

IMPLEMENTASI *FUZZY LOGIC CONTROL* PADA ALAT PENGERING CENGKEH OTOMATIS

Agustina Dwi Cahyani¹, Denda Dewatama², Leonardo Kamajaya³

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Email: agustinadwicahyani123@gmail.com¹, denda.dewatama@polinema.ac.id², leonardo42@polinema.ac.id³

Abstract

Indonesia is the largest clove-producing country in the world. One of the districts that became the center of cloves is Sawahan District, Nganjuk Regency. Clove drying in Sawahan District, Nganjuk Regency is still done manually, namely only with sunlight. To get optimal quality in drying cloves, a temperature of 40°C-45°C is required. When the rainy season arrives, drying becomes hampered due to high rainfall. This study aims to make a clove dryer with a capacity of 5 kg and use a heater as a heater. This tool uses the Fuzzy Logic Control method with the Sugeno method by utilizing the Arduino Uno Atmega 328 microcontroller as a temperature controller in the clove dryer. This tool uses 2 actuators, namely a heater and an exhaust fan. The result of designing this tool is that the Sugeno FLC can maintain the temperature according to the setpoint well. In the drying process with a set point of 43°C, the required time is 8 hours 10 minutes with an electricity cost of around Rp.12,000.-. The conclusion from the design of this tool is that by designing a tool using the Sugeno FLC method it can produce high-quality cloves.

Keywords : *Drying, Cloves, Arduino Uno, Fuzzy Logic Control, Sugeno.*

Abstrak

Negara Indonesia merupakan sebuah negara penghasil cengkeh terbesar di dunia. Salah satu kecamatan yang menjadi pusat cengkeh adalah Kecamatan Sawahan, Kabupaten Nganjuk, Pengeringan cengkeh di Kecamatan Sawahan Kabupaten Nganjuk masih dilakukan secara manual yaitu hanya dengan sinar matahari. Untuk mendapatkan mutu optimal dalam pengeringan cengkeh dibutuhkan suhu 40°C-45°C. Saat musim hujan tiba pengeringan menjadi terhambat karena curah hujan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat pengering cengkeh dengan kapasitas 5 kg dan menggunakan *heater* sebagai pemanas. Alat ini menggunakan metode *Fuzzy Logic Control* dengan metode Sugeno dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno Atmega 328 sebagai pengontrol suhu pada alat pengering cengkeh. Pada alat ini menggunakan 2 aktuator yaitu *heater* dan *exhaust fan*. Hasil dari perancangan alat ini adalah FLC Sugeno dapat mempertahankan suhu sesuai *setpoint* dengan baik. Pada proses pengeringan dengan set point 43°C waktu yang diperlukan adalah 8 jam 10 menit dengan biaya listrik sekitar Rp.12.000,-. Kesimpulan dari perancangan alat ini adalah dengan perancangan alat dengan menggunakan metode FLC Sugeno dapat menghasilkan cengkeh dengan mutu tinggi.

Kata Kunci: Pengeringan, Cengkeh, Arduino Uno, *Fuzzy Logic Control*, Sugeno.

Corresponding Author; Agustina Dwi Cahyani
E-mail: agustinadwicahyani123@gmail.com



