

OTOMASI PENGERINGAN EMPON - EMPON MELALUI SISTEM KENDALI BERBASIS PLC DAN HMI DENGAN METODE PID DI KAMPUNG JAMU WONOLOPO SEMARANG

Oleh: Adib Riski Fauzi¹, Fadhel Setiawan², Kevin Adita Putra Jaya³, Dimas Wahyujati⁴, Brigitta Pungki Yuliashari⁵, Adi Wasono⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah Email : fadhelsetiawan2512@gmail.com

Abstrak

Industri jamu, sebagai bagian dari warisan budaya dan tradisi kesehatan masyarakat Indonesia, terus berkembang dengan memanfaatkan berbagai rempah seperti jahe, kencur, dan temulawak. Proses pengolahan rempah, terutama pengeringan, merupakan tahap kritis yang mempengaruhi kualitas dan daya simpan produk akhir. Di Kampung Jamu Wonolopo, Semarang, proses pengeringan masih dilakukan secara tradisional, yang rentan terhadap variasi cuaca. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali alat pengering empon-empon berbasis PLC dan HMI yang dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi PLC dan HMI memungkinkan otomatisasi dan kontrol yang stabil dengan metode PID, menghasilkan kadar air rata-rata 9% dalam waktu pengeringan sekitar 8 jam pada suhu 65°C, dengan konsumsi energi 9 kWh per siklus.

Kata Kunci: Jamu, Pengeringan, PLC, PID, Suhu

Abstract

The herbal medicine industry, as part of Indonesia's cultural heritage and traditional community health practices, continues to evolve by utilizing various spices such as ginger, aromatic ginger, and turmeric. The spice processing stage, particularly drying, is a critical phase that affects the quality and shelf life of the final product. In Wonolopo Herbal Village, Semarang, the drying process is still carried out traditionally, making it vulnerable to weather variations. This study aims to design a control system for a spice dryer using PLC and HMI to enhance the efficiency and consistency of the drying process. The results indicate that the integration of PLC and HMI enables automation and stable control through the PID method, achieving an average moisture content of 9% within approximately 8 hours of drying at 65°C, with an energy consumption of 9 kWh per cycle.

Keywords: Herbal Medicine, Drying, PLC, PID, Temperature

1. PENDAHULUAN

Industri jamu sebagai bagian integral dari warisan budaya dan tradisi kesehatan masyarakat Indonesia terus berkembang seiring dengan waktu. Pembuatan jamu terdiri dari beberapa bahan yang dapat disebut dengan rempah. Rempah–rempah yang menjadi bahan dasar utama dalam pembuatan jamu, memiliki peran sentral dalam menyediakan khasiat kesehatan dan kebugaran bagi konsumennya. Rempah tersebut biasa diambil langsung dari alam berupa tanaman kesehatan seperti jahe, kencur, temulawak dan lain sebagainya. Dari rempah - rempah tersebut masih membutuhkan proses lanjutan seperti, proses pengeringan sebelum rempah diolah dalam proses pembuatan jamu yang berkhasiat.

Wonolopo merupakan salah satu kelurahan yang ada di Kecamatan Mijen, Kota Semarang, di tempat tersebut terdapat Kampung Jamu yang telah berdiri sejak 2016. Tepatnya di Dusun Sumpersari RW.10. Sebagian besar masyarakatnya bermata pencaharian sebagai pengrajin jamu gendong, bahkan konsumennya telah tersebar di 4 provinsi di Indonesia. Hampir setiap hari warganya membuat jamu untuk di jual.

Namun, dalam proses pengolahan jamu, pengeringan rempah–rempah menjadi tahapan kritis yang mempengaruhi kualitas dan daya simpan produk akhir. Kendati demikian, hingga saat ini proses pengeringan rempah–rempah jamu masih dilakukan secara tradisional dengan sinar matahari atau menggunakan metode konvensional yang rentan terhadap variasi cuaca dan waktu. Dalam perkembangan

zaman sekarang yang semakin maju, metode konvensional dinilai kurang maksimal dalam proses pengolahan jamu pada tahapan kritis dibanding dengan metode modern yang menggunakan alat berupa mesin. Menurut Roelofsen, proses pengeringan dengan mesin melibatkan pengeringan pada suhu rendah 50°C hingga 60°C untuk waktu yang tidak terbatas untuk mencapai kadar air 12% (Raka Thareq Azis Pohan, dkk. 2023).

