.11 dan 4.12 dibawah ini :



Gambar 4.11 Grafik koefisien seebeck ($V/^\circ C$) terhadap tegangan (V) 35 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai seri-parallel.

Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa besar koefisien pada percobaan 1,2 dan 3 bergantung pada tegangan yang dihasilkan pada *thermoelectric generator peltier*, semakin besar tegangan yang dihasilkan maka koefisien seebeck nya akan semakin besar.



Gambar 4.12 Grafik koefisien seebeck ($V/^\circ C$) terhadap Perbedaan suhu ($^\circ C$) 35 modul *thermoelectric generator peltier* yang dirangkai seri-parallel.

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa besar koefisien pada percobaan 1,2 dan 3 bergantung lurus pada Perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin pada peltier, semakin besar perbedaan suhu maka koefisien seebeck nya akan semakin besar.

4.2.7 Perhitungan nilai kalor arang pada peltier secara seri

Percobaan 1

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(131^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 674,8 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 2

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(145^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 746,9 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 3

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(163^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 839,6 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 4

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(158^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 813,8 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 5

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(144^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 741,7 \text{ Cal/gr}$$

Dari hasil persamaan diatas maka dapat dilihat bahwa nilai kalor untuk membakar 500 gr arang pada *thermoelectric generator* seri, pada percobaan 1 nilai kalornya ialah sebesar 674.8 Cal/gr, pada percobaan 2 nilai kalor sebesar 746.9 Cal/gr, pada percobaan 3 nilai kalor sebesar 798 Cal/gr, pada percobaan 4 nilai kalor sebesar 813.8 Cal/gr, dan pada percobaan 5 nilai kalor sebesar 741.7 Cal/gr.

4.2.8 Perhitungan nilai kalor arang pada peltier secara parallel

Percobaan 1

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(123^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 633.5 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 2

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(130^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 669.6 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 3

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(158^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 813.88 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 4

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(146^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 752.07 \text{ Cal/gr}$$

Percobaan 5

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \cdot C}{m} = \frac{(135^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot 2575,6 \text{ Cal/gr}}{500 \text{ gr}}$$

$$= 695,412 \text{ Cal/gr}$$

Dari hasil persamaan diatas maka dapat dilihat bahwa nilai kalor untuk membakar 500 gr arang pada *thermoelectric generator* parallel, pada percobaan 1 nilai kalor

nya ialah sebesar 633.5 Cal/gr, pada percobaan 2 nilai kalor sebesar 669.6 Cal/gr, dan percobaan 3 nilai kalor sebesar 762.3 Cal/gr, pada percobaan 4 nilai kalor sebesar 752.07 Cal/gr, dan pada percobaan 5 nilai kalor sebesar 695,412 Cal/gr.

Tabel 4.7 Data hasil pengukuran dan perhitungan nilai kalor bahan bakar arang dari peltier rangkaian seri dan peltier rangkaian parallel

Waktu (menit)	Sisa Arang dari 500 (gr)	Thermoelectric Generator Seri			Thermoelectric Generator Parallel		
		Nilai Kalor (Cal/gr)	Thot	Tcold	Nilai Kalor (Cal/gr)	Thot	Tcold
0	380	674.8	131	44	633.5	123	43
5	300	746.9	145	52	669.6	130	45
10	240	839,6	163	61	813.88	158	56
15	180	813.8	158	69	752.07	146	67
20	150	741.7	144	74	695,41	135	70

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. *Thermoelectric generator* merupakan suatu peralatan *solid-state* atau semikonduktor yang mampu mengubah suatu energi panas menjadi energi listrik dengan menerapkan kinerja dari efek seebeck.
2. Susunan *thermoelectric* mempunyai peran untuk menghasilkan tegangan atau kuat arus tertentu. Untuk menghasilkan tegangan yang tinggi *peltier* harus disusun secara seri, sedangkan untuk mendapatkan kuat arus yang tinggi *peltier* harus disusun secara parallel. Selain susunan *thermoelectric*, perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin juga sangat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, perbedaan suhu yang baik terletak pada perbedaan suhu antara 70-102°C karena pada perbedaan suhu tersebut tegangan yang dihasilkan sebesar 26-33.6°V, jadi kita harus memperhatikan jumlah arang yang dibakar dengan menambah jumlah arang, agar panas yang didapatkan lebih maksimal, dan juga kita harus memperhatikan suhu pada air, jika suhu air menjadi panas sebaiknya kita mengganti air yang baru atau menambahkan es agar tetap menjaga suhu dingin pada sisi *peltier* yang didinginkan.
3. Daya yang dihasilkan oleh *thermoelectric generator* bergantung pada jumlah *peltier*, susunan *peltier* dan perbedaan antara sisi suhu panas dan sisi suhu dingin. berikut hasil penelitian yang saya lakukan :

