

Kontrol Temperatur pada Proses Fermentasi Kakao menggunakan Kontrol Logika Fuzzy

Denda Dewatama¹, Eka Mandayatma², Herman Hariyadi³, Oktrza Melfazen⁴

e-mail: denda.dewatama@polinema.ac.id, eka.mandayatma@polinema.ac.id, h.hariyadi@polinema.ac.id, oktrza.melfazen@unisma.ac.id

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Malang, Jalan Mayjen Hartoyo No. 193 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 3 Juli 2022

Direvisi 20 September 2022

Diterbitkan 31 Mei 2023

Kata kunci:

Fermentasi kakao

Kontrol temperatur

Kontrol logika fuzzy

ABSTRAK

Produksi kakao perkebunan Indonesia di tahun 2019 sebesar 774.195 ribu ton dimana 99% dihasilkan oleh Perkebunan Rakyat. Hasil pendapatan petani kakao sangat minim karena mayoritas menjual hasil panen dalam bentuk kakao kering. Salah satu peningkatan nilai ekonomis dari kakao adalah fermentasi. Proses fermentasi optimal pada temperatur 450C – 500C. Pada penelitian ini dibuat alat yang dapat mengontrol temperatur pada ruang fermentasi dengan menggunakan sensor temperatur DS18B20 sebagai pendeteksi temperatur ruangan. Alat ini juga dilengkapi dengan RTC DS3231 sebagai acuan dalam mengaktifkan motor atau pengaduk biji kakao yang difermentasi, sehingga didapatkan hasil fermentasi yang merata. Kontrol logika fuzzy (KLF) digunakan untuk mengontrol kestabilan temperatur dengan set point 470C, digunakan parameter 3 keanggotaan error, 3 keanggotaan delta error dan 4 keanggotaan keluaran. Hasil pembahasan dan pengujian, yaitu: Respon time = 36 menit, peak time = 42 menit, % overshoot = 0,98 %, settling time = 50 menit, error steady state = ± 0,8 %.

ABSTRACT

Indonesia's plantation cocoa production in 2019 amounted to 774,195 thousand tons, of which 99% was produced by People's Plantations. One of the factors increasing the economic value of cocoa is fermentation. The fermentation process is optimal at a temperature of 450°C–500°C. In this study, a tool was made that can control the temperature in the fermentation chamber by using the DS18B20 temperature sensor as a room temperature detector. This tool is also equipped with the RTC DS3231 as a reference for activating the motor or stirrer of fermented cocoa beans, so that even fermentation results are obtained. Fuzzy logic control is used to control temperature stability with a set point of 470°C, parameters 3 membership error, 3 membership delta error, and 4 membership output are used. The results of the discussion and testing, are as follows: Response time = 36 minutes, peak time = 42 minutes, % overshoot = 0.98%, settling time = 50 minutes, steady state error = 0.8%.

Keywords:

Cocoa fermentation

Temperature control

Fuzzy logic controller

Penulis Korespondensi:

Denda Dewatama,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.

Email: denda.dewatama@polinema.ac.id

Nomor HP/WA aktif: +61 852 5757 6727

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan sektor yang cukup kuat menghadapi guncangan ekonomi dan ternyata dapat diandalkan dalam pemulihan perekonomian nasional [1]. Data kakao Indonesia yang diusahakan oleh Perkebunan Rakyat Tahun 2016 tercatat seluas 1.678.638 hektar, kemudian mengalami penurunan sekitar 3,73 persen pada Tahun 2017 menjadi seluas 1.615.955 hektar. Pada Tahun 2018 luas areal kakao perkebunan rakyat juga mengalami penurunan menjadi 1.584.133 hektar atau turun sebesar 1,97 persen dari Tahun 2017 [2].

