

Sistem Kendali Kadar Air dan Memonitor Suhu Pengering Lada Hitam Berbasis Jaringan Multi Sensor

Tommy Kurniawan^{1*}, Sri Purwiyanti², F.X. Arinto Setyawan,³

^{1,2,3}Magister Teknik Elektro Universitas Lampung; Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung

Received: 07-03-2025
Accepted: 05-05-2025

Keywords:

Black pepper;
Temperature;
Humidity;
PT100RTD sensor;
THD-DD2-C sensor;

Correspondent Email:

toto_tmy@yahoo.com

Abstrak. Industri Agribisnis hasil perkebunan pasca panen, kadar air penting dalam menentukan kualitas biji lada hitam. Penelitian pengembangan menyajikan tentang sistem kendali kadar air dan memonitor suhu pengering lada hitam berbasis multi sensor. Sensor PT100RTD pengindera suhu, sensor THD-DD2-C pengindera suhu dan kelembaban dan PLC CP1H-XA40DR-A sebagai central processing unit terkait dengan sistem SCADA sebagai user interface. Perancangan bertujuan mengindera suhu dan kelembaban kadar air lada hitam. Selanjutnya tingkat kelembaban dan suhu dikondisikan kadar air lada hitam ber 11 % sd. 12%. Perancangan berhasil diinstal untuk memantau kadar air lada hitam. Dengan menerapkan sistem ini, perbedaan rata-rata kadar air 10.59% : pretest dan 11,57% saat posttest mempunyai efisiensi selisih kehilangan berat lada hitam selama proses berkurang 0,98%. Sistem kendali yang dibangun memiliki tingkat keakuratan cukup tinggi dengan error 2,76 %. Operasi SCADA sebagai user interface yang dibangun memungkinkan pengguna untuk memonitoring secara real time.

Abstract. In the post-harvest plantation agribusiness industry, water content is important in determining the quality of black pepper seeds. This development research presents a water content control system and monitors the temperature of a multi-sensor-based black pepper dryer. The PT100RTD sensor is a temperature sensor, the THD-DD2-C sensor is a temperature and humidity sensor and the CP1H-XA40DR-A PLC as a central processing unit is related to the SCADA system as a user interface. The design aims to sense the temperature and humidity of the water content of black pepper. Furthermore, the humidity and temperature levels are conditioned so that the water content of black pepper is 11% to 12%. The design was successfully installed to monitor the water content of black pepper. By implementing this system, the average difference in water content of 10.59% during the pretest and 11.57% during the posttest has an efficiency of the difference in weight loss of black pepper during the process reduced by 0.98%. The control system built has a fairly high level of accuracy with an error of 2.76%. SCADA operations as a user interface that is built allows users to monitor in real time..

1. PENDAHULUAN

Lada secara botanikal dikenal sebagai *Piper Nigrum*, merupakan salah satu rempah yang paling tua dan populer di dunia [1]. Hasil panen lada hitam dari Indonesia khususnya propinsi Lampung merupakan yang terbesar dan akan di ekspor dan diproduksi sesuai pesanan

pembeli. Pengeringan sesuai *grade* yang diminta dengan standar kadar air (*moisture content*) tidak boleh lebih dari 12 % [2].

Pengeringan lada hitam sebaiknya dikeringkan oleh sinar matahari dibawah suhu 40°C, tidak ada efek signifikan terlihat dalam hasil volatile oil, pengeringan suhu 40°C

hingga 85°C terjadi pengurangan yang signifikan volatile oil dari 2,86 menjadi 2,26 mL/100g [3].

Pengukuran kadar air penting untuk mencapai tingkat penyimpanan yang aman dan jangka panjang. Pengukuran akurat berpengaruh pada harga pasar karena penurunan berat badan jika butir dijual terlalu kering [4]. Dunia industri agribisnis pengeringan lada hitam sering terjadi melesetnya standar kadar air lebih besar dari 12 % dan sering pula terjadi kekeringan hingga dibawah 12 %. Hal ini terjadi di perusahaan eksportir lada hitam PT. Agri Spice Indonesia di lampung. Adanya permasalahan tersebut perlu membangun sistem otomasi industri yang dapat memonitoring suhu diinginkan dan mengontrol kadar air lada hitam diproses produksi.

