

Pemanfaatan Mikrokontroler sebagai Pengatur Suhu dan Kelembaban Ruang Penyimpanan *Green Coffee*

Alchika Primavansa¹, Nina Paramytha IS².

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bina Darma, Palembang, Indonesia
Email: ¹alchika.primavansa@gmail.com, ²Nina Paramytha IS

Abstract

This instruments was made in the hope of being able to maintain and improve the quality of coffee by regulating the temperature and humidity of the green coffee storage room. The making of these instruments uses literature studies, consultations with supervisors and experts who have insight and abilities regarding these instruments. The voltage source of this instruments uses a 12 volt and 5 volt power supply, then the microcontroller used is arduino-uno, DHT22 as a temperature and humidity sensor. Servo motor as a drive for air ventilation. DC fan, peltier set and heating element as output regulating temperature and humidity of the air. This instruments works to read the temperature and humidity of the green coffee storage room. If conditions are detected outside the ideal temperature and humidity (17 ° - 24 ° C and 40 - 60%) then the output will work to regulate the temperature and humidity to meet the desired conditions. If all systems are working and it turns out that the desired temperature and humidity is not reached, the GSM module will send a notification message to the person in charge of the room.

Keywords: *green coffee, DHT22, temperature, humidity, GSM module*

Abstrak

Alat ini dibuat dengan harapan dapat menjaga dan meningkatkan kualitas kopi dengan mengatur suhu dan kelembaban ruangan penyimpanan green coffee. Pembuatan alat tersebut menggunakan studi literatur, konsultasi dengan pembimbing dan ahli yang memiliki wawasan dan kemampuan mengenai alat tersebut. Sumber tegangan alat ini menggunakan catu daya 12volt dan 5 volt, lalu mikrokontroler yang digunakan adalah arduino-uno, DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembaban udaranya. Motor servo sebagai penggerak ventilasi udara. Kipas dc, peltier set dan heating element sebagai output pengatur suhu dan kelembaban udaranya. Alat ini bekerja membaca suhu dan kelembaban ruangan penyimpanan green coffee. Jika terdeteksi kondisi diluar suhu dan kelembaban idealnya (17 ° - 24 ° C dan 40 – 60 %) maka output akan bekerja untuk mengatur suhu dan kelembabannya sampai memenuhi kondisi yang diinginkan. Jika semua sistem sudah bekerja dan ternyata suhu dan kelembaban yang diinginkan tidak tercapai, maka modul GSM akan mengirimkan pesan notifikasi kepada penanggungjawab ruangan.

Kata kunci : *green coffee, DHT22, suhu, kelembaban udara, modul GSM*

1. PENDAHULUAN

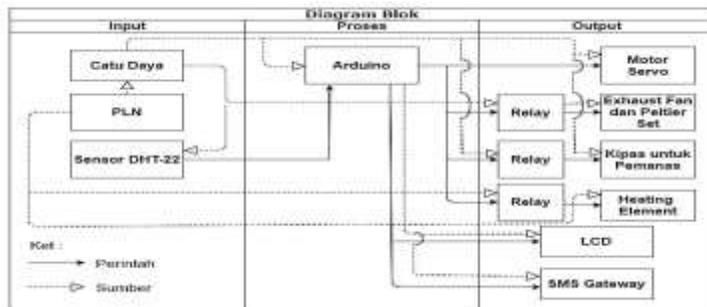
Perkembangan industri kopi di Indonesia saat ini berada di fase sangat pesat dengan menjamurnya kedai-kedai kopi modern sebagai indikator eksistensinya di masyarakat luas. Penulis yang saat ini sudah hampir 4 tahun terlibat didalam rangkaian aktifitas di industri kopi ini sering menemukan banyak masalah yang menyangkut kualitas dari produk kopi tersebut.

Salah satu masalah yang penulis temui adalah proses penyimpanan green coffee, yaitu biji kopi yang masih dalam bentuk beras atau yang belum di sangrai. Pada proses penyimpanan yang tidak tepat, biji kopi tersebut dapat mengalami penurunan kualitas. Seperti menjadi busuk, munculnya kutu dan jamur merupakan tanda jeleknya kualitas dari biji kopi tersebut. Hal hal seperti itu terjadi disebabkan ruangan tempat menyimpan biji kopi atau green coffee tersebut suhu serta kelembaban udara yang tidak terkontrol dan sesuai standar industri yang sudah ditentukan.

