

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU RUANG PENGERING HYBRID TIPE RAK BERPUTAR BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA

DESIGN OF DRYING ROOM TEMPERATURE CONTROL SYSTEM ON ROTATING TRAY TYPE HYBRID DRYER BASED ON ARDUINO MEGA MICROCONTROLLER

Diah Ajeng Setiawati^{1✉}, Muhammad Lutfi Hakim¹, Sukmawaty¹

¹Program Studi Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

✉Komunikasi Penulis, email: diahajengs@unram.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv9i1.1-9>

Naskah ini diterima pada 4 Oktober 2019; revisi pada 2 Maret 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 9 Maret 2020

ABSTRACT

The aim of this research is to make a temperature control system for rotating tray type hybrid dryer based on Arduino Mega microcontroller, and test the performance of the designed system. This research used experimental methods with experiments in the laboratory of Energy and Agricultural Machine in Faculty of Food and Agroindustrial Technology, University of Mataram. Data were then analyzed using Microsoft Excel application. Results of DS18B20 temperature sensor calibration with a digital thermometer showed linear equation in warm water obtained $R^2=0.999$ and cold water $R^2=0.926$. The test results in treatments without materials and using materials showed the system could work well. This could be seen from the results of the reading of the temperature sensor which were responded to the condition of the exhaust fan and the blower. The value of electric power consumption needed by the fan was 13.57 watts and for electric current requirement was 0.062 A.

Keywords: electric power, DS18B20 sensor, control system, temperature

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem kontrol pengendalian suhu ruang pengering *hybrid* tipe rak berputar berbasis mikrokontroler Arduino Mega, dan melakukan uji kinerja terhadap sistem yang dirancang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan percobaan di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram. Data yang dihasilkan kemudian dianalisa menggunakan aplikasi Microsoft Excel. Hasil kalibrasi sensor suhu DS18B20 dengan termometer digital menunjukkan persamaan linieritas pada air hangat didapatkan $R^2=0,999$ dan air dingin $R^2=0,926$. Hasil pengujian pada perlakuan tanpa bahan dan menggunakan bahan memperlihatkan sistem dapat bekerja dengan baik. Hal ini dilihat dari hasil pembacaan sensor suhu yang direspon oleh kondisi kipas pembuang panas dan penghembus panas. Nilai konsumsi daya listrik yang dibutuhkan oleh kipas sebesar 13,57 watt dan untuk kebutuhan arus listrik sebesar 0,062 A.

Kata kunci: daya listrik, sensor DS18B20, sistem kontrol, suhu

I. PENDAHULUAN

Salah satu upaya penanganan pasca panen untuk memperpanjang masa simpan lengkuas adalah dengan cara pengeringan. Pengeringan merupakan salah satu tahap penanganan pasca panen yang cukup kritis dalam menentukan mutu. Selama ini, pengeringan yang biasa

dilakukan di Indonesia adalah pengeringan tradisional dengan cara penjemuran atau pengasapan. Pengeringan alami di bawah sinar matahari langsung sangat bergantung pada keadaan cuaca yang berfluktuasi sehingga bahan yang dikeringkan mudah rusak, berjamur serta dapat dirusak serangga. Metode pengeringan yang diperlukan untuk mengeringkan lengkuas

yaitu menggunakan pengering buatan atau mesin pengering. Pengeringan buatan adalah metode pengeringan yang dalam operasi pengeringannya menggunakan bantuan alat pengering. Metode ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan pada metode pengeringan alami. Selain itu, pengeringan dengan menggunakan mesin pengering bisa lebih kontinu dan lebih terkontrol.

Pengeringan yang memanfaatkan energi surya merupakan salah satu pilihan. Faktor yang mendorong berkembangnya pengeringan di Indonesia adalah ketersediaan energi surya yang melimpah dan merupakan energi terbarukan, gratis dan ramah lingkungan. Salah satu alat pengering buatan yang memanfaatkan energi surya adalah pengering tipe Efek Rumah Kaca (ERK). Pengering ini merupakan bahan tembus cahaya pada atap dan dindingnya. Keuntungan dari tipe pengering ini adalah desain yang tidak terlalu rumit, pengoperasian yang sederhana, bahan pembuatan alat yang mudah diperoleh, dan produk tidak terkontaminasi oleh benda asing.