Merancang dan memodelkan penghilang kelembaban otomatis untuk pengeringan dan melestarikan bahan makanan. Dehidrator dapat digunakan untuk menghilangkan kelembaban sehingga mengurangi volume produk. Merujuk penelitian sebelumnya tentang pengeringan meningkatkan ruang penyimpanan produk dan menjaga nutrisi dan penghilang kelembaban otomatis yang diusulkan menyediakan berbagai pengaturan suhu untuk berbagai produk makanan menggunakan control PID sistem [5]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan sistem pertanian cerdas berbasis PLC dengan SCADA, kadar air menggunakan metode kapasitif, optimalisasi berbasis PLC dan pendekatan neurofuzzy [6, 7, 8].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, dimana beberapa penelitian sebelumnya dilakukan pada kondisi level-level laboratorium sedangkan penelitian ini diaplikasikan secara langsung di pabrik PT Agri Spice Indonesia Lampung. Alasan utama inisiatif penelitian pengembangan ini adalah mengembangkan sistem kendali kadar air dan memonitor suhu, yang cocok untuk pengeringan lada hitam. Karena sudah saatnya menggunakan teknologi cerdas dalam membangun sistem otomatisasi pengeringan. Sistem kendali PLC yang dibangun akan menjadi pengembangan dalam mengontrol kehilangan berat lada hitam yang dikeringkan dan mengurangi beban kerja operator dalam proses pengeringan lada hitam yang efisien. Sistem pemantauan *realtime* menggunakan aplikasi CX Programmer dalam membangun program

ladder PLC dan CX Supervisor dalam membangun program SCADA sebagai *user interface*.

2. TINJAUAN PUSTAKA.

2.1. Jaringan Sensor

Sensor networks (jaringan sensor) secara sederhana adalah kumpulan sensor dimana setiap sensor memantau data dilokasi yang berbeda dan mengirimkan data tersebut ke lokasi pusat untuk disimpan, dilihat, dan dianalisis. Jaringan sensor dapat berupa kabel (*wired*) atau nirkabel (*wireless*). *Sensor networks* dapat digunakan di berbagai lingkungan, seperti pertanian, industri dan medis, dan lainnya.

Terkait fungsi dan tujuan utamanya sendiri, jaringan itu sendiri terhubung ke internet, WAN, LAN atau jaringan industri lainnya, untuk mengirimkan data ke sistem dan aplikasi untuk analisis. Data ini dapat digunakan oleh organisasi untuk meningkatkan operasi mereka dan menjadi lebih efektif [9].

Jaringan *multi sensor* mengintegrasikan beberapa sensor dan menghilangkan interferensi. Sensor bekerja secara terintegrasi dan saling mengkalibrasi untuk memberikan jaminan bahwa mencapai target presisi yang tepat [10].

2.2. Sensor PT100RTD

PT100RTD merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya. PT100 termasuk golongan RTD (*Resistive Temperature Detector*) dengan koefisien suhu positif, yang berarti nilai resistansinya naik seiring dengan naiknya suhu. PT100 terbuat dari logam platinum. **Gambar 1** disebut PT100 karena sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm [11] [12].



Gambar 1. Sensor RTD PT100 struktur 3 wire.

2.3. Sensor THD-DD2-C

Transduser suhu dan kelembaban seri THD memiliki sensor suhu dan kelembaban internal dan mampu menghasilkan berbagai output termasuk komunikasi DC 4-20 mA, Deskripsi sensor dan fungsi bagian dapat dilihat pada Gambar 2 [13].



Gambar 2. THD-DD2-C temperatur sensor transmitter PT100RTD.

Pemancar *resistance temperature detector* adalah modul pengkondisi sinyal kelas Industri dengan output 3-kabel 4-20mA. Pemancar Gambar 3 dipasang dalam standar internasional yang dipasang di kepala untuk memudahkan integrasi dengan berbagai sensor [14].



Gambar 3. Transmitter pengkondisian sinyal [14].

2.4. Programmable logic controller

PLC adalah sebuah sistem pengendali yang berisi fungsi-fungsi logika yang ditulis dalam bentuk diagram ladder. Logika program merupakan dasar untuk menentukan jalannya kegiatan untuk dibawa ke dalam peralatan output [15]. PLC Omron digunakan luas di bidang otomasi industri untuk aplikasi solusi otomasi yang sederhana hingga yang lebih kompleks. Pemrograman dan pengoperasian konsisten dengan pengontrol *programmable modular* omron lainnya [16]. Pada Gambar 4 komponen analog digital konverter berupa PLC Omron CP1W-AD04 sebagai tambahan 4 input analog dari CP1H-XA40DR-A. untuk memenuhi koneksi sensor [17].



