

RANCANG BANGUN *THERMOELECTRIC GENERATOR* SEBAGAI SUMBER ARUS LISTRIK PADA ALAT PEMANGGANG

Tri Agung Setya Budi¹⁾ Pauladie Susanto²⁾ Musayyanah³⁾

Program Studi/Jurusan Teknik Komputer

Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya

Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298

Email: 1)15410200039@stikom.edu 2)Pauladie@stikom.edu, 3)Musayyanah@stikom.edu

Abstrak: Pada umumnya alat pemanggang hanya memanfaatkan bara arang untuk mematangkan makanan. Energi panas bara arang dapat digunakan untuk keperluan konversi energi lebih lanjut. Alat pemanggang pada penelitian ini menggunakan sistem kontrol yang mengambil suhu panas dari bara untuk menghasilkan daya listrik dengan memanfaatkan *Thermoelectric Generator*. *Thermoelectric Generator* (TEG) digunakan untuk menghasilkan energi listrik, dengan adanya perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin dari modul *Thermoelectric Generator*. Prinsip ini dikenal dengan nama efek *Seebeck* yang merupakan fenomena kebalikan dari efek *Peltier* (*Thermoelectric Cooling*). Penelitian ini menggunakan tiga buah modul *Thermoelectric Generator* tipe TEG SP 1848-27145 SA, dengan menggunakan bara arang pada panggangan sebagai sumber panas untuk sisi panas Modul *Thermoelectric Generator* dan *Heatsink* pada sisi dingin *Thermoelectric Generator*. Dari hasil percobaan pada perbedaan suhu 8.6 – 62 Celcius, tegangan rata-rata yang terbaca sensor adalah 5.62 V. Arus rata-rata yang terbaca sensor adalah 335.92 mA. Dengan perbedaan suhu 37.9 – 62 Celcius, charger powerbank menyala dan power Arduino Pro Mini didapat dari *Thermoelectric Generator*. Koefisien *Seebeck* dari *Thermoelectric Generator* yang digunakan adalah 0.1455.

Kata kunci: *Thermoelectric Generator*, Efek *Seebeck*.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang beraneka ragam, baik dari segi budaya, adat istiadat maupun makanan. Salah satu kategori makanan yang diminati di Indonesia adalah makanan yang dibakar, seperti ayam bakar, ikan asap, jagung bakar dan lain sebagainya. Rasa yang khas dan aroma pembakaran inilah yang membuatnya memiliki kelebihan tersendiri.

Pada umumnya alat pemanggang yang digunakan berbahan bakar arang. Alat pemanggang ini dibuat dengan adanya ruang penampung bahan bakar dan asupan udara yang diberikan secara manual maupun menggunakan kipas untuk mempertahankan sumber panas.

Alat pemanggang yang digunakan masyarakat pada umumnya berbahan bakar arang, dimana cara ini pembakarannya masih secara manual, sehingga pada kondisinya sekarang masyarakat masih diharuskan menunggu dan

melakukan pembalikan daging secara langsung atau manual dalam jangka waktu yang lama. Dengan kata lain alat pemanggang ini masih belum efisien dan terkesan merepotkan. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sebuah inovasi teknologi yang dapat mempermudah proses tersebut.

Alat pemanggang pada penelitian ini adalah sistem kontrol otomatis digunakan untuk melakukan pemutaran kipas dengan memanfaatkan *Thermoelectric Generator* sebagai sumber arus listrik, dengan cara mengambil panas yang dihasilkan oleh arang. Pada penelitian ini, hasil arus listrik dari *Thermoelectric Generator* disimpan terlebih dahulu kedalam powerbank, kemudian digunakan oleh perangkat lain. Walaupun dalam pengoperasian alat ini masih memiliki kekurangan, yaitu asupan udara yang berlebihan menyebabkan panas arang cepat habis dan asupan udara yang kurang menyebabkan pembakaran arang yang lambat. Adapun studi literatur dalam