Pada prakteknya pengering ini juga mempunyai kekurangan yaitu radiasi surya yang sampai ke permukaan bumi sangat bergantung pada waktu dan cuaca. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka pengering ini perlu diberi pemanas tambahan sehingga alat pengering ini dapat digunakan kapan saja dan tidak bergantung pada cuaca dan dapat dioperasikan malam hari. Wulandani (2005), melaporkan pada alat pengering ERK dengan bangunan segiempat, perbedaan suhu yang terjadi pada arah vertikal lebih besar dibandingkan dengan suhu pada arah horizontal. Rancangan alat pengering ERK tipe rak berputar dari Wulandani dkk, (2008), menggunakan kolektor surya dan gas LPG sebagai sumber pemanas. Adapun perbedaan alat yang dirancang saat ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dalam penggunaan sumber pemanas tambahan berupa biomassa dan desain alat. Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar berdasarkan atas beberapa pertimbangan, yaitu nilai ekonomisnya rendah namun memiliki nilai kalor yang tinggi, murah dan mudah didapat karena biomassa banyak dijumpai dimana saja, contohnya limbah pertanian. Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan berupa cangkang kemiri.

Penelitian yang mengarah ke sistem mikrokontroler telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Satria (2015), mengenai pengeringan menggunakan Logika Fuzzy, Setiawati dkk (2017), mengenai pemantauan volume biogas berbasis mikrokontroler, Faiz dkk (2017) mengenai sistem kendali temperatur ruangan dengan metode PID dan sensor suhu berbasis arduino. Pada penelitian ini, yang digunakan untuk mengeringkan suatu bahan adalah mesin pengering ERK tipe rak berputar yang belum dilengkapi dengan sistem kontrol suhu ruang pengering. Oleh sebab itu, dibutuhkan sistem pengontrol suhu ruang pengering untuk mesin pengering ERK tipe rak berputar yang telah dirancang saat ini. Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian yang berjudul Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Ruang Pengering *Hybrid* Tipe Rak Berputar Berbasis Mikrokontroler Arduino MEGA.

II. BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Mei 2019 di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram. Alat yang digunakan adalah alat pengering ERK tipe rak berputar, laptop, Mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3, sensor suhu DS18B20, LCD *Module* 20x4, RTC *Module*, *Shield* SD Card, PCB Bolong, termometer digital, *relay module*, kabel USB, kabel jumper, pin *header male*, *jack stereo*, solder, multimeter, *digital stroboscope*, dan kipas AC. Sedangkan bahan yang digunakan adalah lengkuas (bahan yang dikeringkan) dan cangkang kemiri (bahan bakar). Jenis metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan percobaan laboratorium.

2.1. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini antara lain : 1) Suhu ruang mesin pengering (Sensor suhu DS18B20 (°C)), 2) tegangan input dan output (V), 3) kecepatan putar kipas (rpm), dan 4) arus dan tegangan listrik (Ampere). Parameter yang dihitung adalah kebutuhan daya kipas (Watt) dan persentase *error* (%).

2.2. Prosedur Penelitian

Tahapan dalam penelitian terdiri dari persiapan, perancangan dan melakukan uji coba pada mesin pengering.

1. Persiapan

Persiapan merupakan tahapan identifikasi kelengkapan alat pengering ERK tipe rak berputar yang meliputi alat dan bahan yang digunakan.

2. Perancangan

Perancangan ini meliputi proses pembuatan rangkaian fan dan pembuatan rangkaian sistem kontrol pengendalian suhu ruang pengering seperti pada Gambar 1.