Fakta menunjukkan pada umumnya para petani perkebunan kakao rakyat kurang memerhatikan mutu karena hanya dilakukan pengeringan menggunakan sinar matahari serta mengandung kotoran dan jamur [3]-[5]. Di sisi lain, keinginan petani untuk dapat segera memperoleh uang pembayaran biji kakao menjadi salah satu kendala sedangkan jika biji kakao terlebih dahulu difermentasi dianggap menunggu terlalu lama [6]. Padahal dengan melakukan fermentasi dengan waktu 5-7 hari dapat meningkatkan citarasa dan aroma yang lebih baik, hal ini karena adanya proses biokimia yang terjadi selama fermentasi [7] [8].

Proses fermentasi dipengaruhi oleh alat atau cara fermentasi, perubahan temperatur udara, pengadukan atau pembalikan biji kakao untuk menciptakan aerasi selama fermentasi, pemeraman buah kakao, wadah fermentasi, dan jumlah biji kakao yang difermentasi. Temperatur optimal untuk meningkatkan keberhasilan fermentasi biji kakao berkisar 40°C–55°C. Sedangkan wadah fermentasi yang baik dibuat dari bahan kayu dengan kapasitas sekurang-kurangnya 40 kg. ketika kapasitas biji kakao tidak mencukupi, maka temperatur fermentasi tidak akan tercapai sehingga akan menyebabkan biji kakao berjamur [9].

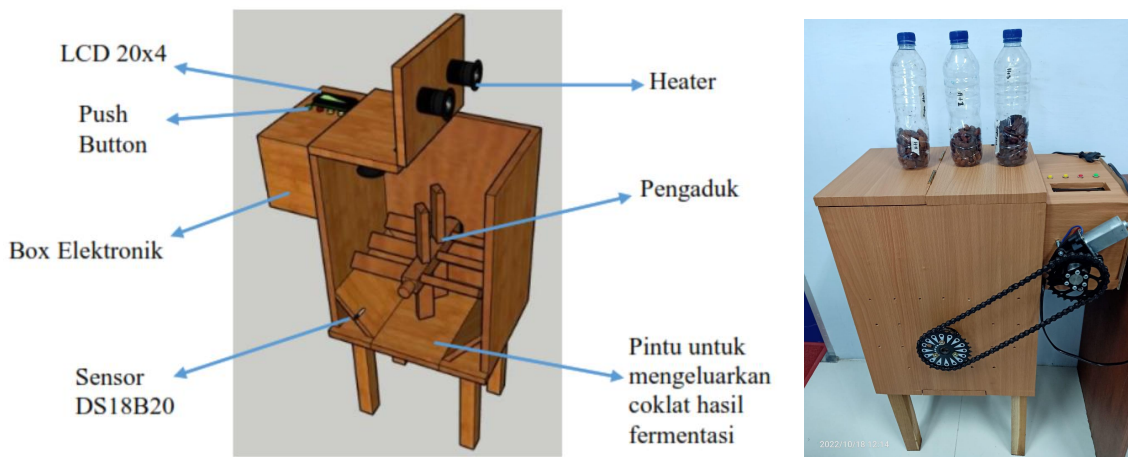
Sistem kontrol banyak digunakan dalam beberapa aplikasi peralatan seperti: air conditioner, lemari es, mesin cuci dan rice cooker. Beberapa sistem kontrol yang banyak digunakan adalah proporsional integral [10], proporsional integral derivatif [11], dan kontrol logika fuzzy (KLF) [12] [13].

Berdasarkan permasalahan pengkondisian temperatur di dalam ruang fermentasi sehingga dibutuhkan sistem kontrol. Fuzzy mempunyai kelebihan dalam hal stabilitas keluaran dibandingkan metode PID [14] [15]. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan solusi suatu peralatan ruang fermentasi dalam skala kecil yang menghasilkan suhu yang stabil dengan menggunakan kontrol logika fuzzy.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Mekanik

Prototipe alat fermentasi kakao terbuat dari kayu dengan ukuran 30cm x 40cm x 84cm dengan kapasitas kakao yang difermentasi maksimal 10 kg, dengan optimal penggunaan di 5 – 10 kg, daya maksimal 80 watt dan suhu operasional bisa di setting dengan set point (SP) 40°C – 55°C. Desain mekanik ruang fermentasi dapat dilihat dalam Gambar 1.

