



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



**TUGAS AKHIR**

**Program Studi  
S1 Teknik Komputer**

**INSTITUT BISNIS  
DAN INFORMATIKA**

**stikom**  
SURABAYA

**Oleh:**

**TRI AGUNG SETYA BUDI  
15410200039**

---

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA  
2019**

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

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

Nama : Tri Agung Setya Budi

NIM : 15410200039

Program : S1 (Strata Satu)

Jurusan : Teknik Komputer

Fakultas : Teknologi dan Informatika

FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA

2019



“Menyerah itu apa?”

INSTITUT BISNIS  
DAN INFORMATIKA

stikom  
SURABAYA

**Kupersembahkan Kepada ALLAH SWT**

**Ibu, Bapak, Adik dan semua keluarga tercinta,**

**Yang selalu mendukung, memotivasi dan menyisipkan nama saya dalam  
doa-doa terbaiknya.**

**Beserta semua teman yang selalu membantu, mendukung dan memotivasi  
agar tetap berusaha menjadi lebih baik.**

## TUGAS AKHIR

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

Dipersiapkan dan disusun oleh

**TRI AGUNG SETYA BUDI**

**NIM : 15410200039**

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Pembahas

Pada : Juli 2019

#### Susunan Dewan Pembimbing dan Penguji

##### Pembimbing

I. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN. 0729047501

II. Musayyannah, S.ST., M.T.

NIDN. 0730069102

##### Pembahas

I. Dr. Jusak

NIDN. 0708017101

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh gelar Sarjana



FAKULTAS TEKNOLOGI  
DAN INFORMATIKA

stikom

Dr. Jusak

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA

**SURAT PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Sebagai mahasiswa Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, saya :

Nama : Tri Agung Setya Budi  
NIM : 15410200039  
Program Studi : S1 Teknik Komputer  
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : **RANCANG BANGUN THERMOELECTRIC  
GENERATOR SEBAGAI SUMBER ARUS LISTRIK  
PADA ALAT PEMANGGANG**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta
2. Karya tersebut di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Juli 2019

Yang menyatakan



Tri Agung Setya Budi  
Nim : 15410200039

## ABSTRAK

Alat pemanggang yang digunakan pada masyarakat umumnya berbahan bakar arang, dimana pembakarannya masih secara konvensional (diputar). Sehingga pada kondisinya sekarang masyarakat masih diharuskan menunggu dan melakukan pemutaran secara langsung atau manual dalam jangka waktu yang lama. Alat pemanggang pada penelitian ini menggunakan sistem kontrol digunakan untuk melakukan pemutaran kipas dengan memanfaatkan *Thermoelectric Generator* sebagai sumber listrik. *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 beda 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 beda 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.



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran ALLAH SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN *THERMOELECTRIC GENERATOR* SEBAGAI SUMBER ARUS LISTRIK PADA ALAT PEMANGGANG ”. Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam rangka penulisan laporan untuk memperoleh gelar Sarjana pada program studi S1 Teknik Komputer Stikom Surabaya.

Mulai dari tahap perencanaan hingga tahap penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang Tua dan Saudara-saudara saya tercinta yang telah memberikan dorongan dan bantuan baik moral maupun materi sehingga penulis dapat menempuh dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Jusak selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika (FTI) Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir yang dibuat oleh penulis dengan Baik.
3. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom, M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Komputer Stikom Surabaya telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir yang dibuat oleh penulis dengan Baik.
4. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom, M.T., dan Ibu Musayyanah, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberi arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir beserta laporan ini.



5. Bapak Dr. Jusak selaku Dosen Pembahas atas ijin dan masukkan dalam menyusun Tugas Akhir ini.
6. Semua staf dosen yang telah mengajar dan memberikan ilmunya.
7. Teman - teman seperjuangan TK angkatan 2015 dan semua pihak yang terlibat namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungannya.
8. Serta semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan secara satu per satu, yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, masih banyak kekurangan dalam menyusun laporan ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis meminta maaf apabila dalam laporan Tugas akhir ini masih banyak kesalahan baik dalam penulisan Bahasa yang digunakan. Penulis juga memerlukan kritik dan saran dari para pembaca yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan laporan yang telah penulis susun.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN.....	vi
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1. <i>Thermoelectric Generator</i> .....	5
2.2. Arduino Pro Mini .....	8

2.3.	Software Arduino IDE.....	10
2.4.	Relay.....	13
2.5.	Baterai.....	15
2.6.	Modul Charge Baterai .....	16
2.7.	Sensor Arus ACS712.....	17
2.8.	Sensor Tegangan .....	20
2.9.	UBEC (Step Down).....	21
2.10.	<i>Fan</i> DC .....	23
2.11.	Power Bank.....	24
BAB III.....		26
METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN PROGRAM.....		26
3.1.	Blok Diagram .....	27
3.2.	Perancangan Alat.....	29
3.3.	Perancangan Perangkat Keras .....	30
3.3.1.	<i>Thermoelectric Generator</i> .....	31
3.3.2.	Sensor ARUS ACS712 .....	32
3.3.3.	Sensor Tegangan .....	34
3.3.4	Modul Relay.....	36
3.3.5	Step-Down.....	41
3.4.	Flowchart Sistem .....	43
3.5.	Perancangan Program.....	45

3.5.1.	Sensor Arus ACS712 .....	45
3.5.2.	Sensor Tegangan .....	46
BAB IV .....		48
PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM .....		48
4.1.	Pengujian <i>Thermoelectric Generator</i> .....	48
4.1.1.	Tujuan .....	48
4.1.2.	Alat yang digunakan .....	48
4.1.3.	Prosedur pengujian .....	48
4.1.4.	Hasil Pengujian .....	49
4.2.	Pengujian Sensor Arus .....	51
4.2.1.	Tujuan .....	51
4.2.2.	Alat yang digunakan .....	51
4.2.3.	Prosedur pengujian .....	52
4.2.4.	Hasil Pengujian .....	53
4.3.	Pengujian Sensor Tegangan .....	54
4.3.1.	Tujuan .....	54
4.3.2.	Alat yang digunakan .....	54
4.3.3.	Prosedur pengujian .....	54
4.3.4.	Hasil Pengujian .....	55
4.4.	Pengujian Tingkat Error Sensor .....	56
4.4.1.	Tujuan .....	56

4.4.2.	Alat yang digunakan .....	57
4.4.3.	Prosedur pengujian.....	57
4.4.4.	Hasil Pengujian .....	58
4.5.	Pengujian Keseluruhan Alat.....	59
4.5.1.	Tujuan .....	59
4.5.2.	Alat yang digunakan .....	59
4.5.3.	Prosedur pengujian.....	60
4.5.4.	Hasil Pengujian .....	60
BAB V	.....	63
PENUTUP	.....	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	.....	65
LAMPIRAN	.....	66
Lampiran 1.	Program Arduino Pro Mini.....	66
Lampiran 2.	Datasheet ACS712.....	68
Lampiran 3.	Datasheet Termoelectric Generator SP1848.....	71
BIODATA PENULIS	.....	73

## DAFTAR GAMBAR

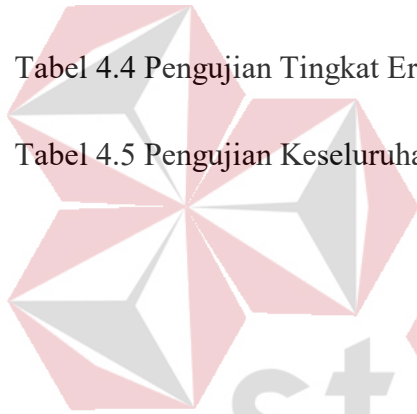
	Halaman
Gambar 2.1 Efek <i>Seebeck</i> .....	6
Gambar 2.2 Perubahan tegangan terhadap beda suhu .....	7
Gambar 2.3 Arduino Pro Mini .....	8
Gambar 2.4 Arduino IDE <i>Startup</i> .....	11
Gambar 2.5 Tampilan Lembar Kerja Arduino IDE .....	12
Gambar 2.6 Modul Relay .....	14
Gambar 2.7 Baterai .....	16
Gambar 2.8 Modul Charge TP4056 .....	17
Gambar 2.9 Sensor Arus ACS712 .....	18
Gambar 2.10 Modul Sensor Tegangan .....	20
Gambar 2.11 UBEC ( <i>Step Down</i> ) .....	22
Gambar 2.12 Fan DC .....	24
Gambar 2.13 Power Bank .....	25
Gambar 3.1 Blok Diagram .....	27
Gambar 3.2 Desain alat tampak samping .....	29
Gambar 3.3 Desain alat tampak kiri atas .....	29
Gambar 3.4 Rangkaian Alat .....	30
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Thermoelectric Generator</i> .....	31

Gambar 3.6 Wiring Arduino dan Sensor Arus.....	32
Gambar 3.7 Wiring Sensor Arus dan <i>Thermoelectric Generator</i> .....	33
Gambar 3.8 Wiring Arduino dan Sensor Tegangan.....	34
Gambar 3.9 Wiring Sensor Tegangan dan <i>Thermoelectric Generator</i> .....	35
Gambar 3.10 Wiring Modul Relay dan <i>Thermoelectric Generator</i> .....	36
Gambar 3.11 Wiring Modul Relay dan Arduino Pro Mini .....	37
Gambar 3.12 Wiring Modul Relay dan Step-Down.....	38
Gambar 3.13 Wiring Modul Relay dan Baterai .....	39
Gambar 3.14 Wiring Modul Relay dan Motor DC .....	40
Gambar 3.15 Wiring Step-Down dan <i>Thermoelectric Generator</i> .....	41
Gambar 3.16 Wiring Step-Down dan Baterai .....	42
Gambar 3.17 Wiring Step-Down dan Motor DC .....	42
Gambar 3.18 <i>Flowchart</i> Sistem .....	43
Gambar 3.19 Program Sensor Arus .....	45
Gambar 3.20 Program Sensor Tegangan .....	46
Gambar 4.1 Grafik Tegangan Yang Dihasilkan TEG.....	50
Gambar 4.1 Grafik Arus Yang Dihasilkan TEG.....	51



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Pro Mini .....	9
Tabel 2.2 Pin Sensor Arus ACS712 .....	19
Tabel 4.1 Hasil Pegujian <i>Thermoelectric Generator</i> .....	49
Tabel 4.2 Hasil Pegujian Sensor Arus ACS712.....	53
Tabel 4.3 Hasil Pegujian Sensor Tegangan.....	55
Tabel 4.4 Pengujian Tingkat Error Sensor.....	58
Tabel 4.5 Pengujian Keseluruhan Alat.....	60



INSTITUT BISNIS  
DAN INFORMATIKA

stikom  
SURABAYA

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Program Arduino Pro Mini.....	66
Lampiran 2. Datasheet ACS712.....	68
Lampiran 3. Datasheet Thermoelectric Generator SP1848.....	71



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang beraneka ragam, baik dari segi budaya, adat istiadat maupun makanan. Salah satu kategori makanan yang banyak 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 ataupun menggunakan kipas untuk mempertahankan panas sumber panas.

Alat pemanggang yang digunakan pada masyarakat umumnya berbahan bakar arang, dimana cara ini pembakarannya masih secara konvensional (diputar). Sehingga pada kondisinya sekarang masyarakat masih diharuskan menunggu dan melakukan pemutaran secara langsung atau manual dalam jangka waktu yang lama. Dengan kata lain alat pemanggang ini masih belum efisien dan masih 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 listrik, dengan cara mengambil panas

yang dihasilkan oleh arang. Pada penelitian ini, arus listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* akan disimpan terlebih dahulu kedalam baterai terlebih dahulu, kemudian akan digunakan oleh perangkat yang lain. Walaupun dalam pengoperasian alat ini masih memiliki kekurangan, yaitu asupan udara untuk pembakaran tidak dapat dikontrol. Asupan udara yang berlebih akan menyebabkan bahan bakar akan cepat habis dan asupan udara yang kurang akan menyebabkan pembakaran arang yang lambat. Adapun studi literatur dalam pengembangan alat pemanggang ini ialah Eakburanawat, 2006, yang melakukan penelitian dengan mengembangkan *battery charger* berbasis *thermoelectric*.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun permasalahan yang akan dihadapi ke depannya dalam proses pengerjaan alat ini adalah :

1. Bagaimana merancang mekanik pada alat panggang.
2. Bagaimana merancang rangkaian *Thermoelectric Generator* untuk menghasilkan arus dan tegangan listrik.
3. Bagaimana arus listrik yang didapatkan dari *Thermoelectric Generator* dapat memenuhi kebutuhan sistem.

### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini terdapat beberapa Batasan masalah, antara lain :

1. Menggunakan *Thermoelectric Generator* sebagai alat untuk sumber arus listrik.
2. Menggunakan Arduino Pro Mini sebagai mikrokontroler.
3. Sumber panas diatur oleh manusia.
4. Tidak mengatur pembuangan abu.