3. Pembuatan Bahasa Pemrograman

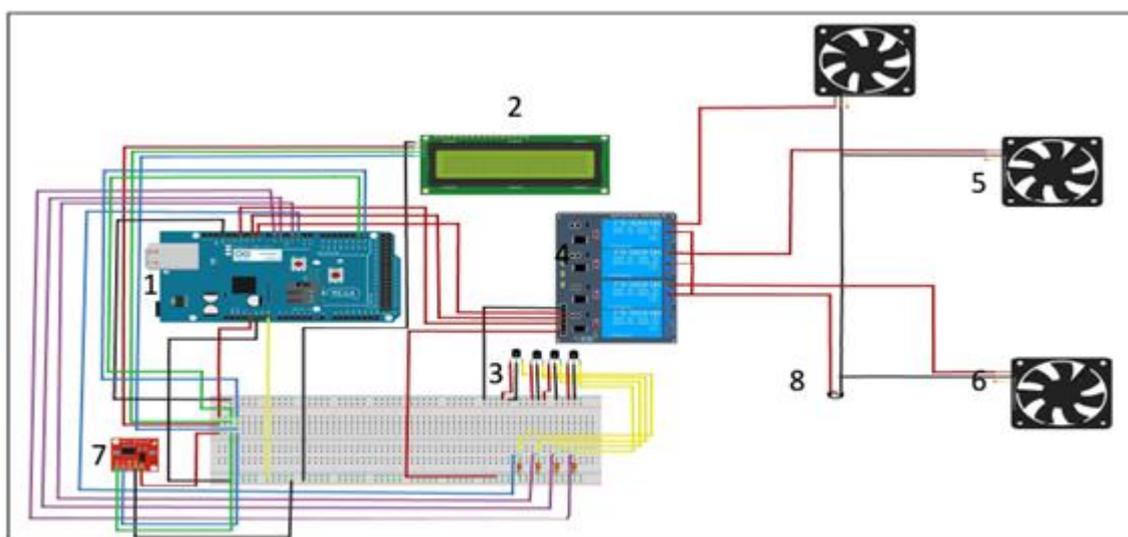
Pembuatan bahasa pemrograman sistem pengendalian suhu ruang ini dilakukan dengan tujuan agar mikrokontroler dan komponen-komponen pengendalian suhu ruang pengering dapat bekerja sesuai dengan yang diperintahkan. Program ini dibuat menggunakan software Arduino 1.8.8.

4. Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca fluktuasi suhu. Dalam proses kalibrasi ini sensor DS18B20 yang digunakan dibandingkan dengan bacaan suhu pada alat ukur suhu yang sudah terkalibrasi yaitu termometer digital.

5. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara mencatat tampilan pada monitor yang secara otomatis tersimpan pada SD Card. Adapun dalam penelitian ini dilakukan dua perlakuan, yaitu uji kosong atau tanpa bahan dan uji dengan bahan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengendalian suhu ruang pengering dapat bekerja dengan baik atau tidak pada mesin pengering efek rumah kaca tipe rak berputar dan mengetahui profil sebaran suhu selama proses pengeringan berlangsung saat tidak menggunakan bahan dan menggunakan bahan.



Keterangan :

- 1) Mikrokontroler Arduino Mega 2560R3, berfungsi untuk mengatur komponen-komponen pendukung lainnya.
- 2) LCD 20x4, berfungsi untuk menampilkan hasil dari pembacaan sensor suhu DS18B20.
- 3) Sensor suhu DS18B20, berfungsi sebagai pendeteksi suhu pada ruang pengering.
- 4) Relay module, berfungsi sebagai output dari rangkaian mikrokontroler yang berfungsi sebagai sakelar
- 5) Kipas AC 220 Volt, berfungsi untuk mengeluarkan udara panas dari ruang pengering *exhaust fan* .
- 6) Kipas AC 220 Volt, berfungsi untuk menghembuskan udara ke tungku pembakaran (*blower*)
- 7) RTC module, berfungsi untuk menyimpan waktu (jam, menit dan detik) dengan akurat *secara real time*
- 8) Sumber tegangan AC, berfungsi untuk menyalurkan tegangan AC ke *relay modul* sehingga kipas (*fan*) dapat berfungsi

Gambar 1. Skema Rangkaian Sistem Kontrol

2.2. Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mencari persentase *error* pada prose kalibrasi. Tampilan data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan Microsoft Excel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan dan Perakitan

Proses perancangan ini diawali dengan membuat rangkaian sistem pengendalian suhu ruang pengering ERK tipe rak berputar dan pembuatan bahasa program sistem pengendalian suhu ruang pengering ERK tipe rak berputar.

3.1.1. Pembuatan Rangkaian Sistem Pengendalian Suhu Ruang Pengering Hybrid Tipe Rak Berputar

Rangkaian pengendali suhu ruang pengering dibuat dengan sistem kontrol yang bekerja secara otomatis dengan lup tertutup (*automatic closed-loop control system*). Sistem ini berfungsi sebagai pendingin ruangan yang bekerja secara otomatis berdasarkan *range* suhu yang diterapkan (Gambar 2). Mikrokontroler sebagai pengendali mendapatkan masukan *range* suhu yang akan dijadikan acuan di dalam proses. *Range* suhu tersebut merupakan suhu ruangan yang akan terus dipertahankan, yang memiliki suhu batas atas dan suhu batas bawah.

