PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG) DENGAN MEMANFAATKAN PANAS PANCI BAKSO SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

RAHMANIAR	342 18 045
RESKY DARMAWAN	342 18 047

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul "Perancangan Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Generator (TEG) dengan Memanfaatkan Panas Panci Bakso sebagai Sumber Energi Alternatif" oleh Rahmaniar NIM 34218045 dan Resky Darmawan NIM 34218047 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) pada Program studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 21 September 2021

Pembimbing I

Muh. Yusuf Yunus, S,ST., M.T.

NIP. 19800820 200501 1 001

Pembimbing II

Sonong,S.T.,M.T.

NIP. 19621202 199203 1 002

Mengetahui,

a.n. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Rusdi Nur, S.ST.,M.T.,Ph.D.

NIP. 19741106 200212 1 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini,..... Senin tanggal 21 September 2021 ., tim penguji ujian siding laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Rahmaniar NIM 34218045 dan Resky Darmawan NIM 34218047 dengan judul "Perancangan Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Generator (TEG) dengan Memanfaatkan Panas Panci Bakso sebagai Sumber Energi Alternatif".

Makassar, 21 September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1.	Apollo, S.T., M.Eng	Ketua	( )
2.	A.M.Shiddiq Yunus, S.T., S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.	Sekretaris	( )
3.	Ir. Herman Nauwir,M.T.	Anggota I	( )
4.	Dr. Jumadi Tangko, M.Pd.	Anggota II	( )
5.	Muh. Yusuf Yunus, S.ST,M.T.	Pembimbing I	( )
6.	Sonong,S.T., M.T	Pembimbing II	( )

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul "**Perancangan Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Generator (TEG) dengan Memanfaatkan Panas Panci Bakso sebagai Sumber Energi Alternatif**" dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. Selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Rusdi Nur, S.S.T., M.T., Ph.D. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST.,M.T. Selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. sebagai Pembimbing I dan bapak Sonong, S.T., M.T. sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Dosen pada Program Studi Teknik Konversi Energi.
7. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Konversi Energi angkatan 2018 yang telah membantu dan memberi dukungannya dan seluruh pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, ...

Penulis

DAFTAR ISI

Hlm.

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PENERIMAAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR SIMBOL,SATUAN,DAN/ATAU SINGKATAN x

DAFTAR LAMPIRAN xi

SURAT PERNYATAAN xii

RINGKASAN xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan 3

1.4 Tujuan Kegiatan 3

1.5 Manfaat Kegiatan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Termoelektrik 5

2.2 Prinsip Kerja Termoelektrik Generator 7

2.3 Spesifikasi Termoelektrik 10

2.4 Perpindahan Panas 11

2.5 Heatsink 16

2.6 Panci 17

BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Pengerjaan 22

3.2 Alat dan Bahan 22

3.3 Prosedur Langkah Kerja 24

3.4 Prosuder Pengujian 30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data 35

4.2 Grafik dan Pembahasan 38

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 46

5.2 Saran 48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Hlm.

Gambar 2.1 Termoelektrik Generator..... 5

Gambar 2.2 Struktur Elemen Peltier..... 6

Gambar 2.3 Ilustrasi Efek Seeback..... 10

Gambar 2.4 Jenis Termoelektrik Generator SP1848-21475 SA 12

Gambar 2.5 Proses Perpindahan Panas..... 14

Gambar 2.6 Konduksi 14

Gambar 2.7 Konveksi 17

Gambar 2.8 Radiasi..... 18

Gambar 2.9 Jenis Susunan Sistem Termoelektrik Generator Pada Heatsink... 19

Gambar 3.1 *Flowchart* langkah kerja 24

Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Kerja Alat..... 25

Gambar 3.3 Gambar rancangan alat unit percobaan..... 26

Gambar 3.4 Pengujian dengan menggunakan indikator berbeban dan tanpa beban 30

Gambar 3.5 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dengan Kondisi Tanpa beban 31

Gambar 3.6 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dengan Kondisi Berbeban 31

Gambar 3.7 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Paralel dengan Kondisi Tanpa Beban 32

Gambar 3.8 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Paralel dengan Kondisi Berbeban 32

Gambar 3.9 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dan Paralel dengan Kondisi Tanpa Beban 33

Gambar 3.10 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri Paralel dengan Kondisi Berbeban 33

Gambar 4.1 Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi tanpa Beban Hari ke-1..... 38

Gambar 4.2 Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi tanpa Beban Hari ke-2..... 38

Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-1..... 40

Gambar 4.4 Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-2..... 40

Gambar 4.5 Grafik Hubungan Arus dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-1 42

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Arus dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-2 42

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Daya dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-1 44

Gambar 4.8 Grafik Hubungan Daya dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-2 44

DAFTAR TABEL

Hlm.

Tabel 2.1 *Datasheet* Termoelektrik Generator Tipe SP1848-27145 SA 12

Tabel 2.2 Nilai Konduktivitas Termal dari beberapa bahan 21

DAFTAR SIMBOL DAN SATUAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
P	Watt	Daya
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
ΔT	℃	Perbedaan Temperatur
S		Koefisien Seeback
Q	W	Energi Panas
K	W/m.℃	Konduktivitas termal
A	m^2	Luas Permukaan
$\mathbf{q_{conv}}$	W	Energi Panas Konveksi
$\mathbf{q_r}$	W	Energi Panas Radiasi
Σ	W/m^2K^4	konstanta Stefan-Boltzman
E		Emisivitas bahan

DAFTAR LAMPIRAN

Hlm.

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Alat Secara Seri Dengan Kondisi Tanpa Beban..... 51

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Alat Secara Seri Dengan Kondisi Berbeban..... 52

Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Alat Secara Paralel Dengan Kondisi Tanpa Beban..... 53

Lampiran 4 Data Hasil Pengujian Alat Secara Paralel Dengan Kondisi Berbeban 54

Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Alat Secara Seri dan Paralel Dengan Kondisi Tanpa Beban 55

Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Alat Secara Seri dan Paralel Dengan Kondisi Berbeban..... 56

Lampiran 7 Dokumentasi Kegiatan..... 5

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmaniar

NIM : 34218045

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul " **Perancangan Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Generator (TEG) dengan Memanfaatkan Panas Panci Bakso sebagai Sumber Energi Alternatif)**''.merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 2021

Rahmaniar

34218045

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Resky Darmawan

NIM : 34218047

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul " **Perancangan Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Generator (TEG) dengan Memanfaatkan Panas Panci Bakso sebagai Sumber Energi Alternatif)**''.merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 2021

Resky Darmawan

34218047

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG) DENGAN MEMANFAATKAN PANAS PANCI BAKSO SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

RINGKASAN

Semakin meningkatnya jumlah pedagang kaki lima baik di perkotaan maupun di pedesaan membawa dampak bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia, tetapi juga menimbulkan permasalahan baru terkait bertambahnya konsumsi energi listrik untuk lampu penerangan. Salah satu sumber listrik yang digunakan berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan biaya yang tidak sedikit. Pada umumnya pedagang kaki lima khususnya pedagang bakso menggunakan panci untuk proses produksinya. Untuk meminimalisir biaya yang diperlukan dalam penggunaan listrik sehari-hari ketika sedang berdagang,dimunculkanlah inisiatif untuk memanfaatkan energi panas panci bakso untuk diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai sumber penerangan agar panas panci bakso tersebut tidak terbuang sia-sia dengan menggunakan elemen termoelektrik.

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar daya yang bisa dihasilkan oleh pembangkit listrik berbasis termoelektrik ini dengan memanfaatkan panas panci bakso sebagai sumber energi alternatif. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan perancangan instalasi penerangan, pembuatan dan pengujian pembangkit daya termoelektrik yang dirangkai secara seri, paralel, dan campuran, serta evaluasi dan penyempurnaan instalasi penerangan, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan teknik pengujian kemudian dilakukan analisa data.

Berdasarkan hasil kegiatan dan deskripsi dengan sepuluh modul termoelektrik tipe TEG SP1848-27145 yang dipasang pada permukaan panci menghasilkan keluaran daya dari pembangkit termoelektrik terbesar ketika dirangkai secara seri dan paralel yaitu 0,135 Watt dengan perbedaan temperature 40 ℃ pada saat panci dipanasi selama 60 menit dengan menggunakan beban lampu LED DC SMD 5050.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dengan sejuta budayanya memiliki berbagai makanan khas daerahnya, salah satunya adalah jenis makanan yang dinamakan bakso. Bakso adalah salah satu jenis makanan yang menjadi favorit masyarakat Indonesia. Tidak hanya karena mudah dibuat tetapi juga karena harganya yang terjangkau untuk setiap kalangan. Sehingga, semakin banyak bermunculan penjual bakso baik di restauran, kafe maupun warung kaki lima. Untuk warung-warung kaki lima sendiri biasanya lebih cenderung menggunakan gerobak karena lebih praktis dan juga mereka biasanya membangun tenda-tenda di pinggir jalan. Tenda-tenda ini tentu saja membutuhkan energi listrik untuk menyalakan lampu di malam hari. Selain itu, bakso juga harus tetap panas untuk dapat menjaga cita rasa bakso tetap terasa enak. Pemanfaatan panas yang terdapat pada dinding-dinding panci bakso tersebut akan digunakan sebagai sumber energi listrik agar tidak terbuang sia-sia. Energi panas tersebut dapat dikonversi (diubah) menjadi energi listrik dengan menggunakan Termoelektrik Generator (TEG). Pemanfaatan potensi energi listrik alternatif dari panci kuah bakso berbasis TEG (*Thermoelectric Generator*) adalah salah satu inovasi teknologi masa kini yang sangat berguna bagi masyarakat karena energi yang terbuang dapat disimpan dan digunakan pada waktu yang dibutuhkan.

Termoelektrik Generator adalah suatu perangkat elektronik yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung. Termoelektik

bekerja dengan cara mengkonversikan perbedaan temperatur (panas dan dingin) pada kedua sisinya (*hot side* dan *cold side*) yang terbuat dari keramik. Pengkonversian tersebut dilakukan oleh *thermoelektrik elements* yang berada pada bagian tengahnya. Akan tetapi tegangan listrik yang dihasilkan satu buah termoelektik tergolong kecil.

Karena tegangan listrik yang dihasilkan termoelektrik tergolong kecil, maka untuk mendapatkan data-data karakteristik tentang termoelektrik generator , perlu dilakukannya serangkaian pengujian. Salah satu metode pengujiannya adalah dengan menggunakan metode percobaan dengan memberikan perbedaan temperatur yang signifikan pada kedua sisi dari termoelektrik generator menggunakan media air panas. Hal ini bertujuan agar kita dapat mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator pada perbedaan temperatur tertentu .

Berdasarkan beberapa judul tugas akhir yang ada, pemanfaatan termoelektrik generator juga sudah digunakan dengan berbagai macam sumber panas yang berbeda seperti sumber panas dari knalpot motor,pemanfaatan sumber panas dari kompor sekam padi. Oleh karena itu, kami mengangkat judul tugas akhir "Perancangan pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas panci bakso sebagai sumber energi alternatif".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dibahas ialah :

1. Bagaimana desain rancangan perangkat sistem pembangkitan daya berbasis termoelektrik generator TEG untuk potensi energi listrik alternatif dari panci bakso ?
2. Berapa besar daya yang dapat dihasilkan dari perangkat sistem pembangkitan daya berbasis termoelektrik generator (TEG) ?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

1. Perancangan perangkat sistem pembangkitan daya berbasis termoelektrik generator TEG untuk potensi energi listrik alternatif dari panci bakso.
2. Panci yag digunakan adalah panci bakso dengan bahan aluminium.
3. Jenis termoelektrik generator yang digunakan TEG SP1848-27145 sebanyak 10 buah.
4. Beban yang digunakan adalah lampu LED DC SMD 5050.