Pendahuluan

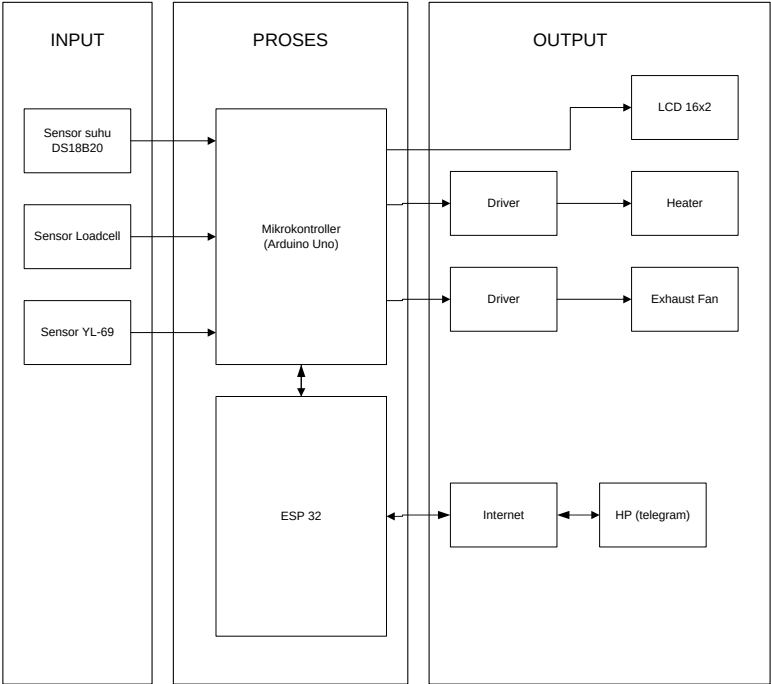
Negara Indonesia adalah sebuah negara penghasil cengkeh terbesar di dunia. Hal ini dibuktikan dengan data 3 negara penghasil cengkeh yaitu Madagascar dan negara lainnya, pada tahun 2008-2012 Negara Indonesia menempati peringkat pertama dengan jumlah sebanyak 79,8% (Suparman & Papuangan, 2017). Di negara Indonesia, cengkeh merupakan salah satu dari komoditi unggulan di Indonesia dan cengkeh juga merupakan sebuah komoditi non migas yang menjadi andalan Negara Indonesia (Segarani et al., 2015). Kecamatan Sawahan, Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu kecamatan tempat penghasil cengkeh yang cukup besar. Proses budidaya tanaman cengkeh dilakukan mulai dari pembibitan dan persemaian. Untuk mendapatkan pohon cengkeh yang berkualitas dan produktif, proses pembibitan dan persemaian harus dilakukan dengan baik, teliti, dan cermat (Hutubessy, 2014). Proses selanjutnya dalam budidaya adalah penanaman, serta pemupukan dan pemeliharaan (Sari, 2023). Cengkeh membutuhkan waktu sekitar 6 bulan setelah bakal bunga sudah terlihat dan warna dari bunga menjadi kuning sedikit merah dan kepala bunga masih tertutup, berisi dan mengkilat (Simon et al., 2022). Setelah pasca panen, langkah budidaya yang selanjutnya yang dilakukan adalah proses pengeringan cengkeh (Abdillah & Najiyah, 2023). Jika cuaca panas, penjemuran dengan sinar matahari memerlukan waktu 3-4 hari, dan lebih lama lagi bila musim hujan (Simon et al., 2022). Hal ini dapat membuat cengkeh berjamur, membuat kualitas cengkeh buruk serta harga cengkeh menjadi turun (Marpilina & Sudiana, n.d.).

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu alat pengering dengan hipotesis metode kontrol dari penelitian (Alfitri & Siddiq, 2019) dengan judul penelitian “Aplikasi Logika Fuzzy pada Penurunan Kadar Air dalam Susu dengan Metode Evaporasi”. Dalam penelitian ini, pengontrolan terhadap suhu dengan *actuator* kompor listrik dengan setpoint 80°C menggunakan kontrol fuzzy dengan menggunakan metode mamdani, dapat menstabilkan suhu agar sesuai dengan *setpoint* (Utami et al., 2023). Spesifikasi pengeringan cengkeh adalah 44°C sampai 47°C (Alfitri & Siddiq, 2019). Untuk mendapatkan suhu yang diinginkan dalam pengeringan digunakan metode control *fuzzy* (Alfitri & Siddiq, 2019).

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan adalah penelitian oleh Dzikrullah Akbar dengan judul penelitian “Sistem Pengendalian suhu pada alat pengering cengkeh menggunakan kontroller PID” (Akbar, 2015) *Ziegler-Nichols* merupakan metode PID yang digunakan dalam perancangan alat ini. Dengan parameter yang diuji didapatkan pengeringan cengkeh dengan suhu stabil di 77°. Sedangkan suhu optimum pengeringan cengkeh adalah 40° hingga 50°. (Alfitri & Siddiq, 2019) pengeringan cengkeh dengan suhu terlalu tinggi dapat merusak kadar minyak yang ada di dalam cengkeh (Simbolon et al., 2022). Oleh karena itu, akan dirancang sebuah alat pengering cengkeh untuk mengatasi masalah yang ada dengan mengimplementasikan *Fuzzy Logic Control* untuk kendali suhu pada mesin pengering cengkeh. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk masalah pengeringan cengkeh yang terganggu karena musim hujan.