#### 1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun prototipe alat pemanggang otomatis.
2. Modul *Thermoelectric Generator* dapat menghasilkan arus listrik dengan panas dari bara api sebagai sumbernya.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembaca dalam memahami persoalan dan pembahasannya, maka penulisan laporan tugas akhir ini dibuat dengan sistematika sebagai berikut.

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang masalah dan penjelasan permasalahan secara umum, perumusan masalah serta batasan masalah yang dibuat, tujuan dari pembuatan tugas akhir dan sistematika penulisan buku.

## **BAB II LANDASAN TEORI**

Pada bab ini membahas teori – teori yang berhubungan dan mendukung dalam pembuatan tugas akhir seperti *Thermoelectric Generator*, Arduino Pro Mini, Modul Relay, Sensor Arus ACS712, Sensor Tegangan, UBEC, Fan DC, Power Bank dan literatur yang menunjang dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

## **BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini membahas tentang perancangan sistem seperti Blok Diagram, Perancangan Alat, Perancangan Perangkat Keras, Flowchart, Perancangan Program yang menunjang dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

## **BAB IV PENGUJIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian alat. Pengujian yang dilakukan yaitu uji tegangan dan uji arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*, ketepatan pembacaan Sensor Arus ACS712 dan Sensor Tegangan, dan uji coba secara keseluruhan.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan akan dijelaskan berdasarkan dari hasil pengujian alat tugas akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan berikutnya.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. *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 akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi, maka elektron dari sisi panas akan mengalami difusi ke sisi dingin dan menyebabkan timbulnya medan elektrik pada sisi logam tersebut. Tegangan tersebut diukur dalam kondisi *Open-Loop* dan besarnya sebanding dengan selisih suhu pada kedua logam.

Efek *Seebeck* ditemukan pertama kali oleh Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821 (Min, 1994), yaitu efek yang terjadi bila terdapat dua material yang berbeda dihubungkan dalam suatu rangkaian tertutup dan pada kedua sambungannya dipertahankan pada temperatur yang berbeda maka arus listrik akan mengalir dalam rangkaian tersebut dan ketika salah satu kawatnya diputuskan lalu disambung dengan sebuah *galvanometer*, maka akan terlihat perbedaan tegangan dari kedua ujung tersebut. Tegangan yang muncul ( $V_o$ ) dikenal sebagai emf (*electro motive force*), dapat dinyatakan dengan persamaan *Seebeck* yaitu :

$$V_o = \alpha_{XY}(T_h - T_c) \quad (2.1)$$

Keterangan :

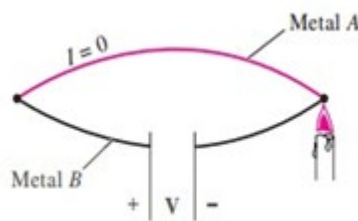


$V_o$  = Tegangan keluaran (*Volt*)

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

$T_h, T_c$  = Temperatur panas dan dingin

Prinsip kerja dari efek *Seebeck* seperti dapat dilihat pada Gambar 2.1.

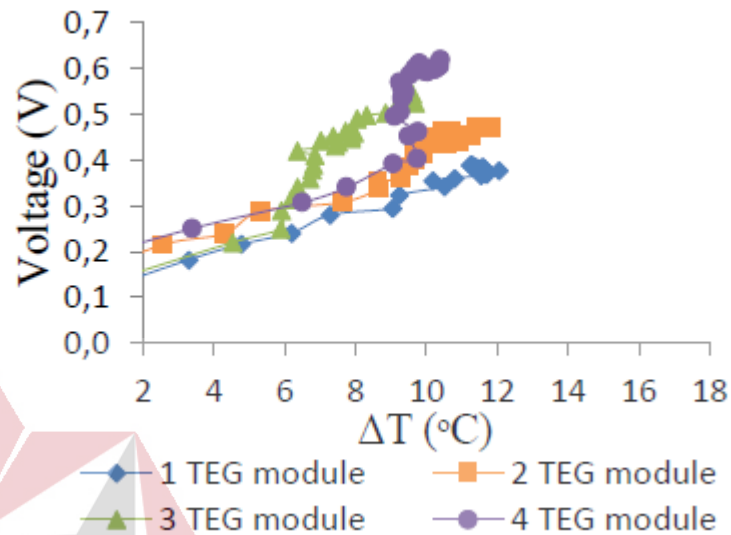


Gambar 2.1 Efek *Seebeck*

Penggunaan modul *Thermoelectric Generator* sebagai sistem pembangkitan daya maupun sistem pendinginan terdapat tiga parameter yang harus diperhatikan yaitu :  $Q$  adalah beban kalor yang akan dipindahkan (Watt),  $T_h$  adalah temperatur sisi panas modul *Thermoelectric* ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_c$  adalah temperatur sisi dingin modul *thermoelectric* ( $^{\circ}\text{C}$ ). Beban kalor adalah jumlah total kalor yang harus dipindahkan oleh modul *thermoelectric* dari objek yang hendak didinginkan/diambil panasnya kelingkungan (Hidayat, 2006).

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan Eakburanawat, 2006, yang mengembangkan *battery charger* berbasis *Thermoelectric Generator* dengan sumber panas buang dari tungku api dan dinding tungku, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 7,99 W. Kemudian Nuwayhid dkk, 2005, juga memanfaatkan

panas dari tungku api dengan menggunakan konveksi bebas pada sisi thermoelectric yang menghasilkan daya sebesar 4,2 W.

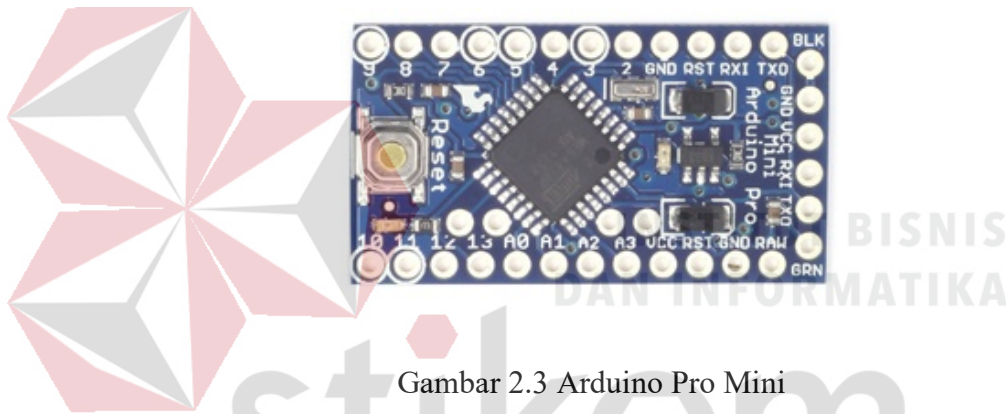


Gambar 2.2 Perubahan tegangan terhadap beda suhu (Suryanto, 2017)

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat perbandingan jumlah modul *Thermoelectric Generator* terhadap tegangan yang dihasilkan pada input voltage regulator 60 V laju aliran 1,7 liter/menit. Pada tegangan input voltage regulator 60 V, dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,390 V, dengan menggunakan 2 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,47 V, dengan menggunakan 3 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,54 V, dengan menggunakan 4 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,62 V.

## 2.2. Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini adalah board mikrokontroler berdasarkan ATmega328 (*datasheet*). Dan memiliki 14 digital pin *input / output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, resonator on-board, tombol reset, dan lubang untuk pemasangan pin header. Terdapat header enam pin yang dapat dihubungkan ke kabel FTDI atau Sparkfun board breakout untuk memberikannya USB dan komunikasi untuk board.



Gambar 2.3 Arduino Pro Mini

Secara umum Arduino Pro Mini terdiri dari dua bagian, yaitu:

- *Hardware*: papan *input / output* (I/O) mempunyai 2 sifat pin yaitu pin digital dan pin analog, dapat digunakan sebagai pin digital. Digital berarti sinyal yang dikirimkan atau diterima bernilai 1 atau 0, on atau off, HIGH atau LOW, ada atau tidak ada sinyal. Berbeda dengan sinyal *analog* yang nilainya bersifat kontinyu, yakni nilai antara 0 dan 1 dipertimbangkan. Pin digital berarti pin dapat menerima atau mengirim sinyal digital.

- *Software*: *software* Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program.

Berikut adalah tabel spesifikasi dari Arduino Pro Mini :

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Pro Mini

Microcontroller	ATmega328
Board Power Supply	3.35 -12 V (3.3V) or 5 - 12 V (5V)
<i>Circuit Operating Voltage</i>	3.3V or 5V ( <i>depending on model</i> )
<i>Digital I/O Pins</i>	14
<i>PWM Pins</i>	6
UART	1
SPI	1
I2C	1
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>External Interrupts</i>	2
DC Current per I/O Pin	40 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB <i>of which</i> 2 KB <i>used by bootloader</i>
SRAM	2Kb
EEPROM	1Kb
<i>Clock speed</i> (3.35V model)	8Hz
<i>Clock speed</i> (5V model)	16Hz

Arduino Pro Mini memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke Arduino melalui koneksi USB.

ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk library wire untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C. Untuk menggunakan komunikasi SPI, silakan lihat datasheet ATmega328. ATmega328 juga mendukung komunikasi I2C dan SPI.

### 2.3. Software Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah software yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram *board* arduino. Arduino IDE ini berguna sebagai *text editor* untuk membuat, mengedit, dan juga mevalidasi kode program. Bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “sketch” atau disebut juga *source code* arduino, dengan ekstensi file *source code* .ino. Gambar 2.4 menampilkan tampilan awal Arduino IDE saat pertama kali dibuka.



Gambar 2.4 Arduino IDE *Startup* (Sinaryuda, 2017)

Editor *Programming* pada umumnya memiliki fitur untuk *cut / paste* dan untuk *find / replace* teks, demikian juga pada Arduino IDE. Gambar 2.4 menampilkan tampilan lembar kerja pada Arduino IDE. Pada bagian **keterangan aplikasi** memberikan pesan balik saat menyimpan dan mengeksport serta sebagai tempat menampilkan kesalahan. **Konsol log** menampilkan teks log dari aktifitas Arduino IDE, termasuk pesan kesalahan yang lengkap dan informasi lainnya. Pojok kanan bawah menampilkan port serial yang di gunakan. Tombol *toolbar* terdapat ikon tombol pintas untuk memverifikasi dan meng-upload program, membuat, membuka, dan menyimpan *sketch*, dan membuka monitor serial.



Gambar 2.5 Tampilan Lembar Kerja Arduino IDE (Sinaryuda, 2017)

**Verify** pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah Compile. Sebelum aplikasi di-upload ke board Arduino, biasanya untuk memverifikasi terlebih dahulu *sketch* yang dibuat. Jika ada kesalahan pada *sketch*, nanti akan muncul error. Proses *Verify* / *Compile* mengubah *sketch* ke binary code untuk di-upload ke mikrokontroler.

**Upload** tombol ini berfungsi untuk mengupload sketch ke *board* Arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol *verify*, maka sketch akan di-*compile*,



kemudian langsung di-*upload* ke *board*. Berbeda dengan tombol *verify* yang hanya berfungsi untuk memverifikasi *source code* saja.

- **New Sketch** Membuka window dan membuat *sketch* baru.
- **Open Sketch** Membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat. *Sketch* yang dibuat dengan IDE Arduino akan disimpan dengan ekstensi file *.ino*
- **Save Sketch** menyimpan *sketch*, tapi tidak disertai dengan mengkompile.
- **Serial Monitor** Membuka *interface* untuk komunikasi serial, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.
- **Keterangan Aplikasi** pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, misal **Compiling** dan **Done Uploading** ketika kita meng-*compile* dan meng-*upload sketch* ke *board* Arduino
- **Konsol log** Pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang *sketch* akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi meng-*compile* atau ketika ada kesalahan pada *sketch* yang kita buat, maka informasi *error* dan baris akan diinformasikan di bagian ini.
- **Baris Sketch** bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada *sketch*.

#### 2.4. Relay

*Relay* adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. *Armatur* ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika *armatur*

tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. (Turang, 2015).

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*-nya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bagian utama relay elektro mekanik adalah sebagai berikut. Kumparan elektromagnet Saklar atau kontaktor *Swing Armatur Spring* (Pegas). Bentuk fisik dari Relay sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Modul Relay

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian control DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian control dan tegangan beban. Diantara aplikasi relay yang dapat ditemui diantaranya adalah relay sebagai control ON/OFF beban dengan sumber tegangan

berbeda. Relay sebagai selector atau pemilih hubungan. Relay sebagai eksekutor rangkaian delay (tunda). Relay sebagai protector atau pemutus arus pada kondisi tertentu.

Sifat-sifat relay antara lain :

1. Impedansi kumparan biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan. Biasanya impedansi berharga 1-50 K $\Omega$  Guna memperoleh daya hantar yang baik.
2. Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan relay besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus.
3. Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada kontak dan jenis relaynya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang diizinkan antara kontak tersebut.