1.4 Tujuan Kegiatan

1. Untuk mengetahui desain rancangan perangkat sistem pembangkitan daya berbasis termoelektrik generator TEG untuk potensi energi listrik alternatif dari panci kuah bakso.
2. Untuk mengetahui besar daya yang dapat dihasilkan dari perangkat sistem pembangkitan daya berbasis termoelektrik generator (TEG).

1.5 Manfaat Kegiatan

1. Memberikan suatu inovasi dalam bidang teknologi untuk rancangan termoelektrik generator (TEG) untuk potensi energi listrik alternatif dari panas panci bakso.
2. Memudahkan para pedagang warung kaki lima dalam menyimpan energi agar dapat digunakan secara terus menerus.
3. Untuk meminimalisir biaya yang diperlukan dalam penggunaan listrik sehari-hari ketika sedang berdagang.
4. Untuk mengembangkan penggunaan prinsip termoelektrik dalam kehidupan sehari-hari.

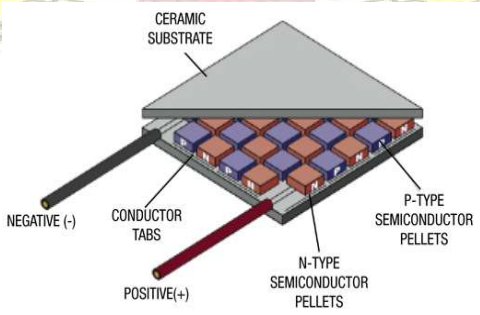
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Termoelektrik

Teknologi termoelektrik adalah teknologi yang bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai.

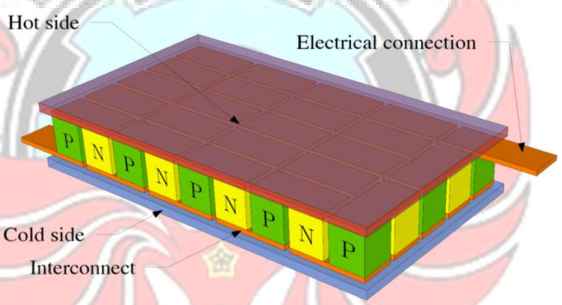
Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan "Efek Seebeck" yaitu "Jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain" (Muhaimin,1993).



Gambar 2.1 Termoelektrik Generator

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. Terdapat tiga sifat bahan termoelektrik yang penting, yaitu :

1. Koefisien Seebeck (s)
2. Konduktivitas panas (k)
3. Resistivitas (ρ)



Gambar 2.2 Struktur Elemen Peltier

Gambar 2.2 menunujukkan elemen peltier yang tersusun atas serangkaian dua tipe semikonduktor (tipe-p dan tipe-n) yang dihubungkan secara seri. Pada setiap sambungan antara dua tipe semikonduktor yang terbuat dari tembaga. Interkoneksi konduktor tersebut diletakkan masing-masing di bagian atas dan di bagian bawah semikonduktor. Konduktor bagian atas ditujukan untuk membuang kalor dan konduktor bagian bawah ditujukan untuk menyerap kalor. Pada kedua bagian interkoneksi ditempelkan pelat yang terbuat dari keramik yang bertujuan untuk memusatkan kalor yang berasal dari konduktor (H.J. Goldsmid,2009).

2.2 Prinsip Kerja Termoelektrik Generator

Prinsip Kerja Termoelektrik Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan efek seebeck yaitu jika 2 buah logam yang bebeda disambungkan salah satunya ujungnya kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain (Muhaimin, 1993). Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung *(Thermoelectric generator)* atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin *(Thermoelectric Cooler).* Untuk menghasilkan listrik material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara tidak diperlukan compressor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional.

Perbedaan suhu pada termoelektrik generator didapatkan dengan rumus :

$$\triangle T = Th - Tc \quad \text{.....(2.1)}$$

Keterangan :

Th = Suhu panas (°C)

Tc = Suhu dingin (°C)

$\triangle T$ = Perbedaan suhu (°C)

Untuk menentukan daya yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik menggunakan termoelektrik generator didapatkan rumus :

P = V x I .....(2.2)

Keterangan :

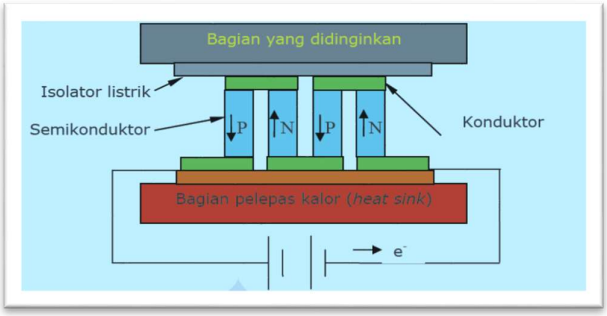
P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.2.1 Efek Seebeck

Efek seebeck pertama kali diamati oleh dokter Thomas Johan Seebeck, pada tahun 1821. Ketika dia mempelajari fenomena ini terdiri dari dalam produksi tenaga listrik antara dua semikonduktor ketika diberikan perbedaan suhu . panas dipompa ke satu sisi pasangan dan ditolak dari sisi berlawanan. Sebuah arus listrik yang dihasilkan sebanding dengan gradient suhu antara sisi panas dan sisi dingin. Tidak ada energi mencegah proses konversi. Untuk alasan ini pembangkit listrik termoelektrik diklasifikasikan langsung sebagai daya konversi. Efek seebeck terjadi ketika suatu logam dengan beda temperature antara kedua ujungnya. Ketika logam tersebut di sambung maka akan terjadi beda potensial diantara kedua ujungnya. Efek ini digunakan dalam aplikasi termokopel. (Ginanjar dkk., 2019)



Gambar 2.3 Ilustrasi Efek Seeback

Koefesien Seebeck menjelaskan bahwa pada saat thermocouple dipanaskan, kondisi semikonduktor yang terisi banyak elektron koefisien seebecknya bertanda negatif. Sedangkan semikonduktor yang kekurangan elektron koefisien seebecknya bertanda positif. Jadi koefisien seebecknya setiap logam ada yang bernilai positif dan ada yang bernilain negatif. Koefesien seebeck tergantung pada perbedaan suhu dan perbedaan tegangan yang dihasilkan tergantung dari nilai koefesien seebeck dan perbedaan temperatur. Perbedaan tegangan dinyatakan dalam persamaan (2.3):

$V = S \times \Delta T$ .....(2.3)

Keterangan :

V = Tegangan

S = Koefisien Seebeck

ΔT= Perbedaan Temperatur panas dan dingin

2.2.2 Efek Paltier

Efek Peltier diambil dari nama Jean-Charles Peltier, seorang fisikawan Perancis yang menemukan efek kalorik dan arus listrik pada sambungan dua material logam yang berbeda pada tahun 1834. Koefisien ini menggambarkan seberapa banyak panas yang dialirkan tiap muatan listrik. Pada saat arus mengalir melalui thermocouple, temperature junction akan berubah dan panas akan diserap pada satu permukaan, sementara permukaan yang lainnya akan membuang panas. Jika sumber arus dibalik, maka permukaan yang panas akan menjadi dingin dan begitu juga sebaliknya. Gejala ini disebut efek peltier yang merupakan dasar

pendinginan termoelektrik. Dari percobaan diketahui bahwa perpindahan panas sebanding terhadap arus yang mengalir.

2.3 Spesifikasi Termoelektrik

Gambar 2.4 Jenis Termoelektrik Generator SP1848-27145 SA

Tabel 2.1 *Datasheet* Termoelektruk Generator Tipe SP1848-2714SA

Temperatur Differential (℃)	20	40	60	80	100
Open Circuit Output Voltage (V)	0,97	1,8	2,4	3,6	4,8
Short Circuit Output Current (mA)	225	368	469	558	669

Spesifikasi :

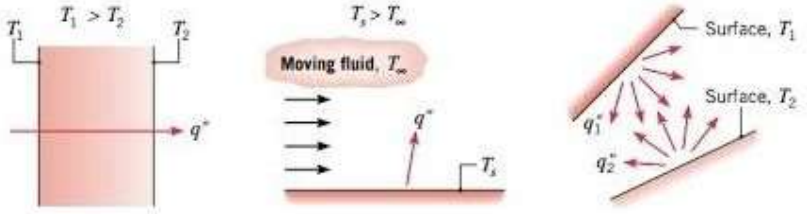
- Model : SP1848-21475
- Ukuran : 40 mm x 40 mm x 4 mm
- Suhu operasional : -30 ℃ sampai +120 ℃

2.4 Perpindahan Panas

Ilmu perpindahan panas diperlukan utuk menganalisa proses perpindahan panas dari suatu benda lain atau dari suatu bagian benda ke bagian benda lainnya. Walaupun di dalam termodinamika perpindahan energi dalam bentuk panas telah dipelajari, tetapi ilmu termodinamika tidak mampu memberikan suatu keterangan tentang cara berlangsungnya proses tersebut, lama waktu perpindahan panas dan perubahan-perubahan temperatur yang terjadi di dalam sistem.

Termodinamika hanya membahas berdasarkan keadaan awal dan keadaan akhir dari proses di mana perpindahan energi dalam bentuk panas dipandang sebagai selisih antara energi yang dipunyai sistem pada keadaan awal dan akhir proses tersebut, dengan balans energi. Pada dasarnya perpindahan panas terjadi akibat adanya ketidakseimbangan (adanya perbedaan temperatur) termal. Proses perpindahan panas yang sebenarnya terjadi adalah sangat rumit dan memerlukan pengkajian yang cukup sulit.

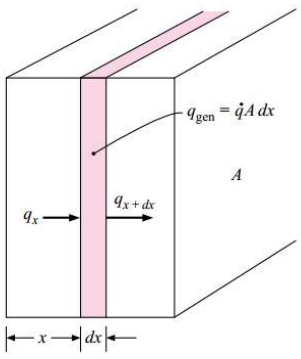
Oleh karena itu, dilakukan berbagai cara penyederhanaan dalam peninjauan proses tersebut yaitu dengan jalan memperhatikan hal-hal yang kurang berpengaruh terhadap proses keseluruhan. Dengan dasar penyederhanaan tersebut, maka mekanisme perpindahan panas dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu : konveksi, konduksi dan radiasi.



Gambar 2.5 Proses Perpindahan Panas

2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi yang terjadi pada termoelektrik dari kontak langsung antara permukaan panci yang panas mengenai sisi permukaan termolektrik yang nantiya akan membuat perubahan suhu. Perpindahan panas yang terjadi secara konduksi berarti perpindahan panas tanpa dikuti oleh perpindahan molekul benda tersebut. Konduksi juga dapat dikatakan sebagai transfer energi dari sebuah benda yang memiliki energi yang cukup besar menuju ke benda yang memiliki energi yang rendah. Persamaan yang digunakan untuk perpindahan panas konduksi dikenal dengan Hukum Fourier:



Gambar 2.6 Konduksi
(Sumber : Holman 1993 Hal:2)

$$q = -k.\ A\ \frac{T1-T2}{\Delta x} \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana :

q : Energi Panas (W)

k : Konduktivitas termal (W/m.^{0}C)

A : Luas permukaan (m^2)

Δx : Tebal penampang permukaan (m)

T_1 : Temperatur yang lebih tinggi (^{0}C)

T_2 : Temperatur yang lebih rendah (^{0}C)

Nilai minus (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa panas selalu berpindah ke arah temperatur yang lebihrendah.