- Hasil penelitian dari 22 modul *thermoelectric generator* yang dirangkai secara seri menghasilkan keluaran daya sekitar 7.728 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 102°C.
- Hasil penelitian dari 13 modul *thermoelectric generator* yang dirangkai secara parallel menghasilkan keluaran daya sekitar 1.420 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) 98°C.
- Hasil penelitian dari 35 modul *thermoelectric generator* yang dirangkai secara seri-parallel menghasilkan keluaran daya sekitar 10.665 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) 110°C.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap :

1. Menggunakan alternatif lain untuk mendiginkan sisi dingin dari *thermoelectric*, seperti misalnya penggunaan water block ataupun alat penukar kalor lainnya agar lebih efektif untuk mendapatkan perbedaan suhu (ΔT) yang maksimal.
2. Menggunakan *thermoelectric* yang memiliki performa ketahanan panas yang lebih tinggi dari yang peneliti gunakan untuk mendapatkan *range* temperature yang lebih tinggi lagi agar daya yang didapat lebih besar lagi.
3. Menggunakan *thermoelectric charge controller* yang digunakan untuk pengontrolan daya yang dihasilkan dari *thermoelectric* ini untuk disimpan kedalam baterai/aki.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R., S. Anwar, and S. P. Sari, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin," *J, Rekayasa Elektr.*, vol 10, no.4, pp.180-185, 2014.
- [2] Aimable Ngendahayo, "FOR WASTE HEAT RECOVERY IN LOCAL PROCESS INDUSTRY.," *PP*, 8-9, 2017.
- [3] M. Ilham, S. Eka, M. Putra, and P.S. Fisika, "Termoelektrik," no 1, pp 1-5, 2013
- [4] M. M. T. Tec- and W. Selviana, "Analisa Kinerja Kotak Pendingin Dan Penghangat Menggunakan Modul Termoelektrik TEC-12706," *Vol 12706*, 2017.
- [5] P. Effects, "Seebeck and Peltier Effects Introduction," *Seebeck Peltier Eff.Introd.*, pp 1-8, 2003.
- [6] C. Satya Ningtyas, "INDUCTIVE WIRELESS CHARGER UNTUK TELEPON SELULAR," *PP*, 4-16, 2014
- [7] S. Pengajar et al., "Konversi Energi panas penggerak utama kapal berbasis thermoelectric," *vol.13*, pp.1-12, 2015.
- [8] M. Margareth, "Pengukuran dan Analisis Karakteristik Thermoelectric Generator," pp.6-29, 2014.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : OKY ALWINSYAH
NPM : 1407220131
Judul Tugas Akhir : ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI
SUMBER ENERGI PANAS MENJADI PEMBANGKIT
ENERGI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN
MODUL THERMOELECTRIC GENERATOR PELTIER

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	3/5 ²⁰¹⁸	Diskusi tentang termoelektrik generator	[Signature]
2.	8/5 ²⁰¹⁸	Diskusikan Bab I & II / Perbaiki BAB I & BAB II	[Signature]
3.	20/5 ²⁰¹⁸	Gunakan Program Mandellegg. Lanjut BAB III.	[Signature]
4.	10/6 ²⁰¹⁸	Perbaiki BAB III Tambahkan flowchart Pendition	[Signature]
5.	15/6 ²⁰¹⁸	lanjut BAB IV.	[Signature]
6.	26/6 ²⁰¹⁸	Perbaiki Grafik, lanjut BAB V	[Signature]
7.	5/7 ²⁰¹⁸	Perbaiki kesimpulan & saran	[Signature]
8.	20/7 ²⁰¹⁸	BUAT ABSTRAK	[Signature]
9.	15/8 ²⁰¹⁸	KCC untuk diseminarkan!	[Signature]