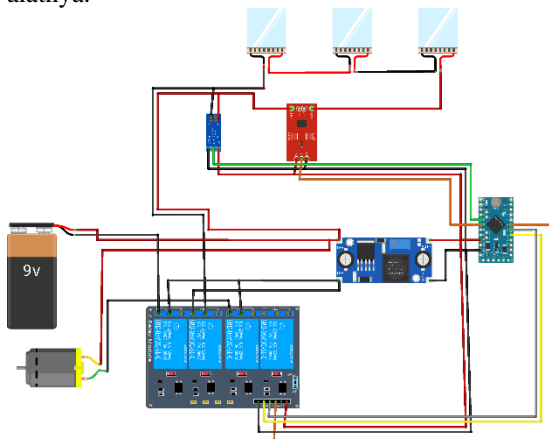
pengembangan alat pemanggang ini adalah Eakburanawat, 2006, yang melakukan penelitian dengan mengembangkan *Battery Charger* berbasis *Thermoelectric Generator*.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang digunakan penulis adalah studi literatur berupa data-data dari komponen, pembuatan perangkat keras serta merancang program alat yang dapat menghasilkan listrik dari panas pangangan.

A. Perancangan Pada Perangkat Keras

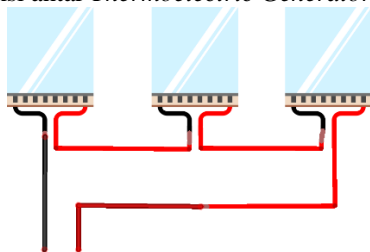
Pada tahap ini menjelaskan bagaimana cara merancang perangkat keras alat dan dijelaskan komponen apa saja yang digunakan dan cara kerja alatnya.



Gambar 1. Rangkaian alat keseluruhan

Dari gambar 1 dapat di ketahui terdapat beberapa rangkaian komponen dengan fungsinya masing-masing. Berikut penjelasan lebih rinci tentang rangkaian komponen yang digunakan:

1. Koneksi antar *Thermoelectric Generator*



Gambar 2. Rangkaian *Thermoelectric Generator*

Modul *Thermoelectric Generator* bekerja berdasarkan prinsip kerja dari efek *Seebeck* (Riffat, 2003). Efek *Seebeck* merupakan fenomena terjadinya tegangan listrik yang ditimbulkan oleh perbedaan suhu pada ujung dua jenis logam.

Elektron pada sisi panas logam bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi, maka elektron dari sisi panas mengalami difusi ke sisi dingin dan menyebabkan timbulnya arus listrik. Tegangan dapat diukur dengan kondisi *Open-Loop* dan besarnya berbanding lurus dengan selisih suhu diantara kedua logam.

Efek *Seebeck* ditemukan pertama kali oleh orang bernama Thomas Johann Seebeck yaitu pada tahun 1821 (Min, 1994), efek *Seebeck* terjadi apabila terdapat dua material atau komponen yang berbeda terhubung dalam suatu rangkaian tertutup dan kedua sambungannya material komponen dipertahankan dalam temperatur yang tidak sama, hasilnya arus listrik dapat mengalir didalam rangkaian tersebut kemudian ketika saat satu kawatnya tidak terhubung lagi, lalu dihubungkan dengan pada sebuah *galvanometer*, terlihat ada perbedaan tegangan yang dihasilkan kedua ujung material atau komponen tersebut. Tegangan yang muncul (V_o) dikenal sebagai emf (*electro motive force*), dapat dinyatakan dengan persamaan *Seebeck* yaitu:

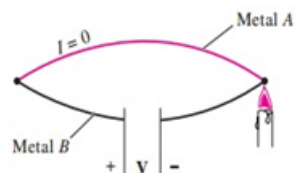
$$V_o = \alpha_{XY} (T_h - T_c)$$

Keterangan:

V_o = Tegangan keluaran (Volt)

α_{XY} = Koefisien *Seebeck* antara dua material, X dan Y (Volt/K)

T_h, T_c = Temperatur panas dan dingin



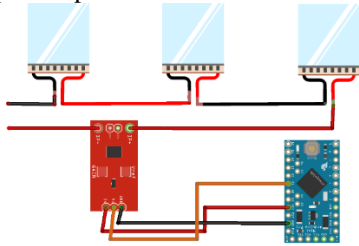
Gambar 3. Efek *Seebeck*

Penggunaan modul *Thermoelectric Generator* sebagai sistem untuk pembangkitan daya terdapat tiga parameter penting yang harus selalu diperhatikan. Yaitu, kalor yang nantinya berpindah (Watt), temperatur pada sisi panas *Thermoelectric* ($^{\circ}\text{C}$), temperatur pada sisi dingin *thermoelectric* ($^{\circ}\text{C}$). Beban kalor sendiri adalah jumlah kalor yang dipindahkan oleh *Thermoelectric* dari suatu objek yang ingin didinginkan atau diambil panasnya (Hidayat, 2006).