Jika suatu benda padat disusun berlapis dari material yang berbeda, maka untuk mengetahui nilai perpindahan panas yang terjadi dapat digunakan pendekatan sistem resistansi listrik. Besarnya tahanan termal yang terjadi adalah perbandingan selisih suhu diantara kedua permukaan (T1-T2) dengan laju aliran panas q (J/s).

Untuk mencari nilai tahanan termal dari suatu material padatan digunakan persamaan:

$$R_T = \frac{T1-T}{q} = \frac{\Delta x}{k.A} = \frac{l}{k.A} \quad \text{.....(2.3)}$$

R_T = Tahanan Termal (R.ºC)

Q = Energi panas (W)

K = Konduktivitas termal(W/m.ºC)

A = Luas permukaan(m^2)

Δx = Tebal penampang permukaan (m)

T1 = Temperatur yang lebih tinggi (^oC)

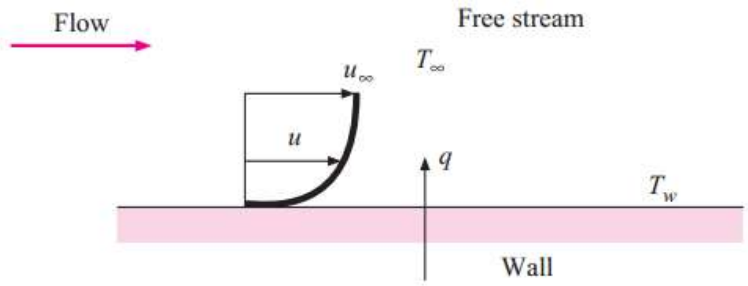
T2 = Temperatur yang lebih rendah(^oC)

2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas yang terjadi secara konveksi adalah perpindahan panas yang disertai gerakan molekul benda tersebut. Gerakan inilah yang menyebabkan adanya transfer panas. Misalkan pada pemanasan air terlihat bahwa molekul air yang panas akan bergerak naik ke atas, sedangkan molekul air yang lebih dingin akan turun ke bawah, karena berat jenisnya lebih besar.

Konveksi sendiri dapat dibagi menjadi dua, yaitu konveksi bebas (alami) dan konveksi paksa. Konveksi alami terjadi apabila pergerakan fluida dikarenakan gaya apung akibat perbedaan densitas/kerapatan fluida tersebut. Perbedaan kerapatan itu sendiri bisa terjadi karena adanya perbedaan temperatur akibat proses pemanasan. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan fluida terjadi akibat gaya luar seperti kipas (fan) ataupompa.

Pada perpindahan panas konveksi berlaku hukum pendinginan Newton,yaitu:



Gambar 2.7 Konveksi

(Sumber : Holman 1993 Hal : 12)

q_{conv}= h.A (T_s-T_∞).....(2.4)

Dimana :

q_{conv} = Energi panas konveksi(W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi(W/m^2.^{o}C)

A = Luas area permukaan(m^2)

T_S = Temperatur permukaan(^{o}C)

T_∞ = Temperature Fluida (^{o}C)

2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas dari benda dengan suhu tinggi ke benda dengan suhu lebih rendah bila benda dipisahkan dalam ruang (bisa ruang hampa) berkat fenomena analogi pancaran sinar dan gelombang elektromagnetik (radiasi matahari).

Persamaan untuk mencari perpindahan panas radiasi adalah sebagai berikut:

$q_r = \varepsilon.\sigma.A.(\Delta T^4)$ .....(2.5)

Dimana:

q_r= laju perpindahan panas radiasi [W]

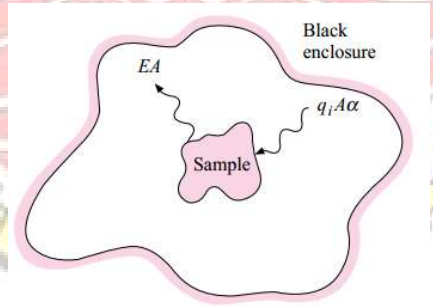
A = luas penampang bidang [m^2]

T = Tempeartur [K]

σ = konstanta Stefan-Boltzman [W/m2K4]

ε = emisivitas bahan (0 < ε < 1)

ε = 0 (benda putih) ε = 1 (benda hitam)



Gambar 2.8 Radiasi

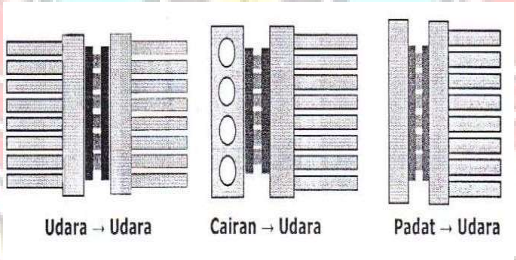
(Sumber: Holman, 1993 Hal : 382)

2.5 Heatsink

Heatsink adalah material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas untuk memperluas proses transfer panas dari suatu tempat yang bersentuhan

dengan sumber panas dan membuangnya. Bagian penting dari sebuah sistem termoelektrik generator adalah alat penukar panas *(Heat Exchanger),* seperti heatsink, heatpipe. Bagian ini mutlak diperlukan, sebab jika sisi panas peltier dapat dipertahankan konstan, maka sisi dingin dari elemen peltier akan mampu menyerap panas secara konstan pula.

Termoelektrik memerlukan heatsink yang berfungsi untuk menyerap panas pada sisi dingin elemen peltier dan membuang panas pada sisi panas peltier. Alat penukar panas ini dapat divariasikan penggunaanya seperti yang terlihat pada Gambar 2.9. Penyusunan sistem penyerap dan pembuangan panas termoelektrik ini bergantung pada media penukar panas yang digunakan. Media penukar panas dapat berupa zat gas/udara, cair, dan padat .



Gambar 2.9 Jenis Susunan Sistem Termoelektrik Generator Pada *Heatsink*

2.6 Panci

Panci adalah alat masak yang terbuat dari logam (aluminium, baja, dan lain-lain) dan berbentuk silinder atau mengecil pada bagian bawahnya. Panci bisa memiliki gagang tunggal atau dua “telinga” pada kedua sisinya, gagang atau telinga ini difungsikan sebagai pegangan untuk membawa ataupun mengangkat panci dan biasanya digunakan untuk memasak air,sayur berkuah dan lain-lain. Ukuran panci biasanya dinyatakan dengan volumenya.

2.6.1 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang terdapat pada kerak bumi. Meski jumlahnya cukup banyak, aluminium jarang ditemukan dalam bentuk aslinya. Biasanya, aluminium terdapat dalam batuan sejenis bauxite dan cryolite.

- Sifat Aluminium

  Aluminium mempunyai konduktor listrik yang baik, ringan dan kuat. Serta merupakan konduktor yang baik terhadap panas, dapat ditempah menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan diektrusi menjadi batangan dengan bermacam-macam penampang dan juga tahan korosi. Aluminium banyak diaplikasikan pada kabel bertegangan tinggi, jendela pesawat terbang, peralatan masak,panci, kaleng susu dan lain sebagainya.

2.6.2 Stainless steel

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung sekitar 10% Kromium yang mencegah proses pengkaratan logam. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi membuat baja ini tidak bisa berkarat.

- Sifat Stainless Steel

  Stainless Steel sejatinya bukan penghantar panas (konduktor) yang baik, dalam kondisi atau suhu tertentu peralatan stainless stell dapat menghantarkan panas maupun listrik. Karena itu pada peralatan masak selalu dilapisi dengan pelat tembaga atau aluminium pada bagian alas/ dasarnya agar pemanasan lebih cepat dan merata.

2.6.3 Konduktivitas Thermal dan Titik Lebur dari Beberapa Bahan

Konduktivitas atau keterhantaran termal (K), adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduksi termal adalah suatu fenomena transport di mana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang di transfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Tabel 2.2 Nilai konduktivitas termal dari beberapa bahan

No.	Bahan	k (Watt/m.K)
1	Perak (Silver),Ag	429
2	Tembaga (Copper), Cu	401
3	Aluminium Murni, Al	237
4	Rhodium, Rh	150
5	Nikel (Nickel), Ini	90,7
6	Stainless Steel, AISI 302	15,1
7	Concrete Block, 20 cm thick	1,1
8	Asbestos- Cement Board	0,58
9	Plywood	0,12
10	Aspal (Asphalt)	0,062

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pengerjaan

Perancangan Alat ini dilaksanakan di Laboratorium konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang selama 7 bulan. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan perancangan instalasi penerangan, pembuatan dan pengujian pembangkit daya termoelektrik, serta evaluasi dan penyempurnaan instalasi penerangan, selanjutnya dilakukan pengambilan data.

3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam pengerjaan sebagai berikut:

3.2.1 Alat :

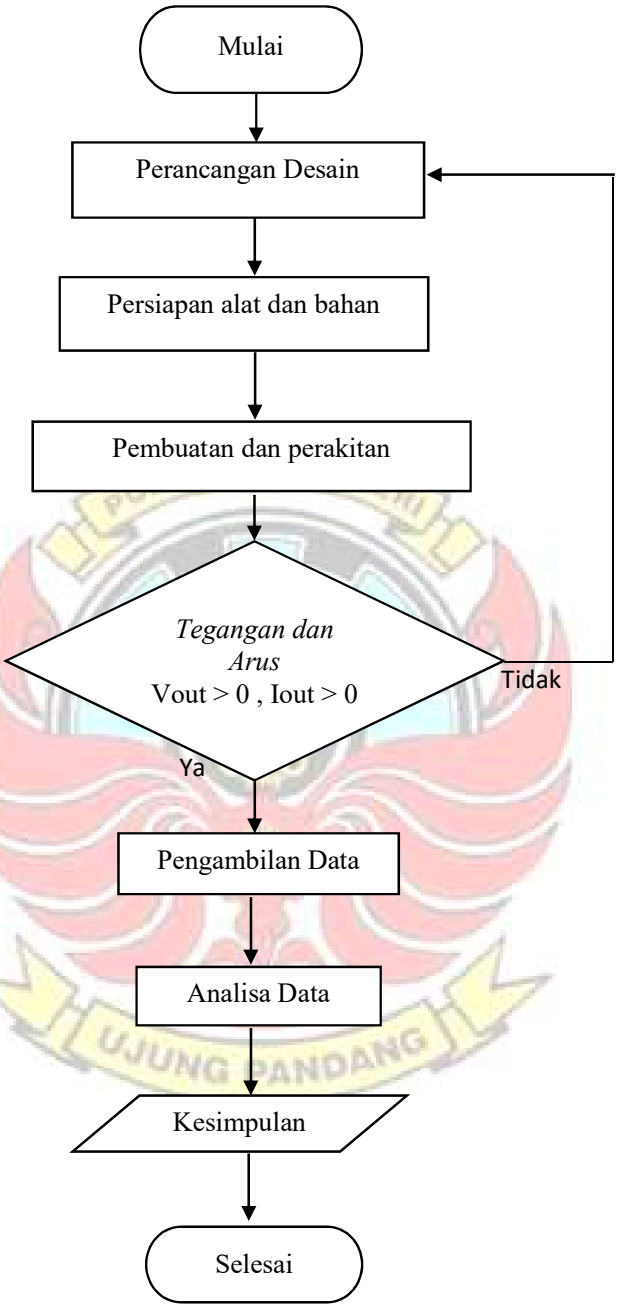
1. Panci
2. Termometer
3. Wattmeter
4. Multimeter Digital
5. Mistar baja
6. Obeng
7. Stopwatch
8. Gurinda
9. Bor Tangan
10. Tang Kombinasi
11. Las gas
12. Tali ties
13. Gunting