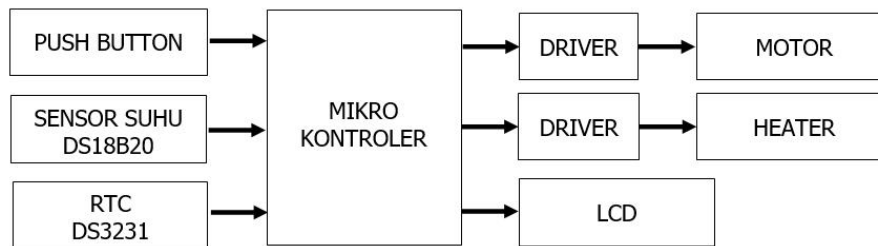


Gambar 1. Mekanik ruang fermentasi



2.2 Desain Elektronik

Pada bagian ini dibahas tentang perancangan elektronik guna mengontrol temperatur pada ruang fermentasi dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok

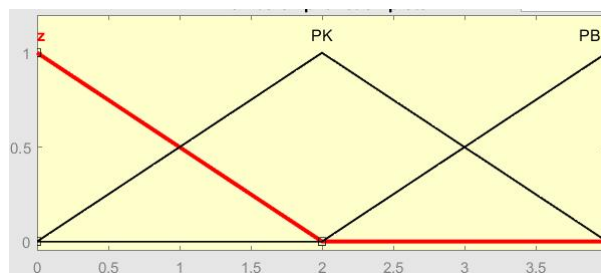
Pada Gambar 2, sistem pengaturan temperatur ruang fermentasi terdapat masukan berupa: (1) push button, berfungsi untuk memberikan perintah sistem dimulai, pengaturan set point temperatur dan pengaturan waktu pengadukan; (2) sensor temperatur yang digunakan adalah DS18D20, digunakan sensor ini karena mempunyai standar untuk makanan (food grade); dan (3) RTC DS3231 berfungsi sebagai masukan pewaktu guna pengadukan dan selesainya sistem. Mikrokontroler Arduino UNO digunakan sebagai pengontrol dari sistem, Arduino UNO tersebut dimasukkan program kontrol logika fuzzy guna menjamin stabilitas temperatur ruang fermentasi. Bagian keluaran terdapat: (1) Motor DC sebagai motor pengaduk; (2) heater yang digunakan adalah pemanas keramik; dan (3) LCD sebagai penampil kerja sistem.

2.3 Desain Kontrol Logika Fuzzy

Pada tahun 1965, Lotfi A. Zadeh memperkenalkan himpunan logika fuzzy sebagai cara matematis dalam merepresentasikan suatu ketidakpastian [16]. Metode fuzzy terdiri dari:

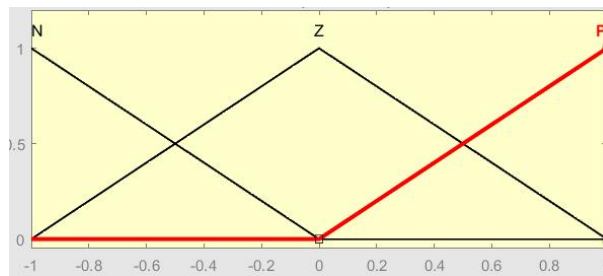
- Variable fuzzy, lambing yang menunjukkan suatu ketidakpastian.
- Himpunan fuzzy, suatu kumpulan kondisi dalam varuable fuzzy.
- Semesta pembicaraan, nilai yang diperbolehkan dalam variabel fuzzy.
- Domain, keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan.