## 2.5. Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan ) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses

regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari pada baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka waktu yang panjang.

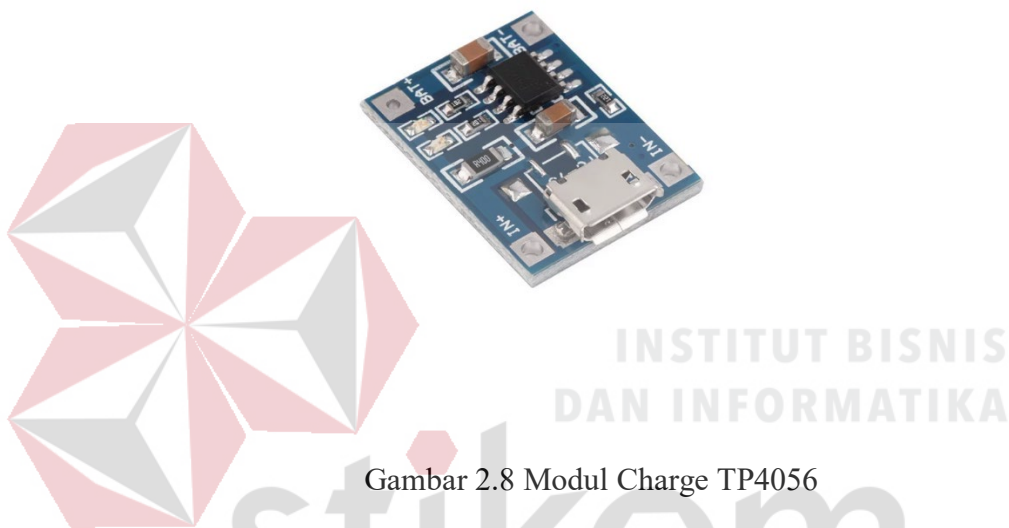


Gambar 2.7 Baterai

## 2.6. Modul Charge Baterai

Modul ini digunakan untuk mengisi baterai bertipe *Lithium Ion* (Li-on) atau yang sering digunakan baterai pada *handphone*. Dengan memanfaatkan *input*

*micro usb* ataupun adaptor pengisian *handphone* modul charge dengan chip TP4056 ini dilengkapi dengan fitur *over-load protection* dan *over-discharge* yang berfungsi untuk melindungi baterai Li-Ion agar tidak kelebihan dalam pengisian yang dapat mengakibatkan kerusakan pada baterai.



Gambar 2.8 Modul Charge TP4056

## 2.7. Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya



Gambar 2.9 Sensor Arus ACS712

Spesifikasi Sensor Arus ACS712:

1. Berbasis ACS712 dengan fitur:

- Waktu kenaikan perubahan luaran = 5  $\mu$ s.
- Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
- Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu kerja  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .
- Tahanan konduktor internal 1,2 m $\Omega$ .
- Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin1-4 dan pin 5-8.
- Sensitivitas luaran 185 mV/A.
- Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
- Tegangan luaran proporsional terhadap masukan arus AC atau DC.

2. Tegangan kerja 5 VDC.

3. Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian offset rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir

melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan tranducer medan secara berdekatan.

Tabel 2.2 Pin Sensor Arus ACS712

Pin Sensor ACS712	Fungsi
IP +	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya
IP -	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya
GND	Terminal sinyal <i>ground</i>
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas <i>bandwith</i>
Viout	Terminal keluaran sinyal analog
Vcc	Terminal masukan catu daya

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar  $1,2 \text{ m}\Omega$  dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa



menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. IC ACS712 tipe 5 A IC ini mempunyai sensitivitas sebesar 185 mV/A. Saat arus yang mengalir 0 A IC ini mempunyai output tegangan 2,5 V. Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus.

## 2.8. Sensor Tegangan

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

Modul ini didasarkan pada prinsip desain pembagi tegangan resistif, & dapat membuat tegangan input konektor terminal merah hingga 5 kali lebih kecil. Tegangan input analog Arduino hingga 5V, menghasilkan tegangan input modul deteksi tegangan tidak lebih besar dari  $5V \times 5 = 25V$  (jika Anda menggunakan sistem 3.3V, tegangan input tidak lebih besar dari  $3.3V \times 5 = 16.5V$ ).



Gambar 2.10 Modul Sensor Tegangan

Spesifikasi :

1. Divider Ratio: 5:1
2. Resistor Tolerance: 1%
3. Max Input Voltage: 25V
4. Resister Value: 30K/7.5K Ohm

Datasheet :

1. GND - This is where you connect the low side of the voltage you are measuring.  
Caution: This is the same electrical point as your Arduino ground.
2. VCC - This is where you connect the high side of the voltage your are measuring (0 - 25V)
3. S: This connects to your Arduino analog input.
4. -: This connects to your Arduino ground.
5. +: This is not connected. It does absolutely nothing.

## 2.9. UBEC (Step Down)

Mengubah tegangan, tinggi ke rendah atau sebaliknya, memerlukan rangkaian yang tepat, agar daya dapat di-*deliver* dengan tingkat efisiensi setinggi mungkin. Menurunkan tegangan dengan menggunakan IC regulator seperti 7805, sangat umum digunakan. Regulator ini memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan  $V_{in}$  minimal sama dengan 7V, untuk menghasilkan *output* 5V. Dengan perhitungan sederhana, bila  $V_{in} = 9V$ , maka disipasi daya  $\sim 4$  Watt, satu

nilai yang cukup besar (panas), atau menggunakan regulator linier tipe LDO, seperti 2940, yang juga memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan  $V_{in}$  minimal sama dengan 5.5V, untuk menghasilkan *output* 5V.

Pilihan lain adalah regulator switching. Untuk kebutuhan mencatu motor servo atau rangkaian lain yang bekerja pada tingkat tegangan 5V – 6V, dapat menggunakan UBEC. UBEC – *Universal Battery Elimination Circuit* adalah rangkaian elektronik yang mengambil daya dari battery pack atau sumber DC lainnya, dan menurunkannya ke level tegangan 5V atau 6V. Tegangan *input* maksimum tergantung pada spesifikasi UBEC.



Gambar 2.11 UBEC (*Step Down*) (Tjahyadi, 2018)

UBEC biasanya digunakan pada aplikasi yang memerlukan arus lebih tinggi, dan perangkat ini mampu mengantarkan daya dengan efisiensi hingga 92%. Ketika memilih UBEC, pastikan model UBEC yang dipilih memiliki rating arus yang sesuai dengan kebutuhan (beban). Bentuk fisik dari ubec ditampilkan pada gambar 2.11. Rangkaian lain yang juga sering dibutuhkan adalah DC-DC *Booster*. Sebagai contoh, satu produk DC-DC, mampu menghasilkan *output* 3.7V – 34V

dengan *input* 3.7V – 34V. Artinya, dengan tegangan *input* minimum 3.7V dapat dihasilkan *output* maksimum 34V, dengan arus *input* maksimum 3A, serta mampu men-*deliver* daya dengan tingkat efisiensi hingga 90%.

Tegangan *input* tidak boleh lebih besar dari *output* yang dihasilkan. Dalam banyak aplikasi, khususnya aplikasi robotik, seringkali dibutuhkan kombinasi keduanya, agar dapat menggunakan satu catu *battery pack* (Tjahyadi, 2018).

## 2.10. *Fan* DC

Kipas adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghasilkan aliran pada fluida gas seperti udara. Kipas memiliki fungsi yang berbeda dengan kompresor sekalipun media kerjanya sama, dimana kipas menghasilkan aliran fluida dengan debit aliran yang besar pada tekanan rendah, sedangkan kompresor menghasilkan debit aliran yang rendah namun tekanan kerja yang tinggi. Dengan fungsi yang berbeda dari kompresor tersebut, kipas banyak diaplikasikan seperti untuk kenyamanan ruangan (kipas meja/dinding), sistem pendingin pada kendaraan atau sistem permesinan, ventilasi, penyedot debu, sistem pengering (dikombinasikan dengan heater), membuang gas-gas berbahaya, dan juga supply udara untuk proses pembakaran (seperti pada boiler).

Pada dasarnya fungsi fan adalah sebagai penyembur dan penghisap udara tergantung letak atau sisi pemanfaatannya. *Fan* yang diletakan pada saluran udara suplai akan menghisap udara dari luar atau dari ruangan (*return*) dan akan menyembur udara ke dalam ruangan. Sedangkan *fan* yang diletakan pada saluran udara *exhaust* akan menghisap udara dari ruangan dan menyemburkannya

ke luar atau lingkungan. Untuk dapat mengatur kecepatan *fan* tanpa menggunakan inverter digunakan fan DC. Pengaturan kecepatan putaran *fan* dilakukan dengan mengatur suplai tegangan yang diberikan pada motor fan menggunakan metode PWM.



Gambar 2.12 Fan DC

## 2.11. Power Bank

Pengisi baterai *portable* adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memasukkan energi listrik kedalam baterai yang bisa diisi ulang tanpa harus menghubungkan perangkat tersebut pada *outlet* listrik. Pengisi baterai ini disebut *portable* karena berbeda dengan pengisi baterai yang harus dihubungkan pada *outlet* listrik, pengisi *portable* dapat digunakan tanpa harus menghubungkan pada perangkat listrik. Namun pengisi baterai *portable* ini memiliki daya tampung energi listrik sehingga ketika daya tersebut telah habis terpakai, energi listrik harus kembali diisi kembali dengan cara menghubungkan kabel dengan *outlet* listrik. Pengisi baterai *portable* ini tidak hanya bisa untuk mengisi ulang baterai

handphone, tetapi juga dapat mengisi ulang baterai pada perangkat lain seperti iPod, iPad, mp3, *player*, tablet, dan perangkat lainnya. Kabel konektor yang menghubungkan perangkat dengan pengisi baterai *portable* pada satu ujung kabel pengisi baterai penghubung USB yang dicolokkan pada pengisi baterai *portable* dan ujung yang lain berbentuk sesuai dengan tempat pengisi perangkat yang disesuaikan. *Power bank* dapat dilihat pada Gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2.13 Power Bank

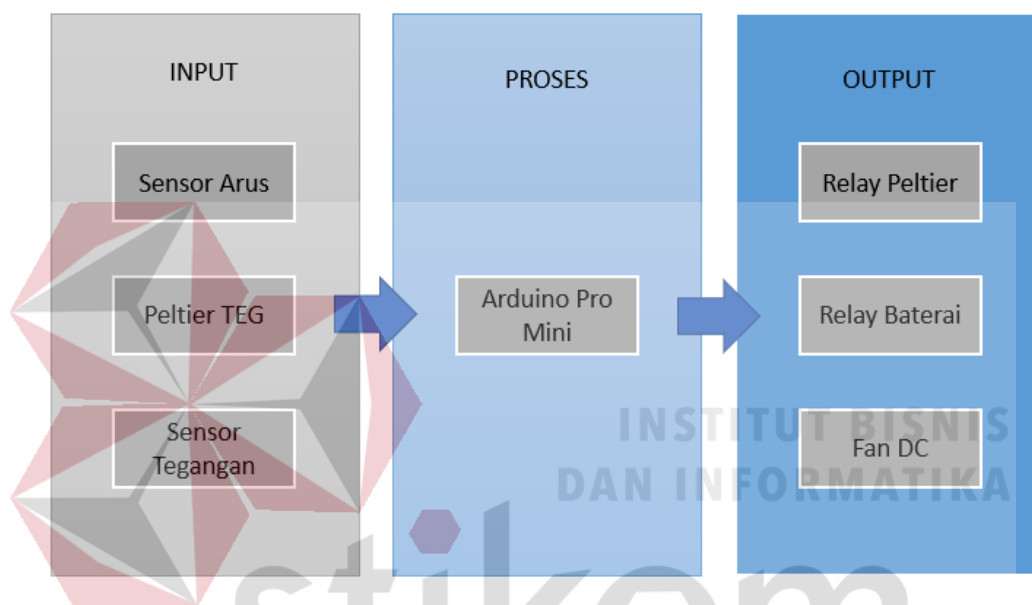
### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN PROGRAM**

Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah studi literatur berupa data-data dari masing-masing komponen, perancangan perangkat keras dan pembuatan program untuk membuat alat yang dapat menghasilkan listrik dari panas panggangan. Pada perancangan *system* terdapat *Thermoelectric Generator* yang digunakan untuk menghasilkan listrik, sensor arus untuk mengetahui arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*, sensor tegangan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*. Juga terdapat Powerbank dan fan DC untuk output pada Arduino Pro Mini. Fan DC digunakan untuk mengatur suhu pada panggangan agar bara api (arang) tidak padam, sedangkan Powerbank digunakan untuk menyimpan listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*, yang nantinya akan digunakan untuk menyalakan Arduino Pro Mini dan komponen lain jika arus listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* belum stabil.