2.4.2 Bahan :

1. Termoelektrik Generator
2. Heatsink
3. Selang
4. Box

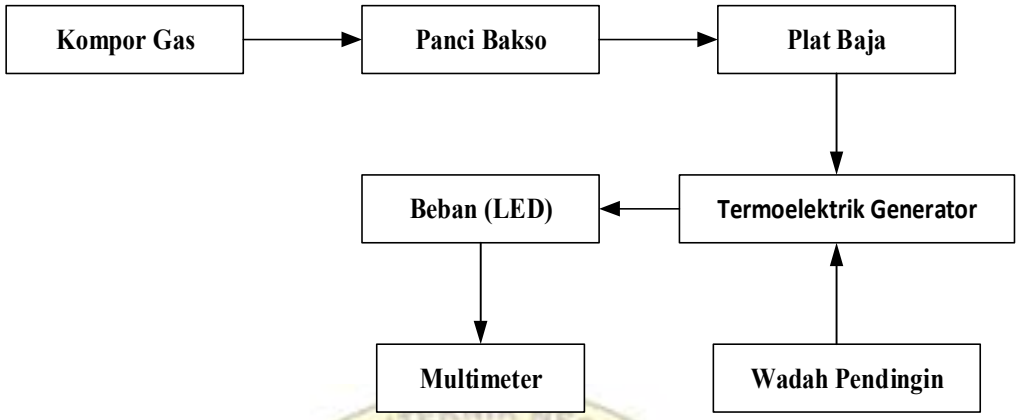
5. Besi plat
6. Kabel
7. Baut dan mur
8. Lampu
9. Pitting
10. Lem termal
11. Kertas foil

3.3 Prosedur Langkah Kerja



Gambar 3.1 *Flowchart* langkah kerja

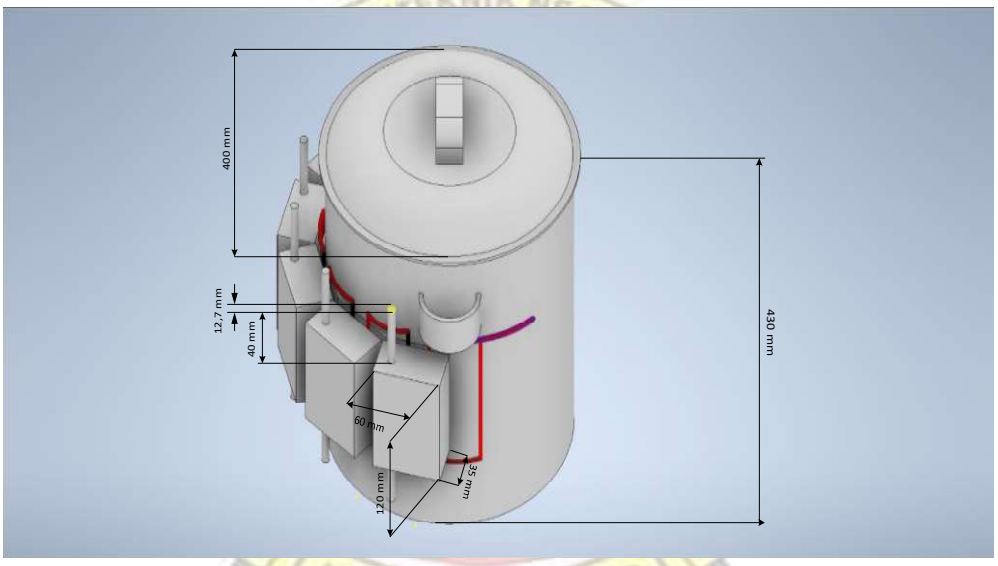
Adapun untuk diagram blok sistem kerja alat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Kerja Alat

3.3.1 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan proses mendesain alat dengan kata lain membuat pola rancangan alat yang merupakan langkah awal sebelum digunakan. Adapun desain gambar dari rancang sistem pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas panci bakso sebagai sumber energi alternatif dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Gambar rancangan alat unit percobaan

Hal-hal yang akan dilakukan dalam perancangan sistem pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas panci bakso sebagai sumber energi alternatif yaitu bentuk dan penempatan bagian-bagian prototipe sistem pembangkit tersebut. Adapun bagian-bagian yang akan dibuat yaitu :

a) Plat Penghubung

Perancangan plat penghubung pada design sistem pembangkit ini merupakan bagian yang dihubungkan langsung dengan panci dan berfungsi sebagai media penghantar panas dari panci ke *Peltier*, serta berfungsi untuk mengisi celah karena panci memiliki bidang yang melengkung. Plat yang digunakan adalah Plat nikel agar tidak mudah korosi. Plat nikel diukur sesuai ukuran yang diperlukan, menggunakan mistar, kemudian di tandai menggunakan spidol.

b) *Peltier*

Pemasangan *peltier* disetiap sisi pada plat nikel yang terhubung kepanci serta dihubungkan dengan rangkaian seri dan paralel, untuk mendapatkan tegangan dan arus yang diinginkan.

c) *Heatsink*

Heatsink yang digunakan adalah *heatsink* yang sudah memiliki termal pada M3, jadi *heatsink* hanya tinggal ditempelkan pada *peltier*, berfungsi sebagai sisi pendigin pada *peltier*, didinginkan menggunakan air yang terdapat pada wadah pendingin.

d) Wadah pendingin

Wadah pendingin berfungsi sebagai tempat penyimpanan air pendingin untuk mendinginkan sisi heatsink yang terhubung pada termoelektrik generator. Wadah pendingin terbuat dari besi plat yang berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 mm,lebar 35 mm,dan tinggi 120 mm dan setiap sisi wadah pendingin dilapisi kertas aluminium foil.

3.3.2 Tahap Perakitan

Proses perakitan merupakan proses merangkai atau menggabungkan tiap komponen menjadi bentuk yang saling mendukung sehingga terbentuk suatu mekanisme kerja yang sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya.

Adapun langkah-langkah dalam proses perakitan adalah sebagai berikut:

1) Penandaan

   Penandaan merupakan langkah awal dalam proses perakitan. Dimana, plat baja yang telah diukur ditandai sesuai ukuran dengan menggunakan spidol dan penitik.

2) Pemotongan

   Setelah plat baja diberi tanda, plat kemudian dipotong dengan menggunakan gurinda.

3) Penyusunan plat

   Plat yang sudah dipotong, disusun untuk mendapatkan ketebalan sesuai yang diinginkan, serta penyusunan plat untuk mengisi celah pada sisi panci, karena panci memliki bidang melengkung dan termoelektrik generator memiliki bidang datar, maka dibutuhkan susunan plat dari yang besar hingga yang terkecil untuk mengis celah yang ada.

4) Pengelasan

   Setelah plat disusun dan sesuai ukuran yang diinginkan, maka proses selanjutnya adalah pengelasan, untuk menghubungkan susunan plat-plat tersebut agar menjadi satu bagian.

5) Pemasangan termoelektrik generator

   Pemasangan termoelektrik generator dengan menggunakan lem thermal pada plat yang terhubung ke sisi panci.

6) Pengelasan plat pada wadah pendingin

   Setelah pemotongan plat yang terdiri dari beberapa bagian yang berbentuk persegi,setiap sisinya kemudian dilakukan pengelasan hingga berbentuk kubus untuk menutupi sisi heatsink.

7) Pemasangan *Heatsink*

   Pemasangan *heatsink* dengan menggunakan lem thermal pada sisi dingin termoelektrik generator.

8) Proses pemasangan

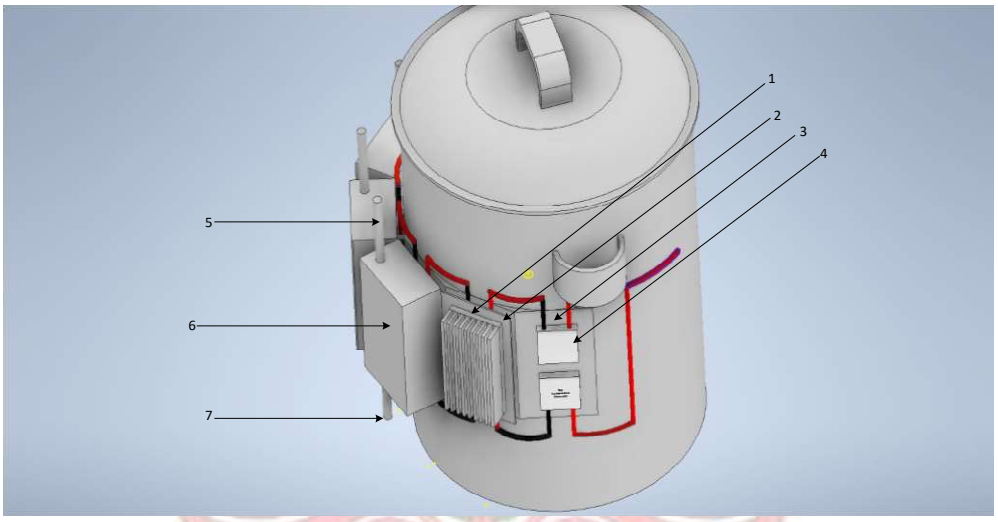
   Setelah langkah-langkah perakitan diatas selesai, selanjutnya memasang ke panci bakso.

9) Proses pengecatan

   Setelah proses pemasangan plat untuk mengisi celah yang terdapat pada panci, selanjutnya dilakukan proses pengecetan, dengan menggunakan kuas.