Perancangan KLF menggunakan fungsi keanggotaan error masing memiliki tiga label yaitu, nol (Z), positif kecil (PK) dan positif besar (PB). Fungsi keanggotaan delta error masing memiliki tiga label yaitu, negative (N), nol (Z), dan positif (P). Range fungsi keanggotaan error adalah 00C – 40C dan delta error adalah -10C sampai 10C. Fungsi keanggotaan error dinyatakan dalam Gambar 3 dan Fungsi keanggotaan perubahan error dinyatakan dalam Gambar 4.



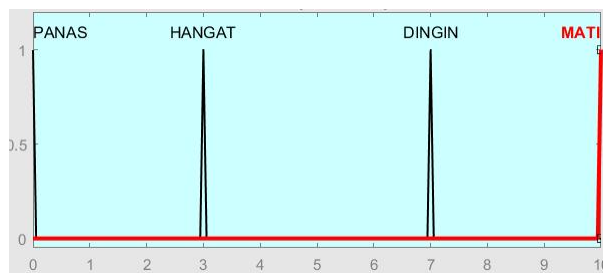
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Error





Gambar 4 Fungsi keanggotaan delta error

Keluaran dari algoritma fuzzy berupa delay waktu penyulutan sistem pemanas. Pemanas membutuhkan sumber tegangan 220 Vac 50Hz, sehingga delay penyulutan berkisar 0 – 10ms. Fungsi keanggotaan keluaran memiliki lima label yaitu mati, redup, hangat, agak_panas dan panas. Fungsi keanggotaan heater dinyatakan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan pemanas

Setelah nilai masukan crisp diubah menjadi masukan fuzzy, selanjutnya diolah sesuai kaidah atur. Kaidah atur yang digunakan dalam kontroler seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kaidah atur

Error \ D_error	Error		
	Z	PK	PB
N	M	H	P
Z	D	H	P
P	D	P	P

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

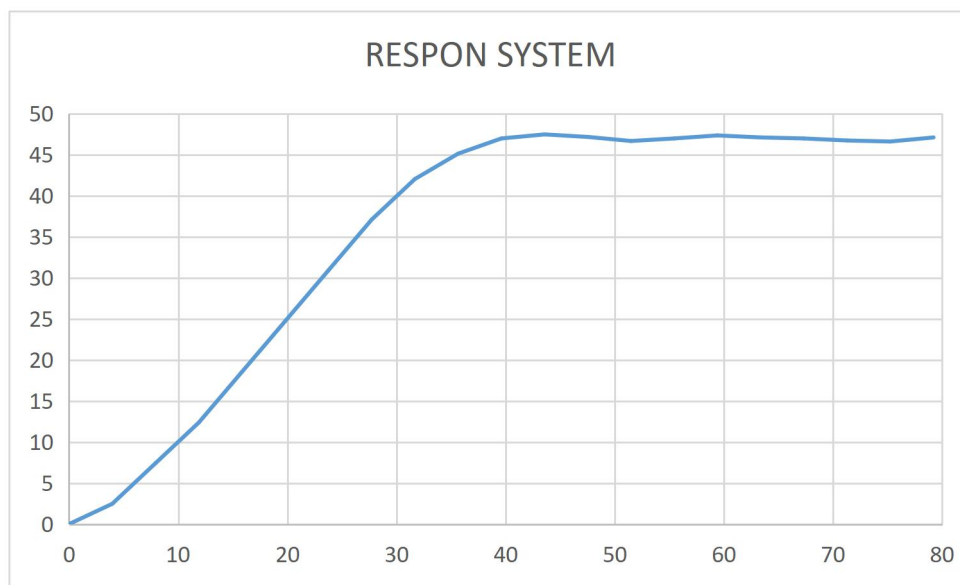
Pada pembahasan dilakukan pengujian terhadap hasil rancangan yang telah dibuat. Pengujian yang dimaksud di fokuskan pada hasil perancangan sensor temperatur dan hasil kontrol temperatur menggunakan kontrol logika fuzzy. Alat yang digunakan sebagai kalibrasi pengujian sensor temperatur adalah thermometer digital HTC-2. Hasil pengujian pembacaan temperature dapat dilihat dalam Tabel 2.



