

IMPLEMENTASI METODE FUZZY LOGIC MAMDANI PADA ALAT PENGERING BIJI KAKAO

Muhammad Luqman Ramadhani, Arnisa Stefanie, Reni Rahmadewi

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jalan HS. Ronggo Waluyo Karawang, Indonesia
luqmandhani21@gmail.com

ABSTRAK

Kakao adalah komodis yang dapat di ekspor dan memberikan kontribusi untuk peningkatan devisa Negara Indonesia. Namun terjadi penurunan produksi yang mengakibatkan rata-rata produktivitasnya sangat rendah. Oleh karena itu peningkatan kualitas biji kakao pada penanganan pascapanen, terutama pada proses fermentasi biji kakao. Proses fermentasi biji kakao adalah yang paling penting dalam pengolahan biji kakao karena menghasilkan aroma coklat yang unik. Untuk mengatasi hal tersebut, peneliti merancang alat pengering biji kakao dengan menggunakan metode Fuzzy Logic. Metode ini diimplementasikan untuk menentukan variabel suhu dan kelembapan agar proses fermentasi lebih optimal. Penentuan variabel kondisi suhu dan kelembapan menggunakan MATLAB dan menghasilkan 12 *Fuzzy Rule* pada sensor DHT22, didapatkan hasil *defuzzifikasi* dengan nilai input suhu 55, kelembapan 35. Maka nilai output yang didapat untuk *heater* 79,8 dan untuk *fan* 15,3.

Kata kunci: Biji Kakao, Fuzzy Logic, fermentasi, Matlab

1. PENDAHULUAN

Salah satu komoditas ekspor yang dapat membantu pertumbuhan devisa Indonesia adalah kakao. Menurut Internasional Cocoa Organization (ICCO), Indonesia adalah salah satu produsen kakao terbesar di dunia, hanya diikuti oleh Pantai Gading dan Ghana [1].

Perbaikan mutu biji kakao harus dimulai sejak tahap budidaya hingga langkah penanganan pasca panen, terutama fokus pada proses fermentasi kakao. Karena jika fermentasi tidak dilakukan dengan baik, biji kakao akan memiliki rasa coklat yang kurang berkualitas, dengan rasa pahit dan sepat yang lebih dominan, sehingga tidak akan disukai oleh para konsumen [2]. Fungsi fermentasi biji kakao adalah untuk menghilangkan daging buah dan berperan sebagai ekspresi dari proses reaksi kimia dan biokimia di dalam inti biji [3]. Jika biji kakao dikelola secara tidak memadai, kualitas biji kakao yang dihasilkan akan rendah. Sebaliknya, jika biji kakao dikelola dengan baik, maka hasilnya pun akan berkualitas tinggi [4]. Fermentasi biji kakao memegang peranan terpenting dalam pengolahan biji kakao, karena pada tahap ini aroma khas coklat mulai terbentuk dalam biji kakao [5]. Proses fermentasi biji kakao mentah terjadi dalam dua tahap: langkah awal melibatkan interaksi mikroba yang berlangsung pada daging buah dan permukaan luar biji, sementara langkah kedua melibatkan berbagai reaksi hidrolisis yang terjadi dalam inti biji itu sendiri [6]. Kualitas aroma yang khas pada coklat memerlukan penggunaan biji kakao dengan potensi aromatik yang tinggi, yang terbentuk selama proses fermentasi biji kakao [7]. Fermentasi yang masih sering dilakukan secara tradisional cenderung dilakukan dalam skala kecil dengan menggunakan strain mikroba seperti khamir dan bakteri asetat, namun karena kondisi yang kurang

terkontrol, hal ini menghasilkan variasi kualitas kakao yang signifikan [8].

Pengeringan berperan dalam pelepasan air dari dalam biji sehingga mencegah munculnya jamur ketika penyimpanan dan memperpanjang umur simpan biji kakao kering [9]. Prinsip dasar proses pengeringan adalah proses penguapan kandungan air pada bahan ke udara yang memiliki kandungan air lebih sedikit dari bahan. Perpindahan massa air ditandai dengan pengurangan massa bahan dan perubahan bentuk fisik [10].