3.4 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian pada sistem pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas panci bakso sebagai sumber energi alternatif . Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

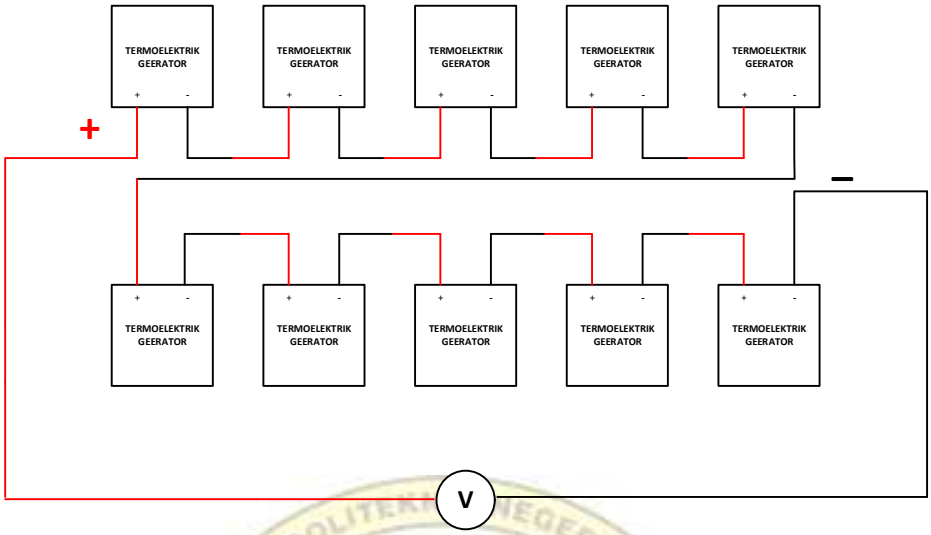


Gambar 3.4 Pengujian dengan menggunakan indikator berbeban dan tanpa beban

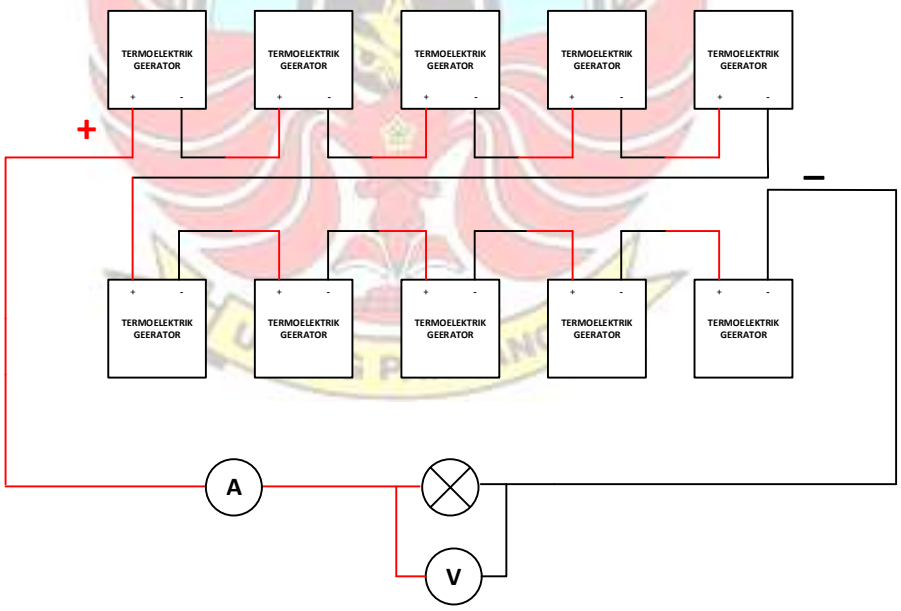
Keterangan :

1. Heatsink
2. Plat Pendingin
3. Plat pemanas
4. Termoelektrik
5. Inlet
6. Wadah Pendingin
7. Outlet

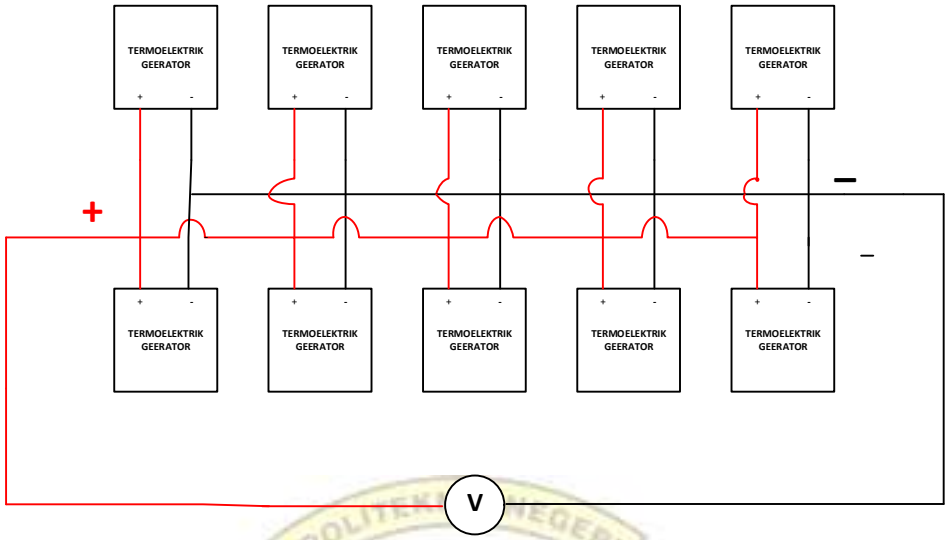
UJUNG PANDANG



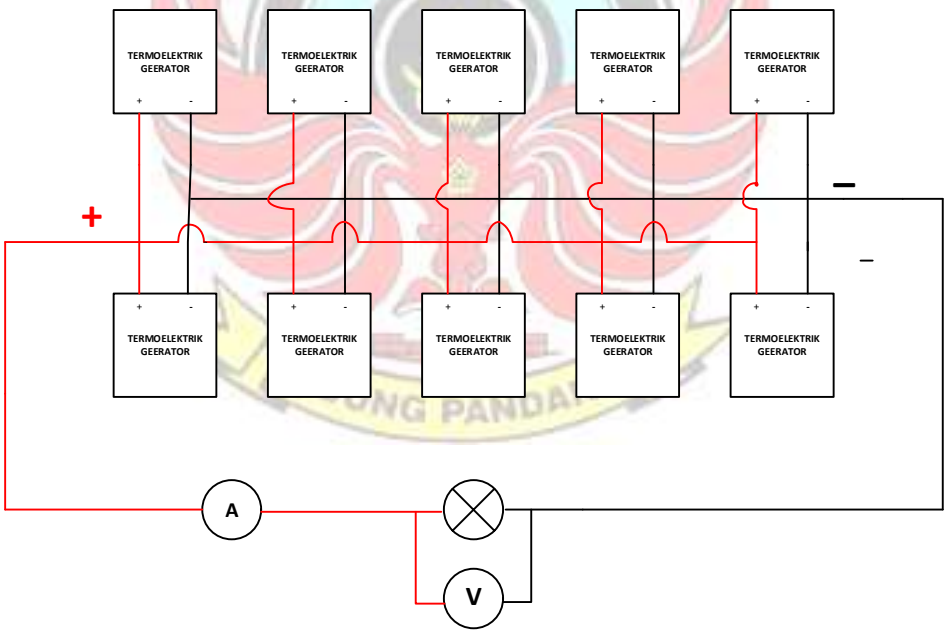
Gambar 3.5 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dengan Kondisi Tanpa Beban



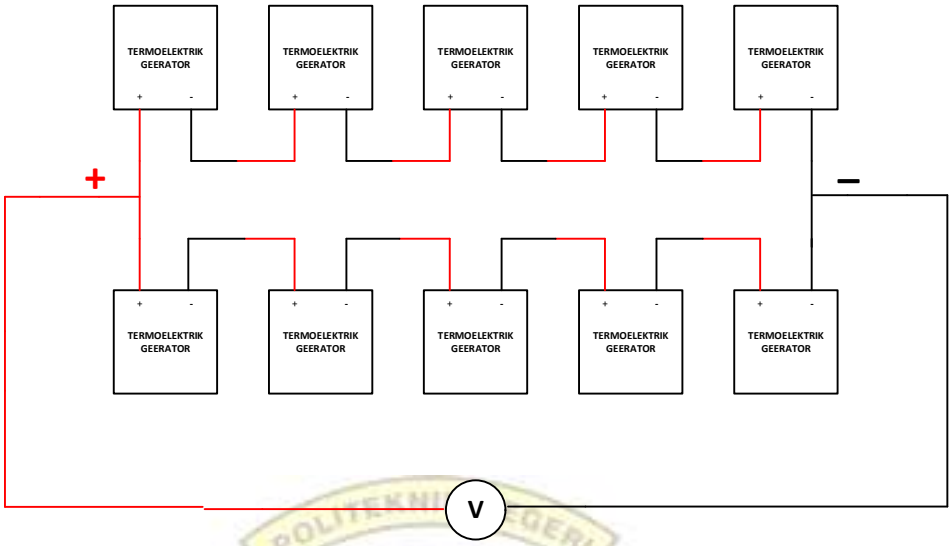
Gambar 3.6 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dengan Kondisi Berbeban



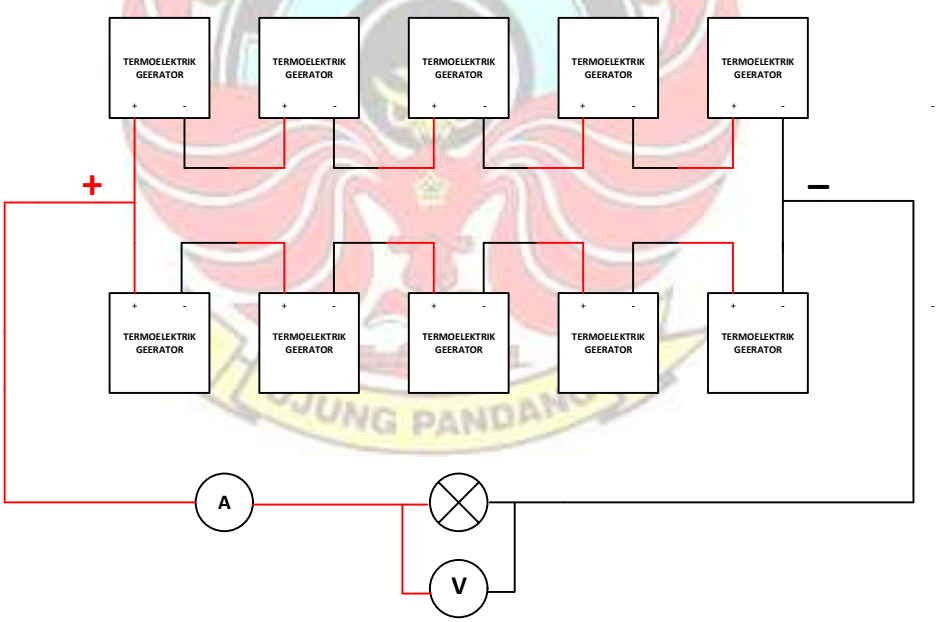
Gambar 3.7 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Paralel dengan Kondisi Tanpa Beban



Gambar 3.8 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Paralel dengan Kondisi Berbeban



Gambar 3.9 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dan Paralel dengan Kondisi Tanpa Beban



Gambar 3.10 Rangkaian Listrik Termoelektrik Secara Seri dan Paralel dengan Kondisi Berbeban

1. Menyiapkan peralatan uji dan alat ukur.
2. Merangkai peralatan pengujian “Pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas panci bakso sebagai sumber energi alternatif “.
3. Memutar knob atau pemantik pada kompor sehingga api menyala dengan nyala api sedang sampai kuah bakso mencapai titik didih. Setelah kuah bakso mendidih, knob pada kompor diatur dengan nyala api kecil.
4. Mengukur temperature sisi panas panci bakso dan sisi dingin *heatsink* menggunakan thermogun lalu masukkan dalam tabel pengujian.
5. Mengukur volt (tanpa beban), volt dan ampere (berbeban) pada percobaan secara seri
6. Mengukur volt (tanpa beban), volt dan ampere (berbeban) pada percobaan secara paralel
7. Mengukur volt (tanpa beban), volt dan ampere (berbeban) pada percobaan secara seri dan paralel

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Untuk mengetahui perpindahan panas secara konduksi pada alat maka dilakukan analisa data. Sebagai contoh dapat dilihat hasil pengambilan data dari lampiran 1 percobaan secara seri dengan kondisi tanpa beban untuk perpindahan panas secara konduksi setelah panci dipanasi selama 60 menit .Berikut adalah parameter – parameter yang diketahui.