### 3.1. Blok Diagram

Berikut merupakan Blok Diagram pada Rancang Bangun *Thermoelectric Generator* Sebagai Sumber Arus Listrik Pada Alat Pemanggang pada sistem yang akan dibuat.



Gambar 3.1 Blok Diagram

Tiap-tiap bagian dari Diagram Blok Sistem pada Gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Inputan pada Arduino Pro Mini :
  - a. Sensor Arus, Untuk mengambil nilai arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.
  - b. Sensor Tegangan, Untuk mengambil nilai tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.



- c. *Thermoelectric Generator*, dibutuhkan 3 untuk menghasilkan aliran listrik yang nantinya digunakan untuk menyalakan komponen lainnya.

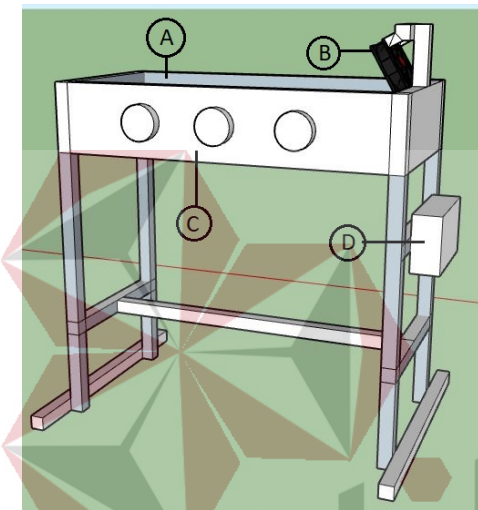
2. *Output-an* pada Arduino Pro Mini :

- a. Relay *Thermoelectric Generator*, Sebagai saklar untuk mengaktifkan atau memutus aliran listrik yang didapat dari *Thermoelectric Generator*.
- b. Relay Powerbank, Sebagai saklar untuk mengaktifkan atau memutus aliran listrik yang didapat dari Powerbank.
- c. Fan DC, Sebagai aktuator untuk menjaga agar bara tetap menyala.

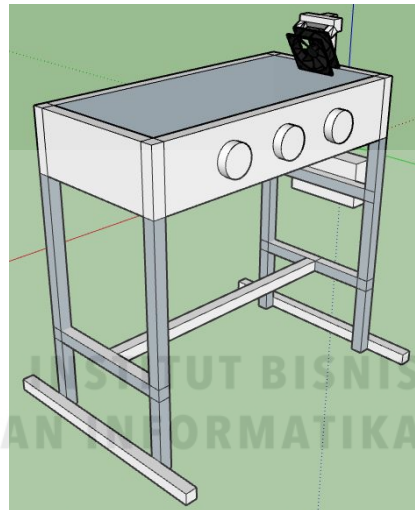
Penjelasan pada blok diagram ini yaitu, perbedaan suhu yang ada pada peltier TEG akan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik yang dihasilkan oleh peltier TEG akan dibaca oleh sensor arus untuk mengetahui arus yang dihasilkan, aliran listrik tersebut juga akan dibaca oleh sensor tegangan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan, kemudian data yang telah dibaca kedua sensor tersebut akan dikirim ke Arduino Pro Mini. Setelah diolah maka Arduino Pro Mini akan mengirimkan perintah untuk menjalankan fan DC. Selain mengirimkan perintah untuk menjalankan fan DC, Arduino Pro Mini juga mengirim perintah untuk menjalankan relay.

### 3.2. Perancangan Alat

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



Gambar 3.2 Desain alat tampak samping



Gambar 3.3 Desain alat tampak kiri

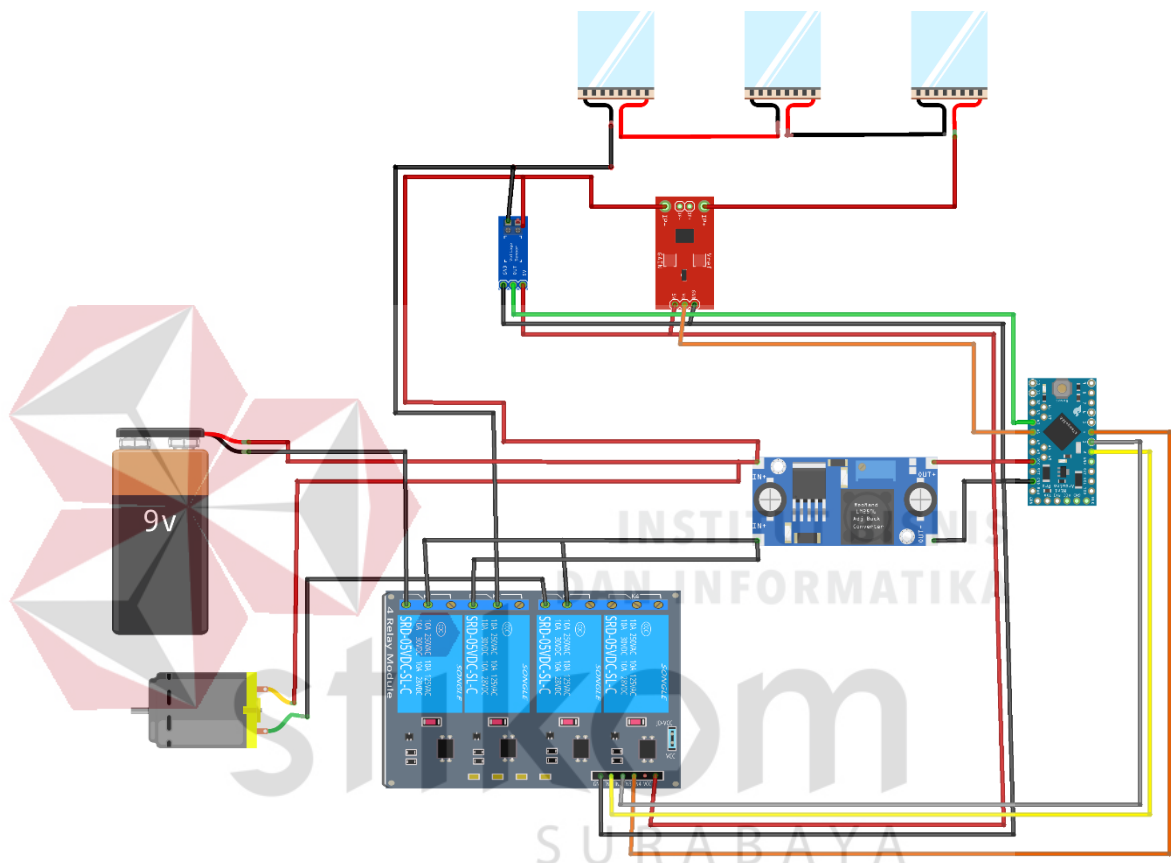
atas

Penjelasan gambar :

- A. Tanda A pada gambar 3.2 adalah letak dari tempat bara.
- B. Tanda B pada gambar 3.2 adalah letak dari Kipas DC.
- C. Tanda C pada gambar 3.2 adalah letak dari Peltier TEG beserta *Heatsink*.
- D. Tanda D pada gambar 3.2 adalah letak dari alat-alat lainnya seperti Arduino Pro Mini, Modul Relay, Sensor Arus, Sensor Tegangan dan Power Bank.

### 3.3. Perancangan Perangkat Keras

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



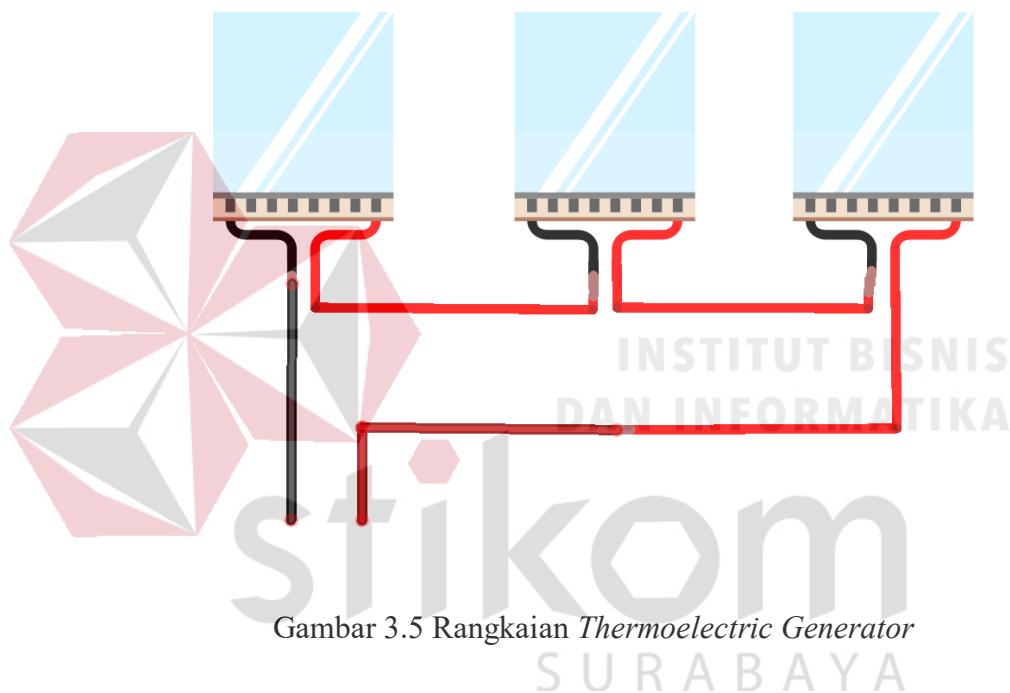
Gambar 3.4 Rangkaian Alat

Keterangan :

- Kabel warna merah adalah kabel untuk VCC.
- Kabel warna hitam adalah kabel untuk Ground.
- Kabel warna lain adalah kabel untuk data.

Pada gambar 3.4 diatas adalah rangkaian sistem yang akan dipasang pada alat. *Thermoelectric Generator*, sensor arus, sensor tegangan, Arduino Pro Mini, Modul Relay, Step Down, dan Baterai. Untuk penjelasan secara jelas dapat dilihat pada sub bab berikut.

### 3.3.1. *Thermoelectric Generator*



Gambar 3.5 Rangkaian *Thermoelectric Generator*

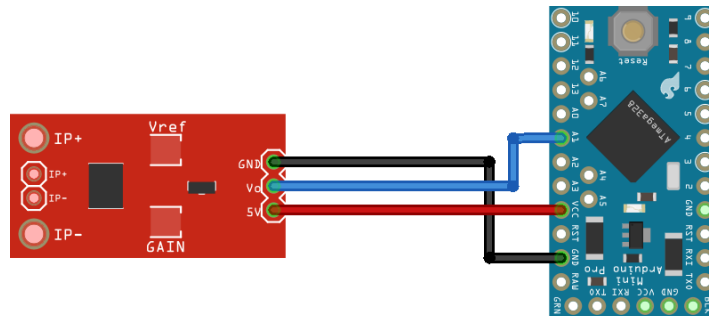
Keterangan :

- Kabel warna merah adalah kabel untuk VCC.
- Kabel warna hitam adalah kabel untuk Ground.

Pada gambar 3.5 dapat dijelaskan ketiga modul *Thermoelectric Generator* dihubungkan secara seri.