Karena masalah pengkondisian suhu di ruang fermentasi, diperlukan sistem kontrol. Berdasarkan permasalahan diatas, maka diperlukan suatu sistem untuk mengatur kondisi suhu dan kelembapan yang lebih optimal untuk proses pengeringan biji kakao. Penulis merancang sistem dengan metode Fuzzy yang diharapkan mampu untuk menghasilkan sistem yang lebih efisien agar permasalahan tersebut teratasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sensor DHT22

DHT22 merupakan sebuah perangkat sensor digital yang berfungsi untuk mengukur tingkat kelembapan dan suhu relatif di lingkungan sekitarnya. Operasinya melibatkan penggunaan kapasitor dan termistor guna mengestimasi kondisi udara, yang kemudian diterjemahkan menjadi sinyal yang dikeluarkan melalui pin data [11]. Keunggulan dari sensor DHT22 ditekankan pada kemampuannya untuk memberikan pembacaan yang akurat [12]. Dengan desain kompak yang mampu mentransmisikan sinyal hingga jarak 20meter, sensor ini dapat dianggap sebagai sensor dengan kualitas terbaik karena responsifitas, kemampuan membaca data secara cepat, dan daya tahan terhadap gangguan. Sensor ini

umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban [13].

2.2. Fan

Kipas berfungsi untuk mengatur suhu udara dalam ruangan, sehingga ruangan tetap nyaman tanpa terlalu panas, dan udara dapat beredar dengan normal. Umumnya, kipas angin digunakan untuk mendinginkan udara, menyegarkan udara, memberikan sirkulasi udara (sebagai exhaust fan), atau mengeringkan udara. Terdapat dua jenis kipas angin yang dibedakan berdasarkan arah aliran udara yang dihasilkan, yakni kipas angin sentrifugal (di mana udara mengalir sejalan dengan poros kipas) dan kipas angin axial (di mana udara mengalir sejajar dengan poros kipas) [14].

2.3. Heater

Elemen pemanas listrik, yang dikenal sebagai "Electrical Heating Element," memiliki berbagai aplikasi luas dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan rumah tangga maupun dalam industri, untuk berbagai peralatan dan mesin. Bentuk dan jenis elemen pemanas listrik ini bervariasi sesuai dengan tujuan penggunaannya, lokasi pemasangan, dan materi yang akan dipanaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas ini berasal dari penggunaan kawat atau pita resistansi listrik yang tinggi. Nikel-kromium, juga dikenal sebagai niklin, memiliki dua ujung yang dialiri arus listrik. Selain itu, isolator listrik, yang berfungsi dengan baik dalam menghantarkan panas, melapisi elemen ini untuk memastikan bahwa panas dapat didistribusikan dengan baik dan aman ketika digunakan [15].

2.4. Aplikasi MATLAB

MATLAB adalah hasil pengembangan oleh MathWorks dan termasuk dalam kategori bahasa pemrograman yang bersifat luas dan berbasis tingkat tinggi. Dalam lingkungan MATLAB, prinsip utama yang digunakan adalah penggunaan Array atau Matriks sebagai format umum untuk menyimpan elemen variabel. Array ini diatur dalam format baris dan kolom. Dalam konteks pembelajaran ilmiah, MATLAB telah menjadi alat pemrograman yang standar terutama dalam bidang Matematika dan rekayasa. Walaupun pada awalnya banyak digunakan oleh insinyur, aplikasi MATLAB sekarang sangat beragam dan melibatkan banyak bidang, terutama di dunia pendidikan. Penggunaan MATLAB terus berkembang seiring waktu dan telah menjangkau banyak disiplin ilmu, termasuk matriks, aljabar linear, analisis numerik, dan berbagai aspek lainnya [16].