Pembimbing II

[Signature]
Ir. EDY WARMAN, M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : OKY ALWINSYAH
NPM : 1407220131
Judul Tugas Akhir : ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI
SUMBER ENERGI PANAS MENJADI PEMBANGKIT
ENERGI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN
MODUL THERMOELECTRIC GENERATOR PELTIER

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	2/5/18	Pembahasan judul yang akan di ajukan.	
2	8/5/18	Acc BAB I dan lampir ke BAB II	
3	28/5/18	Acc BAB I dan II lanjut ke BAB III dan pembuatan man delay seperti ini yg telah di jelaskan	
4	16/6/18	perbaikan gambar grafik dan penjelasan gambar	
5	24/6/18	perbaikan pembuatan chart pendekatan dan gsr-fluorert.	
6	8/7/18	Buat analisa bahan bakar yang digunakan	
7	18/8/18	Acc BAB I s/d BAB IV buat ke lmpir ke lce.	
8	31/8/18	Acc untuk dapat digunakan seminar	

Pembimbing II

ZUFIKAR, S.T, M.T

**ANALISA PEMANFAATAN ARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI PANAS
MENJADI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN
MODUL THERMOELCTRIC GENERATOR PELTIER**

Okky Alwinsyah¹⁾, Eddy Warwan²⁾, Zulfikar³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

Dari latar belakang penelitian ini bahwa kebutuhan energi listrik semakin lama semakin meningkat. Maka peneliti ingin membuat pembangkit alternatif energi listrik yaitu berbasis thermoelectric. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan modul thermoelectric yaitu peltier, dan menggunakan arang sebagai pemanas pada sisi peltier, dimana 22 peltier dirangkai secara seri, 13 peltier dirangkai secara parallel, kemudian 35 peltier di rangkai seri parallel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar daya output yang dihasilkan oleh peltier sebagai pembangkit energi listrik dengan menggunakan arang sebagai pemanas pada sisi peltier. Dari hasil pengukuran dan pengujian yang di lakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu : Pada 22 peltier yang dirangkai seri daya yang dapat dihasilkannya sebesar 7.728 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 102°C, sedangkan 13 peltier yang dirangkai parallel menghasilkan daya sebesar 1.420 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 98°C, dan 35 peltier yang dirangkai seri parallel daya yang dihasilkan sebesar 10.665 Watt. dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 110°C. Hal ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh thermoelectric generator yang dirangkai secara seri-parallel menghasilkan daya yang paling besar. .

Kata Kunci : *Thermoelectric, peltier, daya, suhu.*

Latar Belakang

Kebutuhan akan konsumsi energi sekarang ini dari masa ke masa dirasa semakin menjadi urusan yang sangat penting, terutama kebutuhan energi listrik yang sudah umum bagi siapa saja dalam menjalankan aktifitas sehari-hari, selain karena energi listrik tersebut yang memang menjadi sumber tenaga bagi alat-alat yang dipakai disekitar, juga karena memang energi listrik merupakan salah satu energi yang ramah lingkungan, tentunya dengan prosedur penggunaan yang sesuai dengan SOP (*standard operating procedure*). Kemajuan teknologi serta penemuan-penemuan para ahli di bidang teknologi pun menunjang dalam pemanfaatan komponen-komponen semikonduktor yang tentunya dapat dimodifikasi atau direkayasa dengan kombinasi dari ilmu pengetahuan yang telah ada untuk bisa menghasilkan energi

terbarukan yaitu energi listrik yang telah menjadi energi utama masyarakat.

Thermoelectric

Thermoelectric adalah suatu teknologi yang bekerja dengan mengkonversikan energy panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik) atau sebaliknya dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik).

Sejarah Termoelektrik

Termoelektrik pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821. Dalam penelitiannya, seebeck melakukan percobaan dengan menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian, dimana salah satu sisi logam tersebut dipanaskan dan sisi yang lain didinginkan. Percobaan tersebut menghasilkan perbedaan suhu dan menyebabkan adanya aliran listrik. Fenomena ini dikenal dengan

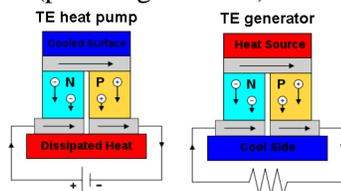
nama Efek seebeck, yang kemudian digunakan sebagai prinsip suhu dengan termokopel.