Penulis membaca beberapa riset serta jurnal-jurnal tentang cara mengontrol suhu dan kelembaban di dalam suatu ruangan. Ada dua sistem berbasis mikrokontroler yang memonitoring suatu ruangan, yaitu penelitian Jalu Cahyo Prabowo di Universitas Jember tentang kendali suhu dan kelembaban pada gudang penyimpan kopi di Jember. Lalu penelitian oleh Bambang Tri Wahjo Utomo dan Dharmawan Setya Saputra di STMIK Asia Malang tentang sistem pendeteksi asap pada ruangan menggunakan sensor asap dengan pemberitahuan sms dan alarm berbasis arduino. Dari dua jurnal yang penulis baca tersebut. Penulis akhirnya mendapatkan ide untuk mengangkat judul yaitu **Pemanfaatan Mikrokontroler sebagai Pengontrol Suhu dan Kelembaban Ruangan Penyimpan Green Coffee**. Penulis mengangkat judul ini dikarenakan masalah penulis di tempat kerja penulis saat ini serta pengalaman sesama pelaku di industri kopi yang sering ada masalah pada proses penyimpanan green coffee mereka.

2. METODE

2.1. Diagram Blok

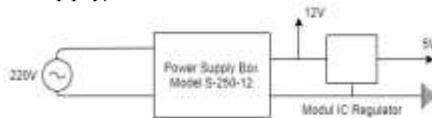


Gambar 1. Diagram Blok

Digram blok merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan suatu alat, karena dari blok diagram rangkaian inilah dapat diketahui cara kerja rangkaian keseluruhan.

2.2. Komponen

1. Catu Daya (Power Supply)

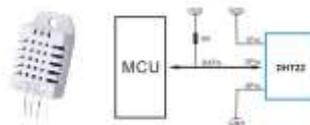


Gambar 2. Rangkaian Catu Daya

Catu daya biasanya berarti suatu sistem penyearah filter (rectifier), dimana rangkaian ini mengubah tegangan bolak-balik yang berasal dari tegangan sumber PLN menjadi tegangan searah yang murni.

2. DHT22

“DHT11 dan DHT22 adalah sensor seri DHT dari Aosong Electronics yang dapat melakukan pengukuran suhu dan kelembaban secara serempak dengan keluaran digital” (Arief Hendra Saptadi,2014:1). Dalam hal ini penulis hanya menggunakan DHT22 saja. Output dari DHT22 ini terkalibrasi sinyal digital.



Gambar 3. DHT22

3. Potensiometer Trimmer

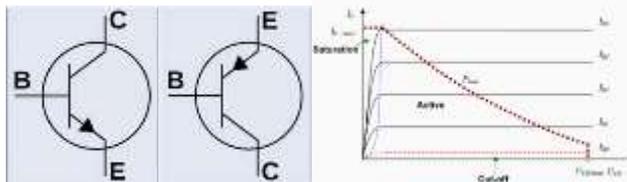
Sebuah Potensiometer (POT) terdiri dari sebuah elemen resistif yang membentuk jalur (track) dengan terminal di kedua ujungnya. Sedangkan terminal lainnya (biasanya berada di tengah) adalah Penyapu (Wiper) yang dipergunakan untuk menentukan pergerakan pada jalur elemen resistif (Resistive). Pergerakan Penyapu (Wiper) pada Jalur Elemen Resistif inilah yang mengatur naik-turunnya Nilai Resistansi sebuah Potensiometer.



Gambar 4. Potensiometer Trimmer

4. Transistor

Fungsi dari komponen ini sangatlah penting, transistor digunakan untuk kebutuhan penyambungan dan pemutusan (*switching*), seperti halnya saklar. Yaitu untuk memutus atau menyambungkan arus listrik. Selain itu transistor juga berfungsi sebagai penguat (*amplifier*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal, dan banyak lagi.

