



**UNIVERSITAS NASIONAL**

**DESAIN DAN PEMBUATAN SISTEM PENYIMPAN BIJI KOPI  
SANGRAI**

**SKRIPSI**

**WAHYU PRABOWO  
183112700520003**

**Fakultas Teknik dan Sains  
Program Studi Teknik Fisika  
JAKARTA  
FEBRUARI 2020**



**UNIVERSITAS NASIONAL**

**DESIGN AND MANUFACTURE OF ROASTED COFFEE  
SEEDING STORAGE SYSTEM**

**THESIS**

**WAHYU PRABOWO  
183112700520003**

Faculty of Engineering and Science  
Physics Engineering Study Program  
JAKARTA  
FEBRUARY 2020

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Wahyu Prabowo  
NPM : 183112700520003  
Program Studi : Teknik Fisika  
Judul Skripsi : Desain Dan Pembuatan Sistem Penyimpanan Biji Kopi Sangrai

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

Dewan Penguji

Pembimbing I	: Ir. Hari Hadi Santoso, M.T.	(  )
Pembimbing II	: Ema Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc.	(  )
Penguji I	: Prof. Sunartoto Gunadi, M. Eng.	(  )
Penguji II	: Ir. Ajat Sudrajat, M.T.	(  )
Penguji III	: Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si.	(  )



Ketua Program Studi Teknik Fisika

  
( Kiki Rezki Lestari, S.T., M.Sc. )  
NIDN. 0323039102


Ditetapkan di : Universitas Nasional, Jakarta.

Tanggal :

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : WAHYU PRABOWO  
NPM : 183112700520003

Tanda Tangan :   
Tanggal : Februari 2020



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : WAHYU PRABOWO  
NPM : 183112700520003

Tanda Tangan :   
Tanggal : Februari 2020

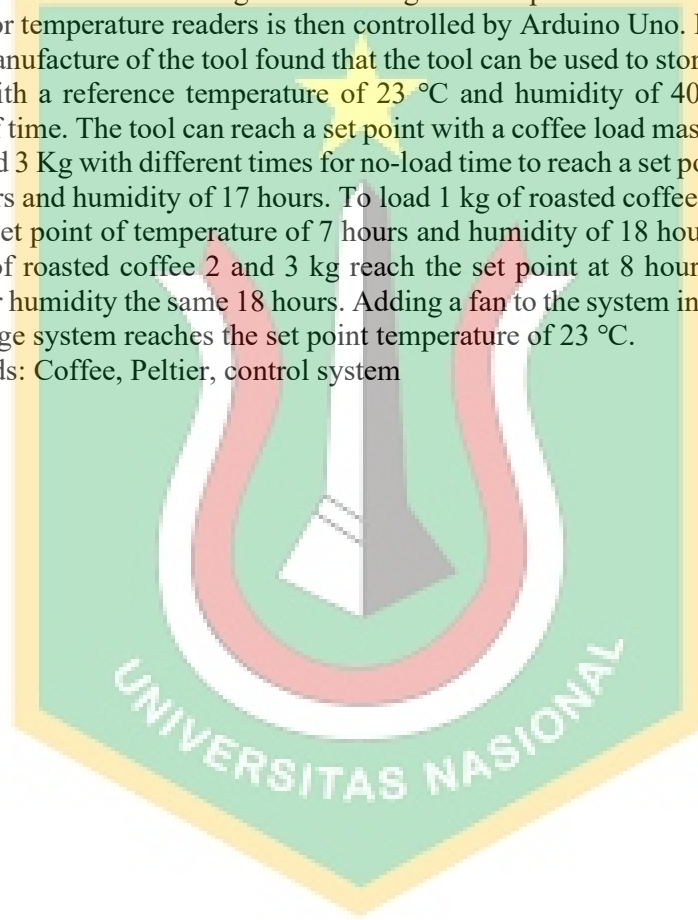


## ABSTRACT

Name : Wahyu Prabowo  
Study Program : Teknik Fisika  
Title : Design and Manufacture Of Roasted Coffee Seeding Storage System

The design and manufacture of roasted coffee beans storage system has been carried out which is used to reduce the deterioration of roasted coffee beans quality. The design of a coffee bean storage device using a Peltier plate as a cooler and a DHT11 sensor for temperature readers is then controlled by Arduino Uno. From the results of the manufacture of the tool found that the tool can be used to store roasted coffee beans with a reference temperature of 23 °C and humidity of 40% for a certain length of time. The tool can reach a set point with a coffee load mass of 0 Kg, 1 Kg, 2 Kg, and 3 Kg with different times for no-load time to reach a set point temperature of 6 hours and humidity of 17 hours. To load 1 kg of roasted coffee, it takes time to reach a set point of temperature of 7 hours and humidity of 18 hours. Then for the burden of roasted coffee 2 and 3 kg reach the set point at 8 hours and 10 hours, while for humidity the same 18 hours. Adding a fan to the system increases the time the storage system reaches the set point temperature of 23 °C.

Keywords: Coffee, Peltier, control system



## ABSTRAK

Nama : Wahyu Prabowo  
Program Studi : Teknik Fisika  
Judul : Desain Dan Pembuatan Sistem Penyimpan Biji Kopi Sangrai

Telah dilakukan desain dan pembuatan sistem penyimpan biji kopi sangrai yang digunakan untuk mengurangi penurunan kualitas biji kopi sangrai. Perancangan alat penyimpan biji kopi menggunakan plat Peltier sebagai pendingin dan sensor DHT11 untuk pembaca suhu kemudian dikontrol oleh Arduino Uno. Dari hasil pembuatan alat tersebut didapat bahwa alat tersebut dapat digunakan untuk menyimpan biji kopi sangrai dengan referensi suhu 23 °C dan kelembaban 40 % dengan lama waktu tertentu. Alat tersebut dapat mencapai *set point* dengan massa beban kopi 0 Kg, 1 Kg, 2 Kg, dan 3 Kg dengan waktu yang berbeda-beda untuk tanpa beban waktu mencapai suhu *set point* 6 jam dan kelembaban 17 jam. Untuk beban 1 Kg kopi sangrai dibutuhkan waktu untuk mencapai *set point* suhu 7 jam dan kelembaban 18 jam. Kemudian untuk beban kopi sangrai 2 dan 3 Kg mencapai *set point* pada 8 jam dan 10 jam sedangkan untuk kelembaban sama-sama 18 jam. Penambahan kipas pada sistem menambah waktu sistem penyimpan dalam mencapai *set point* suhu 23°C.

Kata Kunci : Kopi, Peltier, sistem kontrol



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Kopi.....	4
2.2 Sistem Kontrol .....	5
2.3 Termoelektrik.....	6
2.4 Suhu dan Kelembaban .....	7
2.5 DHT 11 .....	8
2.6 Arduino UNO.....	9
2.7 Relay.....	10
2.8 Alumunium foil .....	11
2.9 <i>Styrofoam</i> .....	12



<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Diagram Penelitian .....	13
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	14
3.3 Alat dan bahan .....	14
3.4 Perancangan Alat.....	15
3.5 Rancangan Sistem .....	16
3.5.1 Perancangan Elektrikal.....	17
3.5.2 Perancangan Program.....	18
3.5 Pengujian Sensor .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Hasil Pengujian Sensor .....	21
4.2 Hasil Pengujian Alat .....	22
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>32</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>36</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok Diagram Sistem Kontrol.....	5
Gambar 2.2	Sistem Peltier.....	6
Gambar 2.3	Sensor DHT11.....	8
Gambar 2.4	Arduino UNO.....	9
Gambar 2.5	Relay Arduino.....	11
Gambar 2.7	<i>Styrofoam</i> .....	12
Gambar 3.1	Diagram Penelitian .....	13
Gambar 3.2	Skema Alat .....	15
Gambar 3.3	Hasil Rancangan Alat .....	16
Gambar 3.4	Diagram blok sistem .....	17
Gambar 3.5	Diagram Alir Alat .....	17
Gambar 3.6	Skema perancangan komponen .....	18
Gambar 4.1	Perbandingan suhu sensor DHT11 dengan thermohygrometer.....	20
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan kelembaban sensor DHT11 dengan <i>thermohygrometer</i> .....	20
Gambar 4.3	Grafik Suhu Alat tanpa beban .....	21
Gambar 4.4	Grafik kelembaban Alat tanpa beban .....	22
Gambar 4.5	Alat Penyimpan Biji Kopi Sangrai dengan 1 Kg kopi.....	22
Gambar 4.6	Grafik alat penyimpanan pada beban kopi 1 Kg.....	23
Gambar 4.7	Grafik Kelembaban Alat Penyimpan dengan 1 Kg Kopi.....	23
Gambar 4.8	Grafik suhu alat penyimpan dengan 2 Kg kopi.....	24
Gambar 4.9	Grafik kelembaban alat penyimpan dengan 2 Kg kopi.....	25
Gambar 4.10	Grafik suhu alat penyimpan dengan 3 Kg kopi .....	26
Gambar 4.11	Grafik kelembaban alat penyimpan dengan 3 Kg kopi .....	26
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Berdasarkan Suhu dan Kelembaban .....	27
Gambar 4.13	Grafik Pengujian Suhu pada Alat.....	28
Gambar 4.14	Grafik Pengujian Kelembaban pada Alat.....	28
Gambar 4.15	Grafik Perbandingan Suhu dan Waktu Ketika Penambahan Kipas.....	30

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Sheet DHT11.....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino UNO.....	10
Tabel 3.1 Alat dan bahan.....	14
Tabel 3.1 Matriks perbandingan suhu sensor DHT11 dengan <i>thermohygrometer</i> .....	19
Tabel 3.2 Matriks Perbandingan kelembaban sensor DHT11 dengan <i>thermohygrometer</i> .....	19
Tabel 4.1 Perbandingan Kipas dengan Watt dan waktu.....	31



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia, sehingga saya bias menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “DESAIN DAN PEMBUATAN SISTEM PENYIMPAN BIJI KOPI SANGRAI” tepat pada waktunya.

Tujuan dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Strata satu pada program studi S-1 Teknik Fisika Universitas Nasional.

Melalui kata pengantar ini, saya ingin mengucapkan kepada semua pihak yang telah memberi dukungan sehingga penulis bias menyelesaikannya. Ucapan terima kasih ini saya sampaikan kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberi rahmat dan hidayahnya,
2. Orang Tua dan keluarga yang selalu memberi dukungan tiada henti untuk kelancaran kuliah serta adik saya yang selalu mengganggu saya ketika pulang,
3. Novi Azman, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional,
4. Ibu Kiki Rezki Lestari, S.T., M.Sc. selaku kepala program studi S-1 Teknik Fisika Universitas Nasional,
5. Ir. Hari Hadi Santoso, M.T, selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan laporan tugas akhir,
6. Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc, selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan laporan tugas akhir,
7. Prof. Sunartoto selaku dosen pembimbing dan pencerah tugas akhir,
8. Seluruh Dosen dan staf S-1 Teknik Fisika yang telah banyak membantu dalam kuliah hingga sekarang.
9. Seluruh mahasiswa S-1 Teknik Fisika Universitas Nasional,
10. Sahabat dan teman-teman yang sudah mendukung Gading, Risad, Adityo, Bang Yooh, Reggie, WidiAra, Mas Hastin, Mas Fathur, Hamid, Ukhti dan semuanya yang turut andil membantu.

Meskipun dalam tugas akhir ini saya sudah berusaha sebaik mungkin, namun kesalahan kekurangan pasti ada. Sehingga saya mengharap kritik dan saran agar kedepannya lebih baik. Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua kalangan dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Jakarta, Februari 2020



Penulis

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan komoditi yang sedang berkembang pesat. Hal ini terlihat dari total luas areal mencapai 1.241.836 ha dan produksi 675.915 ton pada tahun 2013, dan sebagian besar (90 %) merupakan areal perkebunan rakyat. Pertanian kopi terluas di Indonesia terdapat di Pulau Sumatera (60 %) dan total luas areal di Provinsi Jambi 25.935 ha dengan produksi 13.326 ton (Kementan, 2013). Sebagai produk perkebunan di Indonesia kopi menduduki peringkat keenam setelah kelapa sawit, karet gula, teh, dan kakao.

Menurut penelitian Aji (2019) dalam tugas akhir yang berjudul rancang bangun pengendalian suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan biji kopi Arabika pasca panen didapatkan hasil untuk penyimpanan mencapai suhu 25 °C diperlukan waktu 7 jam sedangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kelembaban 66 % sampel pertama mencapai *set point* dalam waktu 26 jam. Sedangkan untuk kedai kopi pemilik membeli kopi yang sudah disangrai agar dapat menggiling kopi untuk disajikan pada konsumen dalam hal ini kopi sangrai membutuhkan tempat penyimpanan yang berbeda dari pada kopi pasca panen.