Prinsip Kerja Termoelektrik

Prinsip dasar dari termoelektrik dapat ditentukan oleh beberapa efek seperti yang telah dibahas sedikit pada sejarah termoelektrik, antara lain yaitu efek Seebeck dan efek Peltier.

Efek Seebeck

Efek *seebeck* merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan ini, maka akan terjadi arus listrik. Prinsip inilah yang digunakan *thermoelectric* sebagai generator (pembangkit listrik).



Gambar Proses konversi efek seebeck

Efek Peltier

Efek peltier merupakan thermoelektrik yang prinsip kerjanya merupakan kebalikan dari efek seebeck. Efek peltier, di temukan oleh Jean Peltier pada tahun 1834, adalah fenomena dimana energi panas dapat diserap pada salah satu sambungan konduktor dan dilepaskan pada sambungan konduktor lainnya ketika arus listrik dialirkan pada suatu rangkaian tertutup. Atau dengan kata lain efek peltier mengkonversikan energi listrik menjadi perubahan suhu

Efisiensi dari Bahan *Thermoelectric*

Bahan *thermoelectric* yang baik seharusnya mempunyai karakteristik :

- a. Konduktivitas listrik yang tinggi untuk meminimalkan Joule heating (kenaikan temperatur dari hambatan ke arus listrik yang mengalir melaluinya).

b. Koefisien *Seebeck* yang besar untuk perubahan maksimal dari panas ke daya listrik atau daya listrik ke kinerja pendinginan.

c. Konduktivitas panas yang rendah untuk mencegah konduksi panas melalui bahan.

Thermoelectric Generator (TEG).

Thermoelectric generator

didasarkan pada efek *Seebeck*. Jika panas diterapkan pada rangkaian di persambungan dari dua konduktor yang berbeda, arus listrik akan dihasilkan.

Perpindahan Panas

Perpindahan kalor (heat transfer) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material.

Arang

Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan

komponen voltail dari hewan atau tumbuhan

Prosedur Penelitian

Setelah semua alat dan bahan diperlukan untuk pengujian telah didapatkan, maka pengujian dilakukan dengan mengikuti alur yang telah direncanakan, alur pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan proses pengujian yang aman.

Saat arang telah dibakar maka akan menghasilkan energi panas kemudian panas tersebut disalurkan melalui heatsink secara konduksi yang akan membuat heatsink mengalami perubahan suhu/kenaikan suhu. Setelah heatsink menjadi panas, maka sisi peltier yang telah ditempelkan pada permukaan coldsink akan mengalami perubahan panas, setelah terjadi perubahan suhu pada kedua sisi peltier maka akan menghasilkan energi

listrik. Energi listrik yang dihasilkan peltier belum stabil maka digunakan dc step down regulator kemudian output yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk beban lampu led 220v, dan untuk mengcharger hp.

Beberapa hal yang harus diperhatikan saat akan melakukan proses pengujian alat pembangkit termoelektrik antara lain :

- Pemasangan peltier modul pada alat bantu uji sesuai dengan karakter tiap sisi modul, sisi panas bertemu dengan heatsink aluminium, serta sisi dingin bertemu dengan coldsink aluminium.
- Pada permukaan modul peltier harus dipastikan tidak ada celah dengan heatsink serta dengan coldsink, sehingga perpindahan kalor yang terjadi berlangsung secara efisien. Penggunaan *thermal paste* pada

permukaan yang saling bersentuhan agar perpindahan kalor berlangsung lebih baik lagi.

- Kabel pada modul peltier dilapisi dengan isolasi termal agar radiasi panas ataupun konduksi yang terjadi tidak menghanguskan atau mempengaruhi kinerja dari kabel pada modul peltier yang digunakan.

- Pemasangan termokopel pada titik yang akan diukur dipastikan akurasi dengan mengambil titik kontak pertama pada termokopel dengan permukaan yang diukur temperaturnya, serta pengaturan pemasangan termokopel yang kurang baik pada modul akuisisi data sering kali menyebabkan terjadinya kesalahan pengambilan data.