2. Koneksi Sensor Arus ACS712

Pada gambar 4 dapat diketahui bahwa VCC dari *Thermoelectric Generator* masuk ke pin IP+ sensor arus dan pin IP- sensor arus menuju komponen berikutnya. Lalu Pin VCC pada sensor

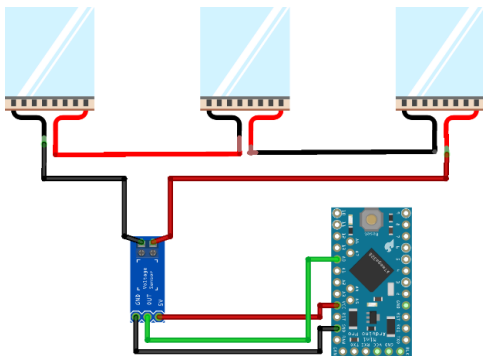
terhubung pada pin VCC pada Arduino Pro Mini, Pin GND sensor terhubung pada pin GND Arduino Pro Mini, dan Pin Vo pada sensor terhubung dengan pin A1 pada Arduino Pro Mini.



Gambar 4. Rangkaian Sensor Arus ACS712

Rangkaian sensor ini digunakan untuk mengambil data arus dari *Thermoelectric Generator* yang nantinya digunakan untuk dibandingkan dengan Multimeter, serta digunakan untuk proses data Arduino.

3. Koneksi Sensor Tegangan

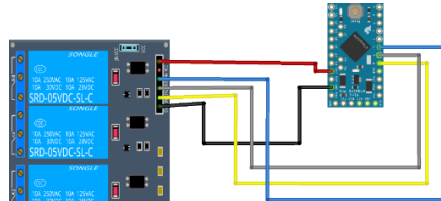


Gambar 5. Rangkaian sensor tegangan

Modul sederhana namun sangat berguna yang menggunakan pembagi potensial untuk mengurangi tegangan input. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan input analog mikrokontroler untuk memonitor tegangan jauh lebih tinggi daripada yang mampu dirasakannya. Misalnya dengan rentang input analog 0V - 5V, dapat mengukur tegangan hingga 25V. Modul ini juga mencakup terminal sekrup yang mudah digunakan untuk koneksi kabel yang mudah dan aman.

4. Koneksi Arduino Pro Mini dengan Relay

Pembahasan ini membahas komunikasi antara Arduino Pro Mini dan Modul Relay. Disini relay berfungsi untuk membuat jalur apakah power untuk Arduino Pro Mini berasal dari Powerbank atau dari *Thermoelectric Generator*.