Biji kopi setelah disangrai rata-rata didiamkan selama 24 jam untuk pelepasan karbondioksida tergantung waktu sangrai, kemudian kopi harus segera disimpan dalam sebuah wadah yang terhindar dari udara bebas karena jika terlalu lama maka akan terjadi proses oksidasi, hal ini kebalikan dari proses pelepasan karbondioksida yaitu dengan adanya gas oksigen masuk ke dalam biji kopi. Ketika oksigen masuk maka akan ada penurunan rasa, aroma dan kualitas pada biji kopi sangrai.

Menurut penelitian Marin (2008) dalam jurnal berjudul aroma baru kopi sangrai selama penyimpanan mengatakan bahwa kopi disimpan dalam sebuah wadah yang bersuhu  $23 \pm 2$  °C dengan kelembaban  $40 \pm 10$  % untuk mendapatkan kualitas mutu yang tetap tanpa perubahan yang signifikan.

Perkembangan industri kopi dan tuntutan pasar saat ini menuntut produk yang konsisten dalam kualitas dan aman untuk dikonsumsi. Peningkatam mutu salah satunya yaitu dengan penyimpanan yang aman dan sesuai dengan suhu dan

kelembaban yang tepat untuk jenis kopi sangrai secara umum.. Oleh karena itu penulis ingin membantu dengan membuat alat penyimpanan kopi sangrai yang dapat menjaga dan mempertahankan kualitas. Dalam hal ini yaitu dengan wadah tertutup yang dikendalikan suhu dan kelembabannya sehingga terjaga kualitas biji kopi sangrai tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana membuat sistem penyimpan biji kopi sangrai yang sesuai dengan suhu  $23\pm 2$  °C dengan kelembaban  $40\pm 10$  % untuk mengurangi penurunan kualitas kopi sangrai.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian adalah :

- a. Merancang, membuat sekaligus menguji alat penyimpan biji kopi setelah sangrai.
- b. Mengendalikan suhu dan kelembaban tempat penyimpan biji kopi sangrai sesuai referensi.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Pada rancang bangun ini menggunakan Arduino Uno, elemen Peltier sebagai pendingin dan sensor *thermo*hygro dengan tipe DHT11
- b. Pada penelitian ini variabel yang dikendalikan adalah suhu dan kelembaban yang didapat dari sistem yang rancang.
- c. Jenis kopi sangrai yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis kopi sangrai secara umum yaitu kopi *robusta*.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan proposal tugas akhir ini didalamnya terbagi menjadi 3 bab, yaitu Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian.

## BAB I PENDAHULUAN

Bab I menjelaskan mengenai latar belakang penelitian yang akan dilakukan, rumusan permasalahan penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta dijelaskan juga mengenai sistematika penulisan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II adalah tinjauan pustaka yang menjelaskan mengenai referensi penunjang yang merupakan teori-teori dasar yang berhubungan dalam penelitian ini.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III berisi tentang tempat dan waktu pelaksanaan perancangan alat, penelitian alat, alat dan bahan, metode serta blok diagram penelitian.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

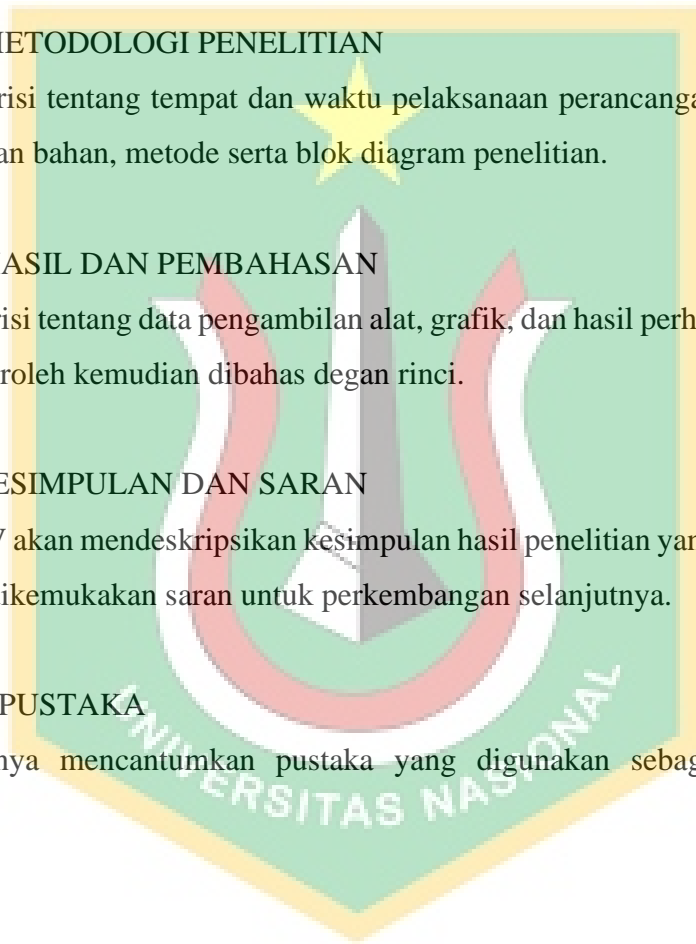
Bab IV berisi tentang data pengambilan alat, grafik, dan hasil perhitungan data yang sudah diperoleh kemudian dibahas dengan rinci.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab V akan mendeskripsikan kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan dan akan dikemukakan saran untuk perkembangan selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Di dalamnya mencantumkan pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1. Kopi

Kopi untuk diminum membutuhkan waktu yang panjang, untuk pencinta kopi mereka menikmati melalui aroma, rasa dan karakteristik setiap kopi. Proses kopi dimulai dari biji kopi merah diproses menjadi gabah, kemudian menjadi *green bean* selanjutnya akan disangrai kemudian kopi dapat digiling menjadi bubuk untuk siap diseduh. Pada proses sangrai citarasa akan banyak ditentukan di sini oleh karena itu proses ini penting. Secara umum sangrai kopi tergantung pada suhu, waktu, dan tingkat sangrai kopi tersebut yang biasanya berupa warna kopi tersebut.

Pada dasarnya sangrai dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam kopi, mengurangi beratnya hingga 20%, mengubah zat gula pada kopi menjadi CO<sub>2</sub> untuk memberikan aroma kopi. Tingkatan sangrai pada kopi di Indonesia dibagi menjadi tiga yaitu : *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*.

#### 2.1.1 *Light Roast*

Sangrai pada *light roast* terasa asam, aroma kopi belum banyak muncul. Pada prosen ini tingkat kematangan pada kopi masih rendah. Kopi *light roast* berwarna coklat terang. Untuk mendapatkan *light roast* suhu sangrai berkisar 180°C - 205°C.

#### 2.1.2 *Medium Roast*

Sangrai pada *medium roast* memiliki rasa manis, aroma asap hasil penyangraian, warnanya semakin hitam dan kandungan gula telah berkurang. *Medium roast* adalah sangrai paling banyak dipakai, karena dinilai tidak berlebihan dan seimbang pada aroma, keasaaman dan rasa. , Untuk mendapatkan *medium roast* suhu sangrai berkisar 210 °C -220 °C.

#### 2.1.3 *Dark Roast*

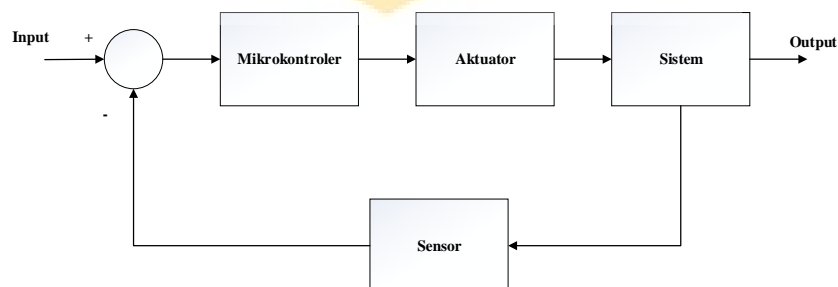
Sangrai pada *dark roast* merupakan tingkatan paling matang, apabila berlebihan kopi akan terasa tidak enak. Warna biji kopi lebih gelap dibandingkan *medium roast*. Rasa kopi lebih pahit sehingga dapat

menghilangkan rasa khas kopi. Untuk *dark roast* suhu sangrai berkisar 240 °C. Kopi ini cocok untuk yang menyukai kopi dengan kepekatan warna hitam yang tinggi ( Hayuangga, 2018).

Kopi yang sudah disangrai harus dijaga agar tidak ada pengaruh dari luar. Karena itu harus mempunyai wadah yang baik untuk menyimpan. Supaya kopi tidak ada perubahan kimia maupun fisiknya selama penyimpanan. Kopi yang baru disangrai disimpan setelah dingin dalam wadah tertutup untuk menghindari proses oksidasi pada kopi yang akan membuat rasa dan aroma kopi mejadi berkurang. Suhu yang baik untuk penyimpanan kopi setelah sangrai yaitu  $23 \pm 2$  °C dengan kelembaban  $40 \pm 10$  %. Dikatakan bahwa selama disimpan di udara luar kopi bertahan paling lama 4 bulan akan tetapi jika ditempatkan pada ruangan yang dikondisikan maka dapat bertahan 1 tahun. (Marin, 2008)

## 1.2. Sistem Kontrol

Tujuan sistem control yaitu mengatur keluaran dari kondisi atau keadaan masukan dari input melalui sistem kontrol. Sistem kontrol yaitu proses otomatis tanpa adanya campur tangan manusia. Dalam sistem kontrol penyimpan biji kopi menggunakan sistem loop tertutup. Nilai yang didapat dari *system control* akan menjadi masukan terhadap apa yang akan dilakukan selanjutnya. Nilai masukan itu berupa selisih dari sinyal yang didapat dengan sinyal perintah yang dimasukkan, yang kemudian dikontrol oleh mikrokontroler untuk melakukan kegiatan selanjutnya untuk system tersebut sehingga nilai yang diharapkan tercapai. (Erinofirdi dkk, 2012)



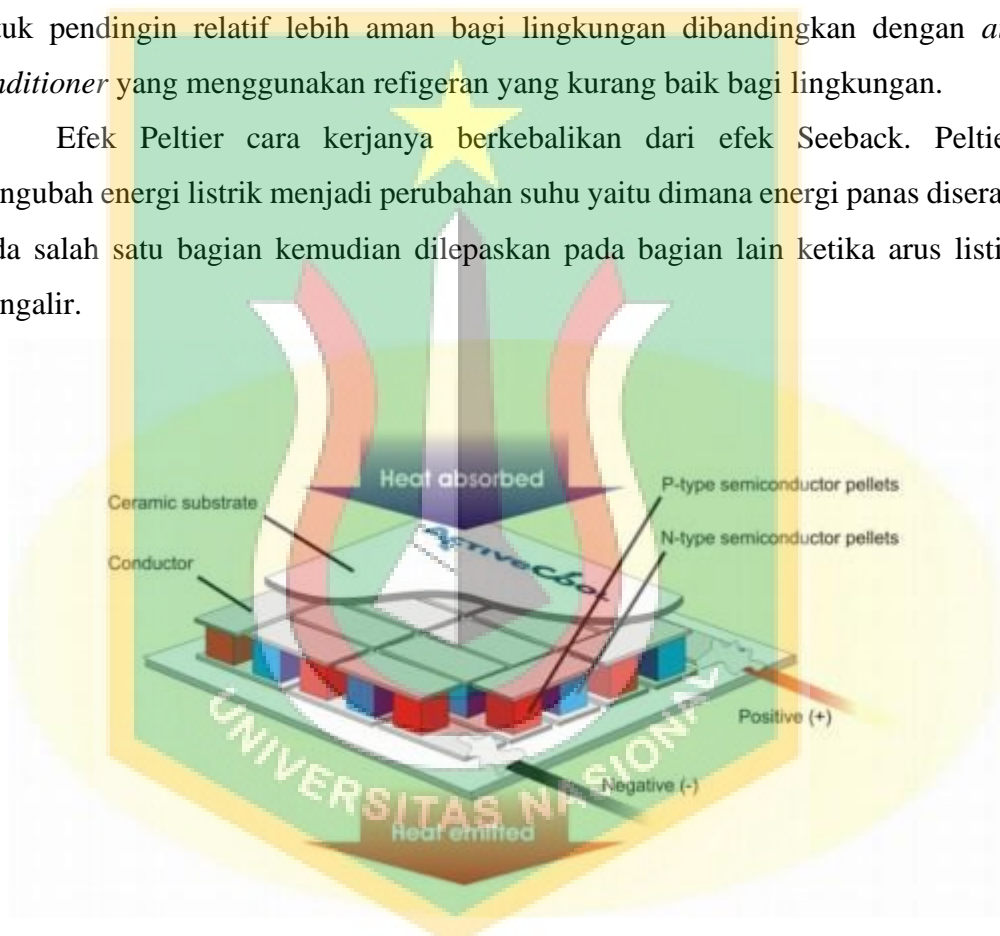
Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Kontrol

Pada gambar 2.1 adalah blok diagram sederhana yang sering digunakan pada pengendalian, pada sistem pengendalian ada kontroler yang akan mengatur aktuator kemudian aktuator akan berpengaruh terhadap sistem, sistem akan dibaca sensor dan menjadi masukan kembali ke kontroler.