Permasalahan dalam metode konvensional adalah rentan terhadap variasi 2 cuaca dan waktu. Sedangkan di Indonesia memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Ketika, musim kemarau akan terjadi proses pengeringan rempah - rempah akan memungkinkan untuk menghasilkan produk yang baik. Namun, ketika musim penghujan, rempah - rempah akan lebih lama melewati proses pengeringan, karena suhu dan kelembapan udara yang ada pada musim penghujan. Diperlukan solusi dalam proses pengeringan rempah seperti pembuatan alat pengering rempah - rempah yang bisa digunakan kapanpun tanpa mengkhawatirkan variasi cuaca dan waktu. Proses pengeringan ditentukan oleh pengaturan suhu dan kelembapan udara yang terintegrasi dalam suatu alat yang nantinya akan digunakan dalam pengeringan rempah - rempah.

Dengan permasalahan yang ada tersebut muncul gagasan untuk merancang Sistem Kendal Alat Pengering Empon - Empon Berbasis Outseal dan HMI. Dibandingkan dengan metode yang sudah ada, sistem ini dinilai lebih efektif bagi pelaku usaha jamu. Karena pekerja tidak perlu terpaku pada cuaca untuk melakukan proses pengeringan empon -empon. Berdasarkan latar belakang tersebut yang telah diuraikan, maka dibuat suatu alat dengan Judul “Otomasi Pengeringan Empon-Empon melalui Sistem Kendali Berbasis PLC dan HMI dengan Metode PID di Kampung Jamu Wonolopo Semarang.”

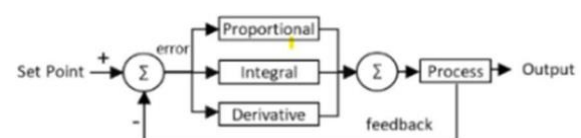
2. METODE PENELITIAN

2.1. METODE PID

Kontrol PID (Proportional Integral Derivative) adalah salah satu jenis kontrol yang umum digunakan dalam dunia industri. Kontrol PID memberikan respons berdasarkan error yang dihasilkan, yaitu perbedaan antara set point yang ditentukan dan nilai aktual dari sistem tersebut. Komponen-komponen utama dari kontrol PID terdiri dari kontrol Proporsional (P), Integral (I), dan Derivatif (D).

Tujuan dari masing-masing komponen ini adalah untuk mempercepat respons sistem, menghilangkan offset, dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Keluaran dari kontroler PID adalah hasil penjumlahan dari ketiga komponen tersebut. Karakteristik dari kontroler PID sangat dipengaruhi oleh nilai-nilai konstanta Kp (proporsional gain), Ki (integral gain), dan Kd (derivative gain), yang disesuaikan untuk menyesuaikan sifat dari masing-masing komponen.

Dalam perancangan sistem kontrol PID, penyetelan nilai-nilai Kp, Ki, dan Kd sering kali dilakukan dengan metode trial and error. Hal ini disebabkan karena parameter Kp, Ki, dan Kd saling terkait dan tidak independen satu sama lain. Untuk mencapai respons kontrol yang optimal, langkah-langkah trial and error diperlukan dengan mencoba berbagai kombinasi nilai Kp, Ki, dan Kd sampai ditemukan nilai yang sesuai dengan karakteristik sistem yang diharapkan (Nizar dkk., 2021).



Gambar 1. Gambar Diagram Blok PID

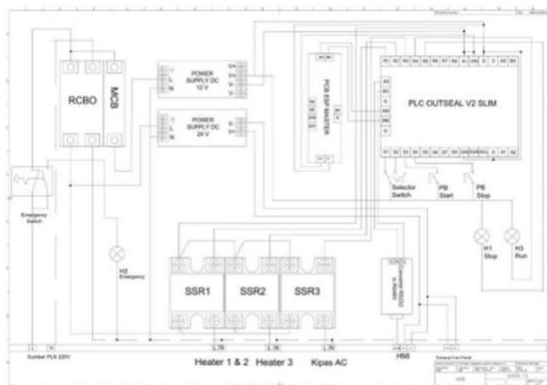
2.2. HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE)