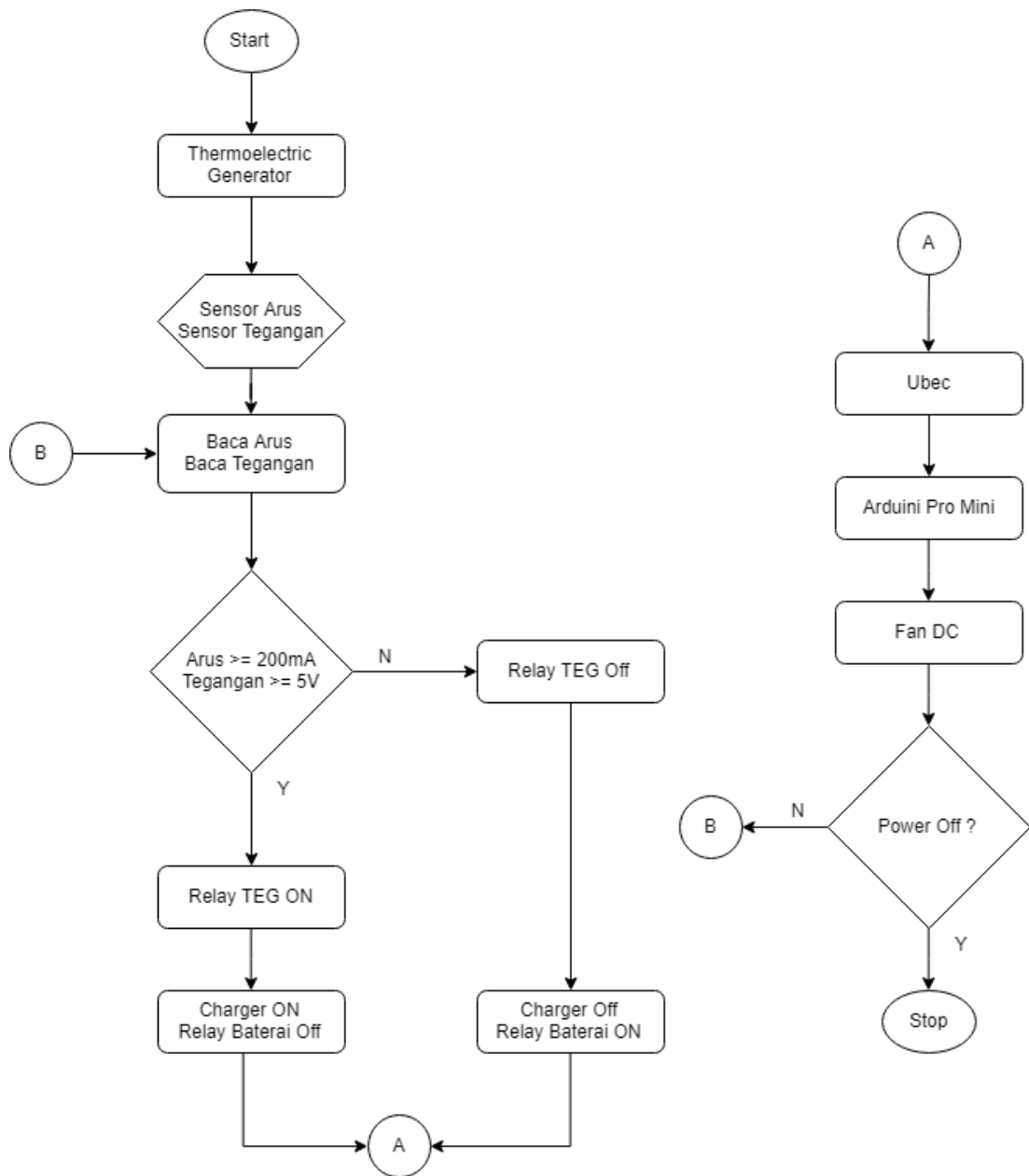
Gambar 6. Rangkaian Arduino dan Relay

Dari gambar 6 dapat dijelaskan pin 2 Arduino Pro Mini yang terhubung dengan IN1 pada modul relay digunakan untuk mengatur modul relay channel 1. Pin 3 Arduino Pro Mini yang terhubung dengan IN2 pada modul relay digunakan untuk mengatur modul relay channel 2. Sedangkan pin 4 Arduino Pro Mini yang terhubung dengan IN3 pada modul relay digunakan untuk mengatur modul relay channel 3.

Channel 1 dari Modul relay digunakan untuk memutus ataupun menghubungkan antara power bank dengan stepdown barulah menuju Arduino, channel 2 dari modul relay berfungsi untuk memutus ataupun menghubungkan listrik dari *Thermoelectric Generator* menuju stepdown dan channel 3 berfungsi untuk menyalakan Fan DC, dimana berputar atau tidaknya Fan DC sesuai dengan waktu yang ditentukan oleh Arduino Pro Mini.

B. Flowchart Sistem

Pembahasan pada subbab kali ini membahas tentang *flowchart* sistem yang berupa cara kerja keseluruhan dari alat *Thermoelectric Generator* sebagai sumber arus listrik pada alat pemanggang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di gambar 7 berikut.