Perpindahan panas secara konduksi pada alat dimulai dari permukaan panci sebagai sumber panas, termoelektrik dan wadah pendingin yang tersusun secara seri dan paralel.

1. Diketahui :
    - Temperatur permukaan panci rata-rata : 69,5 ºC
    - Temperatur wadah pendingin rata-rata : 26,9 ºC
    - Konduktivitas termal bahan (k)
        - Aluminium : 237 W/m.K
        - Baja : 14 W/m.K
        - Keramik : 0,6 W/m.K
        - Aluminium : 237 W/m.K

- Tebal bahan (x)

  - Panci : 0,0006 m
  - Plat : 0,0003 m
  - Termoelektrik : 0,004 m
  - Wadah pendingin : 0,004 m

- Luas bahan (A)

  - Panci : 0,79 m^2
  - Plat : 0,72 m^2
  - Termoelektrik : 0,16 m^2
  - Wadah Pendingin : 0,72 m^2

2. Penyelesaian :

- Tahanan Thermal total ($\sum R_{th}$)

  $\sum R_{th} = R_{Aluminium} + R_{baja} + R_{keramik} + R_{Aluminium}$

  $$Rth = \frac{X}{k \cdot A} + \frac{X}{k \cdot A} + \frac{X}{k \cdot A} + \frac{X}{k \cdot A}$$

  $$= \frac{0{,}0006\ m}{237 \frac{W}{mK} \cdot 0{,}79 m2} + \frac{0{,}0003\ m}{14 \frac{W}{mK} \cdot 0{,}72 m2} + \frac{0{,}004 m}{0{,}6 \frac{W}{mK} \cdot 0{,}16 m2} + \frac{0{,}004 m}{237 \frac{W}{mK} \cdot 0{,}72 m2}$$

  $$= 0{,}042 \frac{K}{W}$$

- Perbedaan suhu menyeluruh (ΔT)

  $\Delta T = T_{1(panci)} - T_{2\ (wadah\ pendingin)}$

  = 69,5 ºC – 26,9 ºC

  = 42,6 ºC (+273)

  = 315,6 K

- Laju perpindahan panas (Q)

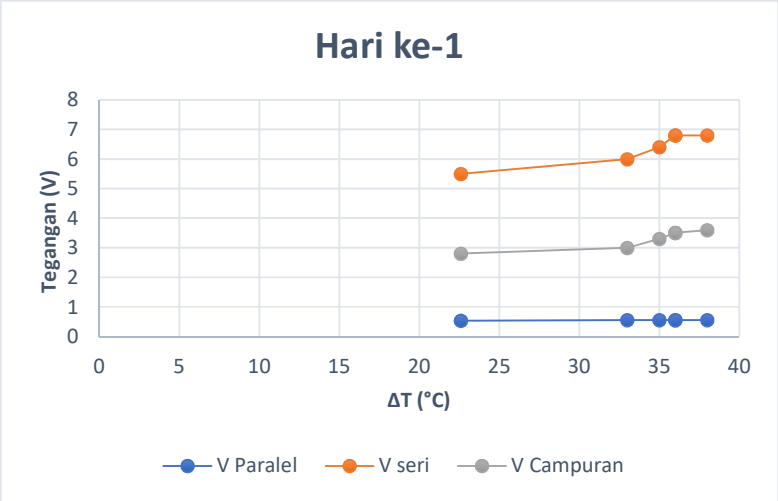
$$Q = \frac{\Delta T \text{ menyeluruh}}{\sum Rth}$$

$$= \frac{315{,}6\ K}{0{,}042 \frac{K}{W}}$$

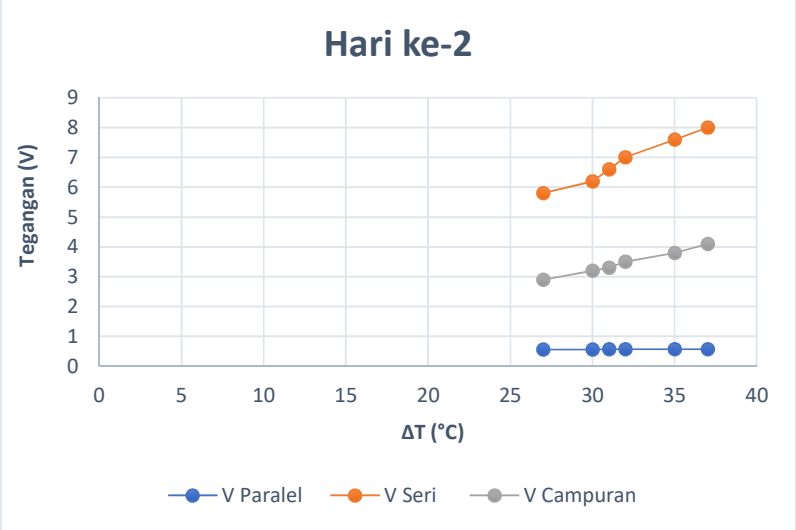
$$= 7514{,}3\ W$$

4.2 Grafik dan Pembahasan

4.2.1 Pengukuran dengan kondisi tanpa beban



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi tanpa Beban Hari ke-1



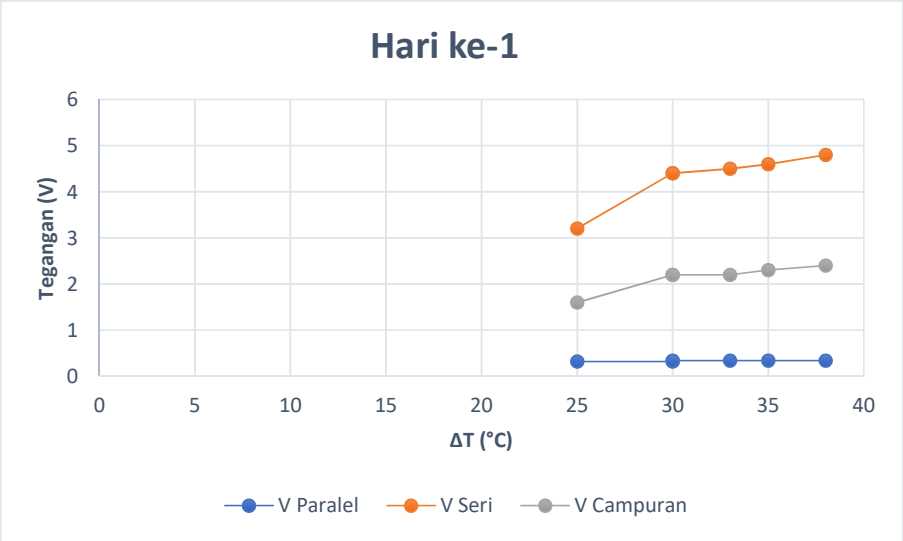
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi tanpa Beban Hari ke-2

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat grafik hubungan antara tegangan dengan perbedaan temperature pada termoelektrik generator yang dirangkai secara seri, paralel dan campuran dalam kondisi tanpa beban. Pada saat panci bakso dipanasi dalam jangka waktu 60 menit diperoleh data perbedaan temperatur yang berbeda setiap 10 menitnya seperti pada grafik. Selain kenaikan suhu yang terjadi pada panci bakso, suhu pada wadah pendingin juga perlu diperhatikan dikarenakan pergantian air pendingin yang mengakibatkan suhu menjadi turun naik. Temperatur pada wadah pendingin akan terjadi perubahan akibat perpindahan panas dari panci itu sendiri dan lingkungan sekitar.

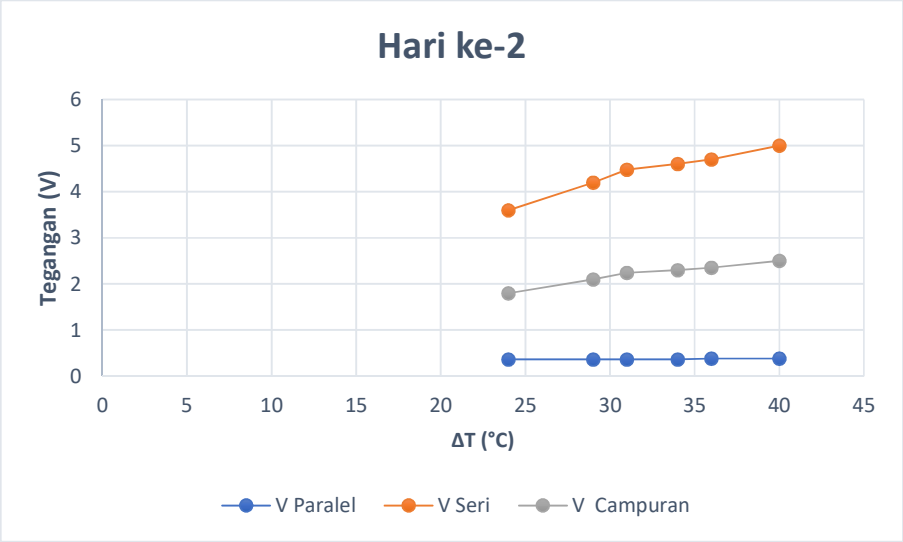
Berdasarkan grafik pada pecobaan tanpa beban yang dilakukan pada hari ke-1 dan ke-2 dapat dilihat bahwa pengaruh selisih suhu antar sisi panas dan dingin terhadap tegangan output adalah berbanding lurus dimana semakin besar perbedaan suhu yang dihasilkan antara permukaan panci dengan wadah pendingin akan menghasilkan tegangan yang besar pula pada pengujian alat ini, begitupun sebaliknya .Hal ini sesuai dengan teori efek seeback dimana besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur yang didapat.

Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 grafik hubungan antara tegangan dengan perbedaan temperature antara hari ke-1 dan hari ke-2 hasilnya tidak jauh berbeda. Dari perbandingan antara percobaan seri,parallel dan campuran diperoleh rata-rata tegangan tertinggi dihasilkan pada saat pengujian alat secara seri dimana nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-1 yaitu 6,8 V pada perbedaan temperature 38 °C. Sedangkan nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-2 yaitu 8 V pada perbedaan temperature 37°C.