HMI (Human Machine Interface) adalah sebuah sistem yang menghubungkan manusia dengan teknologi mesin. HMI bisa berupa pengendali atau tampilan status, baik secara manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real-

time. Sistem HMI biasanya beroperasi secara online dan real-time dengan membaca data yang dikirim melalui port I/O yang digunakan oleh sistem pengendali. Port yang umum digunakan oleh pengendali dan dibaca oleh HMI meliputi port com, port USB, port RS232, dan port serial. Fungsi utama HMI adalah untuk membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata, sehingga desain HMI bisa disesuaikan untuk memudahkan pekerjaan fisik (Ayuningtyas, 2018).

2.3. DESAIN RANGKAIAN

Perancangan wiring diagram pada alat sistem penyiraman yaitu dengan menghubungkan pada komponen-komponen seperti MCB, RCBO, PLC, NodeMCU ESP32, Relay, Power Supply 12V dan 24 V. Berikut merupakan desain wiring diagram :



Gambar 2. Wiring diagram

Pada gambar diatas ditunjukkan wiring diagram kendali alat pengering. Supply sumber listrik akan menuju ke RCBO dan MCB dan melewati Emergency Switch. Terdapat 2 jalur yang berbeda yaitu jalur beban dan jalur kontrol. Pada jalur beban pertama akan mensuplai fasa 220 VAC menuju ke kontak dari Solid State Relay (SSR), dan jalur lain dari RCBO akan mensupply ke Power Supply DC 24 VDC dan output dari power supply akan menuju ke port power dari HMI. Pada jalur MCB akan mensuplai Power Supply 12 VDC, output power supply 12 VDC akan mensuplai kontrol masuk ke port V+ dan V- pada PCB ESP32 Master, dan mensuplai ke

PLC Outseal pada port X+, VIN untuk output V+ dan port G, GIN untuk output V-. Pada SSR coil mendapatkan suplai dari V+ power suplai 12 VDC. Pada PCB ESP32 terdapat output komunikasi modbus (A+ dan B-). Output tersebut akan masuk ke port Am dan Bm PLC Outseal. Output sensor DHT21 ada 3 yaitu 5v, GND, dan Data. Kabel 5v akan terhubung pada port 5v PCB ESP32 master. Kabel GND terhubung dengan port GND pada PCB ESP32 Master. Dan kabel data pada masing masing sensor akan masuk ke port D5, D4, D18, D19 pada PCB ESP32

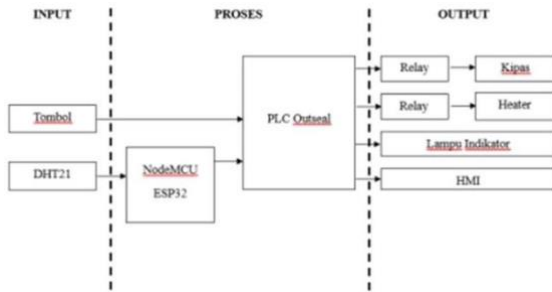
Master. Pada PLC Outseal terdapat output R1 yang terhubung pada coil SSR 1, R2 terhubung dengan coil SSR 2, dan R3 terhubung dengan coil SSR 3. Terdapat output port As dan Bs, port As yang terhubung dengan port Rx pada converter RS485 to RS232, port Bs terhubung dengan port Tx pada converter RS485 to RS232. Dalam kontrol sistem terdapat selector switch, push button start, dan push button stop. Selector Switch terhubung dengan V+ pada kontak common dan terhubung pada S1 dan S2 PLC Outseal pada kontak output, berguna sebagai pilihan mode sistem (manual/auto). Push button start terhubung dari kontak NO(Normaly Open) menuju ke port S3 PLC Outseal. Push button stop

terhubung dari kontak NO(Normaly Open). Terdapat indikator berupa pilot lamp yaitu H1, H2, dan H3. Lampu H1 digunakan sebagai indikator stop yang terhubung dengan port R5 pada PLC Outseal. Lampu H2 berfungsi sebagai indikator emergency yang terhubung langsung dengan kontak NO(Normally Open) Emergency Switch. Lampu H3 digunakan untuk indikator sistem berjalan (run) yang terhubung dengan port R4 PLC Outseal.