Gambar 4. PLC Omron CP1W-AD041[17].

SYSMAC CP1H adalah Pengontrol program tipe paket berkecepatan tinggi yang canggih. Meskipun CP1H menggunakan arsitektur yang sama dengan Seri CS/CJ dan menyediakan kapasitas I/O yang sama yaitu 40 titik I/O seperti CPM2A, CP1H kira-kira sepuluh kali lebih cepat. Spesifikasi dan fungsi bagian PLC Omron CP1H-XA40DR-A dapat dilihat pada Gambar 5 berikut dibawah ini [18].



Gambar 5. PLC Omron CP1H-XA40DR-A [19].

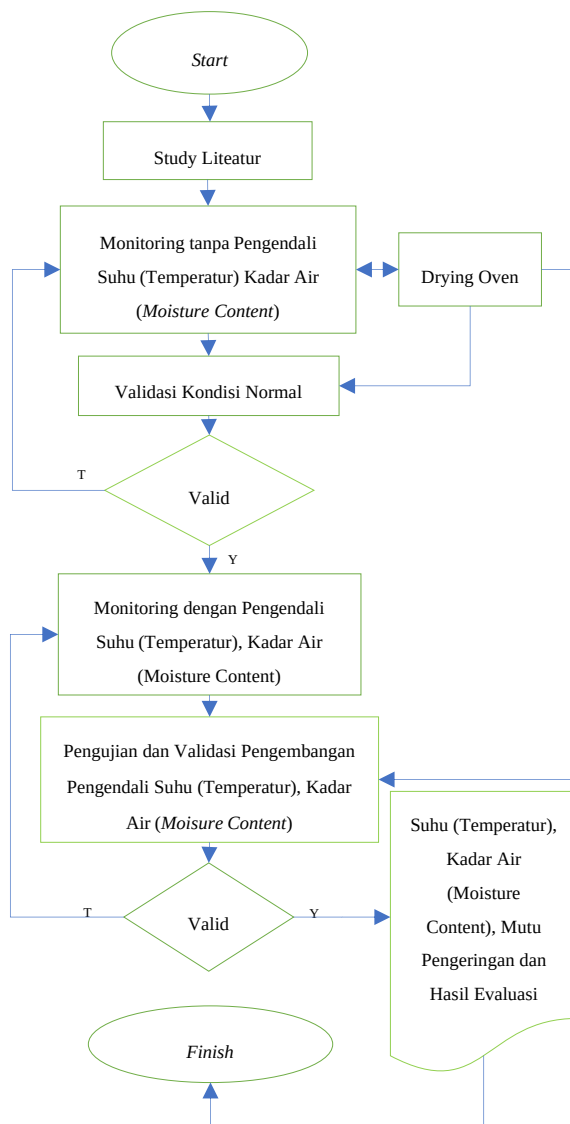
2.5. SCADA System

Sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) menggabungkan Programmable Logic Controllers (PLC), workstation Human Machine Interface (HMI) dan sistem komunikasi jaringan ke dalam sistem terintegrasi yang lengkap. Karena ada banyak aspek pada perangkat lunak aplikasi SCADA, penting untuk menggunakan pendekatan terstruktur yang terorganisir untuk desain dan pengembangan perangkat lunak ini; karenanya, pembentukan standar sangat penting [20]. Infrastruktur jaringan menunjukkan teknologi komunikasi dasar yang digunakan setiap protokol, sementara masing-masing topologi yang didukung dicantumkan di kolom topologi. Kolom Data Rates dan *Maximum Distance* masing-masing mencantumkan

kecepatan data yang didukung dan jarak maksimum perangkat dari pengontrolnya [21].