Gambar 7. Flowchart sistem

Dari gambar 7 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Start: Menjalankan program/aplikasi.
- b. *Thermoelectric Generator*: melakukan proses pengambilan suhu panas dari panggangan.
- c. Sensor Arus: inialisasi variabel Sensor Arus
- d. Sensor Tegangan: inialisasi variabel Sensor Tegangan.
- e. Baca Arus: Sensor Arus melakukan proses mendeteksi arus yang dihasilkan oleh

Thermoelectric Generator.

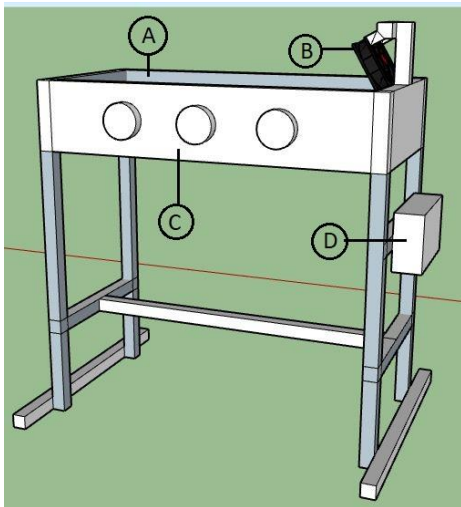
- f. Baca Tegangan: Sensor Tegangan melakukan proses mendeteksi Tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.
- g. Arus $\geq 200\text{mA}$ & Tegangan $\geq 5\text{V}$: melakukan periksa apakah arus lebih besar dari 2 Ampere dan tegangan lebih besar dari 5 Volt. Jika hasil YA, maka menjalankan proses Relay Peltier = ON. Kemudian membuat charge menjadi ON dan Relay Baterai = OFF, jika hasil

NO, maka menjalankan proses Relay Peltier OFF. Kemudian membuat charger menjadi OFF dan Relay Baterai = ON.

- h. Ubec: melakukan proses penurunan tegangan dan arus jika melebihi kapasitas.
- i. Arduino Pro Mini: melakukan pengolahan data.
- j. Fan DC = ON: menyalakan Fan DC.

C. Perancangan Mekanik

Dalam perancangan alat ini diharapkan memiliki sistem yang sangat presisi dari arus listrik dimana arus listrik tersebut dihasilkan dari *Thermoelectric Generator*, sehingga didapatkan hasil yang sangat akurat dengan tingkat kesalahan yang rendah. Berikut ini adalah desain sistem yang dibuat sebagai berikut.



Gambar 8. Desain alat

Penjelasan pada gambar 8:

- A. Tanda A pada gambar 8 adalah letak dari tempat bara.
- B. Tanda B pada gambar 8 adalah letak dari Kipas DC.
- C. Tanda C pada gambar 8 adalah letak dari *Thermoelectric Generator* beserta Heatsink.
- D. Tanda D pada gambar 8 adalah letak dari alat-alat lainnya seperti Arduino Pro Mini, Modul Relay, Sensor Arus, Sensor Tegangan dan Power Bank.

HASIL PENGUJIAN

Hasil pengujian ini didapatkan dari pengujian yang telah dilakukan dengan cara

terpisah antara *Thermoelectric Generator*, pengujian Sensor Arus ACS712, pengujian Sensor Tegangan, serta pengujian keseluruhan sistem.