4.2.2 Pengukuran dengan kondisi berbeban



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-1

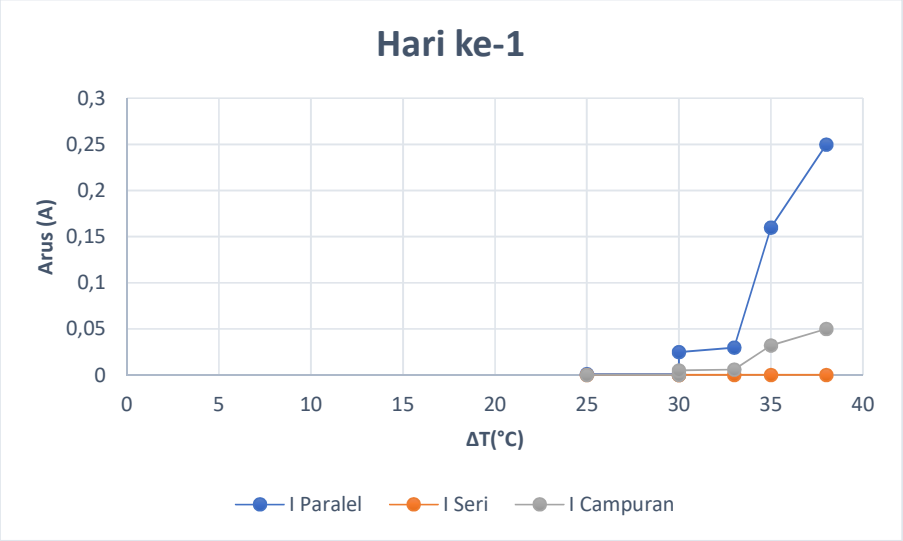


Gambar 4.4 Grafik Hubungan Tegangan dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-2

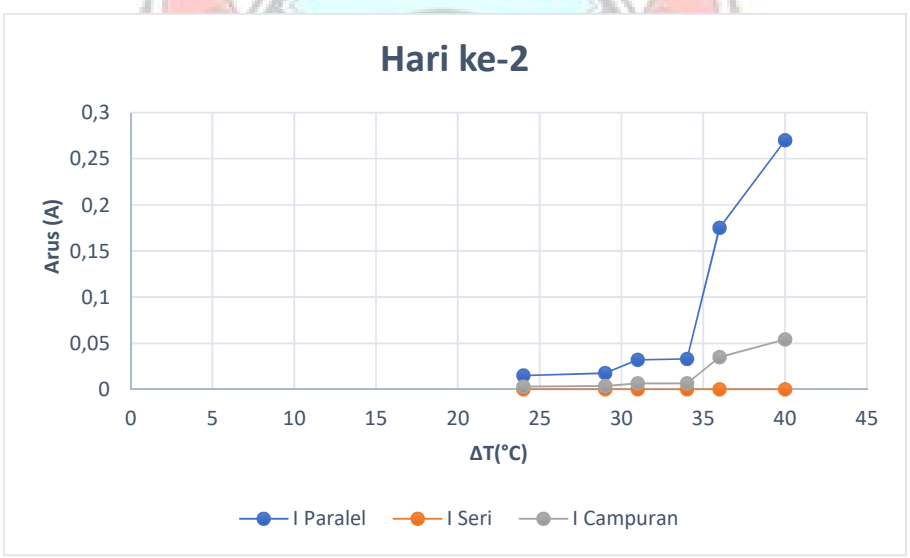
Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 grafik pada pecobaan berbeban yang dirangkai secara seri,paralel dan campuran dapat dilihat bahwa hubungan antara tegangan dengan perbedaan temperatur yaitu berbanding lurus. Semakin besar perbedaan suhu yang dihasilkan antara permukaan panci dengan wadah pendingin akan menghasilkan tegangan yang besar pula, begitupun sebaliknya apabila perbedaan suhu yang dihasilkan kecil maka besar tegangan yang dihasilkan semakin kecil pula. Dari perbandingan antara percobaan seri,parallel dan campuran diperoleh rata-rata tegangan tertinggi dengan kondisi berbeban dihasilkan pada saat pengujian alat secara seri dimana nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-1 yaitu 4,8 V pada perbedaan temperature 38 °C. Sedangkan nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-2 yaitu 5 V pada perbedaan temperature 37°C.

Pada pengujian alat secara seri dan parallel nilai tegangan tertinggi yang diperoleh pada pengujian hari ke-1 yaitu 2,4 V pada perbedaan temperature 38°C. Sedangkan nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-2 yaitu 2,5 V pada perbedaan temperature 37°C.

Kemudian pada pengujian alat secara parallel diperoleh nilai tegangan yang hampir konstan yaitu 0,34 V pada perbedaan temperature 30,33,35,38 °C. Begitupun pada pengujian hari ke-2 nilai tegangan yang diperoleh hampir konstan yaitu 0,36 V pada perbedaan temperature 24,29,31,34 °C. Hal ini mungkin diakibatkan dari kurangnya tingkat presisi alat ukur yang digunakan.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Arus dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-1

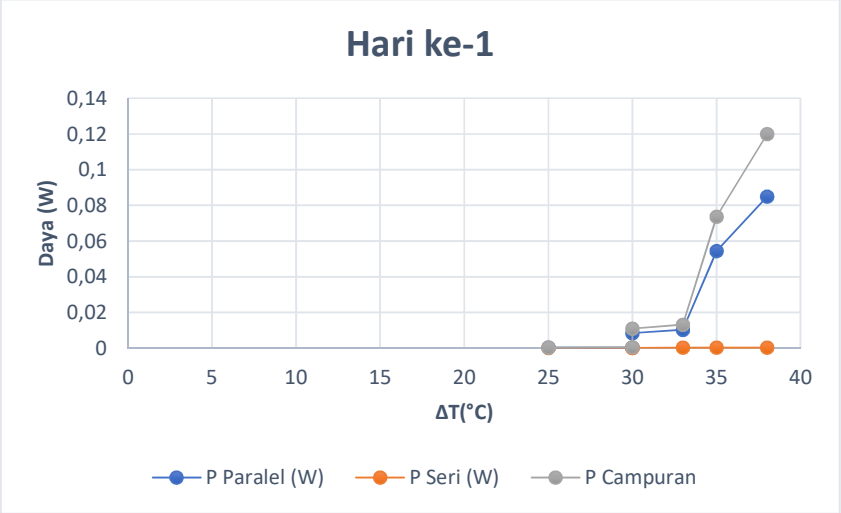


Gambar 4.6 Grafik Hubungan Arus dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-2

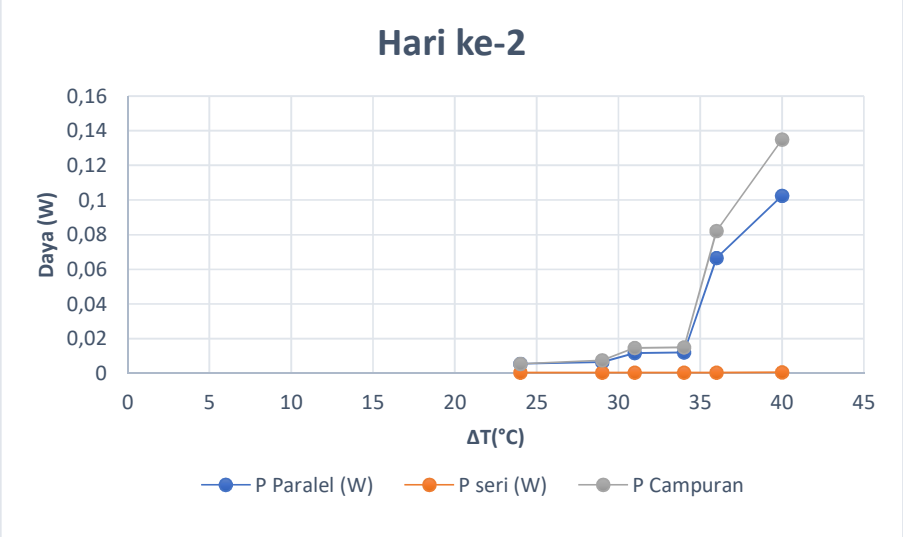
Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 grafik pada pecobaan berbeban yang dirangkai secara seri,paralel dan campuran dapat dilihat bahwa hubungan antara Arus dengan perbedaan temperatur yaitu berbanding lurus. Semakin besar perbedaan suhu yang dihasilkan antara permukaan panci dengan wadah pendingin akan menghasilkan arus yang besar pula, begitupun sebaliknya . Dari perbandingan antara percobaan seri,parallel dan campuran diperoleh rata-rata arus tertinggi dengan kondisi berbeban dihasilkan pada saat pengujian alat secara paralel dimana nilai arus paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-1 yaitu 0,25 A pada perbedaan temperature 38 °C. Sedangkan nilai arus paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-2 yaitu 0,27 A pada perbedaan temperature 37°C.

Pada pengujian alat secara seri dan parallel nilai arus tertinggi yang diperoleh pada pengujian hari ke-1 yaitu 0,05 A pada perbedaan temperature 38°C. Sedangkan nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan pada pengujian hari ke-2 yaitu 0,054 V pada perbedaan temperature 37°C.

Kemudian pada pengujian alat secara seri diperoleh nilai arus yang hampir konstan yaitu 0,00006 A pada perbedaan temperature 33,35,38 °C. Begitupun pada pengujian hari ke-2 nilai arus yang diperoleh hampir konstan yaitu 0,00006 pada perbedaan temperature 24,29,31,34,36 °C. Hal ini mungkin diakibatkan dari kurangnya tingkat presisi alat ukur yang digunakan.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Daya dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-1



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Daya dengan ΔT Kondisi Berbeban Hari ke-2

Pengujian alat pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator ini dengan memanfaatkan sumber panas dari panci bakso diperoleh data besar daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit ini seperti yang ada pada grafik diatas. Daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar perbedaan suhu antara permukaan panci dengan suhu pada wadah pendingin. Dari hasil pengujian diperoleh perbandingan daya dengan perbedaan temperatur yang berbanding lurus. Semakin besar perbedaan suhu yang dihasilkan antara permukaan panci dengan wadah pendingin akan menghasilkan daya yang besar pula, begitupun sebaliknya . Adapun daya yang paling besar dihasilkan pada pengujian alat kami dengan menggunakan beban lampu LED DC 3-5 Volt yaitu 0.12 W pada perbedaan temperatur 39 ℃ percobaan secara seri dan paralel. Sedangkan pada hari ke-2 daya yang paling besar dihasilkan pada pengujian alat kami dengan menggunakan beban lampu LED DC 3-5 Volt yaitu 0.135 W pada perbedaan temperatur 40 ℃.

Kemudian pada percobaan secara parallel diperoleh nilai daya paling tinggi yaitu 0,085 W pada perbedaan temperature 38 ℃. Sedangkan pada hari ke-2 daya yang paling besar dihasilkan pada pengujian alat kami dengan menggunakan beban lampu LED DC 3-5 Volt yaitu 0.1026 W pada perbedaan temperatur 40 ℃.

Berdasarkan grafik rata-rata daya yang paling rendah dihasilkan yaitu pada percobaan secara seri dimana nilai daya tertinggi yang diperoleh yaitu 0.000288 W pada perbedaan temperature 38 ℃. Sedangkan pada hari ke-2 daya yang paling besar dihasilkan pada pengujian alat kami dengan menggunakan beban lampu LED DC 3-5 Volt yaitu 0.0004 W pada perbedaan temperatur 40 ℃.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Rancangan desain pembangkit listrik berbasis Termoelektrik Generator (TEG) dengan memanfaatkan panas panci bakso menggunakan panci alumunium dengan diameter 0,4 m. Pada permukaan panci terdapat plat berbentuk persegi sebagai tempat merekatnya termoelektrik generator. Termoelektrik generator yang digunakan adalah tipe termoelektrik SP1848-27145 SA sebanyak 10 buah yang dirangkai secara seri dan paralel. Untuk Wadah pendingin didesain sebanyak 5 buah yang direkatkan pada termoelektrik generator untuk menghasilkan perbedaan temperature yang signifikan. Terdapat saluran input dan output pada wadah pendingin sebagai tempat pergantian air ketika suhu pada wadah pendingin naik.
2. Hasil pengukuran termoelektrik dengan sepuluh modul termoelektrik yang dipasang pada permukaan panci menghasilkan keluaran daya dari pembangkit termoelektrik terbesar ketika dirangkai secara seri yaitu 0,0004 Watt, sedangkan daya terbesar yang dihasilkan pembangkit termoelektruk ketika dirangkai secara paralel yaitu 0,1026 Watt dan daya terbesar yang dihasilkan pembangkit termoelektrik ketika dirangkai secara seri dan paralel yaitu 0,135 Watt dengan perbedaan suhu 40 ℃ pada saat panci dipanasi selama 60 menit . Adapun beban yang digunakan adalah lampu LED DC SMD 5050.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil kinerja yang optimum , sebaiknya :

1. Menggunakan spesifikasi termoelektrik generator yang memiliki temperatur yang lebih tinggi dari yang digunakan peneliti,untuk mendapatkan *range* temperatur yang lebih tinggi.
2. Menggunakan sistem pendingin yang lebih bagus agar suhu air yang digunakan tetap stabil
3. Alat ini dapat dikembangkan dengan menggunakan sistem pengukuran yang otomatis agar peneliti mendapatkan hasil yang lebih optimal dan efisien pada saat pengukuran.
4. Alat ini juga dapat dikembangkan dengan variasi *heatsink* berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Ginanjar.dkk. 2019. Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas. Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

Goldsmid HJ. 2009. *Introduction to Thermoelectricity,* London : Springer Heidelberg Dordrecht London New York.