### 3.3.2. Sensor ARUS ACS712

#### a. Arduino dan Sensor Arus ACS712



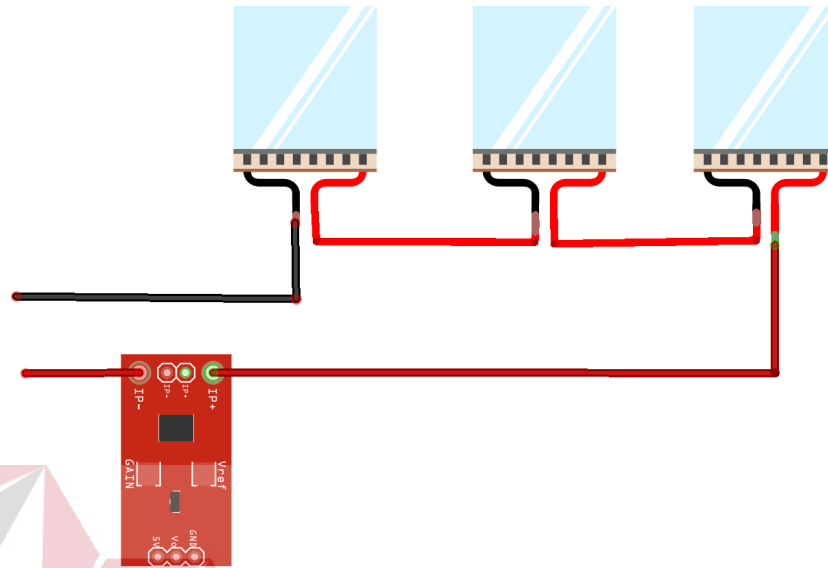
Gambar 3.6 Wiring Arduino dan Sensor Arus

Keterangan :

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

Pada Gambar 3.6 merupakan rangkaian sensor arus yang digunakan untuk mengambil data dari arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* dan keluaran dari sensor ini akan dikirimkan ke Arduino Pro Mini untuk diproses.

b. *Thermoelectric Generator* dan Sensor Arus ACS712



Gambar 3.7 Wiring Sensor Arus dan *Thermoelectric Generator*

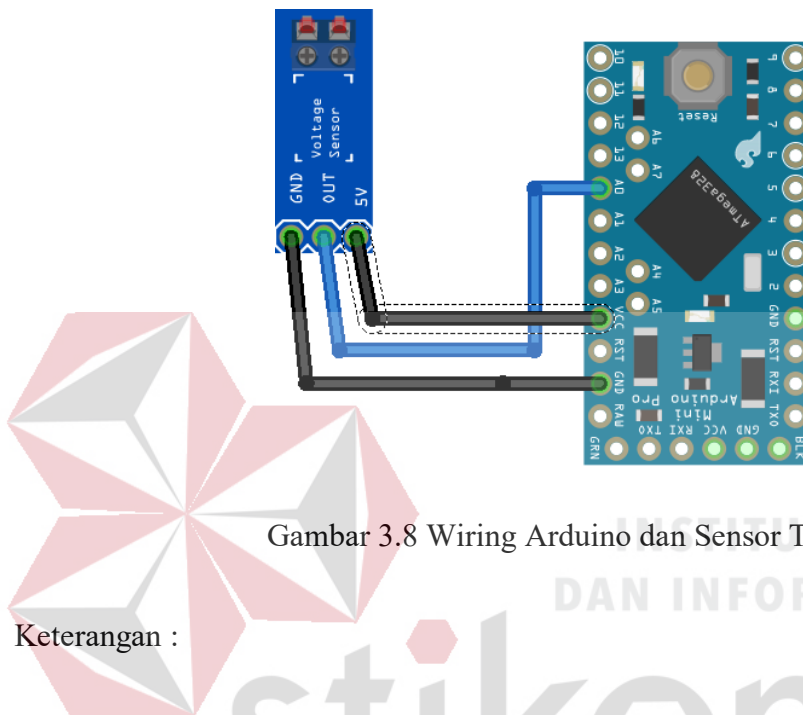
Keterangan :

- Kabel warna merah adalah kabel untuk VCC.
- Kabel warna hitam adalah kabel untuk Ground.

Pada gambar 3.7 dapat dijelaskan VCC dari *Thermoelectric Generator* masuk ke pin IP+ sensor arus dan pin IP- sensor arus menuju komponen berikutnya.

### 3.3.3. Sensor Tegangan

#### a. Wiring Arduino dan Sensor Tegangan



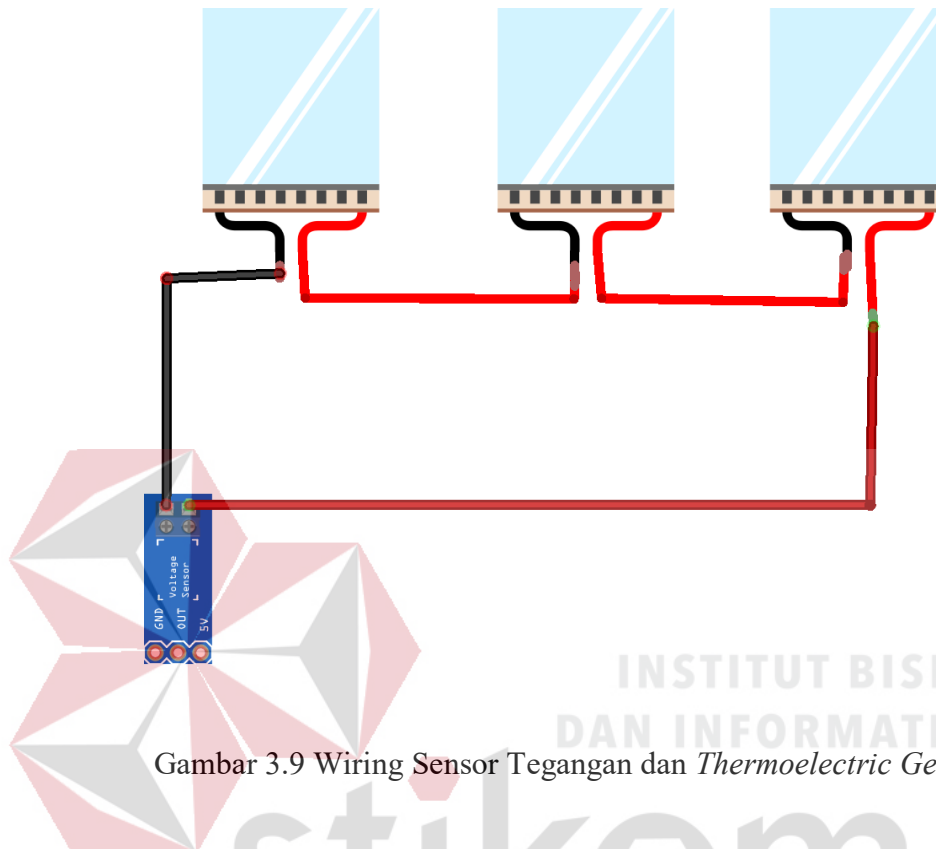
Gambar 3.8 Wiring Arduino dan Sensor Tegangan

Keterangan :

- Pin GND pada sensor terhubung dengan pin GND pada Arduino Pro Mini.
- Pin VCC pada sensor terhubung dengan pin VCC pada Arduino Pro Mini.
- Pin Vo pada sensor terhubung dengan pin A0 pada Arduino Pro Mini.

Gambar 3.8 merupakan rangkaian sensor tegangan yang digunakan untuk mengambil data dari tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* dan keluaran dari sensor ini akan dikirimkan ke Arduino Pro Mini untuk diproses.

b. Wiring Sensor Tegangan dan *Thermoelectric Generator*



Gambar 3.9 Wiring Sensor Tegangan dan *Thermoelectric Generator*

Keterangan :

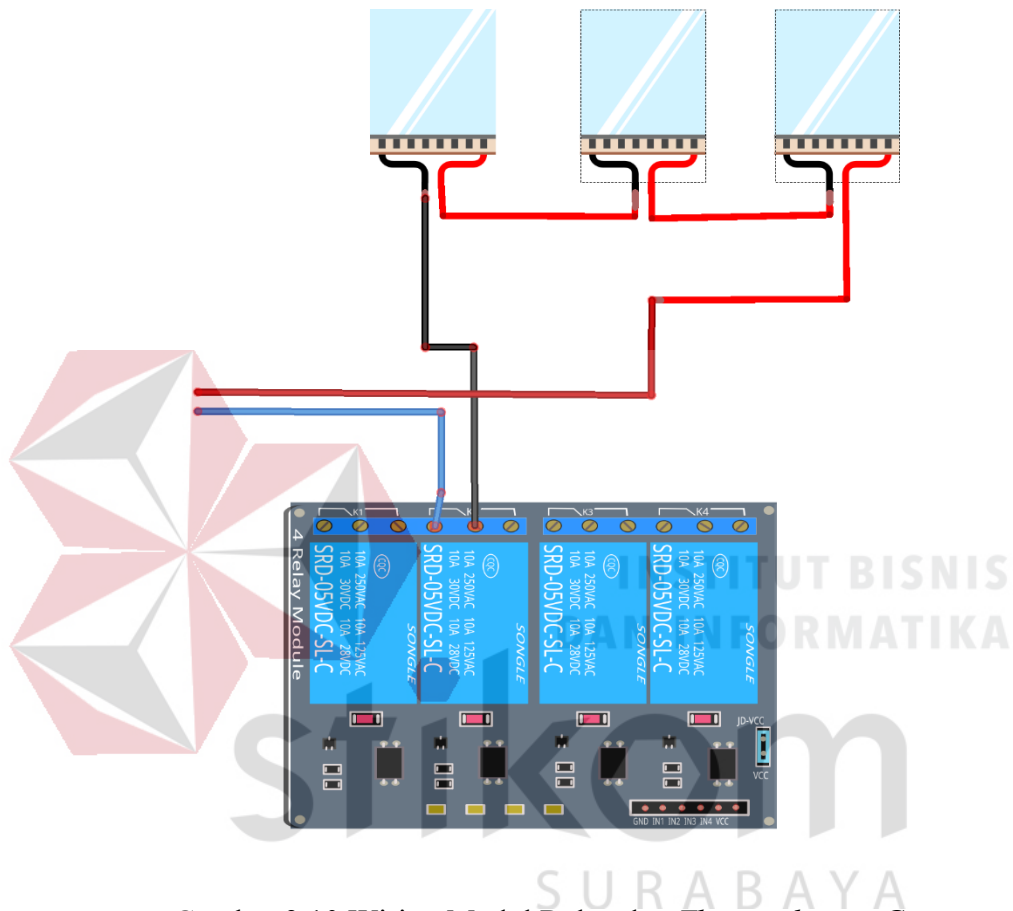
- Kabel warna hitam adalah kabel untuk Ground.
- Kabel warna merah adalah kabel untuk VCC.

Pada gambar 3.9 dapat dijelaskan VCC dan GND dari *Thermoelectric Generator* terhubung ke sensor tegangan dengan pin yang terpisah.



### 3.3.4 Modul Relay

#### a. Modul Relay dan *Thermoelectric Generator*



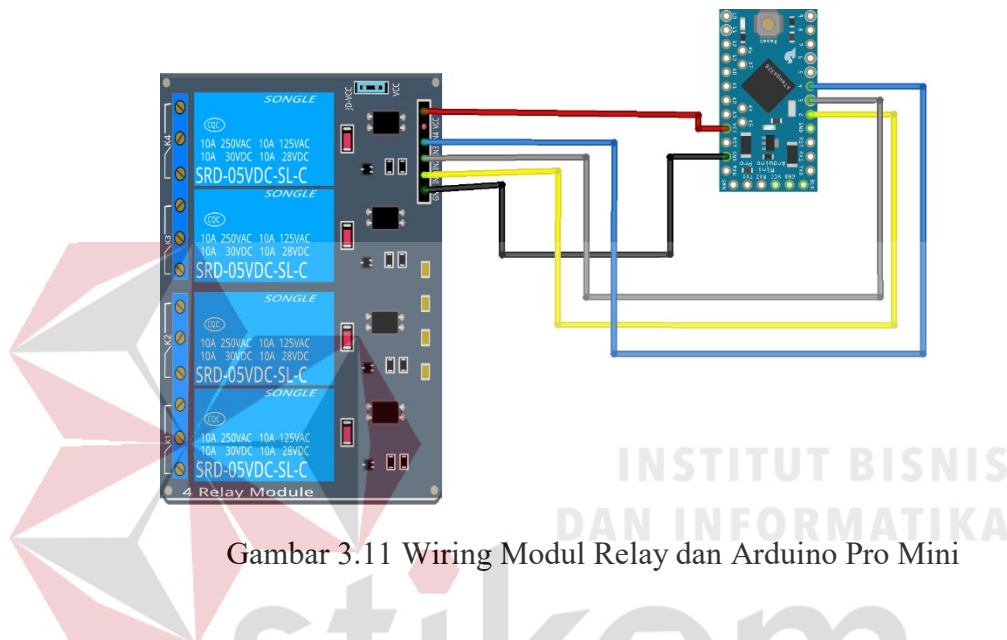
Gambar 3.10 Wiring Modul Relay dan *Thermoelectric Generator*

Keterangan :

- Kabel warna hitam adalah kabel untuk Ground.
- Kabel warna merah adalah kabel untuk VCC.
- Kabel warna biru adalah kabel untuk output dari modul relay.