Metode Penelitian

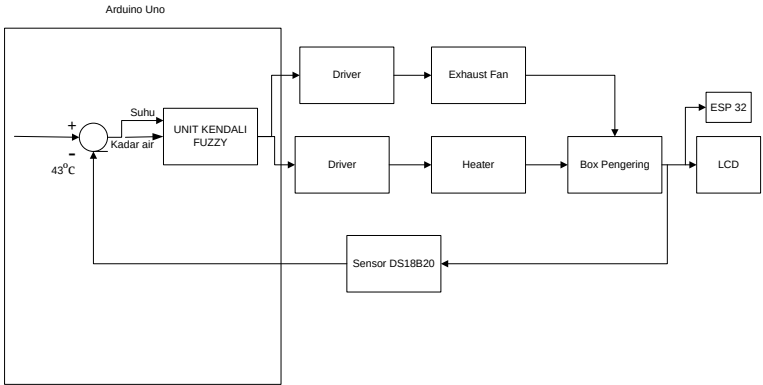
Pada alat pengering cengkeh ini dirancang dengan diagram blok yang dirancang seperti gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Prinsip atau cara kerja dari sistem ini adalah sensor suhu DS18B20, sensor *loadcell*, dan sensor kadar air sebagai input. Variabel input yang masuk pada kontroller adalah nilai dari kadar air dan suhu yang terbaca oleh sensor. Nilai yang terbaca oleh sensor selanjutnya akan masuk dan datanya akan diproses oleh Arduino Uno. Dalam sistem ini Arduino Uno dan ESP 32 sebagai proses dari sistem. Arduino Uno adalah salah satu produk dari Arduino yang merupakan mikrokontroler berbasis Atmega328P (Purnomo, 2011). Output dari sistem ini adalah LCD 16x2, *heater* dan *exhaust fan*. Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mendeteksi suhu didalam ruangan pengering, sensor *loadcell* digunakan untuk membaca berat dari cengkeh dan dalam hal ini diatur lebih dari 1kg dan kurang dari 5kg. Sensor YL-69 digunakan sebagai pembaca kadar air pada cengkeh. Setelah data diproses maka output sistem berupa *heater* dan *exhaust fan* untuk mempertahankan suhu, LCD untuk menampilkan pembacaan sensor dan telegram akan mengirimkan notifikasi jika pengeringan telah selesai. Pembacaan dari sensor-sensor akan tertampil pada LCD.

Blok diagram kontrol suhu pada alat ini ada pada Gambar 2

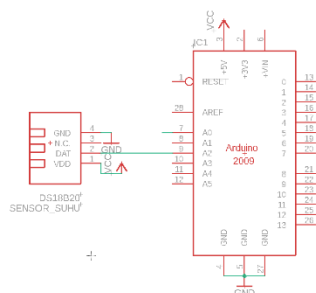


Gambar 1 Diagram Blok Kontrol Suhu

Pada gambar 2 terlihat bahwa FLC pada pengendalian *heater* menggunakan pengaturan delay penyulutan. Jika suhu telah terukur 40°C oleh sensor DS18B20 maka kedua *exhaust fan* akan berputar. Satu *exhaust fan* mensirkulasikan udara yang terdapat pada *box* pengering, dan *exhaust fan* yang lain akan mengeluarkan udara untuk menjaga suhu pada ruangan pengering kondisi tersebut akan terus bekerja hingga panas pada ruangan pengering stabil di 43°C dan menjaga ruangan pengering agar tidak terjadi pengembunan yang bisa merusak kadar minyak pada cengkeh. Pada LCD akan tertampil sebuah data yang terukur oleh sensor DS18B20. Alat ini akan terus bekerja hingga kadar air dalam cengkeh 9% yang terbaca oleh sensor kadar air YL-69. Saat pengeringan telah selesai maka alat akan berhenti bekerja, LCD akan bertuliskan proses selesai dan akan memberikan notifikasi bahwa pengeringan telah selesai melalui telegram.

Perancangan Sensor Suhu DS18B20

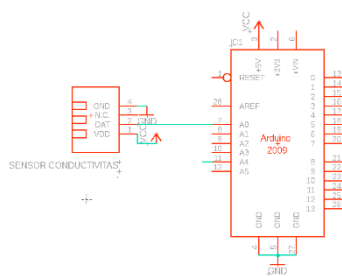
Sensor DS18B20 pada sistem ini dipakai untuk mendeteksi suhu di dalam ruangan *box* pengering saat proses pengeringan sedang berlangsung. Dalam hal ini sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20. Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital yang terdiri dari probe *stainless steel* dan kabel yang dapat mengukur suhu dengan kecepatan dan keakuratan yang tinggi (Ikhsan & Syafitri, 2021). Sensor suhu DS18B20 bekerja pada tegangan 3,0 hingga 5,5 volt. Sensor suhu memiliki tingkat akurasi 0,5°C pada rentang -10°C sampai +85 °C. Kelebihan sensor DS18B20 adalah sensor ini tidak memerlukan ADC untuk melakukan komunikasi dengan mikrokontroler dan hanya membutuhkan 1 *wire* (Nurazizah et al., 2017). Sensitivitas yang tidak terlalu tinggi dimiliki oleh sensor ini dan sensor ini bersifat digital, sehingga tegangan yang didapatkan dari sensor DS18B20 tidak perlu dikonversi. Perancangan ini ada di Gambar 3.