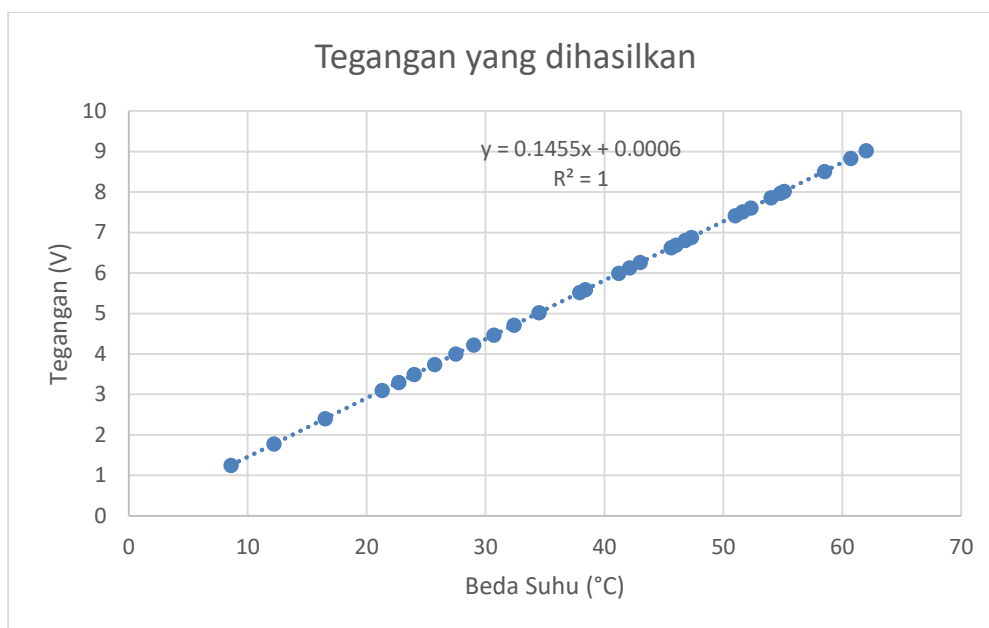
A. Pengujian Thermoelectric Generator

Pengujian dilakukan untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan oleh tiga buah *Thermoelectric Generator* (TEG) yang disambungkan secara seri. Adapun hasilnya dapat dilihat dari tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian TEG

No	Perbedaan Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	8,6	1,25	96,75
2	12,2	1,78	137,25
3	16,5	2,4	185,63
4	21,3	3,1	234,3
5	22,7	3,3	244,31
6	24	3,49	253,6
7	25,7	3,74	265,76
8	27,5	4	278,63
9	29	4,22	289,35
10	30,7	4,47	301,51
11	32,4	4,71	313,66
12	34,5	5,02	328,68
13	37,9	5,52	352,99
14	38,4	5,59	356,56
15	41,2	5,99	374,06
16	42,1	6,13	378,61
17	43	6,26	383,15
18	45,6	6,63	396,28
19	46	6,69	398,3
20	46,8	6,81	402,34
21	47,3	6,88	404,87
22	51	7,42	423,55
23	51,6	7,51	426,58
24	52,3	7,61	430,115
25	54	7,86	438,7
26	54,8	7,97	442,74
27	55,1	8,02	444,26
28	58,5	8,51	461,43
29	60,7	8,83	472,12
30	62	9,02	477,9

Pada pengujian *Thermoelectric Generator* dengan perbedaan suhu 8.6 – 62 Celcius. Arus rata-rata yang yang dihasilkan adalah 346.47 mA. Tegangan rata-rata yang yang dihasilkan adalah 5.7 V. Dari tabel 1 juga dapat dijelaskan bahwa dengan menggunakan regresi linier nilai koefisien *Seebeck* dapat diketahui yaitu 0.1455, seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Perubahan tegangan terhadap perbedaan suhu

B. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan agar dapat mengetahui apakah perangkat sensor tegangan masih dapat berfungsi dengan sebagai mana mestinya untuk digunakan membaca tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor tegangan

No	Perbedaan Suhu(C)	Tegangan (V)	Error
1	8,6	1,19	0,06
2	12,2	1,7	0,08
3	16,5	2,33	0,07
4	21,3	3,01	0,09
5	22,7	3,21	0,09
6	24	3,43	0,06
7	25,7	3,66	0,08
8	27,5	3,92	0,08
9	29	4,13	0,09
10	30,7	4,41	0,06
11	32,4	4,65	0,06
12	34,5	4,95	0,07
13	37,9	5,45	0,07
14	38,4	5,51	0,08
15	41,2	5,9	0,09
16	42,1	6,06	0,07
17	43	6,18	0,08
18	45,6	6,57	0,06
19	46	6,63	0,06
20	46,8	6,75	0,06
21	47,3	6,8	0,08
22	51	7,35	0,07
23	51,6	7,42	0,09
24	52,3	7,52	0,09

No	Perbedaan Suhu(C)	Tegangan (V)	Error
25	54	7,79	0,07
26	54,8	7,91	0,06
27	55,1	7,96	0,06
28	58,5	8,44	0,07
29	60,7	8,75	0,08
30	62	8,94	0,08

Dari tabel 2 dapat diketahui dengan pengujian *Thermoelectric Generator* dengan perbedaan suhu 8.6 – 62 Celcius. Tegangan rata-rata yang yang terbaca sensor adalah 5.62 V. Rata-rata nilai error yang dihasilkan adalah 0,074 V.