3. METODE PENELITIAN

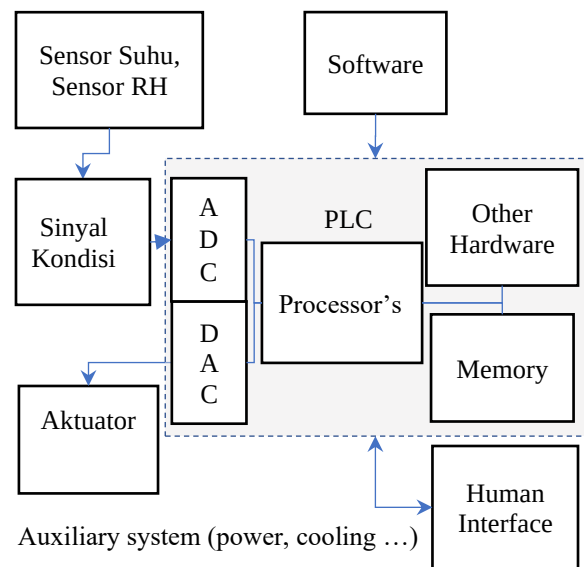
Metode penelitian ini yaitu Pengembangan alat rancang bangun, meliputi *hardware* dan *software*. metode pengujian yang menjadi bahan penelitian adalah kadar air/*moisture content* lada hitam. Sebuah perangkat sensor dituntut bekerja dengan baik dalam kecepatan sensitivitas pembacaan sensor. Perancangan *software* meliputi perancangan diagram alir program. Penulisan bahasa pemrograman PLC dan SCADA sebagai *human interface*. Prosedur atau langkah kerja pada penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir penelitian Gambar 6.



Gambar 6. Block diagram alir penelitian.

3.1. Blok Diagram Sistem Proses Produksi Drying Oven Lada Hitam

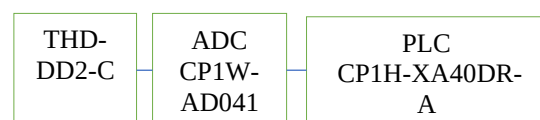
Sensor suhu sebagai sensing suhu dan sensor kelembapan sebagai sensing kadar air dikondisikan menjadi sinyal analog ke sinyal digital yang akan diolah di PLC. Aktuator bekerja sebagai sinyal keluaran digital dari PLC. Untuk memonitoring dan mengontrol suhu dibutuhkan *software* dan *human interface* Gambaran *system* di bangun seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Blok diagram *realtime embedded system* proses drying oven.

3.2. Perancangan Rangkaian Pengkondisian Sinyal PT100RTD

Pengkondisi sinyal dibutuhkan tegangan referensi pada CP1W-AD041 maka tegangan output sensor suhu PT100RTD -50°C-250°C harus disesuaikan. Sensor PT100RTD pada suhu 0°C resistansi sama dengan 100Ω dan pada suhu 100°C resistansi sama dengan 138.51Ω [14]. *Transmitter* pengkondisian sinyal range 0°C - 200°C dan keluaran referensi 4 mA - 20 mA dengan tegangan masukan 24 Volt DC.



Gambar 9. Blok diagram perancangan sensor autonic THD-DD2-C

3.3. Blok Diagram Perancangan Sensor Humidity.

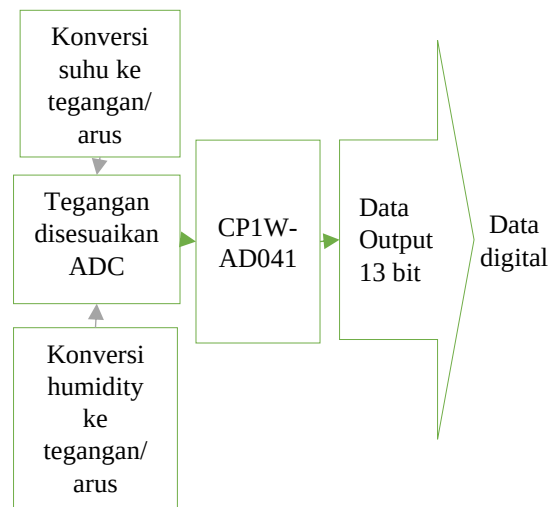
Mesin *drying oven* lada hitam dipasang 3 sensor *Humidity* autonic tipe THD-DD2-C *Industrial Probe* pada ruang dapur level 1, 2 dan 3. Suhu dan kelembapan diset sesuai dengan nilai keanggotanya pada dapur 1, dapur 2 dan dapur 3. Blok diagram perancangan sensor autonic THD-DD2-C, diagram alir dan nilai keanggotanya dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 9.

Tabel 1. Variabel dan fungsi keanggotaan *humidity*.