3.1.2. Pembuatan Bahasa Program Sistem Pengendalian Suhu Ruang Pengering

Pembuatan program bertujuan agar mikrokontroler dan komponen-komponen-

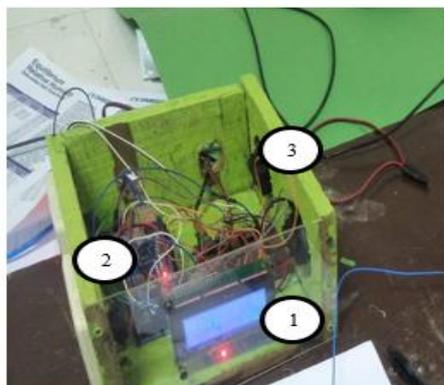
komponen sistem pengendalian suhu ruang pengering dapat bekerja sesuai dengan yang diperintahkan. Perintah-perintah tersebut merupakan perintah berupa kode-kode program yang dibuat dengan menggunakan bahasa C. Program ini berfungsi untuk membaca, mengolah data yang diterima dari *port* masukan, dan mengirimkan data yang telah diolah melalui *port* keluaran sesuai dengan alurnya berdasarkan algoritma yang telah disusun. Pembuatan bahasa program sensor DS18B20 membutuhkan *library* agar sensor dapat membaca suhu.

Gambar 3 adalah *library* yang digunakan untuk mengaktifkan sensor DS18B20. Pada bagian *block header* tertulis `#include <DallasTemperature.h>` untuk memanggil fungsi yang ada pada *library* file-header. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan pemberian perintah pengamatan oleh mikrokontroler. Data nilai suhu keluaran sensor DS18B20 berupa nilai digital. Pin yang dibutuhkan untuk sensor DS18B20 yaitu 6 pin, dimana masing-masing digunakan untuk keluaran (pin-2, pin-3, pin-5 dan pin-6), Vcc dan ground. Pembacaan suhu dimulai dengan pengiriman sinyal digital (dalam bentuk °C). Sinyal digital ini dikirimkan oleh sensor DS18B20 ke Arduino Mega 2560R3, sebelum ditampilkan di LCD 20x4.

3.2. Hasil Pengujian Fungsional

3.2.1. Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20

Kalibrasi sensor dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca fluktuasi suhu. Proses kalibrasi pada sensor DS18B20 ini dilakukan dengan cara



Keterangan :

1. LCD
2. Modul Arduino
3. Kabel sensor

Gambar 2. Rangkaian sistem kendali

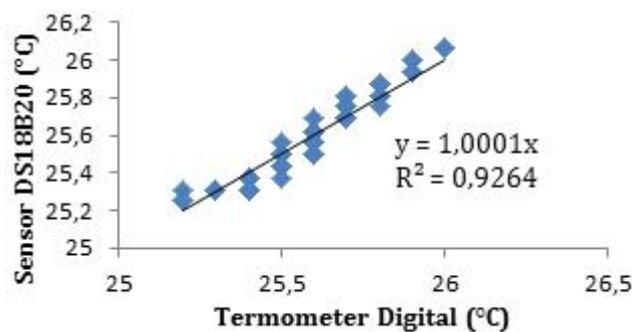
membandingkan bacaan suhu air dingin dan air hangat oleh sensor DS18B20 dan alat ukur suhu yang sudah terkalibrasi (termometer digital) selama 60 menit. Data suhu hasil pengukuran yang tidak berbeda jauh dijadikan dasar bahwa sensor DS18B20 memiliki validitas yang baik untuk mengukur suhu. Gambar 4 memperlihatkan sampel dari nilai MAPE dalam proses kalibrasi sensor suhu DS18B20 pada air dingin, sedangkan Gambar 5 memperlihatkan sampel dari nilai MAPE dalam proses kalibrasi sensor suhu DS18B20 pada air hangat.