C. Pengujian Sensor Arus

Pengujian dilakukan agar dapat mengetahui apakah perangkat sensor arus masih dapat berfungsi dengan sebagaimana mestinya saat digunakan membaca arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor arus

No	Perbedaan Suhu(C)	Arus (mA)	error
1	8,6	86,05	10,7
2	12,2	122,05	15,2
3	16,5	181,03	4,6
4	21,3	228,6	5,7
5	22,7	225,71	18,6
6	24	238,3	15,3
7	25,7	259,66	6,1
8	27,5	267,23	11,4

No	Perbedaan Suhu(C)	Arus (mA)	error
9	29	281,95	7,4
10	30,7	293,21	8,3
11	32,4	308,56	5,1
12	34,5	308,98	19,7
13	37,9	340,59	12,4
14	38,4	346,76	9,8
15	41,2	369,96	4,1
16	42,1	363,81	14,8
17	43	371,55	11,6
18	45,6	388,08	8,2
19	46	390,4	7,9
20	46,8	385,84	16,5
21	47,3	386,37	18,5
22	51	419,65	3,9
23	51,6	417,48	9,1
24	52,3	423,615	6,5
25	54	425,4	13,3
26	54,8	425,54	17,2
27	55,1	438,06	6,2
28	58,5	453,93	7,5
29	60,7	456,42	15,7
30	62	472,4	5,5

Dari tabel 3 dapat diketahui dengan pengujian *Thermoelectric Generator* dengan perbedaan suhu 8.6 – 62 Celcius. Arus rata-rata yang yang terbaca sensor adalah 335.91 mA. Rata-rata nilai error yang dihasilkan adalah 10.56 mA.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan sistem. Dari awal *Thermoelectric Generator* menghasilkan arus listrik hingga diolah untuk menyalakan mikro dan mengisi daya powerbank.

Tabel 4. Hasil pengujian keseluruhan sistem

No	Perbedaan Suhu (°C)	Charger	Mikro
1	8,6	OFF	Baterai
2	12,2	OFF	Baterai
3	16,5	OFF	Baterai
4	21,3	OFF	Baterai
5	22,7	OFF	Baterai
6	24	OFF	Baterai
7	25,7	OFF	Baterai
8	27,5	OFF	Baterai
9	29	OFF	Baterai
10	30,7	OFF	Baterai
11	32,4	OFF	Baterai
12	34,5	OFF	Baterai
13	37,9	ON	TEG
14	38,4	ON	TEG
15	41,2	ON	TEG
16	42,1	ON	TEG
17	43	ON	TEG

No	Perbedaan Suhu (°C)	Charger	Mikro
18	45,6	ON	TEG
19	46	ON	TEG
20	46,8	ON	TEG
21	47,3	ON	TEG
22	51	ON	TEG
23	51,6	ON	TEG
24	52,3	ON	TEG
25	54	ON	TEG
26	54,8	ON	TEG
27	55,1	ON	TEG
28	58,5	ON	TEG
29	60,7	ON	TEG
30	62	ON	TEG

Dari tabel 4 dapat diketahui dengan pengujian *Thermoelectric Generator* dengan perbedaan suhu 8.6 – 34.5 charger powerbank tidak menyala dan power mikro dari power bank. Pada pengujian *Thermoelectric Generator* dengan perbedaan suhu 37.9 – 62 charger powerbank menyala dan power mikro dari *Thermoelectric Generator*.