Gambar 2 Perancangan Sensor Suhu DS18B20

Perancangan Sensor Kadar Air YL-69

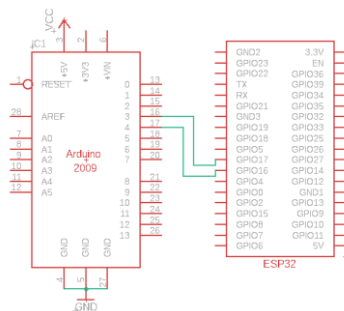
Sensor YL-69 dalam alat ini digunakan untuk mengukur kadar air dalam sistem ini. Pada alat ini, probe pada sensor YL-69 yang digunakan diubah dengan PCB dengan ditambahkan dua probe atau dua jalur positif negatif atau dua kawat. Cara kerja sensor ini sama dengan kadar air pada umumnya, mendeteksi tegangan yg melewati 2 jalur atau dua kawat atau 2 probe yang ada medianya. Sensor YL-69 bekerja pada tegangan input 3,3V atau 5V dan tegangan output 0-4,2V (Kafiar et al., 2018). Perancangan sensor kadar air atau kadar air YL-69 ada pada Gambar 4.



Gambar 1 Perancangan Sensor Kadar air

Perancangan ESP32 untuk Telegram

Pada sistem ini, ESP32 dihubungkan ke *Bot Telegram* untuk mengontrol mesin pengering cengkeh dengan logika *fuzzy* melalui internet (Yazid & Permana, 2022). ESP-32 dalam sistem ini juga berfungsi mengirimkan status pengeringan yang telah selesai melalui *Bot Telegram*, sehingga pengguna dapat meninggalkan proses pengeringan, jika telah selesai maka akan diberikan notifikasi bahwa pengeringan telah selesai dilaksanakan. Perancangan ESP32 ada pada Gambar 5.

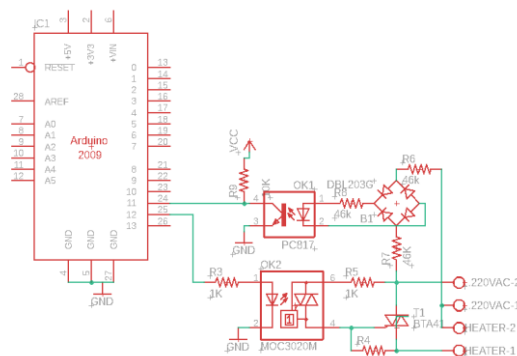


Gambar 5 Perancangan ESP32

Dalam perancangan ESP32 untuk Telegram, langkah-langkah yang dilakukan meliputi persiapan perangkat keras ESP32, pemrograman ESP32 menggunakan lingkungan pengembangan seperti Arduino IDE, mendapatkan token dan chat ID dari BotFather dalam aplikasi Telegram, dan menghubungkan ESP32 dengan layanan Telegram untuk mengirim dan menerima pesan melalui *platform* tersebut.

Perancangan Driver Heater

Heater yang digunakan dalam alat ini dirancang dengan menggunakan rangkaian *zero crossing detector* dengan prinsip delay penyulutan. Pada saat alat dihidupkan maka delay penyulutan akan diatur 0ms hingga nilai suhu yang terukur mencapai setpoint, dan akan mempertahankan nilainya dengan menambah nilai pada delay penyulutan. Dalam perancangan driver heater dapat dilihat pada gambar 6

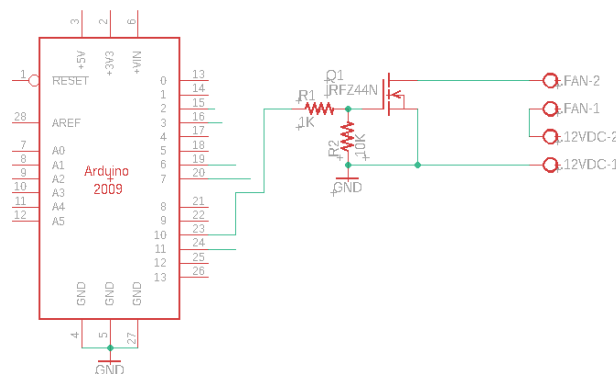


Gambar 6 Perancangan Driver Heater

Perancangan Driver Exhaust fan

Exhaust fan digunakan untuk mempertahankan suhu pada proses pengeringan. *Exhaust fan* berjumlah 2, satu digunakan untuk memasukkan suhu dari luar box pengering dan *exhaust fan* yang lain digunakan untuk mensirkulasikan udara di dalam ruangan box pengering. Prinsip kerja dari driver ini menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM merupakan sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk memperoleh

tegangan rata-rata yang berbeda (Dewatama et al., 2022). PWM dapat diterapkan untuk mengatur tegangan untuk memutar *exhaust fan*. Perancangan *exhaust fan* ada pada gambar 7.