Input	Output	Fungsi nggotaan	Nilai
Sensor THD		Basah	MC % > 12%; HR% > 60%
		Sedang	13% $\geq$ MC% $\geq$ 12%; 60%> HR%>50%
		Normal	12% $\geq$ MC% $\geq$ 11%; 50%> HR%>40%
		Kekeringan	MC % < 11% HR % < 40%
	Motor Burner	OFF Suhu Kamar	T>60°C; MC%<11%; HR%<40%
		ON Tinggi	T $\leq$ 60°C; MC %>12%; HR % $\geq$ 60%;
		ON Sedang	T $\geq$ 50°C; 12% >MC% >11.5%; 50% $\geq$ HR% >60%
		ON Normal	T $\geq$ 40°C; 11.5% >MC% >11%; 40% $\geq$ HR% >50%

3.4. Perancangan ADC (Analog to Digital Converter)

ADC (*Analog Digital Converter*) merupakan komponen pengubah data analog menjadi data digital. Dalam perancangan ini, ADC CP1W-AD041 difungsikan untuk dua input tegangan dan output 13bit data [35]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat blok diagram Gambar 10.



Gambar 10. Blok diagram konversi data analog ke digital.

3.5. Penentuan Alamat-Alamat Input Output ke PLC

Konfigurasi masukan ke PLC terdiri dari dua macam sensor, yaitu sensor suhu dan sensor kelembapan / *humidity*. Sensor pendeteksi panas dapat dilakukan secara langsung ke PLC dengan sumber tegangan sebesar 24 V. Alamat *input output* pada Table 2.

Tabel 2. Alamat input output digital.

No	Jenis Saklar	Aktuator Motor	Saluran	Alamat
1	Push bottom	System on	Chanel 0	00
2	Push bottom	System off	Chanel 0	01
3	Limit switch1	M. Air	Chanel 0	02
4	Limit switch2	M. minyak	Chanel 0	03
5	Limit switch3	M. isi lada	Chanel 0	04
6	Relay autonic	Burner 3	Chanel 0	05
7	Kontactor 1	Blower 1	Chanel 100	00
8	Kontactor 2	Blower 2	Chanel 100	01
9	Kontactor 3	Blower 3	Chanel 100	02
10	Kontactor 4	Blower 4	Chanel 100	03
11	Kontactor 5	Elevator 1	Chanel 100	04

No	Jenis Saklar	Aktuator Motor	Saluran	Alamat
12	Kontactor 6	Elevator 2	Chanel 100	05
13	Kontactor 7	Elevator 3	Chanel 100	06
14	Kontactor 8	Burner 1	Chanel 100	07
15	Kontactor 9	Burner 2	Chanel 101	00
16	Kontactor 10	Burner 3	Chanel 101	01
17	Kontactor 11	Pompa air	Chanel 101	02
18	Kontactor 12	Pompa oil	Chanel 101	03
19	Kontactor 13	Pencuci	Chanel 101	04
20	Kontactor 14	Speed feeder	Chanel 101	05

3.6. Perancangan Human Interface SCADA

Data diolah di PLC ditampilkan pada *software* SCADA yaitu program CX supervisor yang dibangun dapat dilihat seperti **Gambar 11**.



Gambar 11. User Interface SCADA.

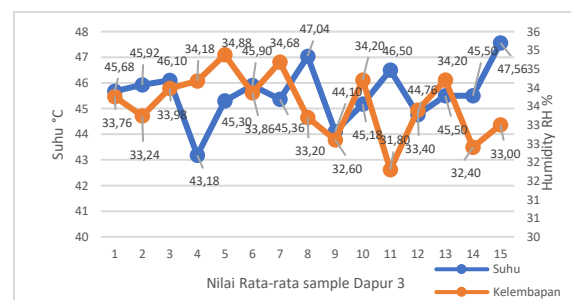
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Pratest Sample Kadar Air Lada Hitam Sebelum Penggunaan Sistem Kontrol Dibangun.

Pengujian pengecekan suhu dan kelembapan dapur 1, dapur 2 dan dapur 3. Pengujian linieritas bertujuan mendapatkan nilai kelembapan dapur terendah. Dimana dapur 3 kondisi kelembapan terendah. Pengujian dengan pengecekan suhu yang diperoleh dapur 3 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 12.

Tabel 3. Pengambilan pratest data suhu dan kelembapan mesin oven keseluruhan sistem.