### 1.3. Termoelektrik

Termoelektrik bekerja mengubah listrik menjadi panas dan dingin, atau mengubah panas yang diterima menjadi listrik. Termoelektrik yang digunakan untuk pendingin relatif lebih aman bagi lingkungan dibandingkan dengan *air conditioner* yang menggunakan refrigeran yang kurang baik bagi lingkungan.

Efek Peltier cara kerjanya berkebalikan dari efek Seebeck. Peltier mengubah energi listrik menjadi perubahan suhu yaitu dimana energi panas diserap pada salah satu bagian kemudian dilepaskan pada bagian lain ketika arus listrik mengalir.



Gambar 2.2 Sistem Peltier

(sumber : <http://www.vedcmalang.com/pppstkboemlg/index.php/menuutama/listrik-electro/1292-mengenal-thermo-electric-peltier>)

Pada gambar 2.2 merupakan sistem kerja Peltier yang terdiri dari sebuah semikonduktor tipe n dan tipe p yaitu ketika semikonduktor dialirkan tegangan maka elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe n ke tipe p. Kemudian elektron yang tiba pada semikonduktor tipe p akan melepaskan energi dalam bentuk

panas, untuk bagian dari tipe n melepaskan diri dari ikatan valensinya sehingga menyerap panas. (Sri P dkk, 2017)

Pada sistem pendingin termoelektrik ada bagian yang penting yaitu alat penukar panas (*heat exchanger*), seperti *heatsink* dan *heatpipe*. Alat penukar panas ini penting untuk membuat panas pada sisi panas Peltier ke udara bebas agar suhu dapat dipertahankan konstan sehingga sisi dingin pada Peltier juga dapat menyerap panas secara konstan.

#### 1.4. Suhu dan Kelembaban

Nilai yang menunjukkan suatu derajat panas benda disebut suhu. Jika suatu benda panas maka semakin tinggi suhu pada benda tersebut. Suhu juga menggambarkan energi, makin tinggi suhu benda maka energi pada atom penyusunnya juga semakin tinggi.

Satuan sistem internasional (SI) satuan untuk suhu yaitu Kelvin (K) namun di Indonesia lebih sering digunakan Celsius (C) perbandingan Kelvin dan Celsius sesuai dengan persamaan 2.1 :

$$K = C + 273 \quad (2.1)$$

Dimana :

K= Nilai Suhu Kelvin

C= Nilai Suhu Celsius

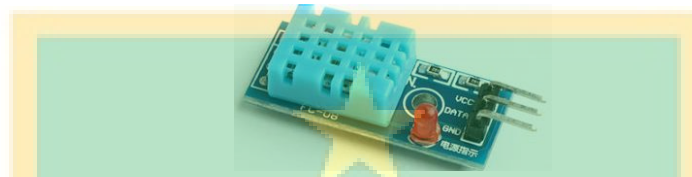
Kelembaban relatif yaitu suatu gabungan dari udara dan air dapat didefinisikan sebagai rasio tekanan parsial uap air dalam gabungan tekanan uap air jenuh pada suatu suhu. Kelembaban relatif memiliki satuan persen (%) dan didapat dari perhitungan :

$$\text{Relative Humadity} = \frac{\text{actual vapor density}}{\text{saturation vapor density}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Nilai kelembaban *relative* dihitung dengan membagi (actual vapor density) berat jenis kelembaban sebenarnya dengan (saturation vapor density).(Kresna, 2017)

## 2.5. DHT 11

Sensor DHT11 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini merupakan sensor digital yang banyak digunakan karena harganya yang cukup terjangkau. Sensor ini digunakan untuk pengukuran langsung ataupun sebagai inputan sebuah kontrol yang dapat menggunakan mikrokontroler Arduino UNO (Saptadi. 2014).



Gambar 2.3 Sensor DHT11

(sumber : <https://makerselectronics.com/product/dht11>)

Pada gambar 2.3 Sensor DHT 11 dengan input digital berarti pin data menggunakan digital untuk pembacaan suhu, pada Arduino UNO pin digital ada tigabelas pin yang dapat digunakan. Untuk tegangan yang dibutuhkan yaitu 5 volt yang dapat diambil langsung melalui Arduino UNO

Tabel 2.1 Data Sheet DHT 11

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
<b>Humidity</b>				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
Repeatability			8 Bit	
Accuracy	25°C		± 1%RH	
	0-50°C		± 4%RH	± 5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Long-Term Stability	Typical		± 1%RH/year	
<b>Temperature</b>				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			± 1°C	
Accuracy		± 1°C		± 2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

(sumber : <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>)

Pada tabel 2.1 DHT 11 memiliki rentang ukur  $0^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$  untuk pengukuran suhu sedangkan rentang ukur pada kelembaban yaitu  $20\% - 90\%$ . Nilai akurasi sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  untuk pengukuran suhu dan  $4\% - 5\%$  untuk akurasi kelembaban.

Prinsip kerja utama pada DHT11 terdapat dua bagian yaitu bagian kelembaban dan bagian suhu. Untuk bagian kelembaban menggunakan *humidity sensing component* yang terdiri dari *moisture holding substrac* yang diapit oleh dua elektroda, sedangkan untuk suhu bagiannya terdiri dari *NTC temperature sensor*.

### 1.5. Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah alat kontroler yang digunakan karena bersifat terbuka yang artinya pemrogram dapat mengatur dan mengubah apa yang diinginkan melalui program Arduino. Arduino UNO layaknya seperti mikrokontroler lain yang dapat diberi input berupa sensor analog yaitu sensor yang memberikan nilai tegangan pada bagian inpu alalog arduino yang selanjutnya akan diubah menjadi nilai suatu besaran fisika biasanya akan tetapi juga menerima sensor digital yang inputnya sudah berupa nilai besaran fisika. Setelah itu Arduino juga dapat memberikan kontrol kepada aktuator hal ini adalah salah satu perubahan akibat adanya suatu inputan.



Gambar 2.4 Arduino UNO

(sumber : <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>)

Pada gambar 2.3 merupakan gambar Arduino UNO yang akan digunakan dalam penelitian. Arduino UNO menggunakan *chipset* mikrokontroler Atmega328. Arduino UNO diprogram menggunakan aplikasi Arduino yang dapat di unduh dalam halaman web resmi Arduino. Arduino UNO menggunakan bahasa pemrograman C yang menghubungkan dengan komputer menggunakan koneksi USB tipe A ke USB tipe B . Spesifikasi Arduino UNO ditampilkan dalam tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino UNO

NO	PARAMETER	SPESIFIKASI
1	Mikrokontroler	Atmega328
2	Tegangan Kerja	5V
3	Tegangan Masuk	7-12V
4	Tegangan Masuk Terbatas	6-20V
5	Pin I/O	14 pin
6	Pin PWM	6 pin
7	Pin Analog	6 pin
8	Arus	20mA - 50 mA
9	Flash Memori	32 KB
10	SRAM	2 KB
11	EEPROM	1 KB
12	Kecepatan Baca	16 Mhz
13	LED tertanam	pin 13
14	Panjang Arduino	68,6 mm
15	Lebar Arduino	53,4 mm
16	Berat Arduino	24 g

(sumber : <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>)

Dari table 2.2 arduino dapat diberi inputan tegangan dari 7 volt – 12 volt dan beroperasi pada 5 volt, dengan jumlah pin analog 6 pin pin I/O 14 pin dan pin PWM 6 pin.

#### 1.6. Relay

Relay adalah sebuah *switch* atau saklar yang cara penggunaanya dikontrol secara elektrik. Komponen utama pada relay yaitu sebuah elektromagnet (koil) dan mekanik (sebuah saklar).



Gambar 2.5 Relay Arduino

(sumber : <https://www.jemrf.com/products/relay-for-raspberry-pi-or-arduino-1-channel-5v-relay-module-250v-10a>)

Pada gambar 2.5 relay Arduino bekerja dengan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar dengan tegangan kecil kemudian dapat menghantarkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi.

## 2.8. Alumunium foil

Alumunium foil merupakan lembaran logam tipis yang banyak digunakan dalam melapisi makanan untuk proses pemanggangan karena alumunium foil tahan terhadap suhu.



Gambar 2.6 Alumunium foil

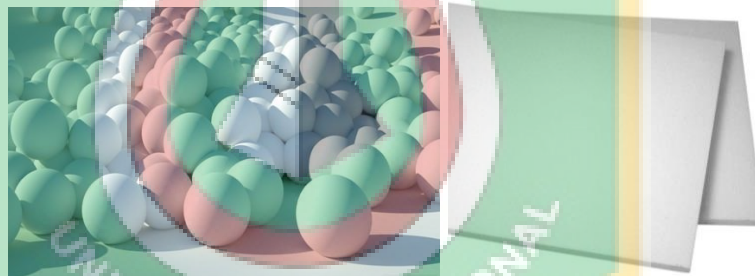
(sumber : <https://www.findit.com/virikdrzhmsyvm/RightNow/world-aluminium-foil-market-2018-import-exportm/dcf540db-0d2f-463b-a788-ebec61411836>)



Pada gambar 2.6 merupakan aluminium yang umum digunakan aluminium tersebut mempunyai kelebihan sebagai logam yang anti magnetis, tidak beracun dan tidak berbau, mempunyai sifat yang baik untuk proses mekanik dari kemampuan perpanjangannya, hal ini dapat dilihat dari proses penuangan, pemotongan, pembengkokan, ekstrusi dan penempaan aluminium. Adapun kekurangannya adalah dapat rusak karena pengaruh asam, garam dapur dan logam berat. Sebenarnya aluminium foil tahan terhadap pengaruh berbagai bahan kimia, tergantung dari campuran spesifik atau bahan kimia yang terkandung di dalamnya dan kontak langsung dengan aluminium foil tersebut. (Aji, 2019)

### 2.9. Styrofoam

*Styrofoam* adalah plastik yang dapat berbuis terbuat dari polistirena, yang berasal dari minyak mentah. Awalnya *styrefoam* terbentuk dari kloroflourakarbon yang berbahaya menjadi gumpalan resin yang terbuat dari stirena. Tahun 1980 produsen membuat produk *Styrofoam* dengan meniup atau mengisi karbondioksida pada lelehan plastik.



Gambar 2.7 *Styrofoam*

(sumber : <https://www.patrickmorin.com/en/styrofoam-panel-expanded-polystyrene-4-ft-x-8-ft-x-4-in-stybla4>)

Pada gambar 2.7 adalah adanya pemanasan berakibat gas mengembang dalam polisterina akan membentuk ruang-ruang kecil atau yang biasa disebut *foam*/buis. Setelah terjadi pendinginan maka *foam*/buis tersebut akan terjebak didalamnya sehingga terbentuklah apa yang selama ini disebut dengan Styrofoam. Udara dalam Styrofoam mengisi sekitar 98% sebab itu massanya ringan dan memiliki sifat isolasi yang baik. Dalam sistem ini Styrofoam digunakan untuk dinding dikarenakan Styrofoam dikenal dapat menjaga suhu. (Kresna P, 2017)



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Penelitian

Berikut tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini yang ditampilkan dalam bentuk diagram alir :



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

### 3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Perencanaan dan penelitian dilakukan pada bulan September 2019 sampai dengan November 2019 di tempat tinggal penulis yang berada di Jalan Ketapang No. 49 RT 05 RW 10, Kelurahan Jati Padang, Pasar Minggu, Jakarta Selatan, daerah Khusus Ibukota Jakarta.

- a. Penulis mempertimbangkan waktu dan biaya karena lokasi tersebut terjangkau oleh penulis
- b. Mempermudah akses dan proses dalam pengambilan data penelitian yang dikerjakan.