2.4. DIAGRAM BLOK SISTEM PENYIRAMAN.

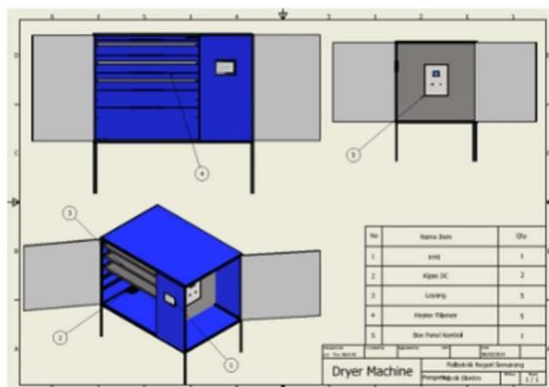
Berdasarkan gambar dibawah diagram blok dibagi menjadi 3 sistem utama yaitu inpu, proses, dan output. Sistem akan bekerja dengan diawali input tombol dan sensor

DHT21. Kemudian sensor DHT21 diolah oleh NodeMCU ESP32 untuk membaca nilai suhu dan kelembaban, lalu data yang sudah diolah melalui NodeMCU ESP32 akan dikirim ke outseal sebagai kontrol utama sistem melalui komunikasi modbus. Hasil data yang diterima oleh outseal PLC kemudian akan memerintahkan sistem output yaitu relay yang akan menggerakkan kipas dan heater, lampu indikator, serta HMI.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

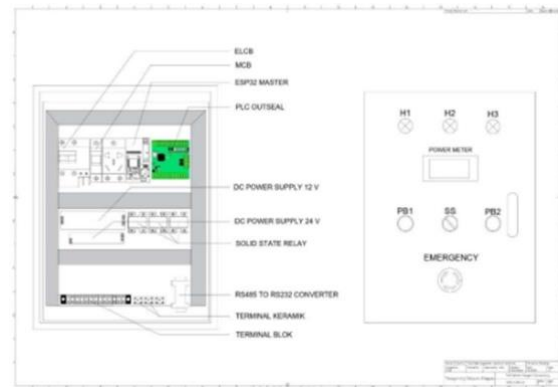
2.5. DESAIN DAN TATA LETAK.



Gambar 4. Desain Alat Pengering

Pada Gambar 4 Alat Pengering didesain dengan dimensi sebesar 1,5 x 1 x 1 meter dengan ketinggian kaki setinggi 0,5 meter. Ruang pengering berukuran 1 x 1 x 1 meter dimana dilengkapi dengan 5 tingkat loyang ukuran 94 x 94 cm dan memiliki jarak antar loyang sebesar 19,5 cm. Terdapat ruangan panel yang berada disamping ruangan pengering dengan dimensia sebesar 0.5 x 1 x 1 meter. Ruang panel dan ruang pengering dilengkapi pintu. Rangka dari alat ini terbuat dari bahan hollow besi ukuran 3 x 3. Cover body terbuat dari bahan plat galvanis dan direkatkan dengan paku ripet, loyang

pengering terbuat dari bahan stainless steel 304.



Gambar 5. Panel Kontrol

Pada gambar 5 menunjukkan perancangan panel kontrol alat pengering empon-empon panel kontrol dibuat untuk menyatukan dan melindungi komponen elektronika. Selain itu, adanya panel kontrol memudahkan pengguna dalam melakukan maintenance.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan dan pembuatan alat Otomasi Pengerian Empon-Empon melalui Sistem Kendali Berbasis PLC dan HMI dengan Metode PID dilanjutkan dengan pengujian alat. Pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat sistem kendali yang telah dibuat dapat berjalan sesuai dengan target yang diinginkan.