Muhaimin. 1993. *Bahan-bahan Listrik untuk Politeknik.* Jakarta : Pradya Paramita

Nurfitriani,Jean Retno Sari.2014. Rancang Bangun Sistem Pendingin Kabin Mobil Dengan Memanfaatkan Termoelektrik.*Laporan Tugas Akhir*.Makassar : Jurusan Teknik Mesin,Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Sugiyanto, Soeadgihardo Siswantoro.2014. Pemanfaatan Panas Pada Kompor Gas LPG Untuk Pembangkitan Energi Listrik Menggunakan Generator Thermoelektrik. Yogyakarta : Program Diploma Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM.

Sumarjo,Jojo. dkk. 2017. Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Termoelektrik Generator Dirangkai Secara Seri Untuk Aplikasi Lampu Penerangan. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl.HS.Ronggowaloyo, Telukjambe Timur Karawang, 41361.

Setiawan,Andreas. dkk. 2012. Perancangan, Pembuatan Dan Pengujian Prototipe Generator Termoelektrik Berbahan Bakar Gas. Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan Vol. 11 No. 1. Program Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana.

Sasmita ,Sandy Anggriawan. dkk. 2019. Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator. Tesla vol. 21 NO.1. Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma.

L A M P I R A N

Lampiran 1

PENGUJIAN ALAT SECARA SERI DENGAN KONDISI TANPA BEBAN

Hari/Tanggal : Rabu /8 September 2021

No.	Waktu	Tpanci (°C)	Tplat (°C)	Tcool (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)
1	21.25	55	41	18,4	22,6	5,5
2	21.35	65	58	25	33	6
3	21.45	70	62	27	35	6,4
4	21.55	73	65	29	36	6,8
5	22.05	75	66	30	36	6,8
6	22.15	79	67	32	35	6,8

Hari/Tanggal : Kamis /9 September 2021

No.	Waktu	Tpanci (°C)	Tplat (°C)	Tcool (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)
1	20.45	48	39	12	27	5,8
2	20.55	52	46	16	30	6,2
3	21.05	58	50	19	31	6,6
4	21.15	63	53	21	32	7
5	21.25	71	57	22	35	7,6
6	21.35	76	63	26	37	8

\

Lampiran 2

PENGUJIAN ALAT SECARA SERI DENGAN KONDISI BERBEBAN

Hari/Tanggal : Jumat /10 September 2021

No.	Waktu	T_1 (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔT (℃)	V (V)	I (A)	P (W)	Ket
1	21:30	65	43	18	25	3.2	0.00004	0.000128	Nyala
2	21:40	70	55	25	30	4.4	0.00004	0.000176	Nyala
3	21:50	75	58	28	30	4.4	0.00005	0.00022	Nyala
4	22:00	96	69	36	33	4.5	0.00006	0.00027	Nyala
5	22:10	110	75	40	35	4.6	0.00006	0.000276	Nyala
6	22:10	114	84	46	38	4.8	0.00006	0.000288	Nyala

Hari/Tanggal : Sabtu/11 September 2021

No.	Waktu	T_1 (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔT (℃)	V (V)	I (A)	P (W)	Ket
1	20:30	71	45	21	24	3.6	0.00006	0.000216	Nyala
2	20:40	73	57	28	29	4.2	0.00006	0.000252	Nyala
3	20:50	80	61	30	31	4.48	0.00006	0.0002688	Nyala
4	21:00	92	71	37	34	4.6	0.00006	0.000276	Nyala
5	21:10	113	77	41	36	4.7	0.00006	0.000282	Nyala
6	21:20	118	86	46	40	5	0.00008	0.0004	Nyala

Keterangan :

T_1 : Temperatur Panci (ºC)

Tp : Temperatur plat (ºC)

Tc : Temperatur wadah pendingin (ºC)

V : Tegangan (V)

A : Arus (I)

P : Daya (W)

Δ T : Perbedaan suhu

Lampiran 3

PENGUJIAN ALAT SECARA PARALEL DENGAN KONDISI TANPA BEBAN

Hari/Tanggal : Rabu /8 September 2021

No.	Waktu	Tpanci (°C)	Tplat (°C)	Tcool (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)
1	21.25	55	41	18,4	22,6	0,54
2	21.35	65	58	25	33	0,56
3	21.45	70	62	27	35	0,56
4	21.55	73	65	29	36	0,56
5	22.05	75	66	30	36	0,56
6	22.15	79	67	32	35	0,56

Hari/Tanggal : Kamis /9 September 2021

No.	Waktu	Tpanci (°C)	Tplat (°C)	Tcool (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)
1	20.45	48	39	12	27	0,56
2	20.55	52	46	16	30	0,56
3	21.05	58	50	19	31	0,57
4	21.15	63	53	21	32	0,57
5	21.25	71	57	22	35	0,57
6	21.35	76	63	26	37	0,57

Lampiran 4

PENGUJIAN ALAT SECARA PARALEL DENGAN KONDISI BERBEBAN

Hari/Tanggal : Jumat /10 September 2021

No.	Waktu	T_1 (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔT (℃)	V (V)	I (A)	P (W)	Ket
1	21:30	65	43	18	25	0.32	0.001	0.00032	Tidak Nyala
2	21:40	70	55	25	30	0.32	0.0012	0.000384	Tidak Nyala
3	21:50	75	58	28	30	0.34	0.025	0.0085	Tidak Nyala
4	22:00	96	69	36	33	0.34	0.03	0.0102	Tidak Nyala
5	22:10	110	75	40	35	0.34	0.16	0.0544	Tidak Nyala
6	22:10	114	84	46	38	0.34	0.25	0.085	Tidak Nyala

Hari/Tanggal : Sabtu/11 September 2021

No.	Waktu	T_1 (℃)	Tp (℃)	Tc (℃)	ΔT (℃)	V (V)	I (A)	P (W)	Ket
1	20:30	71	45	21	24	0.36	0.015	0.0054	Tidak Nyala
2	20:40	73	57	28	29	0.36	0.0175	0.0063	Tidak Nyala
3	20:50	80	61	30	31	0.36	0.032	0.01152	Tidak Nyala
4	21:00	92	71	37	34	0.36	0.033	0.01188	Tidak Nyala
5	21:10	113	77	41	36	0.38	0.175	0.0665	Tidak Nyala
6	21:20	118	86	46	40	0.38	0.27	0.1026	Tidak Nyala

Keterangan :

T_1 : Temperatur Panci (ºC)

Tp : Temperatur plat (ºC)

Tc : Temperatur wadah pendingin (ºC)

V : Tegangan (V)

A : Arus (I)

P : Daya (W)

Δ T : Perbedaan suhu

Lampiran 5

PENGUJIAN ALAT SECARA SERI DAN PARALEL DENGAN KONDISI TANPA BEBAN

Hari/Tanggal : Jumat/20 Agustus 2021

No.	Waktu	Tpanci (℃)	Tplat (℃)	Tcool (℃)	Δ T (℃)	Tegangan (V)
1	21.25	55	41	18,4	22,6	2,8
2	21.35	65	58	25	33	3
3	21.45	70	62	27	35	3,3
4	21.55	73	65	29	36	3,5
5	22.00	75	66	30	36	3,5
6	22.15	79	67	32	35	3,5

Hari/Tanggal : Sabtu/21 Agustus 2021

No.	Waktu	Tpanci (℃)	Tplat (℃)	Tcool (℃)	Δ T (℃)	Tegangan (V)
1	20.45	48	39	12	27	2,9
2	20.55	52	46	16	30	3,2
3	21.05	58	50	19	31	3,3
4	21.15	63	53	21	32	3,5
5	21.25	71	57	22	35	3,8
6	21.35	76	63	26	37	4,1

Lampiran 6

PENGUJIAN ALAT SECARA SERI DAN PARALEL DENGAN KONDISI BERBEBAN

Hari/Tanggal : Senin/30 Agustus 2021

No.	Waktu	T_1 (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	ket
1	21.30	69	43	18	25	1,6	0,0002	0,00032	Nyala
2	21.40	70	55	25	30	2,2	0,0002	0,00044	Nyala
3	21.50	75	58	28	30	2,2	0,005	0,011	Nyala
4	22.00	96	69	36	33	2,2	0,006	0,0132	Nyala
5	22.10	110	75	40	35	2,3	0,032	0,0736	Nyala
6	22.20	114	84	45	39	2,4	0,05	0,12	Nyala

Hari/Tanggal : Selasa/31 Agustus 2021

No.	Waktu	T_1 (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	ket
1	20.30	71	45	21	24	1,8	0,003	0,0054	Nyala
2	20.40	73	57	28	29	2,1	0,0035	0,00735	Nyala
3	20.50	80	61	30	31	2,24	0,0065	0,01456	Nyala
4	21.00	92	71	37	34	2,3	0,0065	0,01495	Nyala
5	21.10	113	77	41	36	2,35	0,035	0,08225	Nyala
6	21.20	118	86	46	40	2,5	0,054	0,135	Nyala

Keterangan :

T_1 : Temperatur Panci (ºC)

Tp : Temperatur plat (ºC)

Tc : Temperatur wadah pendingin (ºC)

V : Tegangan (V)

A : Arus (I)

P : Daya (W)

Δ T : Perbedaan suhu (ºC)

Lampiran 7

Dokumentasi Kegiatan

Proses pengerjaan alat

Proses Pengujian Alat

Proses Pengujian Alat

Proses Pengambilan data

Proses Pengambilan Data

UJUNG PANDANG

LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Rahmaniar/ Resky Darmawan
NIM : 34218045/ 34218047

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Ir. Herman Nawir M.T.	- Spasi Ringkasan - Penjambaran penelitian sebelumnya di Pendahuluan. - Daftar Pustaka di lengkapi di Tujam Pustaka - Hari /Tgl. di Tabel pd lampiran 1. - Kesimpulan di sesuaikan dgn Tujuan.	
2.	Dr. Jumadi Taya	- Penjelasan bentuk X hal. 7 & hal. 20 -	
3.	A. M. Siddiq Yunus, PhD.	- Pos. (2.4) dihapus. - Ringkasan di perbaiki - Flowchart di perbaiki.	
4.	Apollo, ST, MT.	-	

Makassar, 21 September 2021
Ketua Ujian Sidang,

Apollo, S.T., M.Eng.
NIP 196907231993031002

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasikan secepatnya ke bagian