### 3.3. Alat dan bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa alat dan bahan untuk perancangan alat penyimpan biji kopi sangrai yang ditunjukkan pada table dibawah ini :

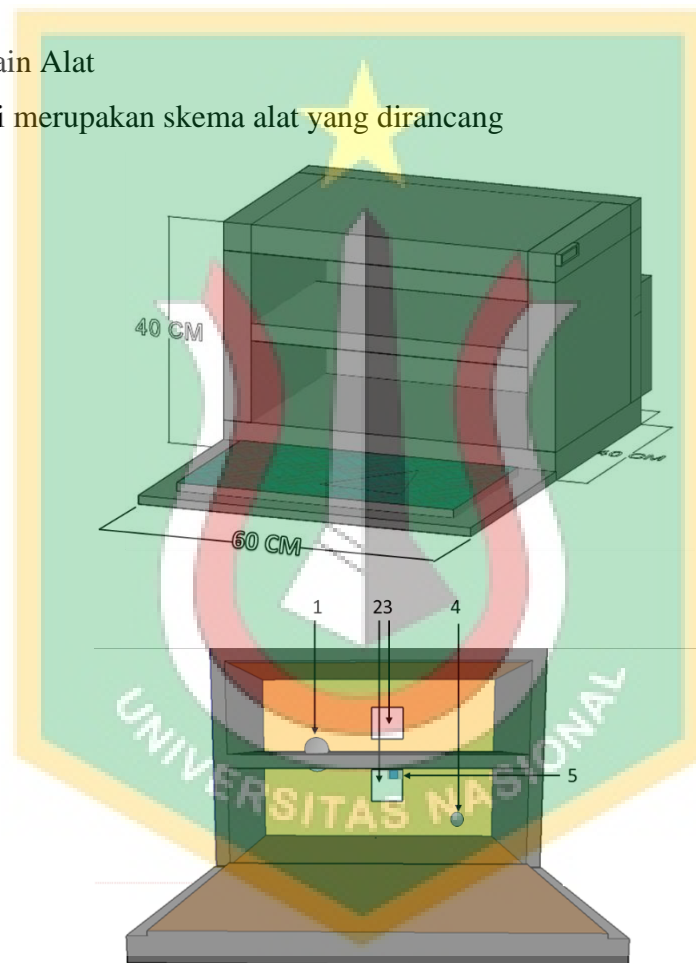
Tabel 3.1 Alat dan bahan

No.	Nama Barang	Jumlah Barang
1	Mikrokontroler Arduino <i>Uno</i>	1
2	Plat besi	3
3	Mur dan baut	1 set
4	Sensor <i>thermohygro</i> DHT11	1
5	Relay	2
6	Power Suplay 12 Volt 15 A	1
7	Kabel jumper	11
8	Solder dan timah solder	1
9	<i>Glue gun</i> dan <i>refill</i>	1
10	Penggaris	1
11	Blower (500-1000 RPM)	1
12	Lakban putih	1
13	Gergaji kayu	1
14	Kayu Lapis	1
15	Alumunium foil	2
16	<i>Water trap separator</i>	1

17	Selang	1
18	Peltier set (Kipas 12V 1500RPM)	2
19	<i>Styrofoam</i>	6
21	Meter ukur	1
22	Alat tulis spidol dan pensil	1
24	Stopwatch	1
25	<i>Thermohygrometer</i>	1

### 3.4. Desain Alat

Berikut ini merupakan skema alat yang dirancang



- Keterangan :
1. Blower
  2. *Heat sink* dan kipas 9cm x 9cm
  3. Peltier dan *cold sink*
  4. Masukan *water trap*
  5. Sensor DHT11

Gambar 3.2 Skema Alat

Alat penyimpan biji kopi sangrai sesuai gambar 3.3 dibuat menggunakan aplikasi AutoCAD, alat tersebut terdiri dari dua kolom yang digunakan untuk meletakkan biji kopi sangrai dalam kolom tersebut. Pada dinding alat tersebut digunakan aluminium foil, *sterofoam*, dan kayu lapis pada bagian luar dengan total tebal dinding 3 cm. Rangka utama pada alat penyimpat biji kopi sangrai adalah besi yang disusun membentuk sebuah almari dengan ukuran Panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Diharapkan dari dimensi tersebut dapat menampung kopi sangrai 6 - 10 Kg dengan perbandingan kopi dan sirkulasi udara didalam sebesar 50%.

### 3.5. Pembuatan Sistem

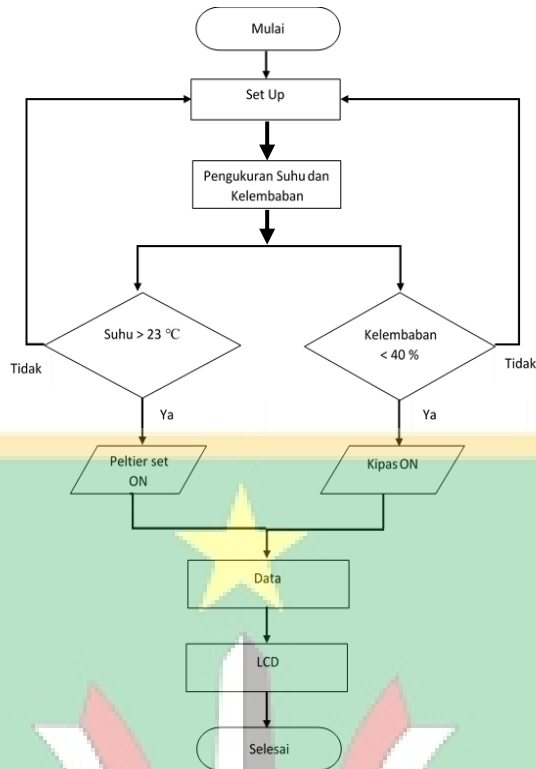
Proses pembuatan alat penyimpan biji kopi pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang optimal, berikut adalah pembuatan rancangan sistem yang ditampilkan dalam bentuk diagram blok :



Gambar 3.3 Diagram blok sistem

Pada gambar 3.3 diagram blok merupakan cara kerja sistem penyimpanan biji kopi sangrai. Bekerja ketika sensor mendapatkan nilai suhu dan kelembaban dalam tempat penyimpanan, maka kontroler akan merespon hasil tersebut ketika suhu diatas 23 °C pendingin Peltier akan bekerja jika dibawah 23 °C maka pendingin Peltier mati. Sedangkan untuk kelembaban ketika kelembaban berada lebih dari 40 % maka blower akan bekerja jika kurang dari 40 % maka blower mati.

Untuk diagram alir alat sama halnya dalam diagram blok berikut diagram alir alat :

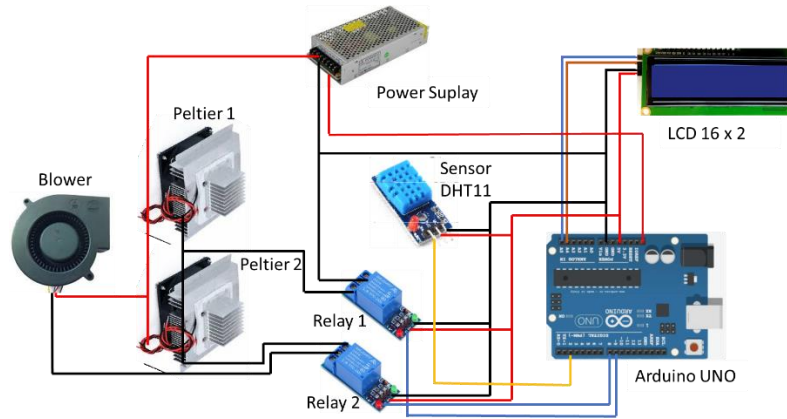


Gambar 3.4 Diagram Alir Alat

Pada gambar 3.4 mengenai diagram alir alat menunjukkan urutan kerja alat dari mulai sistem menyala, Arduino menerima pembacaan dari sensor DHT 11 yang membaca suhu dan kelembaban pada alat penyimpan biji kopi sangrai. Kemudian hasil pembacaan menjadi masukan oleh Arduino kembali dan diolah menggunakan program yang sudah dibuat. Maka dari nilai suhu pada LCD mengetahui bahwa jika suhu diatas 23 °C Peltier akan bekerja sedangkan untuk kelembaban yang diatas 40 % maka kipas akan bekerja. Hasil suhu dan kelembabaan kemudian dapat dilihat dari LCD yang sudah tersedia.

### 3.5.1 Perancangan Elektrikal

Pada proses perancangan elektrikal yaitu dengan menghubungkan komponen yang sudah dirancang sebelumnya menjadi satu kesatuan sistem, setiap komponen berperan masing-masing.



Gambar 3.5 Skema perancangan komponen

Pada gambar 3.5 skema rancangan komponen tersebut selanjutnya akan dihubungkan dengan alat atau bagian yang membentuk tempat penyimpanan biji kopi sangrai. Sebelum dapat bekerja mikrokontroler Arduino diprogram terlebih dahulu.

### 3.5.2 Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat dilakukan dengan menggabungkan alat dan bahan berupa rangka besi, *Styrofoam*, aluminium foil, kemudian merangkai dengan elektrikal yang sudah disusun sesuai diagram elektrikal sehingga menjadi satu kesatuan.



Gambar 3.6 Hasil Rancangan Alat



Pada Gambar 3.3 merupakan hasil perancangan alat yang telah dibuat, alat tersebut telah dibuat berdasarkan dimensi yang sesuai dengan rancangan awal. Pada alat tersebut sudah terpasang komponen utama yang digunakan sebagai pendingin yaitu Peltier sebagai pendingin yang selanjutnya akan bekerja sesuai dengan diagram alir alat pada gambar 3.5.

### 3.5 Pengujian Alat

Pada pengujian alat dilakukan sesuai referensi tugas akhir Aji pada tahun 2019 yaitu dengan menjalankan alat kemudian mendapatkan waktu mencapai suhu *set point* dan suhu yang dicapai selama alat dijalankan. Pengujian sensor juga dilakukan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Trias Prima S dan Fitri P pada tahun 2019 mengenai perbandingan sensor DHT22 dan *thermohygrometer* menggunakan metode perbandingan langsung yang dilakukan pada suhu 25°C dan kelembaban ruangan 48 %.

Pada pengujian sensor dimaksudkan untuk mengetahui kesalahan pada sensor apakah melebihi batas atau masih dalam batas yang dapat diterima. Perbandingan sensor dan *thermohygrometer* dilakukan pada media pendingin yaitu plat Peltier, perbandingan sensor dilakukan pada suhu kerja sensor yaitu dari 34 °C hingga 20 °C. Berikut merupakan matriks perbandingan sensor dengan *thermohygrometer*.

Tabel 3.1 Matriks perbandingan suhu sensor DHT11 dengan *thermohygrometer*

Pembacaan Standar	Pembacaan Sensor Uji	selisih	<i>Error</i>
°C	°C	°C	°C

Perbandingan kelembaban menggunakan sensor DHT11 dengan *throhygrometer* yang dilakukan pada media *Humidifier* pada ruangan ber-AC dengan kelembaban 40 % karena pengujian dilakukan pada kelembaban alat akan bekerja yaitu skitan 40 % hingga 60%. Setelah itu dibuat matriks hasil sebagai berikut :

Tabel 3.2 Matriks Perbandingan kelembaban sensor DHT11 dengan *thermohygrometer*

Pembacaan Standar	Pembacaan Sensor Uji	selisih	<i>Error</i>
%	%	%	%

Persentase *error* diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$error = \left| \frac{\text{Pembacaan sensor} - \text{pembacaan standar}}{\text{pembacaan standar}} \right| \quad (3.1)$$

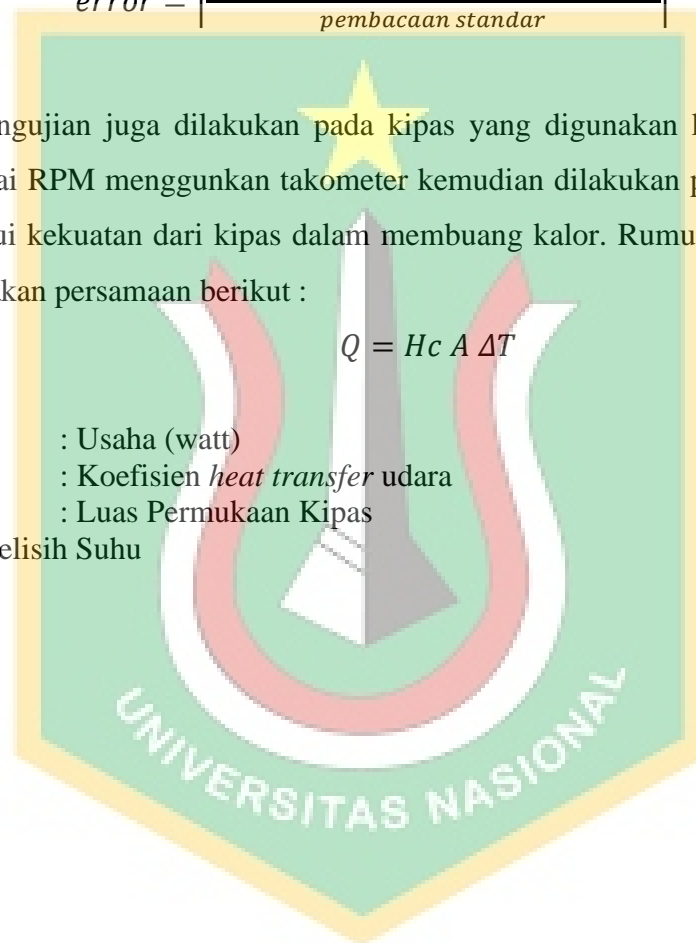
Pengujian juga dilakukan pada kipas yang digunakan kipas sebelumnya diukur nilai RPM menggunakan takometer kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui kekuatan dari kipas dalam membuang kalor. Rumus yang digunakan menggunakan persamaan berikut :

$$Q = Hc A \Delta T \quad (3.2)$$

Di mana :