Pada gambar 3.10 dapat dijelaskan GND dari *Thermoelectric Generator* terhubung ke modul relay dengan kondisi Normally Open (NO) dan kabel warna biru sebagai output-an modul relay dengan kondisi Normally Close (NC).

b. Modul Relay dan Arduino Pro Mini



Gambar 3.11 Wiring Modul Relay dan Arduino Pro Mini

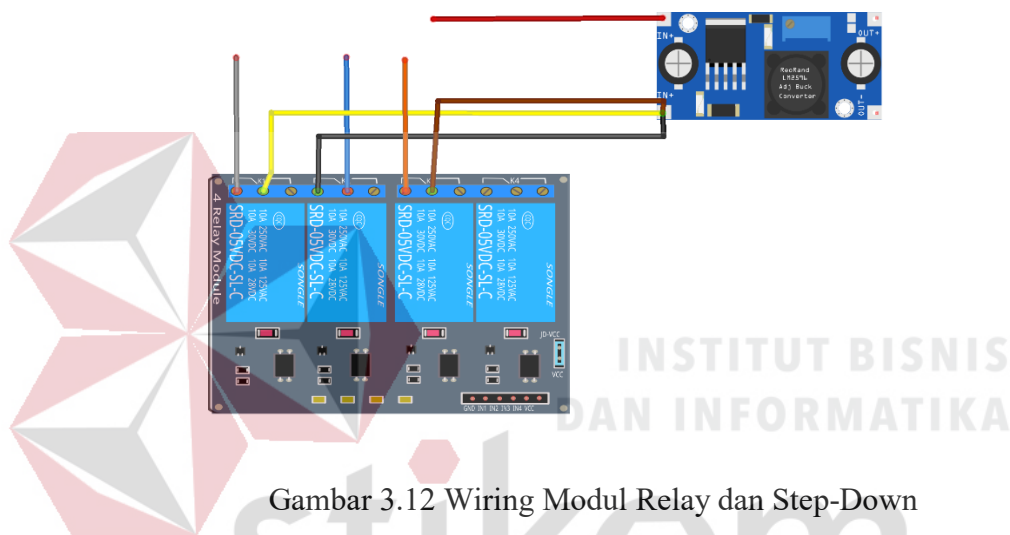
Keterangan :

- Pin GND pada sensor terhubung dengan pin GND pada Arduino Pro Mini.
- Pin VCC pada sensor terhubung dengan pin VCC pada Arduino Pro Mini.
- Pin IN1 pada modul relay terhubung dengan pin 2 pada Arduino Pro Mini.
- Pin IN2 pada modul relay terhubung dengan pin 3 pada Arduino Pro Mini.
- Pin IN3 pada modul relay terhubung dengan pin 4 pada Arduino Pro Mini.

Pada gambar 3.11 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.

c. Modul Relay dan Step-Down



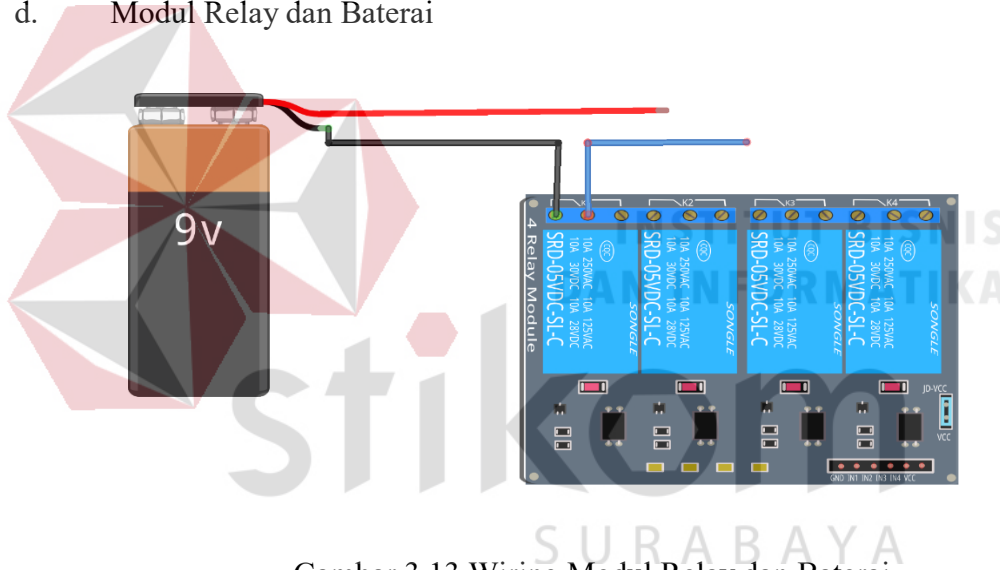
Gambar 3.12 Wiring Modul Relay dan Step-Down

Keterangan :

- Kabel warna abu-abu adalah kabel untuk inputan ke Modul Relay 1 dengan kondisi Normally Close (NC).
- Kabel warna biru adalah kabel untuk inputan ke Modul Relay 2 dengan kondisi Normally Open (NO).
- Kabel warna coklat adalah kabel untuk inputan ke Modul Relay 3 dengan kondisi Normally Open (NO).

- Kabel warna oranye adalah kabel untuk outputan ke Step-Down dari Modul Relay 3.
- Kabel warna kuning adalah kabel untuk outputan ke Step-Down dari Modul Relay 1.
- Kabel warna hitam adalah kabel untuk outputan ke Step-Down dari Modul Relay 2.

d. Modul Relay dan Baterai



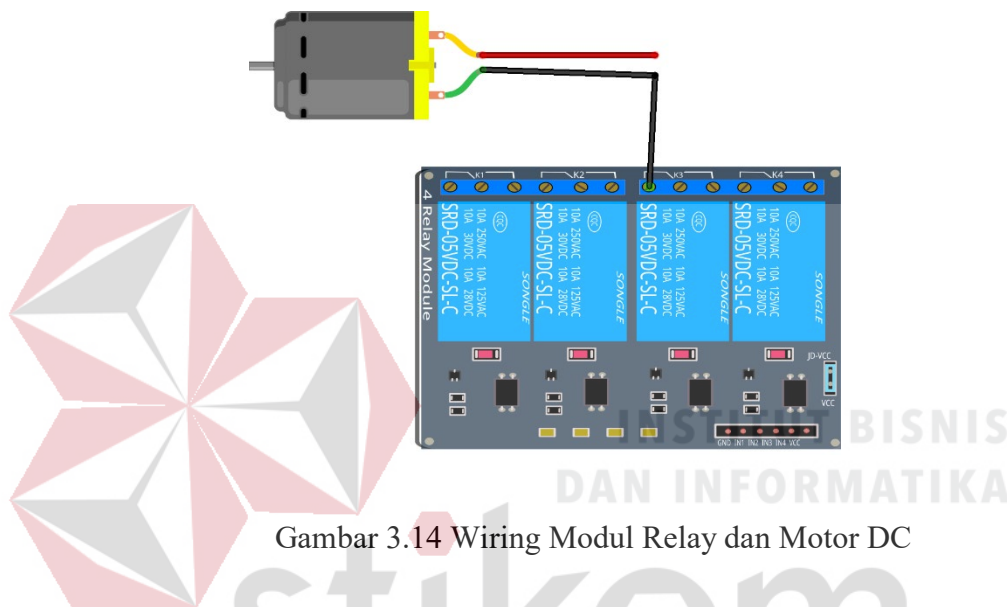
Gambar 3.13 Wiring Modul Relay dan Baterai

Keterangan :

- Kabel warna hitam adalah kabel untuk inputan ke Modul Relay 1 dengan kondisi Normally Close (NC).
- Kabel warna biru adalah kabel untuk outputan ke Step-Down dari Modul Relay 1.

Pada gambar 3.13 dapat dijelaskan GND dari Baterai terhubung ke modul relay dengan kondisi Normally Open (NO) dan kabel warna biru sebagai output-an modul relay dengan kondisi Normally Close (NC).

e. Modul Relay dan Motor DC



Gambar 3.14 Wiring Modul Relay dan Motor DC

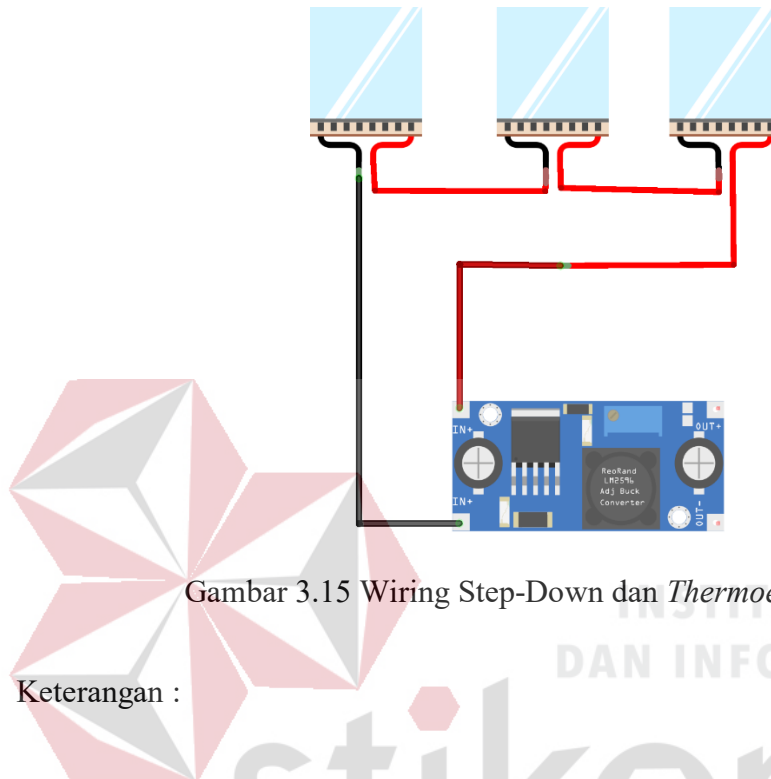
Keterangan :

- Kabel warna hitam adalah kabel untuk outputan ke Motor DC dengan kondisi Normally Open (NO).
- Kabel warna merah adalah kabel VCC untuk Motor DC dari sumber listrik.

Pada gambar 3.14 dapat dijelaskan bahwa kabel warna hitam adalah hasil outputan dari relay 3 dengan kondisi Normally Open (NO). Dimana kondisi untuk membuat menjadi Normally Close (NC) yaitu dengan perintah dari Mikrokontroller. Sedangkan kabel berwarna merah adalah kabel yang terhubung dengan sumber arus listrik.

### 3.3.5 Step-Down

#### a. Step-Down dan *Thermoelectric Generator*



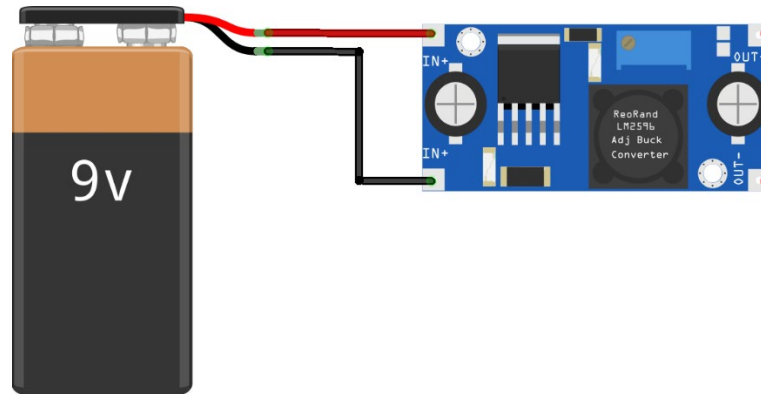
Gambar 3.15 Wiring Step-Down dan *Thermoelectric Generator*

Keterangan :

- Kabel warna hitam adalah kabel untuk Ground.
- Kabel warna biru adalah kabel untuk VCC.

Pada gambar 3.15 dapat dijelaskan GND dari *Thermoelectric Generator* terhubung dengan pin IN+ Step-Down. Sedangkan VCC dari *Thermoelectric Generator* terhubung dengan pin IN- Step-Down.

b. Step-Down dan Baterai



Gambar 3.16 Wiring Step-Down dan Baterai

Keterangan :

- Pin IN+ terhubung dengan VCC baterai..
- Pin IN- terhubung dengan GND baterai..