3.1. PENGUJIAN SUHU

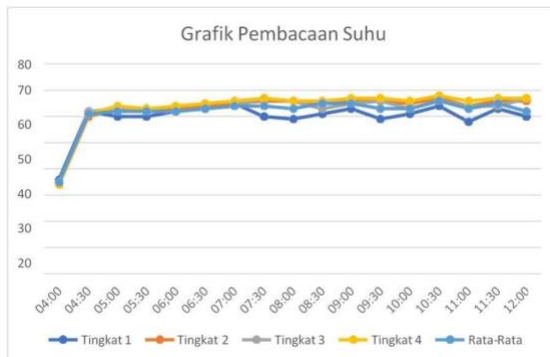
Pengujian suhu dilakukan untuk mengetahui nilai dari hasil sistem kendali PID. Hasil percobaan dengan menunjukkan suhu rata-rata stabil di angka 65 °C dengan nilai suhu tertinggi 66 °C dan suhu terendah 61 °C. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 6 dan tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Suhu

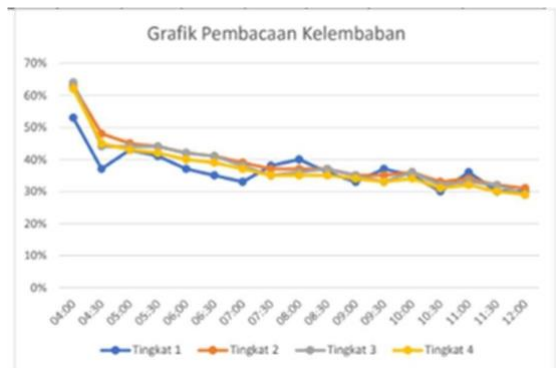
No	Waktu	Nilai Suhu Ruang Pengering					Rata - Rata	Heater	Fan
		Tingkat							
		1	2	3	4				
1	04:00	36°C	34°C	34°C	34°C	35°C	Mati	Mati	
2	04:30	62°C	60°C	62°C	61°C	61°C	Menyala	Menyala	
3	05:00	60°C	63°C	63°C	64°C	62°C	Menyala	Menyala	
4	05:30	60°C	63°C	62°C	63°C	62°C	Menyala	Menyala	
5	06:00	62°C	63°C	62°C	64°C	62°C	Menyala	Menyala	
6	06:30	63°C	64°C	63°C	65°C	63°C	Menyala	Menyala	
7	07:00	65°C	65°C	64°C	66°C	64°C	Menyala	Menyala	
8	07:30	60°C	66°C	67°C	67°C	64°C	Menyala	Menyala	
9	08:00	59°C	66°C	66°C	66°C	63°C	Menyala	Menyala	
10	08:30	61°C	65°C	63°C	66°C	65°C	Menyala	Menyala	
11	09:00	63°C	66°C	65°C	67°C	65°C	Menyala	Menyala	
12	09:30	59°C	66°C	66°C	67°C	63°C	Menyala	Menyala	
13	10:00	61°C	65°C	63°C	66°C	63°C	Menyala	Menyala	
14	10:30	64°C	67°C	66°C	68°C	66°C	Menyala	Menyala	
15	11:00	58°C	64°C	64°C	66°C	63°C	Menyala	Menyala	
16	11:30	63°C	66°C	64°C	67°C	65°C	Menyala	Menyala	
17	12:00	60°C	66°C	67°C	67°C	62°C	Mati	Mati	

Tabel 2. Pengujian Kelembaban

No	Waktu	Nilai Kelembaban Ruang Pengering				Heater	Fan
		Tingkat					
		1	2	3	4		
1	04:00	53%	63%	64%	62%	Mati	Mati
2	04:30	37%	48%	44%	45%	Menyala	Menyala
3	05:00	43%	45%	44%	43%	Menyala	Menyala
4	05:30	41%	44%	44%	42%	Menyala	Menyala
5	06:00	37%	42%	42%	40%	Menyala	Menyala
6	06:30	35%	41%	41%	39%	Menyala	Menyala
7	07:00	33%	39%	38%	37%	Menyala	Menyala
8	07:30	38%	37%	35%	35%	Menyala	Menyala
9	08:00	40%	37%	36%	35%	Menyala	Menyala
10	08:30	36%	37%	37%	35%	Menyala	Menyala
11	09:00	33%	35%	35%	34%	Menyala	Menyala
12	09:30	37%	35%	33%	33%	Menyala	Menyala
13	10:00	35%	36%	36%	34%	Menyala	Menyala
14	10:30	30%	33%	32%	31%	Menyala	Menyala
15	11:00	36%	34%	33%	32%	Menyala	Menyala
16	11:30	30%	32%	32%	30%	Menyala	Menyala
17	12:00	30%	31%	29%	29%	Mati	Mati