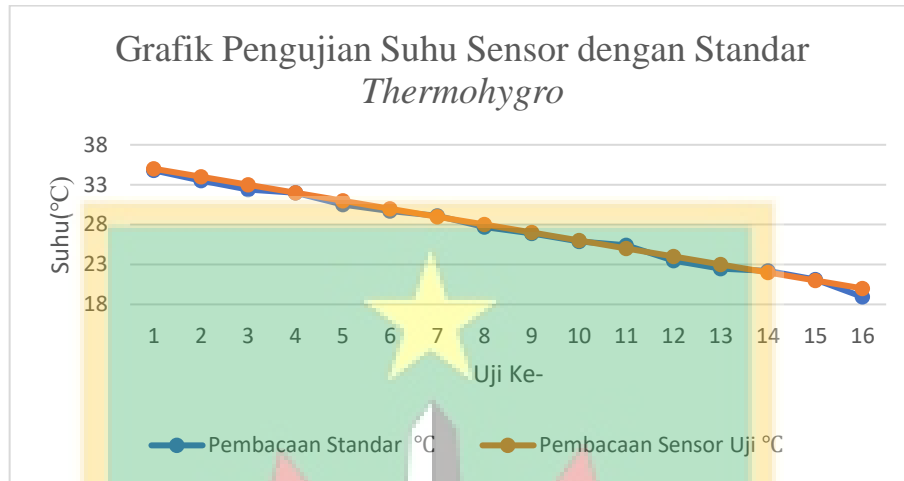
- Q : Usaha (watt)
- Hc : Koefisien *heat transfer* udara
- A : Luas Permukaan Kipas

$\Delta T$  : Selisih Suhu



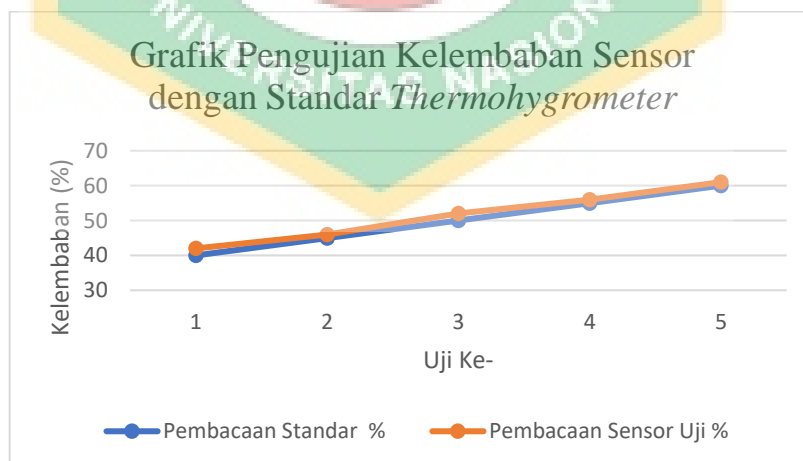
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Sensor



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan suhu sensor DHT11 dengan *thermohyrometer*

Pada gambar 4.1 mengenai grafik perbandingan sensor dengan *thermohyrometer* menunjukkan nilai *error* pada setiap titik, dari nilai *error* tersebut diketahui *error* untuk sensor DHT yaitu 1,36 %. Perbandingan dilakukan dalam kurun waktu 1 jam. Dari hasil yang didapat diketahui bahwa nilai *error* untuk suhu 1,36 % sehingga dapat dikatakan sensor dapat bekerja dengan baik sesuai spesifikasinya.

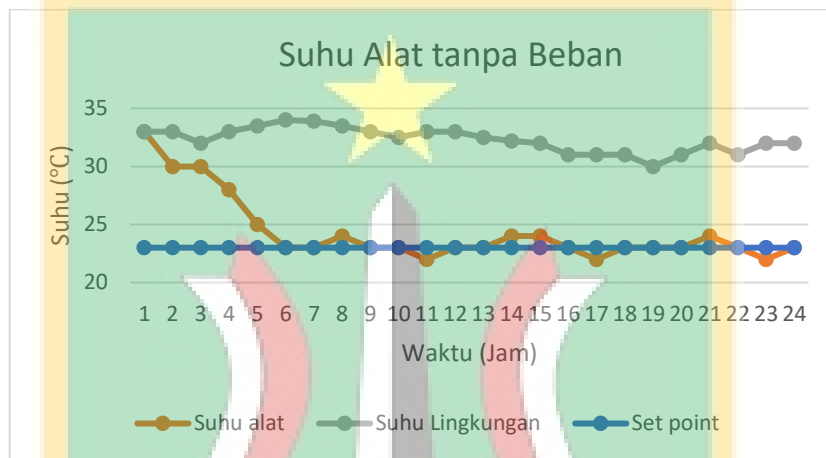


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan kelembaban sensor DHT11 dengan *thermohyrometer*

Dari data table 4.2 mengenai perbandingan sensor kelembaban DHT11 dengan termohygrrometer tersebut didapat bahwa rata-rata *error* yaitu 2,9 % dengan spesifikasi akurasi 5% maka sesor tersebut masih dalam batas. Dibandingkan penelitian sebelumnya mengenai pengujian sensor .

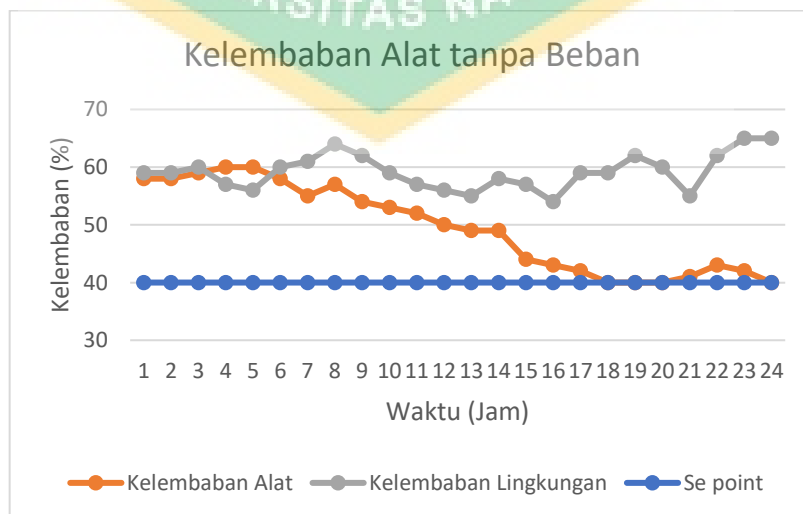
#### 4.2 Hasil Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan pada alat dalam keadaan kosong. Berikut grafik yang didapat.



Gambar 4.3 Grafik Suhu Alat tanpa beban

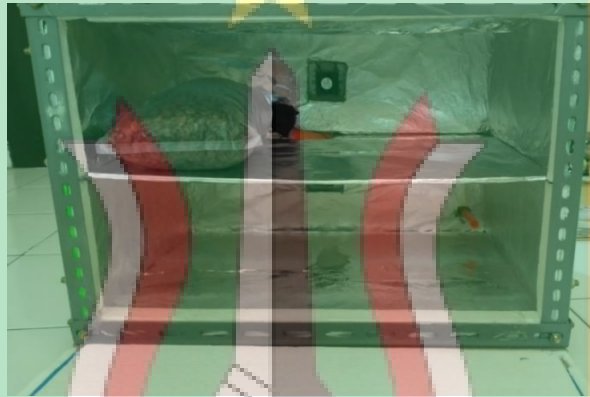
Pada gambar 4.3 terlihat grafik pengujian alat tanpa ada beban dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa alat tersebut mencapai suhu yang ingin dicapai pada 23 °C. *Set point* suhu tercapai pada jam ke-6 namun dalam mempertahankan suhu tersebut terdapat fluktuatif namun masih dalam batas suhu referensi.



Gambar 4.4 Grafik kelembaban Alat tanpa beban

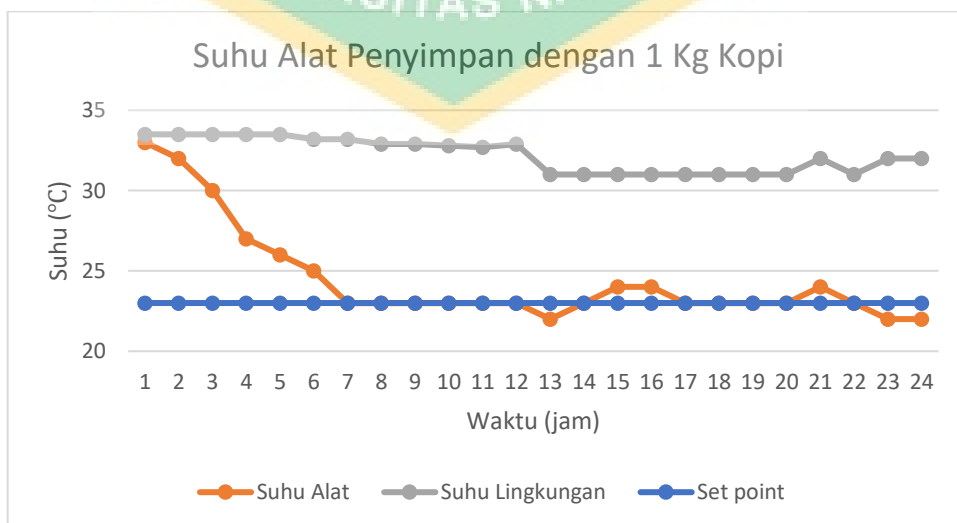
Pada Gambar 4.4 mengenai grafik tersebut kelembaban mencapai 40 % pada jam ke-18 sedangkan menurut referensi kelembaban mulai mencapai referensi pada jam ke-13 dibandingkan penelitian Aji tahun 2019 untuk jenis kopi pasca panen waktu tersebut sama dan juga lebih cepat dari pengujian yang mencapai 26 jam.

Kemudian bukan hanya dalam keadaan alat tanpa beban namun pengujian dilakukan juga dengan beban kopi sangrai dengan massa 1 Kg. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban terhadap ruang penyimpanan dan bagaimana hasilnya.



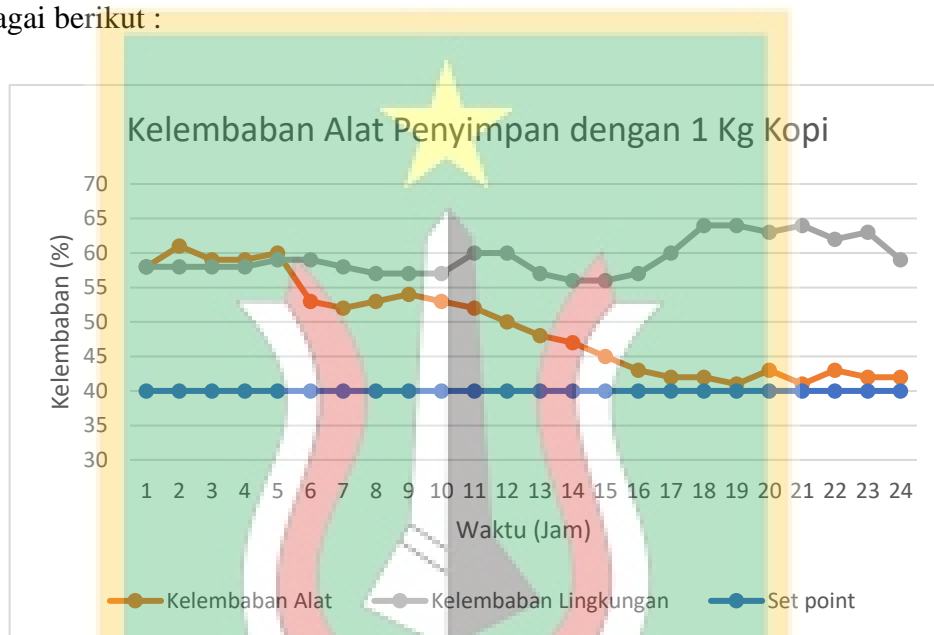
Gambar 4.5 Alat Penyimpan Biji Kopi Sangrai dengan 1 Kg kopi

Alat penyimpan biji kopi sangrai yang telah selesai dibuat diberikan beban 1 Kg kopi sangrai pada kolom bagian atas. Kemudian didapat data sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik alat penyimpanan pada beban kopi 1 Kg