Berdasarkan Gambar 4 dan 5, diketahui bahwa pembacaan suhu oleh sensor suhu DS18B20

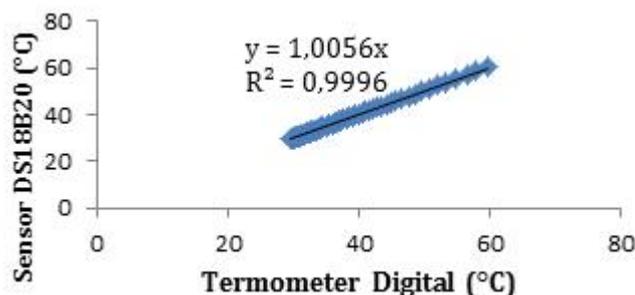
dengan termometer digital tidak jauh berbeda. Hal ini dapat diketahui dari nilai persamaan linieritas untuk bacaan suhu pada air dingin $y = 1,0001x$ dan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9264$. Begitu juga dengan bacaan suhu pada air hangat, nilai persamaan linieritas $y = 1,0056x$ dan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9996$. nilai R^2 yang mendekati 1 yang menunjukkan bahwa hubungan linier sangat baik (Santoso dkk, 2019). Hasil ini menunjukkan sensor suhu DS18B20 memiliki validitas yang tinggi untuk mengukur suhu. Dari hasil tersebut didapatkan nilai *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE) pada air dingin sebesar 0,288%. Sedangkan pada air hangat sebesar 0,997%.

```
Bahasa_pemrograman_pengendalian_suhu_ruang_pengering | Arduino 1.8.8
File Edit Sketch Tools Help
Bahasa_pemrograman_pengendalian_suhu_ruang_pengering
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Arduino.h>
// this #include still required because the RTCLib depends on it
#include "RTCLib.h"
```

Gambar 3. Bahasa Program Sensor Suhu DS18B20



Gambar 4. Grafik Pembacaan Suhu Air Dingin antara Termometer Digital dengan Sensor Suhu DS18B20



Gambar 5. Grafik Pembacaan Suhu Air Hangat antara Termometer Digital dengan Sensor Suhu DS18B20

3.2.2. Pengukuran Kebutuhan Daya Kipas

Untuk mengontrol suhu dalam ruang mesin pengering agar tetap stabil, kipas *exhaust fan* (pembuang panas) dan *blower* (penghembus panas) membutuhkan daya listrik yang cukup. Tabel 1 memperlihatkan hasil pengukuran daya kipas.

Berdasarkan Tabel 1, angka 15 pada data aktual didapatkan dari daya spesifikasi kipas antara 13-17 watt. Hasil dari proses pengukuran dibandingkan dengan nilai data aktual antara 13-17 watt. Sehingga didapatkan nilai persentase *error* kebutuhan daya kipas. Nilai persentase *error* yang didapatkan kurang dari 10%. Hal tersebut menandakan kemampuan peramalan sangat baik (Pakaja dkk, 2012).

3.2.3. Pengukuran Kecepatan Putar Kipas

Selain daya yang dibutuhkan oleh kipas, kecepatan putar kipas juga mempengaruhi suhu yang terdapat pada ruang pengering yang dilakukan oleh *exhaust fan* (pembuang panas) dan *blower* (penghembus panas). Kecepatan putar kipas diukur menggunakan digital stroboscope sebanyak 5 kali pengukuran setiap 15 menit. Tabel 2 memperlihatkan data yang didapatkan pada proses pengukuran.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa, kecepatan putar kipas pembuang panas (*exhaust fan*) dan penghembus panas (*blower*) dalam kondisi stabil. Kecepatan putar kipas yang stabil mempengaruhi kestabilan suhu yang ada dalam

ruang pengering efek rumah kaca tipe rak berputar. Perbedaan nilai kecepatan putar kipas diakibatkan oleh ukuran *exhaust fan* lebih kecil dibandingkan dengan *blower*. Selain itu, jumlah kipas pembuang panas (*exhaust fan*) yang digunakan sebanyak 2 buah, sedangkan kipas penghembus panas (*blower*) yang digunakan hanya 1. Jika nilai kecepatan putar kipas pembuang panas (*exhaust fan*) 1 ditambahkan dengan nilai kecepatan putar kipas pembuang panas (*exhaust fan*) 2, maka menghasilkan nilai kecepatan putar kipas yang sama dengan penghembus panas (*blower*).