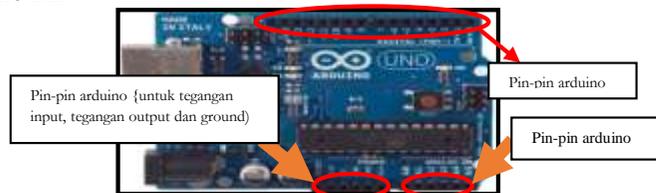


Gambar 5. Simbol NPN, PNP dan Karakteristik Transistor

5. Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

Pada penelitian ini arduino uno berfungsi untuk menyimpan program/perintah untuk mengendalikan output pada prototype smarthome ini.



Gambar 6. Arduino Uno

6. Driver Rele

Driver rele adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Sebuah rele tersusun atas kumparan, pegas, saklar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik (normally close and normally open).

- a. Normally close(NC) : saklar terhubung dengan kontak ini saat rele tidak aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi terbuka.
- b. Normally open(NO) : saklar terhubung dengan kontak ini saat rele aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi tertutup.

Berdasarkan pada prinsip dasar cara kerjanya driver rele pada alat ini berfungsi sebagai saklar untuk mengendalikan output.



Gambar 7. Bentuk dan Simbol Rele

7. Kipas DC

Pada penelitian ini berfungsi sebagai kipas angin yang berfungsi untuk mendinginkan suatu ruangan dan juga penyedot udara atau *exhaust* dalam suatu ruangan.



Gambar 8. Kipas DC

8. Motor Servo

Motor servo (Nolvensius, Makasenggehe. Perancangan Power Supplay Digital Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Keypad Sebagai Pemilih Tegangan) adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo ini digunakan sebagai penggerak buka tutup ventilasi pada ruangan.



Gambar 9. Motor Servo

9. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD atau Liquid Crystal Display adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (liquid crystal) untuk menghasilkan gambar yang terlihat.

LCD disini akan digunakan sebagai output yang menampilkan besar suhu dan kelembababan pada ruangan tersebut.



Gambar 10. LCD

10. Modul GSM SIM900 GSM GPRS Shield

GSM adalah kepanjangan dari *Global System for Mobile Communication* dan adalah standar dari untuk komunikasi bergerak saat ini. Lalu GPRS adalah kepanjangan dari *General Packet Radio Service*.

GPRS adalah layanan komunikasi bergerak pada tingkatan 2G dan 3G pada komunikasi selular.

GSM GPRS ini berguna untuk menghubungkan dengan internet yang berlayanan GPRS, mengirim dan menerima sms, dan memanggil atau menerima panggilan telepon.



Gambar 11. Modul GSM SIM900

11. Peltier Set

Modul termoelektrik yang digunakan untuk mengatur atau mendinginkan suhu udara sekitarnya. Komponen semikonduktor ini terdiri dari plat yang satu sisi akan dingin dan satu sisi akan panas. Sisi yang dingin didapatkan karena pemindahan kalor di satu sisi saja. Sisi yang panas atau heat sink dapat dioptimalkan pembuangannya dengan menambahkan fan dc.