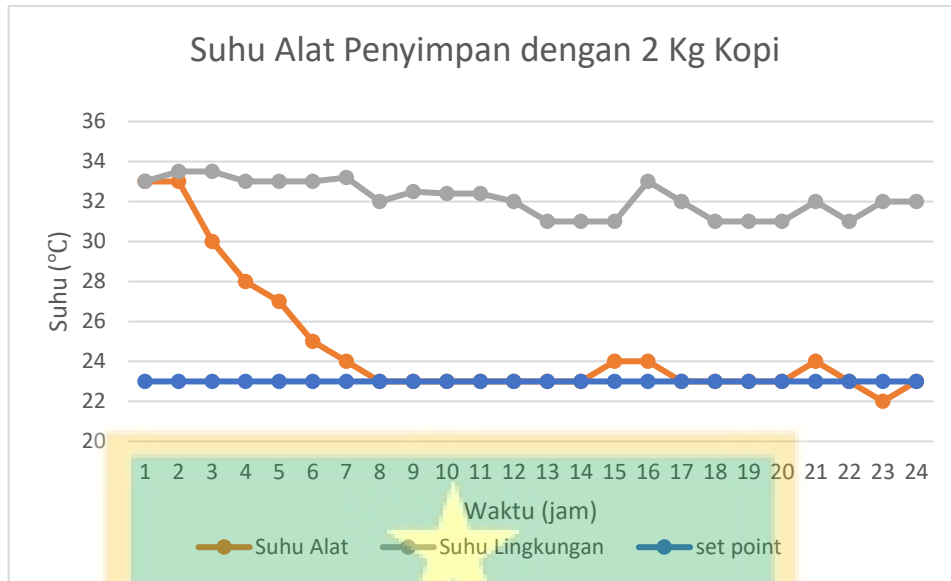
Grafik pada gambar 4.6 merupakan grafik penyimpanan biji kopi dengan beban penyimpanan kopi dengan massa 1 Kg. Dari grafik tersebut waktu untuk mencapai suhu referensi dibutuhkan waktu selama 7 jam. Jika dibandingkan dengan penelitian Aji 2019 pada biji kopi pasca panen dengan waktu yang sama akan tetapi suhu pada penyimpan kopi sangrai memiliki suhu yang lebih rendah 4 °C. Sedangkan untuk kelembaban pada penyimpanan kopi dengan beban kopi 1 Kg sebagai berikut :



Gambar 4.7 Grafik Kelembaban Alat Penyimpan dengan 1 Kg Kopi

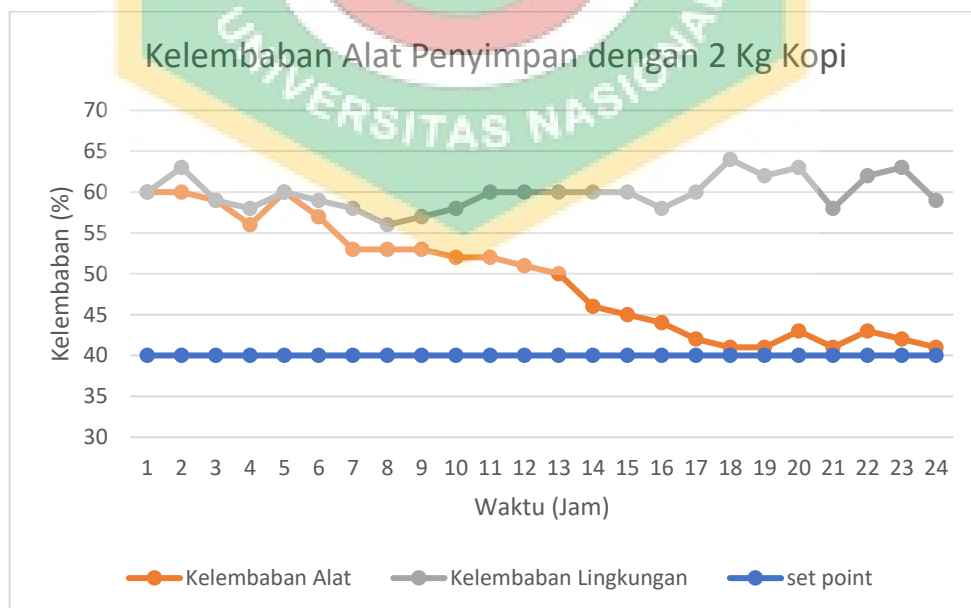
Grafik pada gambar 4.7 merupakan grafik kelembaban pada alat penyimpan namun diberi beban kopi sangrai dengan massa 1 Kg hal ini juga dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kelembaban akibat dari adanya beban pada alat pendingin yang nantinya juga digunakan untuk menyimpan biji kopi. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa dalam beban kopi 1 Kg waktu untuk mencapai kelembaban yaitu 19 jam ini berarti kopi tersebut menambah waktu alat untuk mencapai kelembaban.

Alat pendingin biji kopi sangrai diberikan beban kopi sangrai dengan massa 2 Kg, penambahan beban tersebut digunakan untuk mengetahui jika ada tambahan beban yang diberikan seberapa berpengaruh dalam data yang didapat berikut data untuk beban 2 Kg kopi sangrai.



Gambar 4.8 Grafik suhu alat penyimpanan dengan 2 Kg kopi

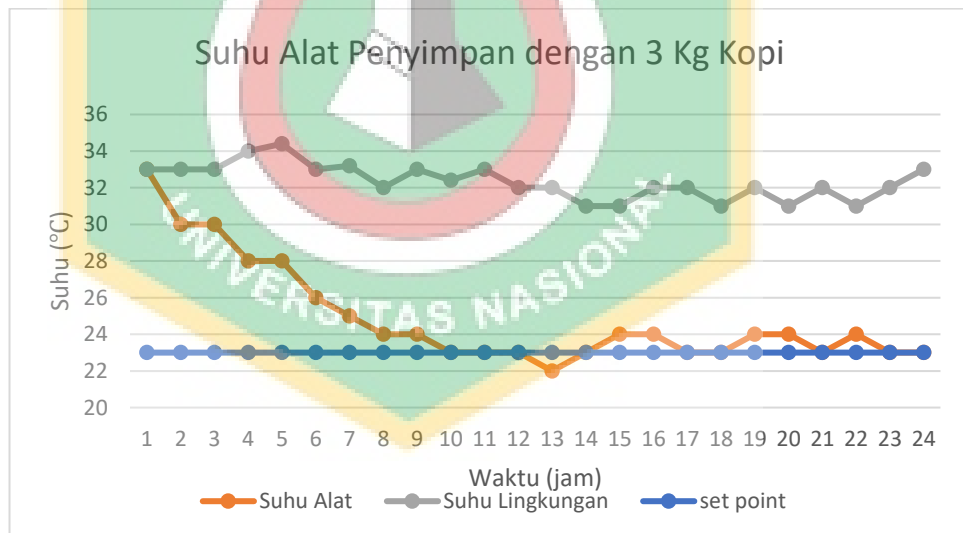
Grafik pada gambar 4.8 merupakan grafik penyimpanan biji kopi dengan beban penyimpanan kopi dengan massa 2 Kg. Dari grafik tersebut waktu untuk mencapai *set point* dibutuhkan waktu selama 8 jam. Nilai suhu naik turun akan tetapi masih dalam batas yaitu dibawah 20 - 25 °C. Sedangkan untuk kelembaban pada penyimpanan kopi dengan beban kopi 2 Kg sebagai berikut :



Gambar 4.9 Grafik kelembaban alat penyimpanan dengan 2 Kg kopi

Grafik pada gambar 4.9 merupakan grafik kelembaban pada alat penyimpanan namun diberi beban kopi sangrai dengan massa 2 Kg hal ini juga dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kelembaban akibat dari adanya beban lebih dari beban sebelumnya 1 Kg .Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa dalam beban kopi 2 Kg waktu untuk mencapai kelembaban yaitu 18 jam dilihat dari *set point* kopi dengan massa 1 Kg mencapai *set point* lebih lama akan tetapi jika dilihat dari referensi  $30\pm 10\%$  maka kopi sangrai 1 Kg lebih dahulu yaitu dijam ke-12 sedangkan kopi sangrai dengan massa 2 Kg mencapai kelembaban dijam ke-13 hal ini juga membuktikan bahwa beban bertambah berakibat pada penurunan kelembaban yang lebih lama.

Alat penyimpan biji kopi sangrai kemudian juga diberi beban kopi sangrai dengan massa 3 Kg ini juga dilakukan untuk mengetahui beban alat dengan beban yang lebih dari sebelumnya, berikut grafik dari suhu untuk beban kopi sangrai dengan massa 3 Kg.

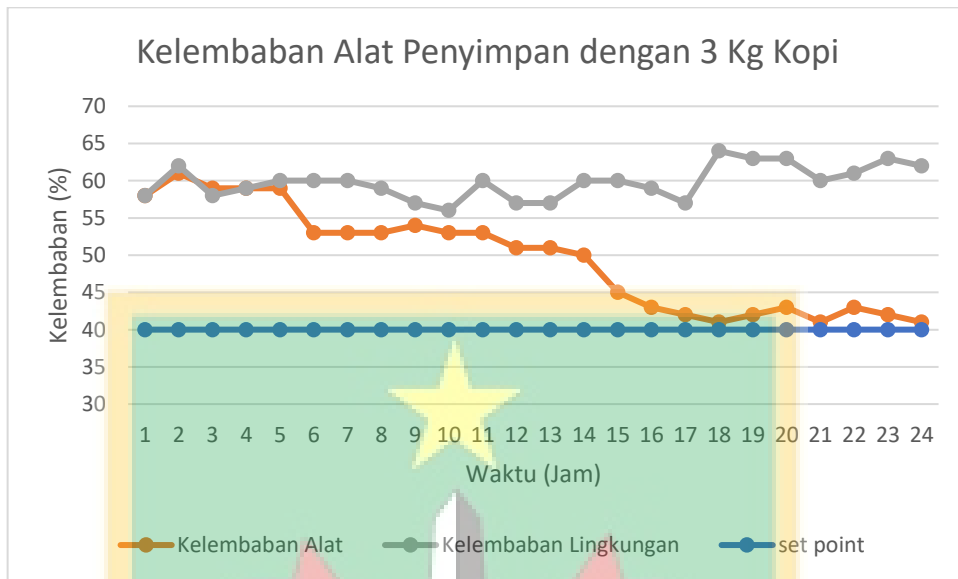


Gambar 4.10 Grafik suhu alat penyimpanan dengan 3 Kg kopi

Grafik pada gambar 4.10 merupakan grafik penyimpanan biji kopi dengan beban penyimpanan kopi dengan massa 3 Kg. Dari grafik tersebut waktu untuk mencapai *set point* dibutuhkan waktu selama 10 jam. Nilai suhu naik turun akan

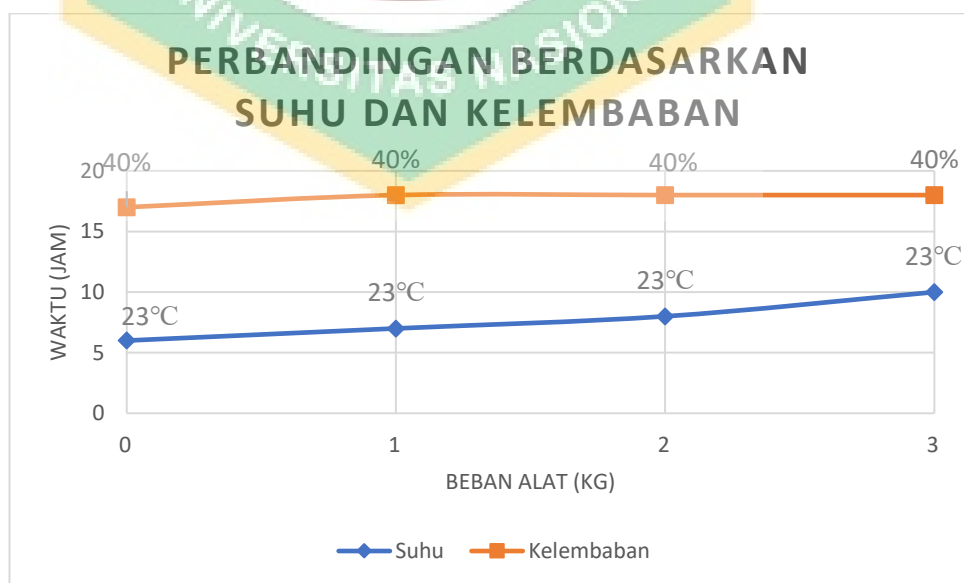


tetapi masih dalam batas yaitu dibawah  $23 \pm 2$  °C. Sedangkan untuk kelembaban pada penyimpanan kopi dengan beban kopi 3 Kg sebagai berikut :



Gambar 4.11 Grafik kelembaban alat penyimpanan dengan 3 Kg kopi

Grafik pada gambar 4.11 merupakan grafik kelembaban pada alat penyimpanan namun diberi beban kopi sangrai dengan massa 3 Kg hal ini juga dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kelembaban akibat dari adanya beban lebih dari beban sebelumnya 1 Kg dan 2 Kg .Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa dalam beban kopi 3 Kg waktu untuk mencapai kelembaban yaitu 18 jam.