2.5. Fuzzy Logic

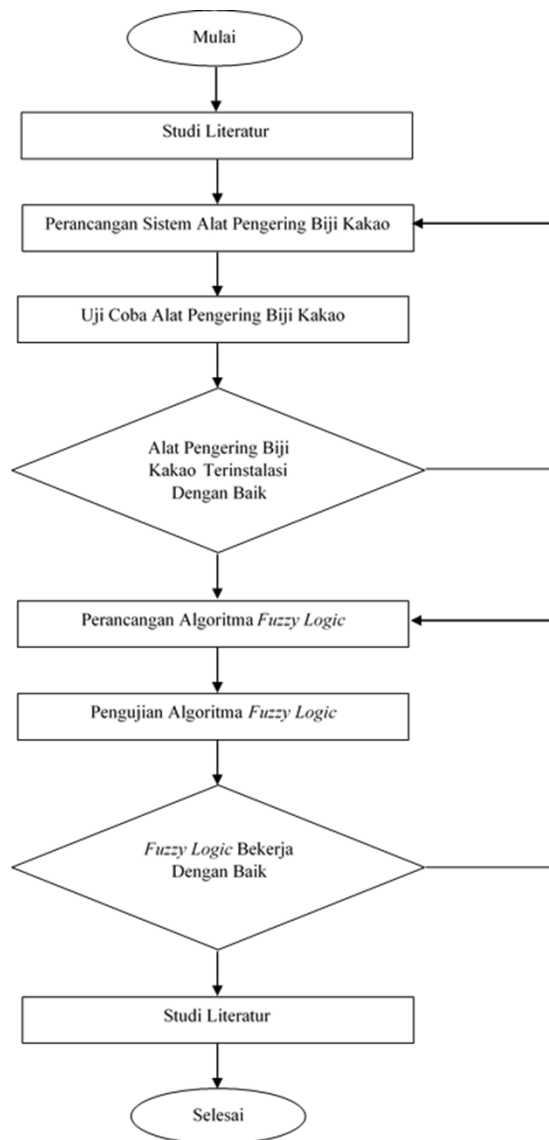
Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1962. Logika fuzzy adalah metode pemecahan masalah dan sistem kontrol yang cocok untuk berbagai jenis sistem, mulai dari yang sederhana dan kecil seperti sistem terbenam,

jaringan PC, hingga sistem kontrol multi-channel atau workstation berbasis akuisisi data. Metodologi ini memungkinkan penyelesaian masalah dengan cara yang lebih adaptif dan manusiawi, terutama dalam situasi di mana ketidakpastian dan kompleksitas terlibat [17].

Dalam logika klasik, segala sesuatu dijelaskan dengan cara biner, yang berarti hanya memiliki dua kemungkinan: "Ya atau Tidak", "Benar atau Salah", "Baik atau Buruk", dan sebagainya. Nilainya hanya dapat menjadi 0 atau 1. Namun, logika fuzzy memperbolehkan nilai keanggotaan berada di antara 0 dan 1. Artinya, suatu keadaan dapat memiliki dua nilai yang berbeda, seperti "Ya dan Tidak", "Benar dan Salah", "Baik dan Buruk", namun besarnya nilai tersebut tergantung pada bobot keanggotaannya. Keunggulan logika fuzzy dibandingkan dengan logika konvensional terletak pada kapasitasnya dalam melakukan penalaran dengan bahasa manusia, sehingga tidak perlu mengandalkan persamaan matematika yang rumit dalam proses perancangannya. Konsep himpunan fuzzy memiliki dua atribut yang mencakup: Pertama, aspek linguistik, yang merujuk pada pemberian nama kepada sekelompok kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa sehari-hari. Sebagai contoh, istilah seperti "DINGIN", "SEJUK", dan "PANAS" digunakan untuk mewakili berbagai rentang suhu dalam konteks variabel temperatur. Kedua, atribut numerik, yang menunjukkan ukuran variabel sebagai nilai angka. Misalnya, angka seperti 10, 35, 40, dan sejenisnya digunakan untuk menyatakan besarnya variabel tersebut. Ini menjadikan logika fuzzy memiliki potensi dalam mengatasi situasi yang kompleks dan ambigu dengan cara yang lebih intuitif dan manusiawi. Pendekatan ini memiliki sejumlah aplikasi yang luas, karena memungkinkan sistem untuk melakukan penalaran berdasarkan bahasa yang lebih dekat dengan cara berpikir manusia [18].