Gambar 7 Perancangan Driver Exhaust fan

Perancangan Kontroller Fuzzy

Input logika *fuzzy* berupa suhu dengan jangkauan nilai dari 0°C sampai 53°C. Selain suhu, juga terdapat input berupa kadar air dengan jangkauan dari 8% sampai 80%. Fungsi Keanggotaan Input terdiri dari suhu dan kadar air, dimana suhu memiliki anggota dingin, sedang dan panas. Sedangkan pada keanggotaan kadar air memiliki anggota basah, lembab dan kering. Keluaran dari pengendalian logika *fuzzy* adalah nilai PWM dengan rentang 0-255 dibagi menjadi 9 fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan output diklasifikasikan menjadi dua yaitu pada *heater* terdiri dari 9 anggota dan pada *exhaust fan* terdiri dari 9 anggota. Anggota output dapat dilihat pada Tabel 2.

Rules Fuzzy

Rules Fuzzy atau biasa disebut basis aturan *fuzzy* berisi pernyataan logika fuzzy, Basis Aturan Fuzzy berbentuk pernyataan IF-Then yang menyatakan kondisi. *Fuzzy Rule Base*/penyusunan ini sangat berpengaruh dalam tahap pengambilan keputusan yang dilakukan oleh *plant* (Fauziyah et al., 2018). *Rules Fuzzy* dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Rules *Fuzzy*

No	Variabel			
	Input		Output	
	Suhu	Kadar Air	Heater	Blower
1.	Dingin	Basah	DB	BD
2.	Sedang	Basah	SB	BS
3.	Panas	Basah	PB	BP
4.	Dingin	Lembab	DL	LD
5.	Sedang	Lembab	SL	LS
6.	Panas	Lembab	PL	LP
7.	Dingin	Kering	DK	KD
8.	Sedang	Kering	SK	KS

9.	Panas	Kering	PK	KP
----	-------	--------	----	----

Tabel Perancangan output pada Matlab dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Tabel Rancangan *Output* pada Matlab

No	Variabel			
	Input		Output	
	Suhu	Kadar Air	Heater (μ s)	Exhaust Fan
1.	Dingin	Basah	DB Heater: 0	BD Exhaust Fan: 0
2.	Sedang	Basah	SB Heater: 2470	BS Exhaust Fan: 79
3.	Panas	Basah	PB Heater: 6000	BP Exhaust Fan: 191
4.	Dingin	Lembab	DL Heater: 1100	LD Exhaust Fan: 29,9
5.	Sedang	Lembab	SL Heater: 3310	LS Exhaust Fan: 104
6.	Panas	Lembab	PL Heater: 6940	LP Exhaust Fan: 221
7.	Dingin	Kering	DK Heater: 2000	KD Exhaust Fan: 64
8.	Sedang	Kering	SK Heater: 4340	KS Exhaust Fan: 137
9.	Panas	Kering	PK Heater: 8000	KP Exhaust Fan: 255

Defuzzyfikasi

Hasil dari defuzzyfikasi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Perancangan Fuzzy Dengan Matlab

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pada sensor suhu DS18B20 dengan suhu asli yang diukur dengan *thermometer digital*.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

No.	Pengukuran suhu sensor DS18B20 (°C)	Pengukuran suhu sensor thermometer digital (°C)	Error	%Error
1	20,6	20,4	0,2	0,09
2	26,48	26,2	0,28	1,1
3	27,8	26,6	1,2	4,5
4	29,2	29,0	0,2	0,68
5	31,42	31,7	0,28	0,89
6	33,15	33,40	0,25	0,74
7	40,17	40,40	0,23	0,56
8	43,71	42,80	0,91	2,1
9	44,42	44,20	0,22	0,4
10	46,84	47,3	0,46	0,9

Dari data di atas dapat dilihat bahwa perbedaan pengukuran suhu dengan sensor DS18B20 dan sensor *thermometer* memiliki rentan yang kecil. Hal ini membuktikan bahwa sensor suhu DS1820 bekerja dengan baik pada sistem ini

Pengujian Sensor Kadar Air YL-69

Pengujian sensor YL-69 dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pada sensor YL-69 dengan kadar air yang terbaca pada *smart sensor*. Pengujian Sensor Kadar Air YL-69 dapat dilihat pada table 4.