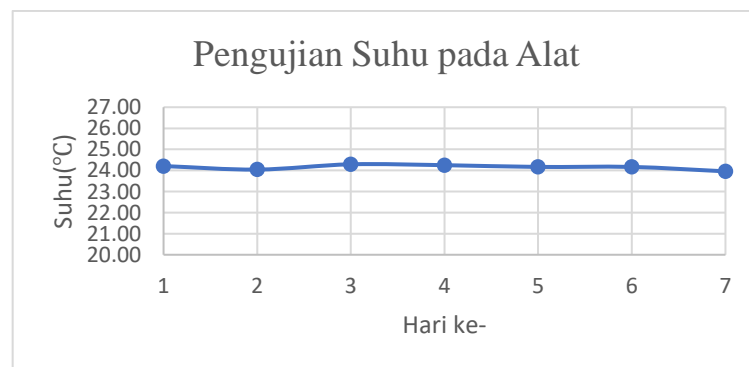


Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Berdasarkan gambar 4.12 dilihat pada beban 0 Kg atau tanpa beban waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* 23°C suhu yaitu 6 jam, untuk beban 1 Kg membutuhkan waktu 7 jam, pada beban 2 Kg membutuhkan waktu 8 jam sedangkan pada beban 3 Kg membutuhkan waktu 10 jam. Pada mencapai kelembaban 40% juga mengalami perbedaan ketika 0 Kg kelembaban mencapai referensi 17 jam, pada beban 1 Kg mencapai 18 jam , pada beban 2 Kg mencapai 18 jam sedangkan pada beban 3 Kg mencapai kelembaban referensi selama 18 jam. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa baban pada alat mempengaruhi suhu dan kelembaban mencapai *set point*.

Proses penurunan suhu dan kelembaban pada alat penyimpan biji kopi ditandai dengan pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD kemudian pada Peltier didapati hasil kondensasi atau pengembunan yang hasil airnya dibuang hal ini membuktikan adanya penurunan kelembaban akibat adanya penurunan suhu. Kejadian tersebut sama seperti *air conditioner* pada gedung-gedung atau ruangan yang menggunakannya AC akan ada pembuangan hasil kondensasi. Pada alat penyimpanan kopi *watertrap* kurang atau tidak efektif dalam penurunan hal ini juga dapat dilihat dari tabung *watertrap* tidak terdapat air hasil pengembunan atau terperangkapnya air didalamnya.

Dalam mengetahui nilai kesetabilan untuk menyimpan biji kopi sangrai maka diperlukan penyimpanan untuk beberapa hari oleh karena itu dilakukan pengujian dengan kopi sangrai 1 Kg yang datanya dilampirkan dalam lampiran 5. Selanjutnya data tersebut akan dilanjutkan untuk melihat kesetabilan alat.



Gambar 4.13 Grafik Pengujian Suhu pada Alat

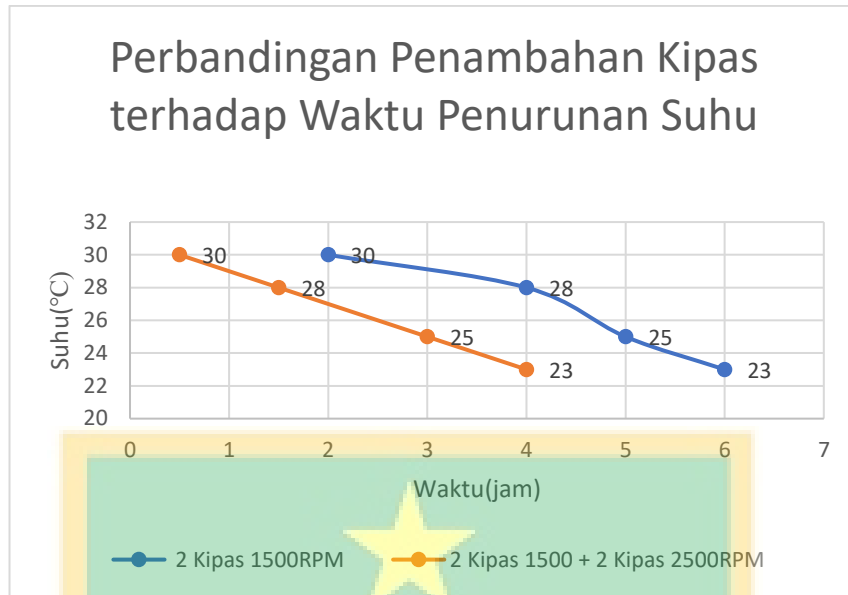
Berdasarkan Grafik 4.13 nilai suhu menunjukkan rata-rata sekitar 24 °C nilai *error* yaitu 3,31%. Nilai *error* tersebut jika dibandingkan referensi (Marin, 2008) yang memiliki batas hingga suhu 25°C maka masih dapat ditoleransi. hal ini juga dapat dilihat dalam lampiran 5. Pada pengujian kelembaban dapat dilihat dalam grafik berikut :



Gambar 4.14 Grafik Pengujian Kelembaban pada Alat

Berdasarkan pada gambar 4.14 mengenai grafik alat pada kelembaban nilainya masih dalam referesi namun mendekati batas atas hal ini juga dipengaruhi karena kelembaban lingkungan yang tinggi sehingga alat kurang baik dalam menurunkan kelembaban jika dilihat langung pada lampiran 5 nilai *error* dengan *set point* 40% memiliki *error* 10% dikarenakan kelembaban mencapai 45% akan tetapi jika dibandingkan referesi (Marin 2008) yang mengatakan bahwa batas kelembaban atas 50% yang berarti data kelembaban tersebut masih bias ditoleransi . Dari hasil penyimpanan selama 7 hari kopi dari 1000 gr menjadi 995 gr hal ini dikarenakan penyimpanan pada tempat kering mengakibatkan kadar air dalam kopi berkurang tapi tidak signifikan.

Pada percobaan menenggunakan penambahan kipas ada hasil yang ditambahkan dalam laporan tugas akhir penambahan kipas yaitu dengan dua kipas yang memiliki kecepatan 2500 RPM yang sebelumnya menggunakan dua kipas dengan kecepatan 1500 RPM.



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Suhu dan Waktu Ketika Penambahan Kipas

Pada gambar 4.15 merupakan hasil dari penambahan kipas dengan RMP yang lebih tinggi didapat hasil sebagai berikut waktu untuk mencapai *set point* suhu 23 °C yang sebelumnya 6 jam menjadi 4 jam yang berarti ada selisih 2 jam dengan percobaan sebelumnya. Sehingga waktu mencapai *set point* 23°C lebih cepat tercapai.

Tabel 4.1 Perbandingan Kipas dengan Watt dan waktu

No.	Kipas(RPM)	Watt	Jam
1	2 (1500)	3.4	6
2	2(1500)+2(2500)	6.7	4
3	2(1500)+2(2500)+(2(1500))	10	2
4	2(1500)+2(2500)+(2(1500))+1(2500)	11.65	1

Pada tabel 4.1 mengenai perbandingan kipas telah dilakukan percobaan pada no.1 dan no.2 dari data tersebut didapat Watt dan waktu yang tercapai sehingga melalui perhitungan kita dapat mengasumsi untuk mendapatkan nilai suhu yang lebih rendah maka diperlukan kipas yang lebih banyak dengan perincian kipas dan RPM tertentu sesuai pada tabel tersebut untuk perhitungan Watt setiap kipas dapat dilihat pada lampiran 6.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian, didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Telah berhasil dirancang dibuat dan diuji sistem penyimpanan biji kopi sangrai yang dapat digunakan untuk menyimpan biji kopi sangrai sesuai dengan referensi yaitu  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  dan kelembaban  $40 \pm 10\%$ .
- b. Pada pengujian alat telah berhasil mengendalikan suhu pada *set point*  $23^\circ\text{C}$  dan kelembaban 40%, hasil pengujian alat dilakukan dengan tanpa beban dan beban 1 Kg Kopi sangrai didapat hasil yaitu dalam alat penyimpan yang tanpa beban suhu mencapai *set point* waktu 6 jam sedangkan untuk kelembabanya dalam waktu 17 jam. Pengujian dengan beban kopi sangrai 1 Kg alat penyimpan dapat mencapai *set point* untuk suhu yaitu 7 jam sedangkan mencapai kelembaban dalam waktu 18 jam. Pengujian beban kopi sangrai 2 Kg dibutuhkan waktu 8 jam untuk mencapai *set point* suhu, sedangkan untuk kelembaban 18 jam. Pengujian dengan beban kopi sangrai 3 Kg dibutuhkan waktu 10 jam untuk mencapai suhu sesuai *set point*, sedangkan untuk kelembaban dibutuhkan waktu 18 jam untuk mencapai *set point*. Jika dilihat dari suhu maka semakin banyak beban maka semakin lama proses pendinginannya sepertihalnya pada kelembaban semakin banyak beban waktu kelembaban turun juga terpengaruh. Namun alat penyimpan biji kopi sangrai tetap bekerja menjaga nilai menuju *set point* yang telah ditentukan yaitu suhu  $23^\circ\text{C}$  dan kelembaban 40%. Penambahan dua kipas dengan RPM lebih besar berhasil menambah waktu menjadi 2 jam lebih cepat dalam mencapai *set point* suhu

## 5.2 Saran

Pada desain dan pembuatan alat penyimpan biji kopi sangrai untuk mencapai suhu dan kelembaban referensi lebih cepat dapat menggunakan Peltier dengan jumlah yang lebih hal ini karena semakin banyak Peltier maka semakin banyak jumlah pendinginyang berarti juga dapat membantu mengurangi kelembaban. Untuk meningkatkan kemampuan menurunkan kelembaban dapat digunakan *dehumidifier* atau *silica gel electric* yang lebih mampu menurunkan kelembaban



## DAFTAR PUSTAKA

- AH, Saptadi. 2014. *Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22*. STT Telkom: Bandung
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia (SNI) Biji Kopi Nomor 01-2907-2008. Jakarta.
- Direktoran Jenderal Industri Kecil Dan Menengah. 2017. *Buku Peluang Usaha IKM kopi*. Kementerian Perindustrian: Jakarta.
- Erinofiardi, dkk. 2012. *Penggunaan PLC dalam Pengontrolan Temperatur, Simulasi pada Prototype Ruang*. Bengkulu: Universitas Bengkulu
- Haryadi, Yadi. 2010. *Peranan Penyimpanan Dalam Menunjang Ketahanan Pangan*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Hayuangga. 2018. *Aplikasi Tingkat Kematangan Kopi Berdasarkan Hasil Roasting*. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- Intan Erlita Dewanti, Jaenal Arifin, Danny Kurnianto. 2016. *Rancang Bangun Pendingin Perangkat Telekomunikasi Otomatis Berbasis Arduino Uno*. Purwokerto : STT Telematika Telkom
- Made Subrata, dewa. 2013. *Rancang Bangun Incubator dengan Suhu dan Kelembaban Udara Terkendali untuk Penetasan Telur Ulat Sutera*. Bogor : IPB
- Nur Asni, Araz Meilin. 2015. *Teknologi Penanganan Pascapanen dan Pengolahan Hasil Kopi Liberka Tunggal Komposit*. Jambi : Balai Pengkaji Teknologi Pertanian Jambi (Kementrian Pertanian)
- Prastyo, Aji. 2019. *Rancang Bangun Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Pada Ruang Penyimpan Biji Kopi Arabika*. Jakarta : Universitas Nasional
- Purwiyanti, Sri dkk. 2017. *Aplikasi Efek Peltier Sebagai Kotak Pemanas dan Pendingin Berbasis Mikroprosesor Arduino Uno*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Pangestu, Kresna. 2017. *Rancang Bangun Alat Penurun Kadar Air Dalam Madu Dengan Menggunakan Sensor SHT11*. Jakarta : Universitas Nasional
- Sari, Paradilla Eka Permata. 2017. *Perangkat Keras Dalam Pemanfaatan Suhu Panas Dan Dingin Menjadi Energi Listrik Dari Elemen Peltier Dengan System Monitoring Berbasis Android*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Trias Prima Satya and Fitri Puspasari, "Kajian Ketidakpastian Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Udara Pada Sensor Dht22 Berbasis Arduino Uno," *J. Ilmu Fis.*, vol. 2, no. 2, pp. 103–112, 2014.
- Yulin. 2017. *Apa itu proses degassing dan Oksidasi pada kopi*. Jakarta : Otten
- Ismail, M. S. Anuar, and R. Shamsudin, "Effect on the physico-chemical properties of

liberica green coffee beans under ambient storage,” *Int. Food Res. J.*, vol. 20, no. 1, pp. 255–264, 2013.