Gambar 6. Grafik Pengujian Suhu



Gambar 7. Grafik Pengujian Kelembaban


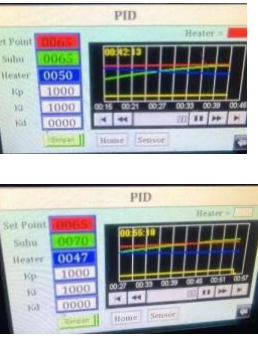

3.2. PENGUJIAN KELEMBABAN

Pengujian kelembaban dilakukan untuk mengetahui nilai dari hasil sistem kendali PID. Hasil percobaan dengan menunjukkan kelembaban tertinggi 64 °C dan suhu terendah 29 °C. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 7 dan tabel 2.

3.3. PENGUJIAN TRIAL AND ERROR TUNING PID

Pada pengujian trial and error tuning PID ini bertujuan untuk mengetahui nilai Kp, Ki, dan Kd yang sesuai agar mencapai kestabilan pada sistem selama proses pengeringan. Pengujian ini dilakukan dalam beberapa uji coba yang tertampil pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pengujian Grafik PID

No	Grafik PID	Keterangan
1		<p>Durasi mencapai set poin = 00.52.172.</p> <p>Kp = 1000 Ki = 0 Kd = 0</p> <p>Durasi OFF = 01.07.11</p> <p>Offset Suhu = 5 °C</p>
2		<p>Durasi mencapai set poin = 00.42.13 2.</p> <p>Kp = 1000 Ki = 1000 Kd = 0</p> <p>Durasi OFF = 00.55.18</p> <p>Offset Suhu = 5 °C</p>
3		<p>Durasi mencapai set poin = 00.38.01</p> <p>Kp = 1000 Ki = 1000 Kd = 1000</p> <p>Durasi OFF = 00.52.44</p> <p>Offset Suhu = 6 °C</p>

3.4. PENGUJIAN HASIL PENGERINGAN EMPON- EMPON

Pada hasil pengeringan empon- empon ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari proses pengeringan sudah sesuai dan sama dengan hasil pengeringan secara konvensional. Percobaan dilakukan dengan melihat secara visual dan mengecek kadar air pada percobaan yang telah dilakukan yang tertampil pada gambar berikut:



Gambar 8. Hasil TesKadar Air Konvensional



Gambar 9. Hasil TesKadar Air Percobaan 1

Setelah dilakukan pengujian seperti uraian di atas, dapat dianalisa bahwa hasil pengeringan sudah sesuai seperti hasil dari pengeringan secara konvensional dengan pembacaan kadar air seperti yang tertampil pada gambar di atas.

3.5. HASIL IMPLEMENTASI

Hasil penerapan implementasi yang telah dilakukan pemasangan di lokasi mitra. Hasil implementasi berupa sebuah panel kendali untuk Otomasi Pengeringan Empon - Empon melalui Sistem Kendali Berbasis PLC dan HMI dengan Metode PID di Kampung Jamu Wonolopo Semarang



Gambar 10. Panel Kendali



Gambar 11. Alat Pengering

4. KESIMPULAN

Hasil dari pengujian sistem Otomasi Pengerian Empon - Empon melalui Sistem Kendali Berbasis PLC dan HMI dengan Metode PID di Kampung Jamu Wonolopo Semarang menunjukkan Sistem kontrol dirancang pada proses pengeringan dengan integrasi pembacaan sensor suhu DHT21 melalui ESP32 yang dikirim ke outseal dan ditampilkan melalui HMI. Integrasi PLC dan HMI dapat digunakan sebagai otomatisasi dengan dapat mengontrol sistem melalui HMI dan dapat menstabilkan pengeringan dengan PID melalui program outseal dengan $K_p = 2000$, $K_i = 1000$, $K_d = 2000$.