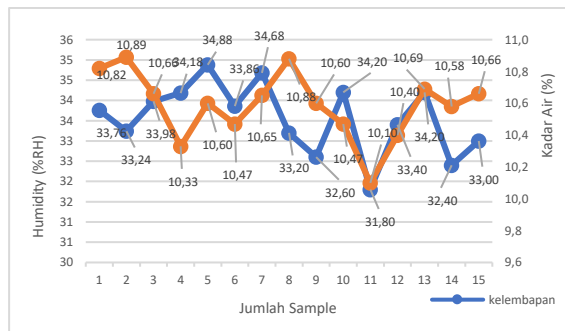
No	Suhu D3 °C	Kelembapan D3 %RH	Cera tester %	Destilasi %	Error %
1	45,68	33,76	10,40	10,82	3,88
2	45,92	33,24	10,60	10,89	2,66
3	46,10	33,98	10,30	10,66	3,38
4	43,18	34,18	10,50	10,33	- 1,65
5	45,30	34,88	10,40	10,60	1,89
6	45,90	33,86	10,10	10,47	3,53
7	45,36	34,68	10,30	10,65	3,29
8	47,04	33,20	10,40	10,88	4,41
9	44,10	32,60	10,40	10,60	1,89
10	45,18	34,20	10,30	10,47	1,62
11	46,50	31,80	10,20	10,10	- 0,99
12	44,76	33,40	10,40	10,40	-
13	45,50	34,20	10,40	10,69	2,71
14	45,50	32,40	10,30	10,58	2,65
15	47,56	33,00	10,20	10,66	4,32
$\bar{x}$	45,57	33,56	10,35	10,59	2,24



Gambar 12. Grafik pengecekan pratest suhu dan kelembapan dapur 3 keseluruhan sistem.

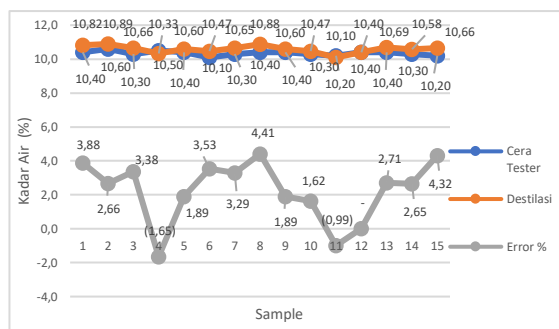
Pengecekan kelembapan pada dapur 3 akan dibandingkan dengan hasil tes sample lada hitam dengan test kadar air dengan metode destilasi. Jika dilihat pada **Gambar 13** nilai kelembapan dapur 3 bekerja antara 30 %RH sampai dengan 40 %RH mendapatkan nilai

kadar air/ *moisture content* antara 10 % sampai dengan 11 %.



Gambar 13. Grafik pengecekan pratest kelembapan dapur 3 dan kadar air destilasi keseluruhan sistem.

Pengecekan kadar air sample lada hitam dengan cera tester akan dibandingkan dengan hasil test sample lada hitam yang sama dengan metode destilasi sebanyak 15 kali, dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik sample kadar air cera tester dan kadar air destilasi keseluruhan sistem.

Pengecekan kadar air cera tester selama proses nilai kadar air yang diperoleh, jika dibandingkan dengan test kadar air dengan metode destilasi memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, dengan nilai rata-rata error hanya sebesar 2,24%.

4.2. Pengujian Posttest Sample Kadar Air Lada Hitam Setelah Penggunaan Sistem Kontrol Dibangun.

Pengujian pengecekan suhu dan kelembapan dapur 1, dapur 2 dan dapur 3. Pengujian linieritas bertujuan mendapatkan nilai kelembapan dapur terendah. Dimana dapur 3 kondisi kelembapan terendah.

Hasil pengujian pada Tabel 4 suhu dan kelembapan dapur 3 mempunyai nilai rata-rata 40,16 °C artinya pengendalian suhu pada nilai kelembapan 42,29 %RH termasuk kedalam keanggotaan kadar air normal dimana suhu di setting pada dapur oven menyala di 40 °C.

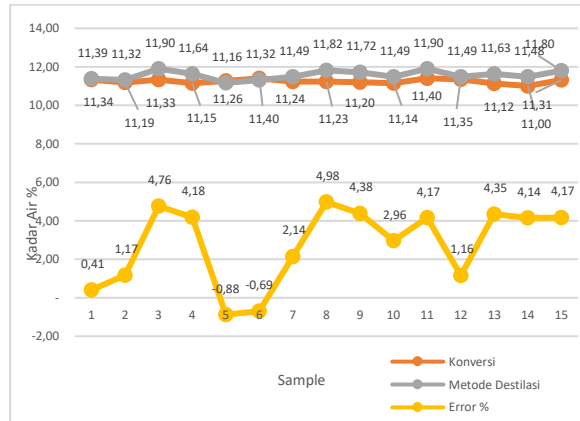
Tabel 4. Pengambilan posttest data suhu kelembapan dan kadar air destilasi keseluruhan sistem.