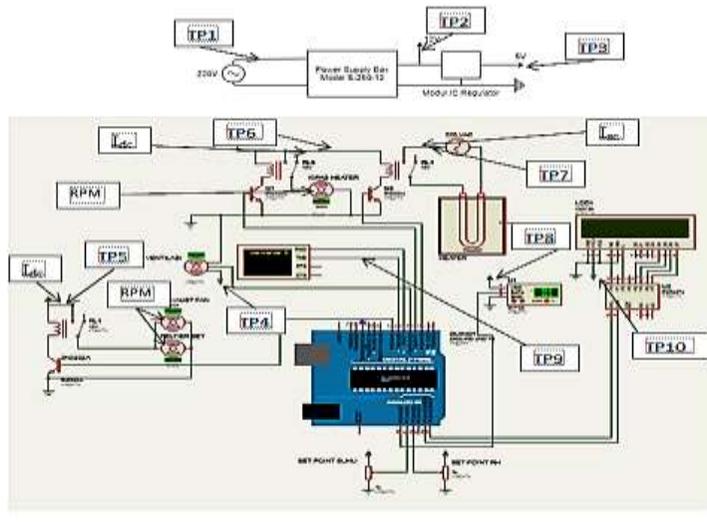


Gambar 12. Peltier Set

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tujuan Pengukuran

Dilakukannya pengukuran agar dapat mengetahui data yang akan digunakan sebagai acuan hasil dari alat yang telah dibuat. Lalu dengan data tersebut dapat melakukan analisa yang terjadi pada alat dan sistem yang telah berhasil dirancang. Data pengukuran dan analisa dapat menjadi tolak ukur untuk menilai efisiensi dan acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.



Gambar 13. Titik Pengukuran

Tabel 1. Hasil Pengukuran

No	Posisi Pengukuran	Titik Pengukuran		Banyak Pengukuran					
				1	2	3	4	5	
1	Power Suply	TP1	V_{ac}	234.8	234.9	234.9	234.9	234.8	
			TP2	V_{dc}	12,24	12,23	12,23	12,24	12,24
2	Arduino Uno	TP3	V_{dc}	5.064	5.067	5.067	5.065	5.066	
			TP4	Stand By	V_{dc}	5.083	5.082	5.083	5.083
3	Motor Servo	Bergerak		V_{dc}	4.093	4.085	4.091	4.088	4.093
			TP5	V_{dc}	12.25	12.24	12.25	12.23	12.22
4	Peltier Set dan Exhaust Fan	Fan Penghisap Panas	RPM	2230	2234	2235	2232	2239	
			Peltier	I_{dc} (A)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		Fan Penghembus Dingin	RPM	1093	1088	1084	1091	1087	
			Peltier	I_{dc} (A)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		Exhaust Fan	RPM	1784	1787	1792	1791	1786	
			Peltier	I_{dc} (A)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	Fan DC untuk Pemanas	TP6	V_{dc}	12.23	12.24	12.23	12.22	12.23	
			RPM	1645	1659	1674	1656	1658	
6	Heating Element	TP7	V_{ac}	234.8	234.9	234.9	234.9	234.8	
			I_{ac} (A)	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	
7	DHT 22	TP8	V_{dc}	5.066	5.067	5.068	5.064	5.067	
8	Modul GSM	TP9	Stand By	V_{dc}	5.346	5.339	5.345	5.300	5.345
			Kirim SMS	V_{dc}	6.02	6.03	6.02	6.03	6.03
9	LCD	TP10	V_{dc}	4.837	4.823	4.809	4.818	4.834	

3.2. Hasil Perhitungan

1. Hasil Perhitungan Fan DC yang menggunakan Relay 1

Hasil data pengukuran pada tabel 1 didapatkan tegangan input dan rpm pada saat kipas dc bekerja, dengan data tersebut kita dapat mencari torsi pada saat fan dc penghisap panas bekerja, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:
 $T = (n \cdot 2\pi) / 60P$

Dimana:

$$P = \text{Daya (Watt)} = E_a \cdot I_a = 12,238 \cdot 0,1 = 1,2238 \text{ Watt}$$

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

$$n = \text{RPM (2234)}$$

$$\pi = (3,14)$$

Maka,

$$T = ((2234) \cdot 2 \cdot (3,14)) / (60 \cdot 1,2238) = 191,065 \text{ Nm}$$

Dengan menggunakan persamaan dan cara yang sama torsi pada fan DC penghembus dingin dan torsi pada exhaust fan DC dapat dilihat pada tabel 2.

2. Hasil Perhitungan Fan DC yang menggunakan Relay 2

Hasil data pengukuran pada tabel 1 didapatkan tegangan input dan rpm pada saat fan dc bekerja, dengan data tersebut kita dapat mencari torsi pada saat fan dc penghembus elemen panas bekerja, dengan menggunakan persamaan dan cara yang sama pada perhitungan fan DC pada relay 1, hasilnya dapat dilihat pada tabel 2.