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode penelitian dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif pada umumnya dipakai untuk menguji suatu teori, menyajikan suatu fakta atau mendiskripsikan statistik, menunjukkan hubungan antar variabel, dan ada pula yang bersifat mengembangkan konsep. Metode penelitian ini akan mengumpulkan data-data dengan melakukan pengukuran terhadap alat dan menganalisis beberapa aspek tertentu pada sistem kendali cerdas yang dibuat dengan metode *fuzzy logic* serta berkaitan dengan permasalahan yang ada. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

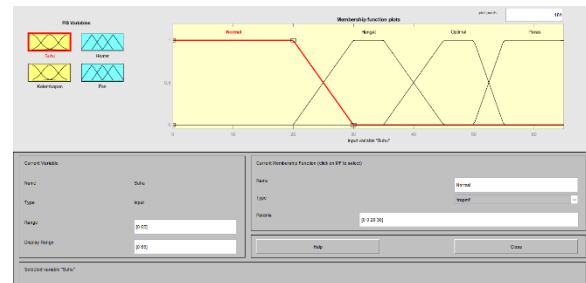
3.1. Pengumpulan Data

Merupakan Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data pengamatan. Pengamatan dalam penelitian ini adalah suatu prosedur yang berencana, antara lain yaitu dengan melihat dan mencatat beberapa kondisi atau situasi tertentu dari sistem alat yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti. Variabel kendali suhu dan kelembapan pada alat pengering biji kakao dengan mengimplementasikan sistem kendali cerdas menggunakan metode *fuzzy logic* agar suhu dan kelembapan dapat menentukan kondisi pada *fuzzy rules*.

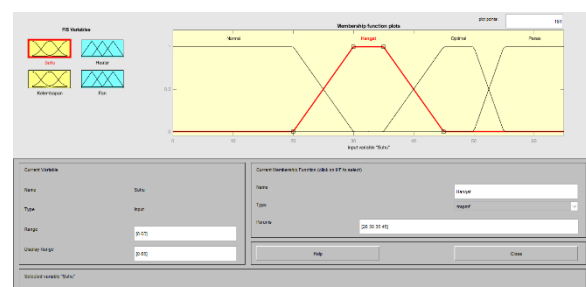
3.2. Perancangan Sistem

Dalam rangka merancang pengaturan dalam konteks penelitian ini, digunakan pendekatan logika fuzzy untuk mengatur suhu dan kelembapan pada perangkat pengering biji kakao dengan menggunakan metode Mamdani.

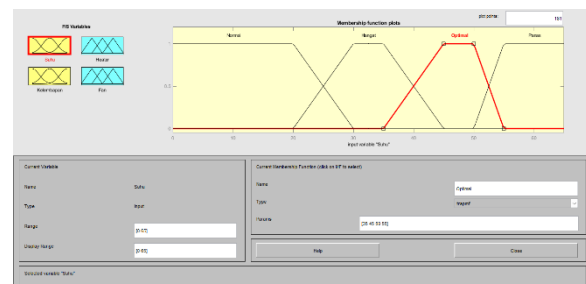
Sinyal *input* suhu mulai dari 0 sampai 65. Nilai tersebut didapat dari nilai pembacaan sensor DHT 22 yaitu 0°C - 65°C. Angka-angka konkret ini diubah menjadi kumpulan himpunan fuzzy pada input Normal, Hangat, Optimal, Panas seperti pada gambar



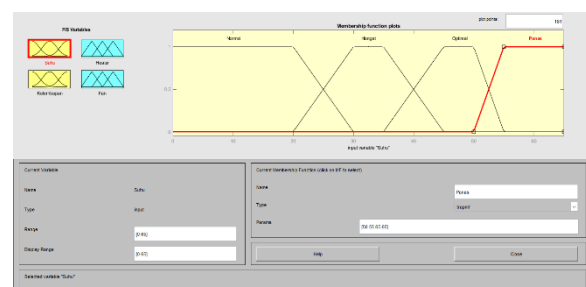
Gambar 2. Input Variabel Suhu Himpunan Normal