No	Mean °C	Konversi °C	Destilasi MC%	Error °C
1	40,14	11,33	11,39	0,46
2	40,68	9,33	11,32	17,57
3	40,17	11,21	11,90	5,81
4	40,37	10,48	11,64	9,91
5	40,34	10,58	11,16	5,22
6	40,06	11,62	11,32	- 2,64
7	40,56	9,79	11,49	14,80
8	39,72	12,87	11,82	- 8,90
9	39,76	12,73	11,72	- 8,64
10	40,73	9,18	11,49	20,10
11	39,44	13,88	11,90	- 16,62
12	39,80	12,57	11,49	- 9,41
13	40,50	10,02	11,63	13,84
14	39,52	13,60	11,48	- 18,46
15	40,64	9,50	11,80	19,50
$\bar{x}$	40,16	11,24	11,57	2,84

No	Mean %RH	Konversi %RH	Destilasi MC%	Error %RH
1	42,85	11,34	11,39	0,41
2	41,94	11,19	11,32	1,17
3	42,82	11,33	11,90	4,76
4	41,71	11,15	11,64	4,18
5	42,37	11,26	11,16	- 0,88
6	43,21	11,40	11,32	- 0,69
7	42,26	11,24	11,49	2,14
8	42,18	11,23	11,82	4,98
9	42,03	11,20	11,72	4,38
10	41,69	11,14	11,49	2,96
11	43,25	11,40	11,90	4,17
12	42,94	11,35	11,49	1,16
13	41,56	11,12	11,63	4,35
14	40,85	11,00	11,48	4,14
15	42,67	11,31	11,80	4,17
$\bar{x}$	42,29	11,24	11,57	2,76

Pengujian kadar air konversi dibandingkan dengan sample nilai kadar air metode destilasi diperoleh nilai rata-rata kadar air 11,57 %. Jika dilihat Gambar 15 nilai kadar air konversi memiliki tingkat keakuratan yang

cukup tinggi terhadap nilai kadar air dengan metode destilasi dengan nilai rata-rata error sebesar 2,76 %.



Gambar 15. Grafik pengujian posttest perbandingan nilai kadar air konversi dan sample destilasi.

5. KESIMPULAN

Algoritma yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu membaca perbedaan suhu dan kelembapan biji lada hitam dari satu titik suhu atau kelembapan ke titik suhu atau kelembapan yang lain berhasil diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman CX Programmer yang ditanamkan pada PLC. Alat ini berhasil mengeringkan biji lada hitam berdasarkan kadar air yang diinginkan 11% sampai dengan 12%. Perbedaan rata-rata kadar air 10,59% saat pretest dan kadar air 11,57% saat posttest mempunyai efisiensi kehilangan berat lada hitam selama proses berkurang 0,98%. Sistem kendali yang dibangun memiliki tingkat keakuratan cukup tinggi dengan nilai rata-rata error 2,76 %. Penelitian ini berhasil diimplementasikan dan ditampilkan pada serial monitor lewat program CX Supervisor SCADA sebagai user interface. Namun, disarankan untuk mempelajari penggunaan beberapa sensor untuk pengukuran simultan dan mekanisme pengeringan yang lebih baik untuk meningkatkan hasil dari waktu ke waktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendra Jayadi. (2020) Asal Mula Lada Secara Botanical. [Online]. Available: <https://adoc.pub/download/asal-mula-botani-budidaya.html>.
- [2] International Pepper Community, *IPC Standard Specifications for Black/ White Pepper (Whole and Ground) and Whole Dehydrated Green Pepper*. Karnataka, India: Nov. 2015
- [3] Ashok Kumar, B P Hari Chandra, Sunil S and Girish V Kulkarni, "Application of cryogenics in grinding of spices for value addition: A Review," M. S. Ramaiah Institute of Technology, Bangalore-562157, (Karnataka) India, 2021.
- [4] Rafael G. Maramba; Meo Vincent C. Caya; Arnold Janssen G. Hernandez; Gilbert P. Ombay; Maveric James T. Ching, "Paddy Rice Moisture Tester with Bluetooth Data Transfer," International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), School of Electrical, Electronics and Computer Engineering Mapúa University Muralla St., Intramuros Manila, 1002, Philippines, Nov. 2019.
- [5] S. Madhankumar, V. Harish, C.P. Jayanth, R. Manikandan, and N. Aswin, "Automated Moisture Remover for Drying Agricultural Products," International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), Sri Krishna College of Engineering and Technology Coimbatore, India, July 2021.
- [6] Jan Paul I. Alibayan, Ian Renz C. Bobadilla, Mark Kevin V. Carnicer, Reynaldo T. Pascua, Jeschri G. Teodosio, Nilo M. Arago, Lean Karlo S. Tolentino, Edmon O. Fernandez and Ira C. Valenzuela, "Green Coffee Bean Sorter and Corrector based on Moisture Content using Capacitive Method," International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), Technological University of the Philippines, Nov. 2019.
- [7] M. Ajay, M. Rakesh, M. Hrithik Roshan and G. Revat, "PLC Based Smart Farming System With SCADA", 2020 IEEE International Conference on Advances and Developments in Electrical and Electronics Engineering (ICADEE), Erode Sengunthar Engineering College, Tamil Nadu 638057, India, 2020.
- [8] Jayson P. Rogelio, Elmer P. Dadios, Ryan Rhay Vicerra, Argel Bandala and Renann