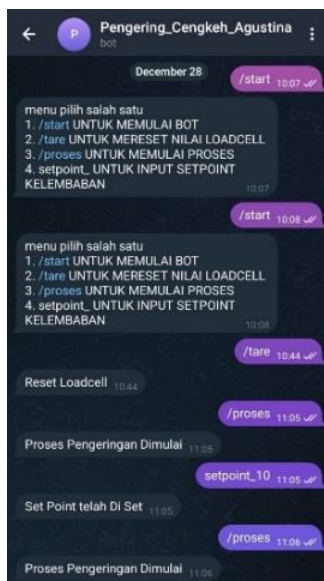
Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor YL-69

No.	Pengukuran kadar air sensor YL69	Pengukuran kadar air oleh Smart Sensor	Error	%Error
1	61,23	58,1	3,13	0,054
2	55,5	53,46	2,04	0,038
3	47,7	44,79	2,91	0,065
4	41,46	38,88	2,58	0,066
5	37,56	35,9	1,66	0,046
6	33,41	31,23	2,18	0,069
7	28,7	25,45	3,25	0,013
8	23,8	22,56	1,24	0,055
9	15,62	13,45	2,17	0,016
10	9,65	10,75	1,1	0,010

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa error atau perbedaan pembacaan pada sensor YL-69 dan thermometer digital memiliki selisih yang cukup kecil. Hal ini membuktikan bahwa pemilihan sensor YL-69 bekerja dengan baik pada sistem ini.

Pengujian ESP32

Pengujian ESP32 dilakukan dengan cara memberikan perintah langsung pada alat pengering melalui *Bot Telegram* yang telah dirancang semua. Pengujian ESP32 ada pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil Pengujian ESP32

Dari hasil pengujian ESP32 dapat diketahui bahwa alat merespond perintah yang diberikan melalui *Bot Telegram*, sehingga dapat dikatakan bahwa *Bot Telegram* yang telah dirancang dan dihubungkan pada ESP32 dapat bekerja dengan baik dalam sistem ini.

Pengujian Kontroller Fuzzy

Pengujian dilakukan di dalam ruangan biasa tanpa AC. Pengujian dilakukan selama 6 jam, namun data hanya diambil untuk mengetahui respon dari sistem untuk mempertahankan suhu. Untuk mempertahankan suhu, *heater* dan *exhaust fan* bekerja dengan baik sehingga, suhu yang terukur oleh DS18B20 sesuai dengan *setpoint* yang digunakan yaitu 43. Untuk mengenahui evaluasi kinerja sistem kontrol hasil dari sistem perlu diketahui nilai M_p (Maksimum *overshoot*.) Maximum *overshoot* (M_p , %) adalah persentase perbedaan antara nilai puncak dari respons sistem dan nilai *set point* atau target value, yang diukur dari nilai set point. Dalam istilah matematis, M_p didefinisikan sebagai:

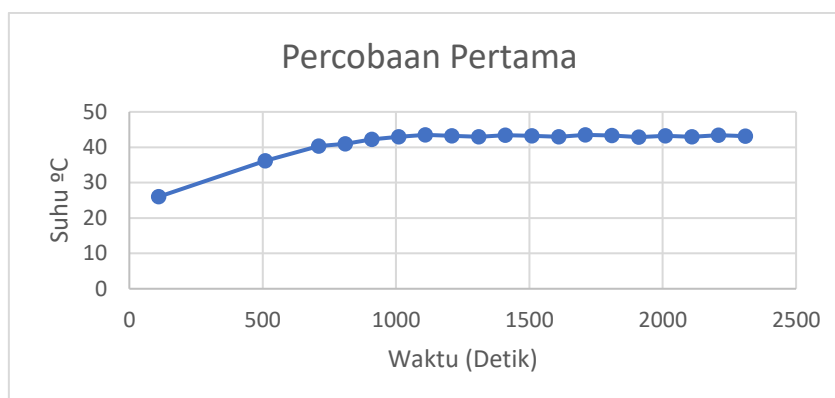
$$M_p = \frac{M - S_p}{S_p} \times 100\%$$

di mana:

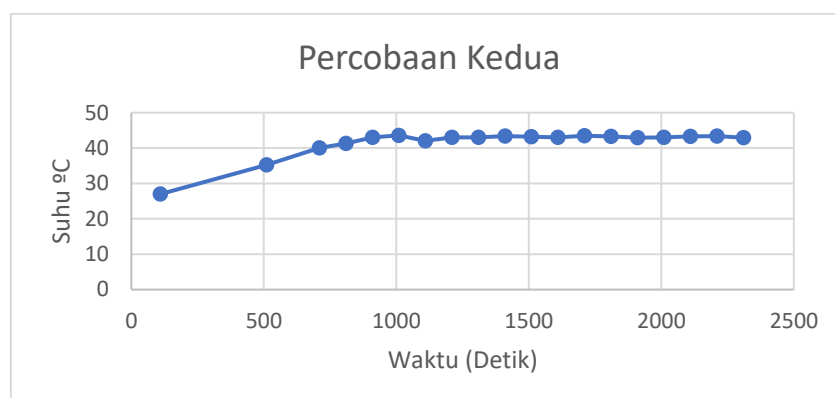
- M adalah nilai puncak dari respons sistem
- S_p adalah nilai *set point* atau target value

Dengan kata lain, M_p % mengindikasikan seberapa jauh respons sistem melebihi nilai *set point* sebelum mencapai keadaan stabil. Semakin besar nilai M_p , semakin besar juga *overshoot* yang terjadi, dan semakin lama waktu yang diperlukan sebuah sistem untuk mencapai keadaan yang stabil.

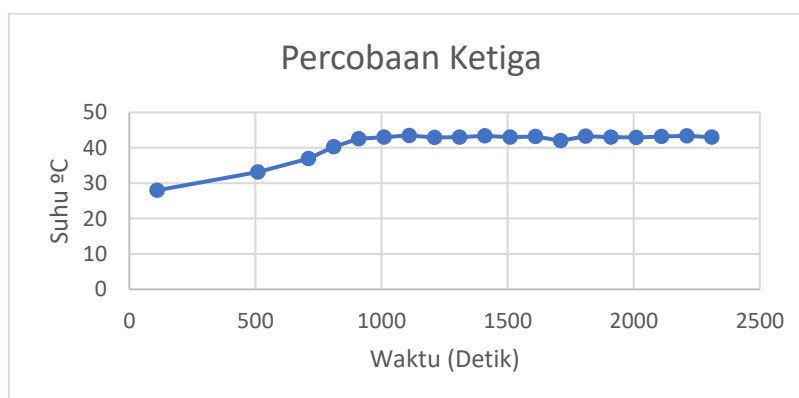
Gambar 11, 12, dan 13 merupakan hasil percobaan sistem secara keseluruhan dengan *set point* 43°. Pengujian dilakukan pada hari yang berbeda, sehingga menyebabkan kadar air cengkeh juga berbeda. Hal ini membuat adanya sedikit perbedaan pada grafik hasil dari percobaan.



Gambar 11 Grafik Hasil Percobaan Pertama



Gambar 12 Grafik Hasil Percobaan Kedua



Gambar 13 Grafik Hasil Percobaan Ketiga

Dari Analisa *overshoot*, didapatkan bahwa penggunaan *controller fuzzy* cocok digunakan pada alat pengering ini. penggunaan *controller fuzzy* suhu dapat tetap stabil dengan baik sesuai dengan *set point* yang diberikan. Meskipun masih ada *overshoot* sebesar 0,5°C, namun masih dalam toleransi dan suhu *overshoot* dapat kembali turun menuju *set point*. *Controller fuzzy* dapat mempertahankan suhu

Hasil pengeringan cengkeh dalam waktu 6 jam dengan *setpoint* 43°C. Jumlah daya yang digunakan adalah 2650watt atau 2,65 kWh. Golongan dari listrik yang digunakan adalah golongan R-1/ TR dengan daya 1.300 VA, dengan harga Rp 1.444,70 per kWh. Jadi jika ditotal biaya yang digunakan untuk satu kali pengeringan adalah Rp. 3.827.- atau sekitar Rp.4000,-



Gambar 13 Hasil Pengeringan Cengkeh

Kesimpulan

Dari pengujian semua bagian dari alat yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy Logic Control* Sugeno cocok digunakan dalam sistem ini, hal ini dikarenakan suhu dapat bertahan pada *setpoint* yang telah ditentukan dan hasil dari pengeringan memiliki kualitas dan mutu yang baik. Lama waktu yang diperlukan untuk satu kali pengeringan adalah 8 jam dengan *setpoint* 43°C. Daya listrik yang digunakan dalam pengeringan ini adalah 8.400 watt atau 8,4kWh. Jika ditotal, biaya yang digunakan dalam sekali pengeringan adalah Rp. 12.096.- atau sekitar Rp.12.000,-. Hal ini sangat efisien dikarenakan pengeringan cengkeh yang dilakukan manual memerlukan waktu 4-5 hari pada musim kemarau dan 8-10 hari pada musim hujan. Selain itu mesin ini juga menghemat tenaga petani cengkeh. Alat pengering cengkeh ini dapat diterapkan dalam skala industri yang lebih besar. Saran dari pengembangan ini adalah selanjutnya, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperluas aplikasi alat pengering ini pada komoditas pertanian lainnya atau jenis bahan lain yang membutuhkan proses pengeringan. Dengan melakukan diversifikasi aplikasi, alat ini memiliki potensi untuk menjadi solusi yang lebih luas dalam industri pengeringan.