Tabel 2. Pengujian sensor temperatur

NO	PENGUJIAN		ERROR (%)
	ALAT	HTC-2	
1	15,9	16,0	0,62
2	19,9	20,1	1,00
3	25,5	25,5	0,00
4	30,1	30,0	0,33
5	35,1	35,0	0,29
6	40,1	40,0	0,25
7	44,5	44,7	0,45
8	49,7	50,0	0,60
9	55,3	55,2	0,18
10	57,7	57,5	0,35
RATA-RATA ERROR			0,41

Sensor temperatur dapat mendeteksi suhu ruang dengan baik. Hal ini ditunjukkan dari sensor temperatur dapat mendeteksi serta menampilkan suhu ruang sesuai dengan program yang telah dibuat. Sensor temperatur memiliki nilai yang akurat, terbukti dari perbandingan antara sensor DS18B20 dengan thermometer digital yang memiliki persentase error sebesar 0,41%. Pengujian respon sistem dari pengontrolan suhu menggunakan kontrol logika fuzzy pada ruang fermentasi dapat dilihat dalam Gambar 6.









Gambar 6. Respon sistem

Berdasarkan Gambar 6 didapat parameter kontrol sebagai berikut: respon time (t_r) sebesar 36 menit, peak time (t_p) sebesar 42 menit, % overshoot sebesar 0,98 %, settling time (t_s) sebesar 50 menit, dan error steady state (ess) sebesar $\pm 0,8$ %. Sebagai validasi hasil pembuatan alat fermentasi kakao, dilakukan pengujian proses fermentasi kakao dengan kakao basah sebanyak 6 kg. Pengujian dilaksanakan selama 5 hari dan tiap harinya diambil beberapa sampling untuk diamati. Hasil proses fermentasi kakao dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil fermentasi kakao



NO	HARI KE-	FERMENTASI	KETERANGAN
1	0		Aroma asam, warna kulit luar putih, warna biji bagian dalam ungu dan rasa biji sepat
2	1		Aroma asam manis, warna kulit luar coklat muda, warna biji bagian dalam coklat keunguan dan rasa biji sepat
3	2		Aroma asam manis, warna kulit luar coklat kemerahan, warna biji bagian dalam coklat keunguan dan rasa biji pahit sepat
4	3		Aroma manis khas coklat, warna kulit luar coklat kemerahan, warna biji bagian dalam coklat keunguan dengan dominasi warna coklat dan rasa biji sedikit manis dengan tambahan rasa khas coklat
5	4		Aroma khas coklat tidak sepekat hari sebelumnya, warna kulit luar coklat kehitaman warna biji bagian dalam coklat keunguan dan rasa biji pahit khas coklat
6	5		Aroma khas coklat, warna kulit luar coklat kehitaman, warna biji bagian dalam coklat kehitaman dan rasa biji pahit dengan rasa khas coklat semakin pekat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil membuat sebuah prototipe alat fermentasi kakao dengan kapasitas maksimal 10kg. Guna meningkatkan optimasi proses fermentasi, ruang fermentasi prototipe dapat dikontrol temperaturnya dengan kontrol logika fuzzy. Prototipe ini menggunakan sensor temperatur DS18B20, pewaktu RTC DS3231 dan sistem pengaduk menggunakan motor DC. Sensor temperatur mempunyai eror 0,41%. Sinyal respon dari kontrol logika fuzzy sebagai berikut: Respon time (t_r) = 36 menit, Peak time (t_p) = 42 menit, % over shoot = 0,98%, Settling time (t_s) = 50 menit, Error seady state (ess) = $\pm 0,8\%$ pada set point 470C dengan percobaan fermentasi sebanyak 5kg kakao basah.