3. Hasil Perhitungan Pada Heating Element yang menggunakan Relay 3

Hasil data pengukuran pada Heating Element, dapat diketahui daya yang dihasilkan oleh heating element tersebut dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : $P = V \cdot I$

Dimana:

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$V = \text{Tegangan (234,86 V)}$$

$$I = \text{Arus (0,24 A)}$$

Maka,

$$P = 234,86 \cdot 0,24 = 56,3664 \text{ Watt}$$

Tabel 2. Hasil Pengukuran, Perhitungan dan Persentase Kesalahan

No	Posisi Pengukuran	Titik Pengukuran	Datasheet			Pengukuran			Perhitungan		Kesalahan (%)		
			V	I	RP M	Tegangan (V)	Arus (A)	RP M	Daya (Watt)	Torsi (Nm)	Tegangan (V)	Arus (A)	RP M
1	Power Suply	TP1	-			234,86	-		-			-	
		TP2	12 (V)			12,236	-		-			1,967	
2	Arduino Uno	TP3	5 (V)			5,0658	-		-		1,316		
3	Motor Servo	TP4	5 (V)			5,0826	-		-		1,652		
4	Peltier Set dan Exhaust Fan	TP5	0,1	2200			0,1	2234	1,2238	191,07		0	1,54
			12	0,1	1100	12,238	0,1	1088	1,2238	93,052	1,98	0	1,09
				0,1	1800		0,1	1788	1,2238	152,92		0	0,67
5	Fan DC untuk Pemanas	TP6	12	0,1	1700	12,23	0,1	1658	1,223	141,89 5	1,92	0	1,89
6	Heating Element	TP7	-			234,86	0,24	-	56,366	-			
7	DHT 22	TP8	4,75 – 5,25 (V)			5,1888	-		-				Masih dalam batas toleransi
8	Modul GSM	TP9	4,75 – 5,5 (V)			5,335	-		-				Masih dalam batas toleransi
9	LCD	TP 10	4,75 – 5,25 (V)			4,8242	-		-				Masih dalam batas toleransi

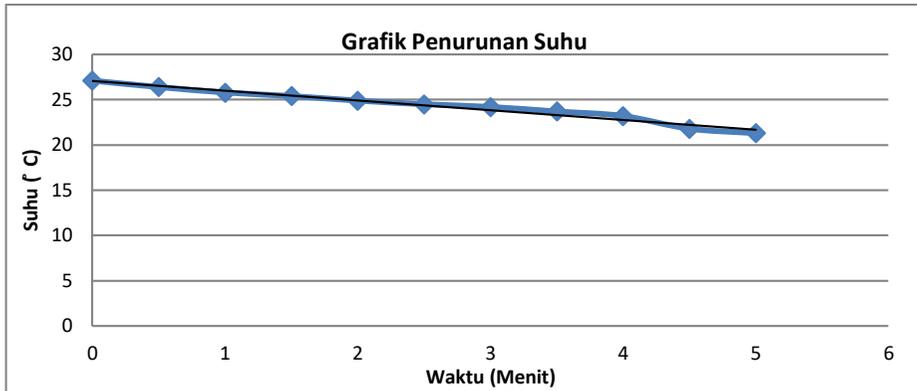
3.3. Kinerja alat dalam mengatur suhu dan kelembaban

Dengan sistem yang dibuat berdasarkan rancangan alat dan yang telah berhasil direalisasikan dalam bentuk prototype menggunakan papan tripek kayu dengan ukuran dimensi 25 cm x 25 cm x 25 cm. Kinerja alat untuk mengatur suhu dan kelembaban dijelaskan dalam tabel berikut.