Daftar Pustaka

- Abdillah, H. H., & Najiyah, I. (2023). Perancangan Sistem Informasi Absensi Berbasis Android Menggunakan Geolocator. *Jurnal Teknik Indonesia*, 2(1), 29–39.
- Akbar, D. (2015). *Sistem Pengendalian Suhu Pada Alat Pengering Cengkeh Menggunakan Kontroler PID*. Universitas Brawijaya.
- Alfitri, N., & Siddiq, R. F. (2019). Alat Pengeringan Cengkeh Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 29–33.
- Dewatama, D., Fauziyah, M., & Jannah, N. K. (2022). Sistem Pengaturan Pencahayaan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno Dengan Metode Fuzzy Logic. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(2), 99.
- Fauziyah, M., Adhisuwignjo, S., Rifai, M., & Dewatama, D. (2018). Based Fuzzy Logic Temperature Control for a Coffee Roaster Machine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1), 12202.
- Hutubessy, J. I. B. (2014). Pengaruh Pupuk Hayati Cair Tiens Golden Herverst Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Cengkeh (*Eugenia aromatica* L.). *Agrica: Journal of Sustainable Dryland Agriculture*, 7(2), 87–100.
- Ikhsan, R. N., & Syafitri, N. (2021). Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias. *Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi Dan Otomasi (SNETO)*, 18–26.
- Kafiar, E. Z., Allo, E. K., & Mamahit, D. J. (2018). Rancang Bangun Penyiram Tanaman Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Kelembaban YL-39 Dan YL-69. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(3), 267–276.
- Marpilina, L. L., & Sudiana, I. K. (n.d.). *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Petani Cengkeh Di Desa Munduk Kecamatan Banjar Kabupaten Buleleng*.
- Nurazizah, E., Ramdhani, M., & Rizal, A. (2017). Rancang Bangun Termometer Digital

- Berbasis Sensor DS18B20 Untuk Penyandang Tunanetra. *EProceedings of Engineering*, 4(3).
- Purnomo, D. R. I. H. (2011). *Alat Pengering Gabah Berbahan Bakar Sekam Dengan Pendekatan Ergonomi Partisipatori*.
- Sari, Y. (2023). Aplikasi Pengukuran Tingkat Stres Pada Mahasiswa Tingkat Akhir Dengan Metode Certainty Factor. *Jurnal Teknik Indonesia*, 2(1), 14–28.
- Segarani, M., Putu, L., & Dewi, P. M. (2015). Pengaruh luas lahan, jumlah produksi, dan kurs Dollar pada ekspor cengkeh di Indonesia. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 4(4), 165318.
- Simbolon, E., Alfredo, J., Kaligis, B. S., Pomalingo, M. F., Piri, I. D., & Kawuwung, S. V. C. (2022). Desain dan Pabrikasi Mesin Pengering Cengkeh Berbahan Bakar Limbah Kelapa Untuk Mempercepat Proses Penjemuran Cengkeh. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 10(1), 21–28.
- Simon, F. J., Porong, J. V., & Ogie, T. B. (2022). Study Of Clove Plant Cultivation Techniques (*Syzygium aromaticum* L.) In Sangihe Islands Regency. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 3(2), 153–166.
- Suparman, N., & Papuangan, N. (2017). Pemetaan populasi dan tipe varietas lokal tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) di Kecamatan Pulau Ternate. *Makalah Disajikan Dalam Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi, Pontianak*, 23–24.
- Utami, R. D., Sitepu, M. S., Hasyda, S., Aiman, U., Rahmawati, F. P., Hidayati, Y. M., Desstya, A., Tadzkiroh, U., Hazima, A. A., & Rahmawati, A. F. (2023). Local Wisdom of Making Alcohol in Natural Science Learning in Elementary Schools. *International Journal of Elementary Education*, 7(1).
- Yazid, Y. A. M., & Permana, R. A. (2022). Rancang Bangun Prototype Monitoring Lampu Jalan Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroller ESP32 Dan Api Bot Telegram. *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 12–19.