Pengeringan empon-empon menggunakan mesin lebih efisien dibandingkan dengan konvensional dengan hanya melakukan pengeringan beberapa jam saja dapat menghasilkan hasil empon-empon yang memiliki kadar air yang sama dengan hasil konvensional dengan rata-rata kadar air sebesar 9%. Durasi waktu pengeringan empon-empon membutuhkan waktu kurang lebih 8 jam dengan suhu rata-rata 65 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S. (2021). Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Pada Instalasi Listrik Berbasis Earth Leagage Circuit Breaker (Rcbo). AL ULUM: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI, 6(2), Article 2.
- Ayuningtyas, N. (2018). Sistem Monitoring Berat Pada Alat Pemilah Sampah Logam Dan Nonlogam Dengan Sensor Berat (Load Cell) Berbasis Programmable Logic Controller (Plc) [Other, undip]. https://doi.org/10/BAB_VI.pdf

- Budiyanto, M., Setiyono, Y. W., & Effendi, A. (2022). Trainerprogrammable Logic Controller Dilengkapi Human Machine Interface (HMI) Guna Penguatan Praktek Otomasi Industri. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.33087/jepca.v5i2.81>
- Byantoro, S. M., Prabowo, D., & Jati, U. S. (2023). Tugas Akhir: Rancang Bangun Sistem Pengaduk Pada Homogenizing Emulsifier Machine Dalam Pembuatan Pupuk Organik Cair [Diploma, Politeknik Negeri Cilacap]. <https://elib.pnc.ac.id/739/>
- Harahap, R., Armansyah, A., Sudaryanto, S., Pramudia, D. T., & Rian, A. F. (2022). Keselamatan Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Yang Benar di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 7(1), Article 1.
- Kartika, K., Asran, A., Erawati, H., Ezwarsyah, E., Putri, R., & Salahuddin, S. (2022). Pelatihan Platform Arduino Bagi Siswa SMA Negeri 1 Baktiya Alue Ie Puteh Aceh Utara. *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*, 2(1), Article 1.
- Putera, A. S. (2017). Simulator Sistem Otomatisasi Dengan Solid State Relay Untuk Pertukaran Sumber Energi Listrik Antara Pln Dan Genset [Thesis, Universitas Medan Area]. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/17784>
- Risfendra, & Setyawan, H. (2020). Otomasi Industri Dengan Arduino Outseal PLC. UNP PRESS.
- Rombekila, A., & Entamoing, B. L. (2022). Prototype Sistem Smart Sistem Smart Home Berbasis IoT dengan Handphone Android Menggunakan NODEMCU ESP32. *Jurnal Teknik AMATA*, 3(1), Article 1.

- <https://doi.org/10.55334/jtam.v3i1.275>
- Sabtiawan, A. A., & Much Djunaidi, S. T. (2023). Analisis Pengembangan Usaha Bisnis Jamu Tradisional Menggunakan Analisis SWOT Dan QSPM (Studi Kasus: UMKM Produsen Jamu Suti Sehati) [S1, Universitas Muhammadiyah Surakarta].
<https://eprints.ums.ac.id/111330/>
- Sahli, I., Kristanto, I., & Thali, T. C. (2001). Perancangan RS 232 to RS 485 Converter Sistem Network Multidrop. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1). <https://doi.org/10.9744/jte.1.1>
- Saputra, O. (t.t.). Komunikasi Outseal PLC dengan Smartphone | Ranah Research: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Multidisiplin. Diambil 9 Juli 2024, dari <https://jurnal.ranahresearch.com/index.php/R2J/article/view/539>
- Subagio, D., Putri, D. K., & Ardi, S. (2017). RANCANG BANGUN PLC TRAINING KIT DIVISI SERVICE PARTS DAN WELDING PRODUKSI BERBASIS PLC OMRON CJ2M-CPU11 | Teknologi. <https://technologic.polytechnic.astra.ac.id/index.php/firstjournal/article/view/192>
- Sufandi, M. R., Kevin, V. L., Hadikusuma, M. I., & Bakar, A. (2023). Purwarupa Proses Pemantauan dan Pengisian Botol Kemasan Berbasis Modul PLC Outseal Dan HMI Haiwell. *Jurnal ELIT*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.31573/elit.v4i2.579>
- Sunar, S., & Subagiyo, S. (2020). Peningkatan Keaktifan dan Keterampilan Membuat PCB Kelas XII TAV SMK Negeri 1 Semarang. *Edu Elekrika Journal*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.15294/eej.v9i2.37973>