1. Sistem Pendingin

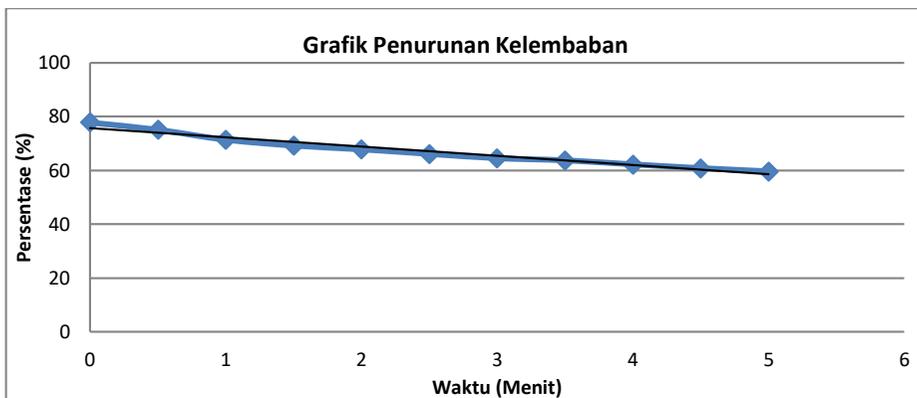
Tabel 3. Perubahan Suhu dan Kelembaban ketika Sistem Pendingin bekerja

Waktu	Suhu Awal 27,1 (°C)	Kelembaban Awal 77,8 (%)
00.30	26,4	75,1
01.00	25,8	71,4
01.30	25,4	69,2
02.00	24,9	67,8
02.30	24,5	66,1
03.00	24,2	64,5
03.30	23,7	63,7
04.00	23,2	62,2
04.30	21,8	60,8
05.00	21,3	59,6



Gambar 14. Grafik Penurunan Suhu Sistem Pendingin

Dari grafik diatas dapat ditarik sebuah persamaan linear yaitu $y = -1,0782x + 27,086$ sehingga dengan menggunakan persamaan tersebut dapat memperkirakan perubahan nilai penurunan suhu terhadap waktu.



Gambar 15. Grafik Penurunan Kelembaban Sistem Pendingin

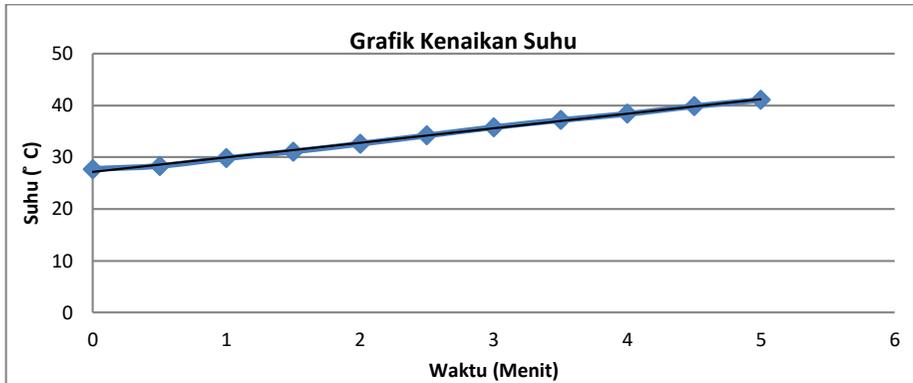
Dari grafik diatas dapat ditarik sebuah persamaan linear yaitu $y = -3,4564x + 75,75$ sehingga dengan menggunakan persamaan tersebut dapat memperkirakan perubahan persentase penurunan kelembaban terhadap waktu.

2. Sistem Pemanas

Tabel 4. Perubahan Suhu dan Kelembaban ketika Sistem Pemanas bekerja

Waktu	Suhu Awal 27,7 (°C)	Kelembaban Awal 88,9 (%)
00.30	28,3	85,4

01.00	29,8	83,2
01.30	31,1	80,7
02.00	32,6	77,6
02.30	34,2	75,4
03.00	35,8	72,8
03.30	37,2	70,1
04.00	38,4	68,7
04.30	39,9	66,3
05.00	41,1	63,8