- Baldovino, "Rice Bran Drying Kinetics of a Controlled Microwave Vacuum Dryer Optimized PLC-based: A Neuro fuzzy Approach", International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), Department of Science and Technology - Metals Industry Research and Dev't Center (DOST-MIRDC) General Santos Avenue Bicutan, 1631 Taguig, Philippines, Des. 2020
- [9] Rifqi M. (2023) Sensor Network. [Online]. Available: <https://rifqimulyawan.com/blog/sensor-networks/>
- [10] Bansari Deb Majumder, Joyanta Kumar Roy, Senior Member, IEEE, and Subhransu Padhee, "Recent Advances in Multifunctional Sensing Technology on a Perspective of Multi-Sensor System: A Review," IEEE Sensors Journal, Vol. 20, pp. 1204-1214, Feb. 2019.
- [11] J. Wu, "Basic Guide to RTD Measurements," Texas Instruments Inc., pp. 1–42, 2018.
- [12] Bahare Babaie and Nasser Masoumi, "An Analytical Approach for Extraction of the Temperature Bias-Error of RTD Sensors for Smart Home, Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), College of Engineering, University of Tehran, Tehran, 14396-43713, Iran, 2020.
- [13] THD Series Intruction Manual. Autonic. South Korea. [Online]. Available: http://www.ehaegypt.com/uploads/THD_i2s_uz7ox.pdf.
- [14] FTT01 Series Temperature Transmitters. Finglay. Yueqing Finglai Electric Co., Ltd, Cina. [Online]. Available: <https://www.finglai.com/products/instruments/temperature-transmitters/FTT01/>.
- [15] (2008) Programmable Controllers Sysmac CPM1/CPM1A/ CPM2A/ CPM2C/SRM1 (-V2). Omron. [Online]. Avalable: https://www.fa.omron.com.cn/data_pdf/mnu/w353-e1-06_cpm1_cpm_a_cpm2c_srm1-v2.pdf?id=36.
- [16] Agfianto Eko Putra, *PLC Konsep, Pemrograman dan Aplikasi (Omron CPM1A/CPM2A dan ZEN Programmable Relay)*, Gava Media, Yogyakarta: 2018.
- [17] (2014) Connecting Expansion Units and Expansion I/O Units," CPU Unit and Expantion Unit. Section 17. pp. 420-482. Omron. [Online]. Available: <https://industrial.omron.eu/en/products/CP1W-DA04>.
- [18] (2014) "Sysmac CP Series Operation Manual," Omron. https://assets.omron.eu/downloads/latest/manual/en/w450_cp1h_cpu_unit_operation_manual_en.pdf?v=4.
- [19] Alidino (2019), Pengantar Programmable logic Control, Menara Ilmu, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. [Online]. Available: <https://plc.mipa.ugm.ac.id/pengantar-plc/>.
- [20] Stuart G. McCrady, *Designing SCADA Application Software A Practical Approach*, Technical Instructor in SCADA Technology, ON, Canada: 2013.
- [21] Dimitrios Pliatsios, Panagiotis Sarigiannidis, Thomas Lagkas, and Antonios G. Sarigiannidis, "A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and T-`actics," *IEEE Communications Surveys and Tutorial*, Vol. 22, No. 3, 2020.