c. Step-Down dan Motor DC



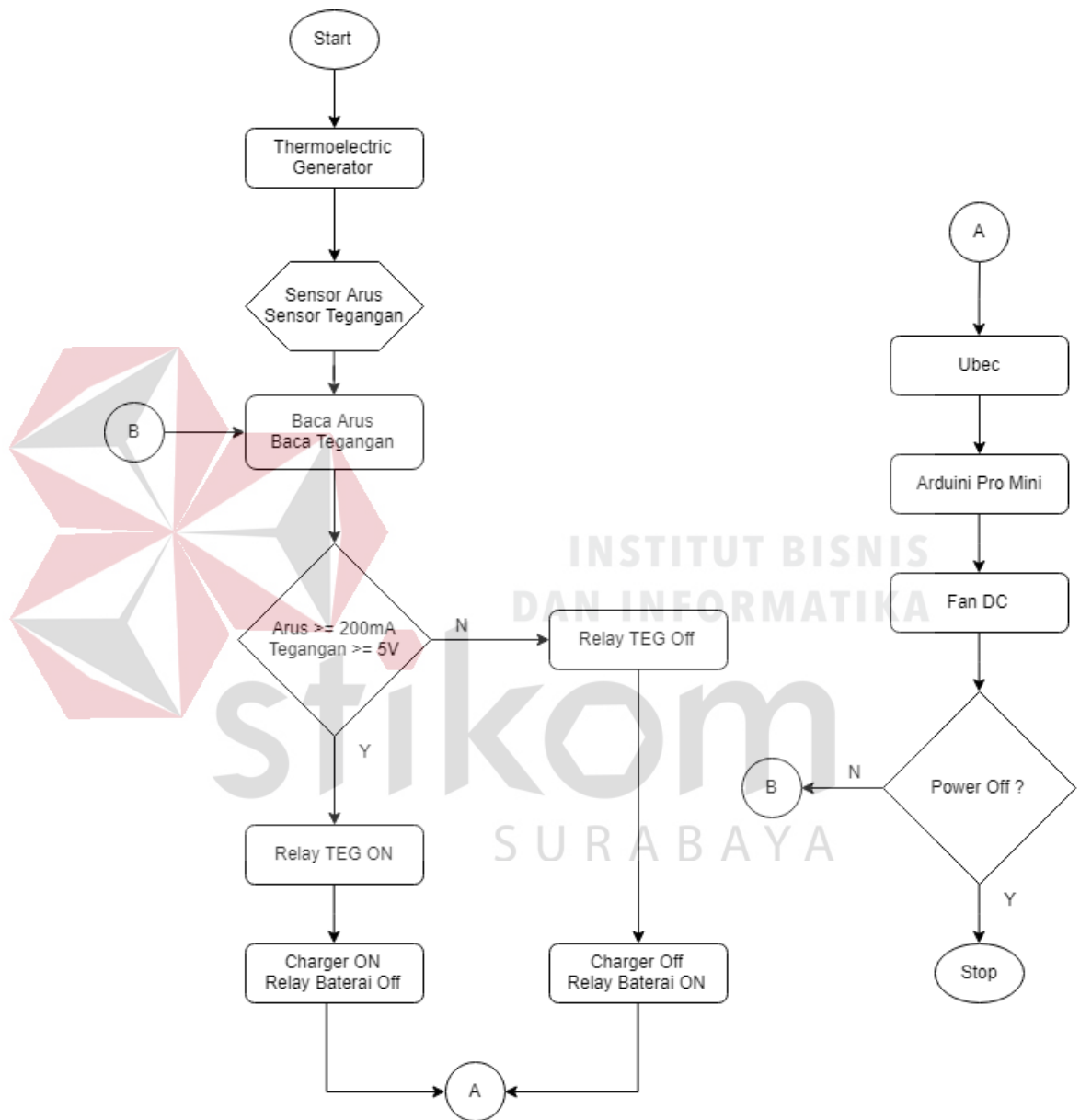
Gambar 3.17 Wiring Step-Down dan Motor DC

Keterangan :

- Pin IN+ terhubung dengan VCC baterai..
- Pin IN- terhubung dengan GND baterai..

### 3.4. Flowchart Sistem

Adapun flowchart sistem dari alat ini, yaitu :



Gambar 3.18 *Flowchart* Sistem



Dari Gambar 3.18 dapat dijelaskan cara kerja alat saat dijalankan yaitu sebagai berikut :

- a. Start : Menjalankan program/aplikasi pertama kali.
- b. *Thermoelectric Generator* : melakukan proses pengambilan suhu panas dari panggangan.
- c. Sensor Arus : inisialisasi variabel Sensor Arus
- d. Sensor Tegangan : inisialisasi 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.  $\text{Arus} \geq 200\text{mA} \ \&\& \ \text{Tegangan} \geq 5\text{V}$  : melakukan periksa apakah arus lebih besar dari 2 Ampere dan tegangan lebih besar dari 5 Volt. Jika hasil YA maka akan menjalankan proses Relay Peltier = ON. Kemudian membuat charge menjadi ON dan Relay Baterai = OFF, jika hasil NO maka akan menjalankan proses Relay Peltier OFF. Kemudian membuat charge menjadi OFF dan Relay Baterai = ON.
- h. Ubec : melakukan proses penurunan tegangan dan arus jika melebihi kapasitas, tegangan yang dibatasi ubec adalah 5 V, dimana jika tegangan yang mengalir melebihi 5 V, maka akan diturunkan menjadi 5V.
- i. Arduino Pro Mini : melakukan proses pengolahan data.
- j. Fan DC = ON : menyalakan Fan DC.

- k. Power off? : melakukan periksa kondisi apakah ada daya, jika kondisi terpenuhi (Y) maka proses akan berhenti, jika tidak (N) maka akan kembali membaca arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.
- l. Stop : menghentikan program/aplikasi.

### 3.5. Perancangan Program

#### 3.5.1. Sensor Arus ACS712

```

nilaiadc = analogRead(A1);
tegangan = (nilaiadc / 1024.0) * 5000;
nilaiarus = ((tegangan - teganganoffset) / sensitivitas);
Serial.println("Arus: ");
Serial.print(nilaiarus, 3);
Serial.println("mA");

```

Gambar 3.19 Program Sensor Arus

Pada Gambar 3.19 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Variable nilaiadc, merupakan sebuah variable yang digunakan untuk menyimpan nilai ADC yang dibaca oleh pin A1 pada Arduino Pro Mini.
- b. Konstanta 1024.0, merupakan nilai ADC yang mampu dibaca oleh Arduino dikarenakan Arduino mempunyai chip AVR 10-bit.
- c. Konstanta 5000, merupakan tegangan yang digunakan untuk input sensor (dalam satuan mV).
- d. Variable tegangan, merupakan sebuah variable yang digunakan untuk menyimpan proses perhitungan dari nilai ADC yang terbaca sensor.

- e. Variable teganganoffset, merupakan variable yang berisi nilai tegangan offset dari sensor ACS712, tegangan offset adalah nilai yang terbaca saat tidak ada arus yang lewat, pada Gambar 3.19 nilai dari tegangan offset adalah 2500.
- f. Variable sensitivitas, merupakan variable yang digunakan untuk menyimpan nilai sensitivitas pembacaan sensor. Karena sensor yang digunakan berbasis 5A, maka nilai dari variable sensitivitas adalah 185.
- g. Variable nilai arus, merupakan variable yang digunakan untuk menyimpan hasil perhitungan untuk nilai arus yang terbaca sensor dan juga digunakan untuk menampilkan hasil di Serial Monitor pada Arduino IDE.

Pada Gambar 3.19 merupakan program untuk sensor arus, dimana data ADC yang didapat dari sensor akan dibaca melalui Pin A1 Arduino, dengan perintah `analogRead(A1)`. Kemudian, diproses dan disimpan kedalam variable `average`, lalu ditampilkan ke Serial Monitor menggunakan perintah `Serial.Print(average)`.

### 3.5.2. Sensor Tegangan

```
Volt1=analogRead(A0);
Volt= (Volt1*0.00489)*5);
Serial.print(Volt);
Serial.println("V");
delay(1000);
```

Gambar 3.20 Program Sensor Tegangan

Pada Gambar 3.20 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Variable Volt1, merupakan variable yang digunakan untuk menyimpan nilai ADC yang dibaca oleh pin A0 pada Arduino Pro Mini.
- b. Konstanta 0.00489, didapat dari  $(5 \text{ V} / 1023)$ , 1023 sendiri didapat dari kemampuan Arduino membaca nilai ADC yaitu 10-bit.
- c. Konstanta 5, dikarenakan modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan input mengurangi 5 kali tegangan asli, maka pada program dikali 5 kembali untuk dapat mengetahui tegangan asli yang terbaca sensor.
- d. Variable Volt, merupakan variable yang digunakan untuk menyimpan proses perhitungan.

Pada gambar 3.20 merupakan program untuk sensor tegangan, dimana data ADC yang didapat dari sensor akan dibaca melalui Pin A0 Arduino, dengan perintah `analogRead(A0)` dan disimpan kedalam variable `volt1`. Kemudian, data yang telah disimpan didalam variable `Volt1` akan diproses dan disimpan kedalam variable `Volt`, lalu ditampilkan ke Serial Monitor menggunakan perintah `Serial.Print(Volt)`

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM**

Pada bab ini akan membahas tentang pengujian prototipe *Thermoelectric Generator* sebagai penghasil listrik berdasarkan perancangan sistem yang sudah dibuat. Tujuan pengujian dilakukan untuk mengetahui listrik yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap terpisah untuk menguji tiap-tiap bagian yang digunakan dalam Prototipe *Thermoelectric Generator* sebagai penghasil listrik dan tahap keseluruhan yaitu tahap pengujian keseluruhan pada proyek tugas akhir *Thermoelectric Generator* sebagai sumber arus listrik pada alat pemanggang.

#### **4.1. Pengujian *Thermoelectric Generator***

##### **4.1.1. Tujuan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perangkat *Thermoelectric Generator* apakah dapat menghasilkan listrik yang diinginkan.

##### **4.1.2. Alat yang digunakan**

1. 3 buah *Thermoelectric Generator*.
2. 3 buah *Heatsink*.
3. Multimeter.

##### **4.1.3. Prosedur pengujian**

1. Hubungkan 3 *Thermoelectric Generator* secara seri.

2. Pasang *Heatsink* pada sisi dingin *Thermoelectric Generator*.
3. Sisi panas *Thermoelectric* menghadap ke sumber panas.
4. Sambungkan kabel *Plus(+)* Multimeter ke kabel *VCC Thermoelectric Generator*.
5. Sambungkan kabel *Minus(-)* Multimeter ke kabel *Ground Thermoelectric Generator*.

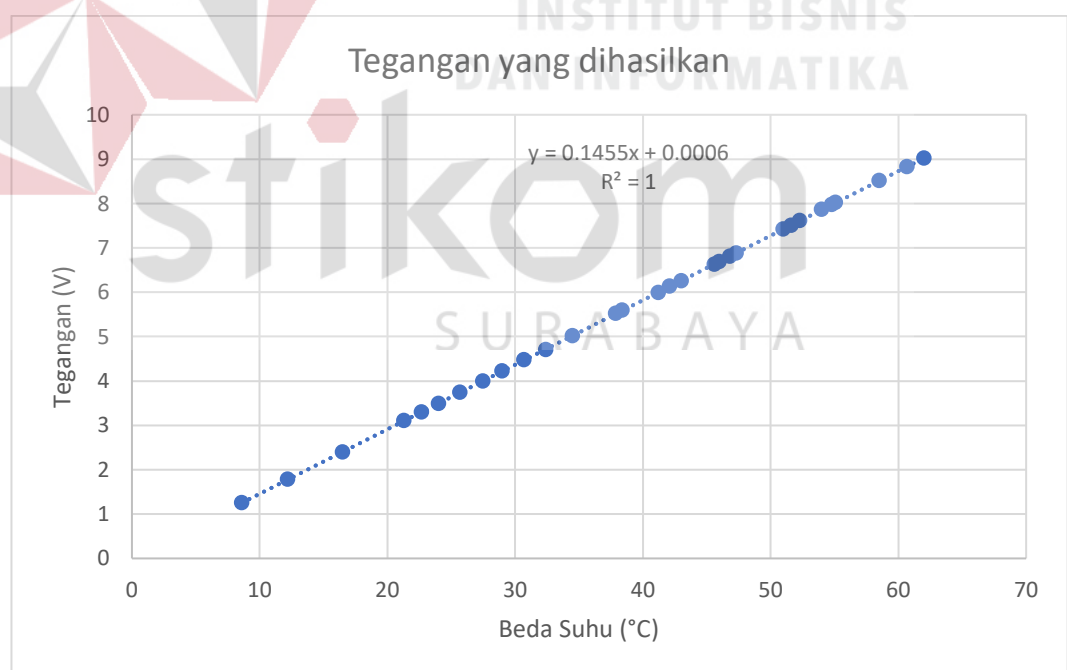
#### 4.1.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Hasil Pegujian *Thermoelectric Generator*

No	Beda 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

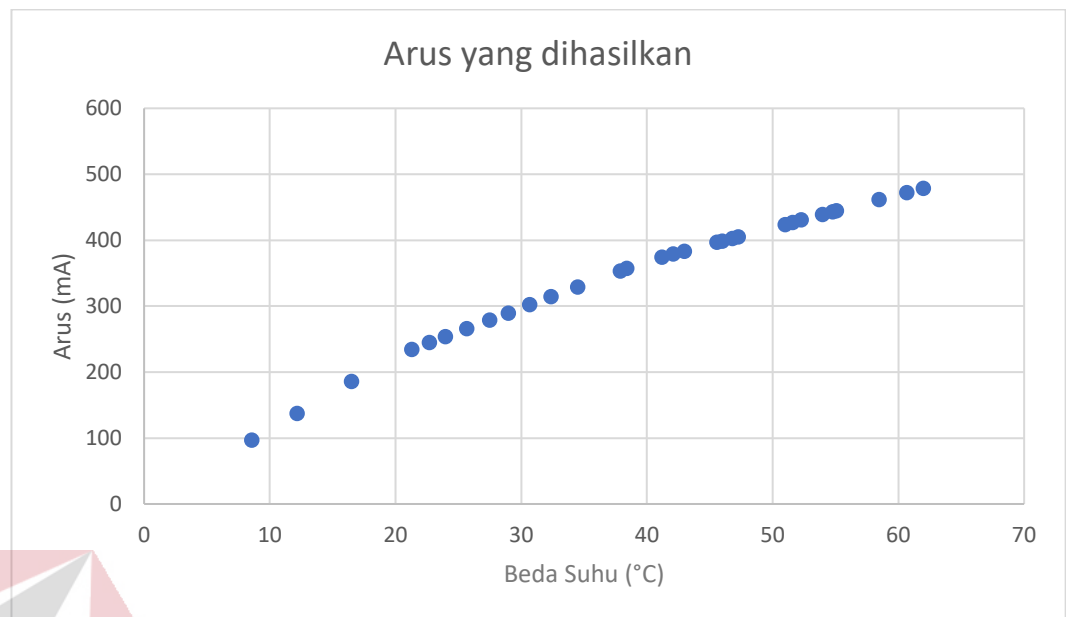
No	Beda Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (mA)
23	51,6	7,51	426,58
24	52,3	7,61	430,115
25	54	7,86	438,7
26	54,8	7,97	442,74
27	55,1	8,02	444,26
28	58,5	8,51	461,43
29	60,7	8,83	472,12
30	62	9,02	477,9

Dari Tabel 4.1 dapat dijelaskan beda suhu yang dimaksud adalah perbedaan suhu antara suhu pada sisi dingin dan suhu pada sisi panas modul *Thermoelectric Generator*, sedangkan kolom Tegangan dan Arus adalah hasil yang dibaca oleh Multimeter. Dari Tabel 4.1 dapat dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Tegangan Yang Dihasilkan TEG

Dari Gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa dengan menggunakan regresi linier nilai koefisien Seebeck dapat diketahui yaitu 0,1455.