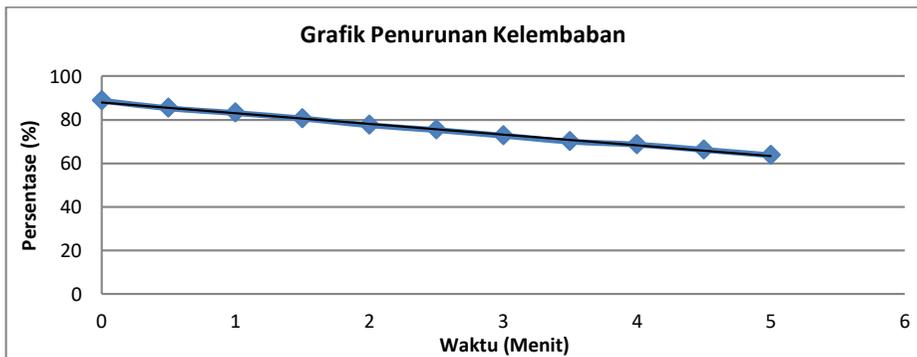


Gambar 16. Grafik Kenaikan Suhu Sistem Pemanas

Dari grafik diatas dapat ditarik sebuah persamaan linear yaitu

$$y = 2,8109x + 27,164$$

sehingga dengan menggunakan persamaan tersebut dapat memperkirakan perubahan nilai kenaikan suhu terhadap waktu.



Gambar 17. Grafik Penurunan Kelembaban Sistem Pemanas

Dari grafik diatas dapat ditarik sebuah persamaan linear yaitu

$$y = -4,9345x + 88,055$$

sehingga dengan menggunakan persamaan tersebut dapat memperkirakan perubahan persentase penurunan kelembaban terhadap waktu.

Kondisi yang harus dicapai adalah $17 - 24$ °C dan $40 - 60$ %. Kondisi awal sangat tergantung dimana tempat dilakukan percobaan. Lingkungan sekitar sangat berpengaruh, seperti dengan adanya pendingin ruangan (*air conditioner*) dan tingkat kelembaban ruangan tersebut.

Pada percobaan untuk menguji sistem pemanas, dengan kondisi iklim di kota seperti ini, tidak memungkinkan mendapatkan suhu awal dibawah kondisi ideal yaitu dibawah 17 °C. Sehingga digunakan potensiometer untuk mengubah batasan kondisi idealnya agar pengujian sistem pemanas dapat dilakukan. Namun dengan persamaan yang didapat pada tabel dapat memperkirakan waktu yang diperlukan.

Jika suhu terukur pada sensor adalah 12 °C dan yang diinginkan adalah 17 °C, maka waktu yang diperlukan.

$$y = 2,8109x + 27,164$$

$$17 = 2,8109x + 27,164 \quad 12 = 2,8109x + 27,164$$

$$x_1 = 3,6 \quad x_2 = 5,4$$

Waktu yang diperlukan adalah $x_2 - x_1 = 5,4 - 3,6 = 1,8$ Menit = 1 Menit 48 detik.

4. ANALISA

Dari data pengukuran, perhitungan dan kinerja alat dalam mengatur suhu dan kelembaban yang telah dilakukan, kita dapat menganalisa:

- a) Persentasi kesalahan tiap komponen yang telah dihitung yang ada pada tabel 2, Arduino Uno memiliki nilai kesalahan terendah sebesar $1,3$ %. Sedangkan yang memiliki nilai persentase kesalahan terbesar adalah Modul GSM sebesar $6,7$ %. Semuanya masih dalam range data sheet dan batas toleransi.
- b) Pada alat ini terdapat 4 fan DC yang mempunyai tegangan input sebesar $12.23Vdc$. Dari data pengukuran ketika kipas-kipas bekerja diketahui rpm pada kipas penghisap panas pada peltier set sebesar 2234 rpm sehingga menghasilkan torsi $191,065$ Nm. Lalu rpm pada kipas penghembus dinginnya sebesar 1088 rpm yang menghasilkan 93.052 Nm. Selanjutnya rpm pada kipas yang berfungsi sebagai exhaust adalah sebesar 1788 rpm yang menghasilkan torsi $152,951$ Nm. Kipas DC yang berfungsi sebagai penghembus panas pada heating element memiliki rpm, 1658 rpm yang menghasilkan $141,985$ Nm.
- c) Sistem pendingin bekerja dengan cukup baik, berdasarkan data dari tabel 4.3, suhu ideal dibawah 24 °C sudah dapat dicapai pada waktu 3 menit 30 detik dan kelembaban ideal yaitu dibawah 60 % pada waktu 5 menit. Namun sistem pendingin sedikit kurang efisien karena sensor dapat mendeteksi perubahan suhu pada jarak maksimal 4 cm.
- d) Sistem pemanas, dengan kondisi suhu dan kelembaban sekitar yang sangat susah untuk menguji ketika dibawah suhu ideal 17 °C, maka pengujian tetap dilakukan dengan kondisi adanya. Namun dengan