3.3. Uji Rangkaian pada Mesin Pengering Hybrid Tipe Rak Berputar

Pengujian rangkaian pada mesin pengering efek rumah kaca tipe rak berputar melalui 2 tahapan yaitu pengujian tanpa bahan (uji kosong) dan pengujian dengan bahan (uji isi). Sensor yang digunakan ditempatkan pada lokasi yang berbeda. Sensor suhu 1 ruang 1 (T1) dan sensor suhu 1 ruang 2 (T3) diletakkan pada bagian atas dalam ruang pengering. Sedangkan sensor suhu 2 ruang 1 (T2) dan sensor suhu 2 ruang 2 (T4) diletakkan pada bagian bawah dalam ruang pengering. Peletakan sensor suhu yang berbeda bertujuan untuk mendapatkan suhu rata-rata dari ruang pengering. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui sistem pengendalian suhu ruang pengering dapat bekerja dengan baik atau tidak pada mesin pengering efek rumah kaca tipe rak berputar dan mengetahui profil sebaran

Tabel 1. Pengukuran Kebutuhan Daya Kipas

No	Data aktual (Watt)	Nilai Peramalan				Nilai Absolut	% Error
		Tegangan AC (Volt)	Tegangan Resistor (Volt)	Hambatan (Ω)	Daya (Watt)		
1	15	220	0,074	1,2	13,57	0,09556	9,556
2		220	0,074	1,2	13,57	0,09556	9,556
3		220	0,074	1,2	13,57	0,09556	9,556

Tabel 2. Pengukuran Kecepatan Putar Kipas

Waktu (menit)	<i>Exhaust fan</i> 1 (rpm)	<i>Exhaust fan</i> 2 (rpm)	<i>Blower</i> (rpm)
0	622,2	622,2	1244
15	622,2	622,2	1244
30	622,2	622,2	1244
45	622,2	622,2	1244
60	622,2	622,2	1244

suhu selama proses pengeringan berlangsung saat tidak menggunakan bahan dan menggunakan bahan.

3.3.1. Uji Kosong (Tanpa Bahan)

Proses pengujian tanpa bahan (uji kosong) menggunakan cangkang kemiri sebagai bahan bakar atau pemanas tambahan untuk mesin pengering efek rumah kaca tipe rak berputar. Tahap pengujian ini dilakukan selama 11 jam. Tabel 3 memperlihatkan hasil pengukuran suhu ruang pengering tanpa menggunakan bahan setiap 1 jam.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa sistem pengendalian suhu ruang pengering dapat bekerja dengan baik. Hal ini dilihat dari hasil pembacaan sensor suhu, kemudian direspon

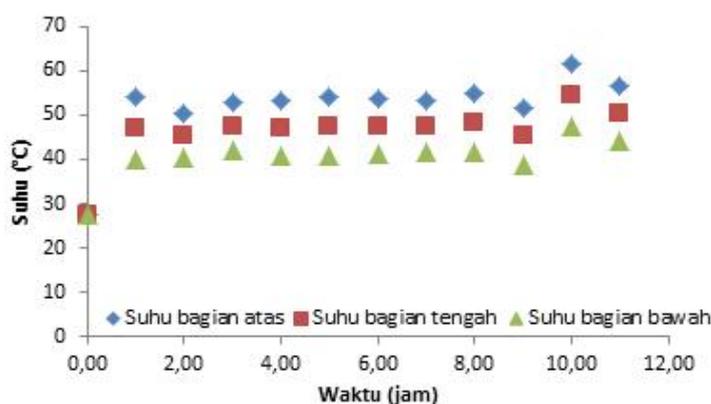
oleh kondisi kipas buang panas (*exhaust fan*) dan penghembus panas (*blower*). Perbedaan nilai pembacaan suhu antara T1, T2, T3 dan T4 dikarenakan perbedaan letak atau posisi sensor.

Gambar 6 menunjukkan bahwa suhu pada titik pengukuran selama proses pengeringan berfluktuasi. Nilai pembacaan suhu di ruangan atas cenderung lebih tinggi daripada bagian tengah dan bagian bawah. Hal ini karena kipas membantu menyebarkan suhu pada ruang pengering terletak di *outlet* bagian bawah, sehingga suhu yang ada pada bagian atas tetap tinggi. Menurut Romlah (2010) penyebab terjadinya respon suhu yang berfluktuasi tersebut karena faktor mekanik dari ruang pengering, dan penempatan posisi sensor.