- Bagian luar termokopel ada baiknya untuk diberi isolator termal agar tidak

meleleh apabila tidak sengaja mengalami konduksi panas dari heatsink.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

4. *Thermoelectric generator*

merupakan suatu peralatan *solid-state* atau semikonduktor yang mampu mengubah suatu energi panas menjadi energi listrik dengan menerapkan kinerja dari efek seebeck.

5. Susunan *thermoelectric* mempunyai

peran untuk menghasilkan tegangan atau kuat arus tertentu. Untuk menghasilkan tegangan yang tinggi *peltier* harus disusun secara seri, sedangkan untuk mendapatkan kuat arus yang tinggi *peltier* harus disusun secara parallel. Selain

susunan *thermoelectric*, perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin juga sangat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, perbedaan suhu yang baik terletak pada perbedaan suhu antara 70-102°C karena pada perbedaan suhu tersebut tegangan yang dihasilkan sebesar 26-33.6°V, jadi kita harus memperhatikan jumlah arang yang dibakar dengan menambah jumlah arang, agar panas yang didapatkan lebih maksimal, dan juga kita harus memperhatikan suhu pada air, jika suhu air menjadi panas sebaiknya kita mengganti air yang baru atau menambahkan es agar tetap menjaga suhu dingin pada sisi *peltier* yang didinginkan.

6. Daya yang dihasilkan oleh *thermoelectric generator* bergantung pada jumlah *peltier*,

susunan *peltier* dan perbedaan antara sisi suhu panas dan sisi suhu dingin. berikut hasil penelitian yang saya lakukan :

- Hasil penelitian dari 22 modul *thermoelectric generator* yang dirangkai secara seri menghasilkan keluaran daya sekitar 7.728 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) rata rata 102°C.
- Hasil penelitian dari 13 modul *thermoelectric generator* yang dirangkai secara parallel menghasilkan keluaran daya sekitar 1.420 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) 98°C.
- Hasil penelitian dari 35 modul *thermoelectric generator* yang dirangkai secara seri-parallel menghasilkan keluaran daya

sekitar 10.665 Watt dengan perbedaan suhu (ΔT) 110°C.

DAFTAR PUSTAKA

- R., S. Anwar, and S. P. Sari, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin,"J, Rekayasa Elektr.,vol 10,no.4,pp.180-185,2014.
- Aimable Ngendahayo, "FOR WASTE HEAT RECOVERY IN LOCAL PROCESS INDUSTRY.,"PP,8-9,2017.
- M. Ilham,S. Eka, M. Putra, and P.S.Fisika,Termoelektrik,"no1,p p1-5,2013
- M. M. T. Tec- and W. Selviana,"Analisa Kinerja Kotak Pendingin Dan Pemanas Menggunakan Modul Termoelektrik TEC-12706,'Vol 12706, 2017.
- P. Effects, "Seebeck and Peltier Effects Introduction,"Seebeck Peltier Eff.Introd.,pp 1-8,2003.
- C. Satya Ningtyas,"INDUCTIVE WIRELESS CHARGER UNTUK TELEPON SELULAR," PP,4-16,2014
- S. Pengajar et al.," Konversi Energi panas penggerak utama kapal berbasis

thermoelectric,”vol.13,pp.1-12,
2015.

M. Margareth, “ Pengukuran dan
Analisis Karakteristik
Thermoelectric
Generator,”pp.6-29,2014.

Biodata Penulis

Nama: Oky alwinskyah

NPM : 1407220131

TTL: Tebing Tinggi, 31 Oktober 1996

Alamat: Jln. Ahmad yani no.33

Email: okyalwinskyah19@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

2001 – 2002 : Perg.Nas.Ir.H.Djuanda
Tebing Tinggi

2002 – 2008 : SDN 163081 Tebing Tinggi

2008 – 2011 : SMPN 3 Tebing Tinggi

2011 – 2014 : SMA
Perg.Nas.Ir.H.Djuanda Tebing Tinggi

2014 – 2018: UniversitasMuhammadiyah
Sumatera Utara, FakultasTeknik Elektro