menggunakan persamaan yang didapat dari gambar 4.3 grafik kenaikan suhu, dapat mengetahui kinerja sistem pemanas tersebut.

5. SIMPULAN

Dari pembahasan pada “Pemanfaatan Mikrokontroler sebagai Pengatur Suhu dan Kelembaban pada Ruang Penyimpanan *Green Coffee*”, dapat diambil kesimpulan yaitu,

- a. Alat ini sudah bekerja dengan cukup baik berdasarkan nilai persentasi kesalahan yang dibawah 5 % yang dibandingkan terhadap nilai pada datasheet.
- b. Sistem pemanas tidak dapat diukur dalam kondisi yang diinginkan, tapi menggunakan grafik dan persamaan linear didapat, bisa memperkirakan waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu yang ideal sesuai standar yang diinginkan.
- c. Sebagai tempat menyimpan green coffee alat ini sudah dapat memenuhi standar yang persyaratkan agar kondisi kopi tetap terjaga kualitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blocher, Richard. 2003. 2004. Dasar Elektronika. Andi. Yogyakarta
- [2] Core-electronic.com. (2019, 12 November). DHT22 Temperature and Relative Humidity Sensor Modul. Diakses pada tanggal 3 Desember 2019, dari <https://core-electronics.com.au/dht22-temperature-and-relative-humidity-sensor-module.html>
- [3] Kosalos, James and friends. 2013. Specialty Coffee Association of America Arabica Green Coffee Defect Handbook. California: SCAA.org.
- [4] Labfisikauntan.com. (2020, 28 Februari). 2018. PANDUAN PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DASAR. Laboratorium Fisika Dasar. Universitas Tanjungpura Pontianak. Indonesia. Diakses pada tanggal 28 Februari 2020, dari http://www.labfisikauntan.com/download/modul/modul_elektronika_dasar.pdf.
- [5] Malvino. 1996. Prinsip-Prinsip Elektronika Jilid II. Erlangga. Jakarta.
- [6] M. H, Zaki 2005. Cara Mudah Belajar Merangkai Elektronika Dasar. Yogyakarta. Indonesia
- [7] Potentiallabs.com. (2019, 12 November). LCD 16x2 India. Diakses pada tanggal 12 November 2019, dari https://potentiallabs.com/cart/lcd-16*2-india
- [8] Prabowo, Jalu Cahyo. 2017. Prototype Kontrol Suhu dan Kelembaban pada Gudang Penyimpanan Kopi dengan Komunikasi Wi-Fi berbasis Arduino Uno [skripsi]. Jember (ID): Universitas Jember.
- [9] Sutanto. 1989. Dasar Elektronika. Universitas Indonesia.
- [10] Techopedia.com. (2020, 16 Februari). Switched Mode Power Supply SMPS. Diakses pada tanggal 16 Februari 2020, dari

- <https://www.techopedia.com/definition/12378/switched-mode-power-supply-smps>
- [11] Teknikelektronika.com. (2019, 12 November). Pengertian LCD Liquid Crystal Display Prinsip Kerja LCD. Diakses pada tanggal 12 November 2019, dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>
- [12] Utomo, Bambang Tri Wahjo dan Dharmawan Setya Saputra. Simulasi Sistem Pendeteksi Polusi Ruangan Menggunakan Sensor Asap dengan Pemberitahuan Melalui SMS (Short Message Service) dan Alarm berbasis Arduino. Malang: STMIK Asia Malang.
- [13] Zonaelektro.net. (2019, 12 November). Motor Servo. Diakses pada tanggal 12 November 2019, dari <http://zonaelektro.net/motor-servo/>