Tabel 3. Pengukuran Suhu Ruang Pengering Tanpa Menggunakan Bahan

Waktu (jam)	Suhu Ruang 1 (°C)			Suhu Ruang 2 (°C)			Suhu Rata-rata (°C)	Kondisi Exhaust Fan		Kondisi Blower
	T1	T2	Rata-rata	T3	T4	Rata-rata		E1	E2	
0	27,31	27,31	27,31	27,56	27,31	27,31	27,31	Off	Off	On
1	51,94	38,69	45,31	56,19	41,38	48,78	47,05	On	On	Off
2	50,88	40,06	45,47	50,13	40,81	45,47	45,47	On	On	Off
3	51,81	40,5	46,16	53,63	43,38	48,5	47,33	On	On	Off
4	52,75	39,94	46,34	54,13	42	48,06	47,2	On	On	Off
5	53,52	39,81	46,67	54,63	41,94	48,28	47,47	On	On	Off
6	53,31	40,13	46,72	54	42,5	48,25	47,48	On	On	Off
7	53,19	40,63	46,91	53,38	42,31	47,84	47,38	On	On	Off
8	56,25	41,69	48,97	53,44	41,88	47,66	48,31	On	On	Off
9	50,5	41,25	45,88	52,88	36,38	44,63	45,25	On	On	Off
10	59,06	47,5	53,28	63,88	47,19	55,53	54,41	On	On	Off
11	54,94	44,56	49,75	58,25	43,31	50,78	50,27	On	On	Off

Keterangan : T1 = Sensor suhu 1 ruang 1, T2 = Sensor suhu 2 ruang 1, T3 = Sensor suhu 1 ruang 2, T4 = Sensor suhu 2 ruang 2, E1 = *Exhaust fan* ruang 1, E2 = *Exhaust fan* ruang 2.

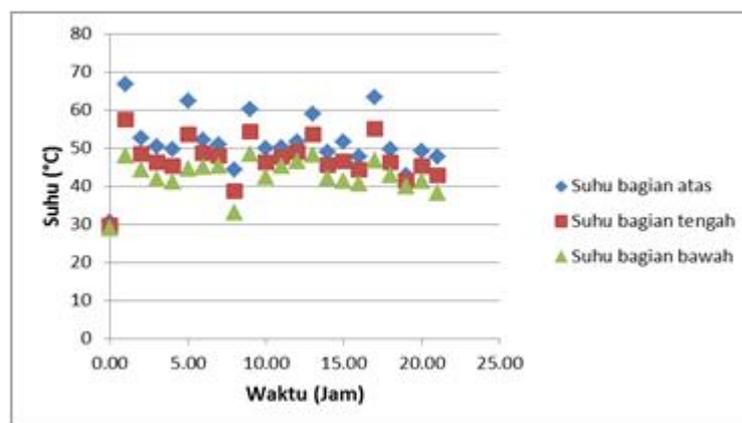


Gambar 6. Grafik Persebaran Suhu Tiap Titik Pengukuran Uji Tanpa Bahan

Tabel 4. Pengukuran Suhu Ruang Pengering dengan Menggunakan Bahan

Waktu (jam)	Suhu Ruang 1 (°C)			Suhu Ruang 2 (°C)			Suhu rata-rata	Kondisi Exhaust Fan		Kondisi Blower
	T1	T2	Rata-rata	T3	T4	Rata-rata		E1	E2	
0	29,5	28,25	28,87	31,69	29,37	30,53	29,7	Off	Off	On
1	64,44	46,38	55,41	69,06	49,63	59,34	57,38	On	On	Off
2	52,69	43,81	48,25	52,5	45	48,75	48,5	On	On	Off
3	51,69	42	46,84	49	41,81	45,41	46,13	On	On	Off
4	50,44	40,5	45,47	48,69	41,69	45,19	45,33	On	On	Off
5	62,75	44,5	53,63	62	44,75	53,38	53,5	On	On	Off
6	53,13	45,44	49,28	51,25	44,44	47,84	48,56	On	On	Off
7	51,94	45,63	48,78	49,75	44,75	47,25	48,02	On	On	Off
8	45,26	33,58	39,42	43,19	32,36	37,78	38,6	On	On	Off
9	56,81	48,88	52,84	63,5	47,94	55,72	54,28	On	On	Off
10	48,31	44,56	45,47	51,63	40,25	45,94	45,7	On	On	Off
11	49,56	45,06	47,31	50,94	45,44	48,19	47,75	On	On	Off
12	51,75	46,81	49,28	51,63	45,94	48,78	49,03	On	On	Off
13	57,69	48,56	53,13	60,25	47,63	53,94	53,53	On	On	Off
14	48,13	42,5	45,31	49,69	41,69	45,69	45,5	On	On	Off
15	50,94	41,63	46,28	52,38	41,06	46,72	46,5	On	On	Off
16	47	40,69	43,84	48,25	40,81	44,53	44,19	Off	Off	On
17	61,69	46,44	54,06	64,87	47,13	56	55,03	On	On	Off
18	48,56	41,25	44,91	50,63	44,56	47,59	46,25	Off	On	Off
19	42,06	40,13	41,09	43,38	39,44	41,41	41,25	Off	Off	On
20	48,44	41,81	45,13	50	40,75	45,38	45,25	On	On	Off
21	48,06	38,29	43,18	47,23	37,88	42,56	42,87	Off	Off	On