K. Marin, T. Požrl, E. Zlatić, and A. Plestenjak, “A new aroma index to determine the aroma quality of roasted and ground coffee during storage,” *Food Technol. Biotechnol.*, vol. 46, no. 4, pp. 442–447, 2008.

C. F. Ross, K. Pecka, and K. Weller, “Effect of storage conditions on the sensory quality of ground arabica coffee,” *J. Food Qual.*, vol. 29, no. 6, pp. 596–606, 2006.





## LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengujian Sensor  
Suhu

Pembacaan Standar	Pembacaan Sensor Uji	Selisih	Error
°C	°C	°C	%
34.8	35	-0.2	0.57
33.5	34	-0.5	1.49
32.4	33	-0.6	1.85
32	32	0	0.00
30.5	31	-0.5	1.64
29.7	30	-0.3	1.01
29.1	29	0.1	0.34
27.7	28	-0.3	1.08
26.9	27	-0.1	0.37
25.9	26	-0.1	0.39
25.4	25	0.4	1.57
23.5	24	-0.5	2.13
22.5	23	-0.5	2.22
22.2	22	0.2	0.90
21.1	21	0.1	0.47
18.9	20	-1.1	5.63
<i>rata-rata error</i>			1.36

Kelembaban

Pembacaan Standar	Pembacaan Sensor Uji	Selisih	Error
%	%	%	%
40	42	-2	5.00
45	46	-1	2.22
50	52	-2	4.00
55	56	-1	1.82
60	61	-1	1.67
<i>rata-rata error</i>			2.94

Lampiran 2 Data alat tanpa beban kopi sangrai

Waktu (Jam)	Tempat penyimpanan		Lingkungan	
	Suhu Alat (°C)	Kelembaban Alat (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	33	58	33	59
2	30	58	33	59
3	30	59	32	60
4	28	60	33	57
5	25	60	33.5	56
6	23	58	34	60
7	23	55	33.9	61
8	24	57	33.5	64
9	23	54	33	62
10	23	53	32.5	59
11	22	52	33	57
12	23	50	33	56
13	23	49	32.5	55
14	24	49	32.2	58
15	24	44	32	57
16	23	43	31	54
17	22	42	31	59
18	23	40	31	59
19	23	40	30	62
20	23	40	31	60
21	24	41	32	55
22	23	43	31	62
23	22	42	32	65
24	23	40	32	65

Lampiran 2 Data alat dengan beban kopi sangrai 1Kg

Waktu (Jam)	Tempat penyimpanan		Lingkungan	
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	33	58	33.5	58
2	32	61	33.5	58
3	30	59	33.5	58
4	27	59	33.5	58
5	26	60	33.5	59
6	25	53	33.2	59
7	23	52	33.2	58
8	23	53	32.9	57
9	23	54	32.9	57
10	23	53	32.8	57

11	23	52	32.7	60
12	23	50	32.9	60
13	22	48	31	57
14	23	47	31	56
15	24	45	31	56
16	24	43	31	57
17	23	42	31	60
18	23	42	31	64
19	23	41	31	64
20	23	43	31	63
21	24	41	32	64
22	23	43	31	62
23	22	42	32	63
24	22	42	32	59

Data alat dengan beban kopi sangrai  
2 Kg

Waktu (Jam)	Tempat penyimpanan		Lingkungan	
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	33	60	33	60
2	33	60	33.5	63
3	30	59	33.5	59
4	28	56	33	58
5	27	60	33	60
6	25	57	33	59
7	24	53	33.2	58
8	23	53	32	56
9	23	53	32.5	57
10	23	52	32.4	58
11	23	52	32.4	60
12	23	51	32	60
13	23	50	31	60
14	23	46	31	60
15	24	45	31	60
16	24	44	33	58
17	23	42	32	60
18	23	41	31	64
19	23	41	31	62
20	23	43	31	63
21	24	41	32	58
22	23	43	31	62

23	22	42	32	63
24	23	41	32	59

Data alat dengan beban kopi sangrai  
3 kg

Waktu (Jam)	Tempat penyimpanan		Lingkungan	
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	33	58	33	58
2	30	61	33	62
3	30	59	33	58
4	28	59	34	59
5	28	59	34.4	60
6	26	53	33	60
7	25	53	33.2	60
8	24	53	32	59
9	24	54	33	57
10	23	53	32.4	56
11	23	53	33	60
12	23	51	32	57
13	22	51	32	57
14	23	50	31	60
15	24	45	31	60
16	24	43	32	59
17	23	42	32	57
18	23	41	31	64
19	24	42	32	63
20	24	43	31	63
21	23	41	32	60
22	24	43	31	61
23	23	42	32	63
24	23	41	33	62

Lampiran 3 Data pengujian penyimpanan

23-Jan	Alat		Lingkungan	
	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	23	49	28	83
2	23	47	27	83
3	25	49	29	84
4	24	48	30	85
5	24	48	30	86
6	23	44	28	87
7	23	44	28	87
8	25	45	28.3	87
9	24	49	28.3	86
10	24	48	28	85
11	23	47	27	82
12	23	49	29	82
13	25	48	30	83
14	24	44	28	82
15	24	44	28.4	83
16	25	44	28	82
17	26	45	28	83
18	27	45	28	86
19	26	45	28.3	85
20	23	45	28.3	85
21	25	45	28	82
22	24	44	28.5	80
23	24	46	28	84
24	24	48	28	86
Rata-rata	24.21	46.25	28.34	84.08
24-Jan	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	24	49	28.3	88
2	25	50	28	85
3	24	47	27	82
4	23	49	29	82
5	23	48	30	83
6	25	47	30	83
7	24	49	28	84
8	24	48	28	85
9	23	44	28.3	86
10	23	44	28.3	87

11	25	45	28	87
12	24	45	27	87
13	24	45	29	86
14	23	45	30	85
15	23	45	30	82
16	25	44	31	82
17	24	44	30	83
18	24	45	28	82
19	24	45	28.8	83
20	25	45	29	86
21	25	50	29	85
22	24	49	29	85
23	24	52	29	86
24	25	51	28	87
Rata-rata	24.04	46.88	28.78	84.63
25-Jan	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	23	50	28	89
2	25	50	28	89
3	24	49	28.4	88
4	24	48	28	87
5	25	49	28	88
6	24	50	28	85
7	23	47	28.3	86
8	23	49	28.3	87
9	25	48	28.3	87
10	24	47	28	87
11	24	49	28.8	86
12	23	48	29	85
13	23	44	29	82
14	25	44	29	82
15	24	45	29	84
16	24	45	29	84
17	24	45	29	84
18	25	50	29.1	87
19	26	49	29	87
20	27	48	28.8	90
21	26	49	28.8	90
22	23	48	28.6	90
23	25	48	28.5	91
24	24	47	28	86

Rata-rata	24.29	47.75	28.54	86.71
26-Jan	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	24	48	28	82
2	23	47	29	80
3	23	49	29	81
4	25	40	29	80
5	24	50	29	80
6	24	50	28	77
7	25	49	29.2	76
8	24	48	29	77
9	23	49	29	78
10	23	50	29	78
11	25	47	30	79
12	24	49	30	79
13	24	48	30	79
14	23	47	30	79
15	23	49	30	75
16	25	48	30	75
17	24	44	30.5	75
18	24	44	30.4	73
19	24	44	31.5	72
20	25	45	30.8	74
21	26	45	30.2	71
22	27	45	30.2	71
23	26	53	30	72
24	24	52	30	73
Rata-rata	24.25	47.50	29.66	76.50
27-Jan	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	24	55	29	85
2	24	50	29	82
3	24	48	29	80
4	25	47	30.3	80
5	24	49	30.1	80
6	24	40	30	81
7	24	50	30	82
8	25	50	30	82
9	25	49	30	79
10	25	48	30	75

11	23	49	30	75
12	23	50	30	75
13	25	47	31	75
14	24	49	31	72
15	24	48	31	69
16	23	47	31	63
17	23	49	31	63
18	25	48	31.9	61
19	24	44	31.9	61
20	24	45	31.9	61
21	24	44	31.9	61
22	25	44	31.8	61
23	25	44	30	76
24	24	49	30	76
Rata-rata	24.17	47.63	30.49	73.13
28-Jan	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	25	43	30.8	83
2	24	45	30.8	79
3	23	43	30.8	75
4	23	42	30.4	77
5	24	45	30	75
6	24	43	30	77
7	24	45	30.5	77
8	25	43	30.8	76
9	24	44	30.8	77
10	24	43	31	77
11	24	43	31	79
12	25	43	31	78
13	25	44	31	79
14	25	47	31	78
15	23	50	30	76
16	23	49	30	75
17	25	49	30	78
18	24	49	30.5	76
19	24	44	29	77
20	24	43	29	77
21	25	45	29	77
22	25	46	29	76
23	25	49	29.2	80
24	23	47	29	80



Rata-rata	24.17	45.17	30.19	77.46
29-Jan	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %
1	24	47	32.5	70
2	23	44	32.5	68
3	25	46	32.5	67
4	25	43	32.5	65
5	24	45	32	64
6	23	43	32.5	66
7	23	42	32.5	65
8	24	45	32	66
9	24	43	32	66
10	24	45	32.5	67
11	25	43	32	65
12	24	44	32	60
13	24	43	32	59
14	24	43	32	60
15	25	43	33	65
16	25	44	33	64
17	25	43	33.5	64
18	23	45	32	65
19	23	48	31	60
20	23	49	30	65
21	24	49	30	69
22	24	50	30	68
23	24	50	29	70
24	23	52	28	69
Rata-rata	23.96	45.38	31.71	65.29

#### Hasil Rata-Rata Pengujian 7 Hari

Waktu (hari)	Alat		Lingkungan		set point suhu	set point kelembaban	error suhu	error kelembaban
	Suhu °C	Kelembaban %	Suhu °C	Kelembaban %	°C	%	%	
Hari 1	24.21	43.25	28.34	84.08	23.00	40.00	5.25	8.13
Hari 2	24.04	44.88	28.78	84.63	23.00	40.00	4.53	12.19
Hari 3	23.36	43.34	28.54	86.71	23.00	40.00	1.56	8.35
Hari 4	24.25	44.50	29.66	76.50	23.00	40.00	5.43	11.25
Hari 5	23.96	43.63	30.49	73.13	23.00	40.00	4.17	9.06
Hari 6	24.17	45.17	30.19	77.46	23.00	40.00	5.07	12.92
Hari 7	23.96	43.38	31.71	65.29	23.00	40.00	4.17	8.44
rata-rata							4.31	10.05

## Lampiran 4 Program Arduino UNO

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DHT.h"
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
const int relay= 9;
//const int relay2= 3;
//int relayON = LOW; //relay nyala
//int relayOFF = HIGH; //relay mati
void setup()
{
  lcd.init();           // initialize the lcd
  lcd.init();
  // Print a message to the LCD.
  lcd.backlight();
  dht.begin();
  pinMode(relay, OUTPUT);
  //pinMode(relay2, OUTPUT); //mengatur relay sebagai OUTPUT
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  float kelembaban = dht.readHumidity(); //menyimpan nilai kelembaban pada variabel kelembaban
  float suhu = dht.readTemperature(); //menyimpan nilai suhu pada variabel suhu
  delay(200); //mengatur jeda waktu pembacaan sensor selama 200 milidetik
  Serial.print(kelembaban); //menampilkan nilai kelembaban pada Serial Monitor
  Serial.print(" "); //menambahkan spasi
  Serial.println(suhu);
  lcd.setCursor(0, 0); //
  lcd.print("Kelembaban: ");
  lcd.print((int) kelembaban);
  lcd.print("%");
  //menampilkan nilai suhu pada LCD
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Suhu: ");
  lcd.print((int) suhu);
  lcd.println(" *C ");
  //kondisi if dibawah ini, sailahkan di atur sesuai dengan kebutuhan kamu

  //if ( kelembaban > 40){ //jika kelembaban lebih besar dari 80.10
  //  digitalWrite(relay2, LOW); //relay menyala}
  //else{ //jika tidak
  //  digitalWrite(relay2, HIGH); //relay mati }
  if( suhu > 23){ //jika suhu lebih besar dari 30.10
    digitalWrite(relay, LOW); //relay menyala
  }
  else{ //jika tidak
    digitalWrite(relay, HIGH); //relay mati
  }
}
```

Lampiran 5 Perhitungan Q kipas

$$Q = Hc A \Delta T$$

Q1 untuk kipas 1500 RPM

Q2 untuk kipas 2500 RPM

$$Q1 = 34 \times 50 \times 10^{-4} \times 10$$

$$= 1,7 \text{ Watt (1 Kipas 1500RPM)}$$

$$Q2 = 34 \times 50 \times 10^{-4} \times 10$$

$$= 1,65 \text{ Watt (1 Kipas 2500RPM)}$$



Lampiran 6 Dokumentasi