Gambar 4.1 Grafik Arus Yang Dihasilkan TEG

Dari pengujian *Thermoelectric Generator* diatas dapat diketahui dengan beda 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.

## 4.2. Pengujian Sensor Arus

### 4.2.1. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat sensor arus masih dapat berfungsi dengan baik untuk digunakan membaca arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.

### 4.2.2. Alat yang digunakan

1. 3 buah *Thermoelectric Generator*.
2. 3 buah *Heatsink*.



3. Sensor Arus ACS712.
4. Komputer.
5. Arduino Pro Mini.
6. Kabel downloader.

#### **4.2.3. Prosedur pengujian**

1. Hubungkan Sensor Arus pada pin Arduino.
2. Hubungkan Sensor Arus pada kabel *Thermoelectric Generator*.
3. Buka software Arduino IDE
4. Membuat program untuk pengujian Sensor Arus.
5. Hubungkan kabel downloader pada Arduino.
6. Upload program yang sudah dibuat.
7. Pastikan bahwa program yang dibuat tidak ada yang salah dan pada proses upload adalah sukses.
8. Amati hasil pembacaan sensor yang akan ditampilkan di Serial Monitor Arduino IDE.

#### 4.2.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.2 Hasil Pegujian Sensor Arus ACS712

No	Beda Suhu (°C)	Arus (mA)
1	8,6	86,05
2	12,2	122,05
3	16,5	181,03
4	21,3	228,6
5	22,7	225,71
6	24	238,3
7	25,7	259,66
8	27,5	267,23
9	29	281,95
10	30,7	293,21
11	32,4	308,56
12	34,5	308,98
13	37,9	340,59
14	38,4	346,76
15	41,2	369,96
16	42,1	363,81
17	43	371,55
18	45,6	388,08
19	46	390,4
20	46,8	385,84
21	47,3	386,37
22	51	419,65
23	51,6	417,48
24	52,3	423,615
25	54	425,4
26	54,8	425,54
27	55,1	438,06
28	58,5	453,93
29	60,7	456,42
30	62	472,4

Pengujian ini dilakukan dengan cara sensor arus membaca arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* dan kemudian ditampilkan di *Serial Monitor* yang ada pada Arduino IDE.

Pada pengujian sensor arus diatas dapat diketahui dengan beda suhu 8,6 – 62 Celcius. Arus rata-rata yang yang terbaca sensor adalah 335,91 mA.

### **4.3. Pengujian Sensor Tegangan**

#### **4.3.1. Tujuan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat sensor tegangan masih dapat berfungsi dengan baik untuk digunakan membaca tegangan yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator*.

#### **4.3.2. Alat yang digunakan**

1. 3 buah *Thermoelectric Generator*.
2. 3 buah *Heatsink*.
3. Sensor Tegangan.
4. Komputer.
5. Arduino Pro Mini.
6. Kabel *downloader*.

#### **4.3.3. Prosedur pengujian**

1. Hubungkan Sensor Tegangan pada pin Arduino.

2. Hubungkan Sensor Tegangan pada kabel *Thermoelectric Generator*.
3. Buka software Arduino IDE
4. Membuat program untuk pengujian Sensor Tegangan.
5. Hubungkan kabel downloader pada Arduino.
6. Upload program yang sudah dibuat.
7. Pastikan bahwa program yang dibuat tidak ada yang salah dan pada proses upload adalah sukses.
8. Amati hasil pembacaan sensor yang akan ditampilkan di Serial Monitor Arduino IDE.

#### 4.3.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.3 Hasil Pegujian Sensor Tegangan

No	Beda Suhu (°C)	Tegangan (V)
1	8,6	1,19
2	12,2	1,7
3	16,5	2,33
4	21,3	3,01
5	22,7	3,21
6	24	3,43
7	25,7	3,66
8	27,5	3,92
9	29	4,13
10	30,7	4,41
11	32,4	4,65
12	34,5	4,95
13	37,9	5,45
14	38,4	5,51
15	41,2	5,9

No	Beda Suhu (°C)	Tegangan (V)
16	42,1	6,06
17	43	6,18
18	45,6	6,57
19	46	6,63
20	46,8	6,75
21	47,3	6,8
22	51	7,35
23	51,6	7,42
24	52,3	7,52
25	54	7,79
26	54,8	7,91
27	55,1	7,96
28	58,5	8,44
29	60,7	8,75
30	62	8,94

Pengujian ini dilakukan dengan cara sensor arus membaca arus yang dihasilkan oleh *Thermoelectric Generator* dan kemudian ditampilkan di *Serial Monitor* yang ada pada Arduino IDE.

Pada pengujian sensor tegangan diatas dapat diketahui dengan beda suhu 8,6 – 62 Celcius. Tegangan rata-rata yang yang terbaca sensor adalah 5,62 V.

#### **4.4. Pengujian Tingkat Error Sensor**

##### **4.4.1. Tujuan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat error dari perangkat sensor tegangan dan sensor arus ACS712. Error yang dimaksud disini adalah perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan Multimeter, semakin kecil error yang dihasilkan oleh sensor akan semakin bagus karena yang akan dieksekusi

oleh program sebagai penentuan sumber listrik alat pemanggang adalah hasil pembacaan dari sensor.

#### 4.4.2. Alat yang digunakan

1. 3 buah *Thermoelectric Generator*.
2. 3 buah *Heatsink*.
3. Sensor Tegangan.
4. Komputer.
5. Arduino Pro Mini.
6. Kabel *downloader*.
7. Multimeter.

#### 4.4.3. Prosedur pengujian

1. Hubungkan Sensor Tegangan pada pin Arduino.
2. Hubungkan Sensor Tegangan pada kabel *Thermoelectric Generator*.
3. Buka software Arduino IDE
4. Membuat program untuk pengujian Sensor Tegangan dan Sensor Arus.
5. Hubungkan kabel downloader pada Arduino.
6. Upload program yang sudah dibuat.

7. Pastikan bahwa program yang dibuat tidak ada yang salah dan pada proses upload adalah sukses.
8. Hubungkan Kabel Multimeter.

#### 4.4.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.4 Pengujian Tingkat Error Sensor

No	Beda Suhu (°C)	Error	
		Tegangan (V)	Arus (mA)
1	8,6	0,06	10,7
2	12,2	0,08	15,2
3	16,5	0,07	4,6
4	21,3	0,09	5,7
5	22,7	0,09	18,6
6	24	0,06	15,3
7	25,7	0,08	6,1
8	27,5	0,08	11,4
9	29	0,09	7,4
10	30,7	0,06	8,3
11	32,4	0,06	5,1
12	34,5	0,07	19,7
13	37,9	0,07	12,4
14	38,4	0,08	9,8
15	41,2	0,09	4,1
16	42,1	0,07	14,8
17	43	0,08	11,6
18	45,6	0,06	8,2
19	46	0,06	7,9
20	46,8	0,06	16,5
21	47,3	0,08	18,5
22	51	0,07	3,9
23	51,6	0,09	9,1
24	52,3	0,09	6,5
25	54	0,07	13,3
26	54,8	0,06	17,2
27	55,1	0,06	6,2

No	Beda Suhu (°C)	Error	
		Tegangan (V)	Arus (mA)
28	58,5	0,07	7,5
29	60,7	0,08	15,7
30	62	0,08	5,5

Pada pengujian tingkat error sensor diatas yang dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang terbaca oleh sensor dan hasil yang terbaca oleh Multimeter dapat diketahui dengan beda suhu 8,6 – 62 Celcius. Error error antara sensor Arus dan Multimeter adalah 10,56 mA. Sedangkan error pada sensor tegangan adalah 0,074 V.

#### 4.5. Pengujian Keseluruhan Alat

##### 4.5.1. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan sistem. Dari awal *Thermoelectric Generator* menghasilkan aruslistrik hingga dapat mengisi daya pada power bank dan juga menyalakan mikrokontroller, serta menyalakan Fan DC.

##### 4.5.2. Alat yang digunakan

1. 3 buah *Thermoelectric Generator*.
2. 3 buah *Heatsink*.
3. Sensor Tegangan.
4. Komputer.
5. Arduino Pro Mini.



6. Kabel *downloader*.

7. Multimeter.

8. Powerbank.

9. Fan DC.

#### 4.5.3. Prosedur pengujian

1. Hubungkan Sensor Tegangan pada pin Arduino.
2. Hubungkan Sensor Tegangan pada kabel *Thermoelectric Generator*.
3. Buka software Arduino IDE
4. Membuat program untuk pengujian Sensor Tegangan dan Sensor Arus.
5. Hubungkan kabel downloader pada Arduino.
6. Upload program yang sudah dibuat.
7. Pastikan bahwa program yang dibuat tidak ada yang salah dan pada proses upload adalah sukses.
8. Hubungkan Fan DC dan Powerbank.

#### 4.5.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.5 Pengujian Keseluruhan Alat

No	Beda Suhu (°C)	Chager	Mikrokontroller	Fan DC
1	8,6	OFF	Baterai	Baterai
2	12,2	OFF	Baterai	Baterai

No	Beda Suhu (°C)	Chager	Mikrokontroller	Fan DC
3	16,5	OFF	Baterai	Baterai
4	21,3	OFF	Baterai	Baterai
5	22,7	OFF	Baterai	Baterai
6	24	OFF	Baterai	Baterai
7	25,7	OFF	Baterai	Baterai
8	27,5	OFF	Baterai	Baterai
9	29	OFF	Baterai	Baterai
10	30,7	OFF	Baterai	Baterai
11	32,4	OFF	Baterai	Baterai
12	34,5	OFF	Baterai	Baterai
13	37,9	ON	TEG	TEG
14	38,4	ON	TEG	TEG
15	41,2	ON	TEG	TEG
16	42,1	ON	TEG	TEG
17	43	ON	TEG	TEG
18	45,6	ON	TEG	TEG
19	46	ON	TEG	TEG
20	46,8	ON	TEG	TEG
21	47,3	ON	TEG	TEG
22	51	ON	TEG	TEG
23	51,6	ON	TEG	TEG
24	52,3	ON	TEG	TEG
25	54	ON	TEG	TEG
26	54,8	ON	TEG	TEG
27	55,1	ON	TEG	TEG
28	58,5	ON	TEG	TEG
29	60,7	ON	TEG	TEG
30	62	ON	TEG	TEG

Pada pengujian diatas dapat diketahui dengan beda suhu 8,6 – 34,5 Celcius charger power bank tidak menyala dan power mikro dari power bank, serta power untuk Fan DC didapat dari power bank. Sedangkan pada beda suhu 37,9 – 62 Celcius charger powerbank menyala serta power untuk mikro dan Fan DC didapat dari *Thermoelectric Generator*.

Dari pengujian yang telah dilakukan juga diketahui bahwa pada saat perpindahan sumber daya untuk menyalakan Arduino Pro Mini dari *Thermoelectric Generator* menuju power bank ataupun sebaliknya Arduino Pro Mini tidak Mati dikarenakan masih tersisa sedikit aliran daya dari UBEC.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang berdasar pada hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir yang berjudul Rancang Bangun *Thermoelectric Generator* Sebagai Sumber Arus Listrik Pada Alat Pemanggang, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan dan saran untuk pengembangan sistem berikutnya.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan *Thermoelectric Generator* Sebagai Sumber Arus Listrik Pada Alat Pemanggang, maka dapat diambil beberapa kesimpulan 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* akan digunakan untuk melakukan pengisian daya sekaligus menyalakan Arduino Pro Mini atau tidak. Dengan beda 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 beda 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.

## 5.2 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 and 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/microcontroller/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.