Keterangan : T1 = Sensor suhu 1 ruang 1, T2 = Sensor suhu 2 ruang 1, T3 = Sensor suhu 1 ruang 2, T4 = Sensor suhu 2 ruang 2, E1 = Exhaust fan ruang 1, E2 = Exhaust fan ruang 2.



Gambar 7. Grafik Persebaran Suhu Tiap Titik Pengukuran Uji dengan Bahan

3.3.2. Uji Isi (dengan Bahan)

Setelah uji kosong percobaan selanjutnya adalah uji bahan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lengkuas putih dengan berat 2999,57 gram. Pengeringan dilakukan hingga

bahan mencapai berat kesetimbangan dengan *setting point* 45°C. Pengujian dengan bahan (uji isi) ini juga menggunakan cangkang kemiri sebagai bahan bakar atau pemanas tambahan untuk mesin pengering efek rumah kaca tipe rak

berputar. Tabel 4 memperlihatkan hasil pengukuran suhu ruang pengering dengan menggunakan bahan setiap 1 jam.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa sistem pengendalian suhu ruang pengering dapat bekerja dengan baik. Hal ini dilihat dari hasil pembacaan sensor suhu selama proses pengujian suhu ruang pengering dengan menggunakan bahan.

Gambar 7 menunjukkan suhu pada titik pengukuran tiap bagian sepanjang proses pengeringan berfluktuasi. Grafik pembacaan suhu saat menggunakan bahan mirip dengan grafik pengujian suhu saat tidak menggunakan bahan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Sistem pengendalian suhu ruang pengering efek rumah kaca tipe rak berputar yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Hasil dari proses kalibrasi sensor didapatkan nilai MAPE di bawah 10%. Pengujian sistem kendali suhu tanpa bahan pada *setpoint* 45°C diperoleh rata-rata suhu pada ruang pengering sebesar 46,24°C, sedangkan pengujian sistem kendali suhu dengan bahan pada *setpoint* 45°C diperoleh rata-rata suhu pada ruang pengering sebesar 46,99°C. Aktuator kipas dan blower berfungsi dengan baik selama pengendalian berlangsung dengan kecepatan stabil 622,2 rpm dan 1244 rpm.

4.2. Saran

Perlu dilakukan pengontrolan pengumpanan biomassa pada mesin pengering *hybrid* tipe rak berputar agar tidak mengumpalkan biomassa secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

Faiz, Iqbal M. 2017. Sistem Kendali Temperatur Ruangan dengan Metode PID dan Sensor Suhu Berbasis Arduino. Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Bandung.

Santoso H dan Ruslim. 2019. Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur. Indonesian Journal Of Fundamental Sciences (IJFS).

Pakaja, F., Naba, A., dan Purwanto. 2012. Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certainty Factor. Jurnal EECCIS, Vol.6, No.1, Juni 2012.

Romlah, S. 2010. Rancang bangun ruang pengering MOCAL menggunakan AVR Atmega16 berbasis Fuzzy Logic Controller. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta

Satria, D. 2015. Perancangan Sistem Kendali Suhu pada Mesin Pengering *Hybrid* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Setiawati D.A, Putra G.M.D, dan Sugandi W.K. 2017. Uji Kinerja Sistem Pemantauan Volume Biogas Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Biodigester Tipe Floating Drum. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem Vol 5 No 2. September 2017. DOI: <https://doi.org/10.29303/jrpb.v5i2.58>

Wulandani, D. 2005. Kajian Distribusi Suhu, RH dan Aliran Udara Pengering untuk Optimasi Disain Pengering Efek Rumah Kaca. PhD Thesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Wulandani, D., Nelwan, L.O., Agustina, S.E., dan Purwanto, Y.A. 2008. Pengembangan Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK)-*Hybrid* Tipe Rak Berputar untuk Penyeragaman Aliran Udara. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM). Institut Pertanian Bogor, Bogor.