Pada tabel 4 perbedaan suhu yang dimaksud adalah perbedaan suhu antara bagian dingin dan bagian panas dari *Thermoelectric Generator*. Charger yang dimaksudkan adalah pengisian daya pada powerbank dimana daya yang digunakan untuk mengisi powerbank didapat dari *Thermoelectric Generator* yang dapat menghasilkan arus listrik jika terdapat perbedaan suhu pada sisi dingin dan sisi panasnya, sedangkan Mikro yang dimaksud adalah Power yang digunakan untuk menghidupkan Arduino Pro Mini apakah itu dari *Thermoelectric Generator* atau power dari Powerbank. Jika arus listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* melebihi 5 V, maka menghidupkan sekaligus melakukan pengisian pada powerbank pada waktu yang bersamaan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian dari Alat *Thermoelectric Generator* Sebagai Sumber Arus Listrik Pada Panggangan adalah sebagai berikut:

1. Alat ini dirancang dengan panggangan sebagai tempat bara, *Thermoelectric Generator* sebagai penghasil arus listrik, Arduino Pro Mini sebagai pengolah data, Powerbank yang digunakan sebagai tempat penyimpanan arus listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*, Fan DC yang berfungsi untuk menjaga bara agar tetap panas, serta Sensor Tegangan dan Sensor Arus ACS712 yang berfungsi untuk mengambil

data dari tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.

2. Dengan menghubungkan 3 buah modul *Thermoelectric Generator* secara seri, kemudian sensor arus dan sensor tegangan melakukan pengambilan data dari tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*. Data yang diambil oleh sensor diproses Arduino Pro Mini yang digunakan untuk mengontrol Modul Relay apakah arus listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* digunakan untuk melakukan pengisian daya sekaligus menyalakan Arduino Pro Mini atau tidak. Dengan perbedaan suhu 37.9 – 62 charger powerbank menyala dan power Arduino Pro Mini didapat dari *Thermoelectric Generator*. Koefisien *Seebeck* dari *Thermoelectric Generator* yang digunakan adalah 0.1455.
3. Pada pengujian *Thermoelectric Generator* dengan perbedaan suhu 8.6 – 62 Celcius. Rata-rata arus yang terbaca oleh sensor adalah 335.91 mA dengan rata-rata error sebesar 10.56 mA. Rata-rata tegangan yang terbaca oleh sensor adalah 5.62 V dengan rata-rata error sebesar 0,074 V.

Saran

Saran yang diberikan oleh penulis pada pengembangan penelitian ini selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini penulis menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan sensor yang tingkat error-nya lebih kecil.
2. Pada penelitian ini belum mampu untuk mendeteksi isi daya dari power bank. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat mengetahui isi daya pada power bank.

DAFTAR PUSTAKA

- Christianto Tjahyadi, "DC-DC Converter" 2018. [Online]. Available: <http://christianto.tjahyadi.com/elektronika/ubec.html>. [Accessed 2 Juni 2018].
- Eakburanawat. J & I. Boonyaroonate, 2006. "Development of a thermoelectric batter-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique", *J. Appl. Energy*, 83/7, 687-704.
- Hidayat. Axel & Nandy Putra 2006. "Pengembangan Alat Uji Kualitas dan

Karakteristik Elemen Peltier", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin V.

- Min. G & D.M. Roe, 1994, "Handbook of Thermoelectric, Peltier devices as generator", CRC Press LLC, Florida.
- Nuwayhid. Rida Y, Alan Syihadeh dan Nasreen Ghaddar, "Development ad Testing of a Domestic Woodstove Thermoelectric Generator with Natural Convection Cooling". *Energy Conversion and Management* 46 (2005) 1631–1643.
- Riffat. S.B, & Ma. Xiaoli. 2003, "Thermoelectric a review of Present and Potential Application" *J. Applied Thermal Engineering*, Vol.23,913-935.
- Sinaryuda, "Mengenal Aplikasi Arduino IDE dan Arduino Sketch" 2017. [Online]. Available: <https://www.sinaryuda.web.id/microcontrol-ler/mengenal-aplikasi-arduino-ide-dan-arduino-sketch.html>. [Accessed 2 Juni 2019].
- Suryanto. Nugrah, Aziz. Azridjal & Mainil. Rahmat Iman, 2017, "Pengujian Thermoelectric Generator (TEG) Dengan Sumber Kalor Electric Heater 60 Volt Menggunakan Air Pendingin Pada Temperature Lingkungan", *Jom FTEKNIK*, Vol.4.