5. UCAPAN TERIMA KASIH (Jika Ada)

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (P2M) Politeknik Negeri Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isbah, U., Iyan, R.Y., "Analisis Peran Sektor Pertanian Dalam Perekonomian dan Kesempatan Kerja di Provinsi Riau", *Jurnal Sosial Ekonomi Pembangunan*, vol. 7(19), 45-54, 2016.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Statistik Kakao Indonesia 2019". Jakarta: Badan Pusat Statistik. 2020.
- [3] Siahaan, Saut, Radot Manalu dan Agus Santoso, "Peningkatan kesejahteraan petani dari perspektif rantai pasokan industri hulu perkebunan". Bogor: IPB Press, 2014.
- [4] Mulyono, D., "Harmonisasi Kebijakan Hulu-Hilir dalam Pengembangan Budidaya dan Industri Pengolahan Kakao Nasional", *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, vol. 7(2), 185-200, 2016.
- [5] Manulu, R., "Pengolahan Mutu Biji Kakao Petani Perkebunan Rakyat Melalui Teknologi Fermentasi untuk Memperoleh Nilai Ekonomi yang Lebih Baik", *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, vol. 9(2), 99-112, 2019.
- [6] Dewi, L., Wahyu, A., Hasibuan, A.H., "Penguatan Kelembagaan untuk Peningkatan Posisi Tawar Petani dalam Sistem Pemasaran Kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*", vol. 1(1), 15-28, 2014.
- [7] Pradnyawathi, N. L. M., Wijaya, I. K. A., Sutedia, I. N., & Astiningsih, A. A. M., "Kajian Beberapa Cara Fermentasi yang Dilakukan oleh Petani terhadap Mutu Biji Kakao (*Theobroma cacao L.*)", *Agrotrop*, vol. 8(2), 189-196, 2018.
- [8] Hartuti, S., Juanda J., Khatir, R., "Upaya Peningkatan Kualitas Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) melalui Tahapan Penanganan Pasca Panen (Ulasan)", *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, vol.15(2), 38-52, 2020.
- [9] Ariyanti, M., "Karakteristik Mutu Biji Kakao (*Theobroma cacao L.*) Dengan Perlakuan Waktu Fermentasi Berdasar SNI 2323-2008. (Quality Characteristics Of Cocoa Beans (*Theobroma cacao L.*) With Time Fermentation Treatment Based on ISO 2323-2008)", *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(1), 34-42, 2017.
- [10] S Adhisuwignjo, M Fauziah, D Dewatama, K Witono, AW Maulana, "Sistem Pengaturan Temperatur Boiler pada Sterilisasi Baglog dengan Kontrol PI". *Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 1(1), 247-255, 2021.
- [11] D Dewatama, M Fauziah, HK Safitri, "Kendali Dc-Dc Converter Pada Portable Pico-Hydro Menggunakan PID Controller", *Jurnal Eltek*, vol. 16(2), 113-124, 2018.
- [12] D Dewatama, M Fauziah, NK Jannah, "Sistem Pengaturan Pencahayaan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno Dengan Metode Fuzzy Logic", *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 9(2), 99-106, 2022.
- [13] GK Rizqofani, D Dewatama, M Fauziah, "Desain Dan Implementasi Solar Charging Controller Dengan Topologi Cuk Converter Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy", *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 24 (1), 36-46, 2022.
- [14] Anil Kumar K, Jyoshna P, Seshadri G. "Realization of Fuzzy Logic in Temperature Control System over PID. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*", vol. 3(7), 1506 – 1611, 2014.
- [15] Cahyaningtyas, A & ., E., "Perbandingan Antara Kendali PID dengan Fuzzy pada Pengendalian pH Larutan Nutrisi Sistem Hidroponik Metode NFT (Nutrient Film Technique)". *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol 9(3), 791-801, 2020.
- [16] Kusumadewi, Sri. Purnomo Hari, "Aplikasi Logika Fuzzy (Fuzzy Inference System)". Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.