Gambar 3. Input Variabel Suhu Himpunan Hangat

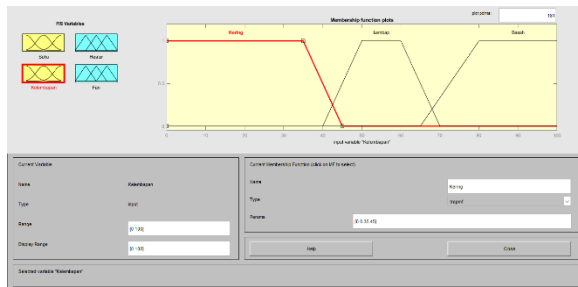
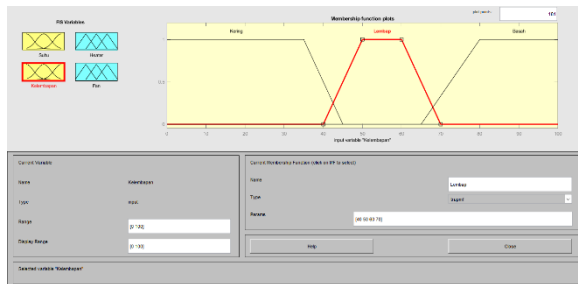
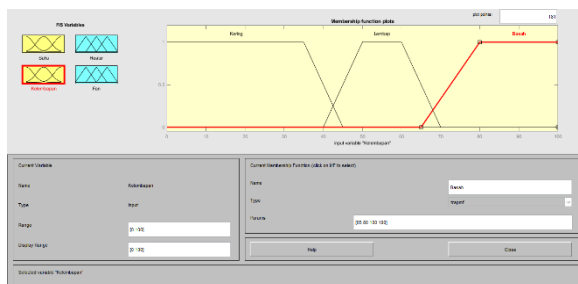


Gambar 4. Input Variabel Suhu Himpunan Optimal

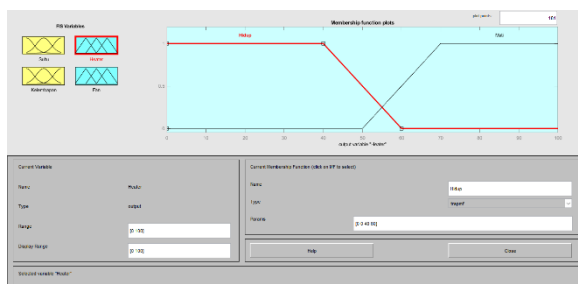
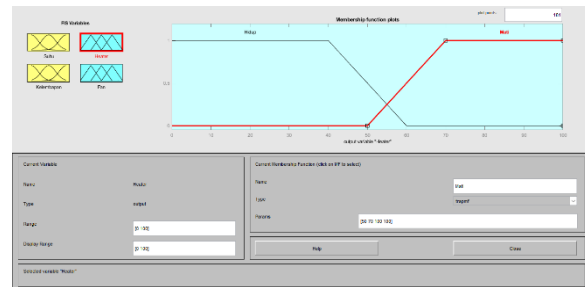


Gambar 5. Input Variabel Suhu Himpunan Panas

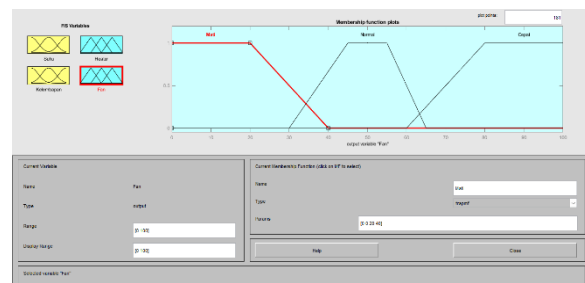
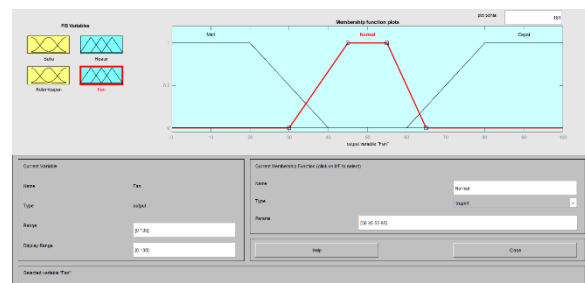
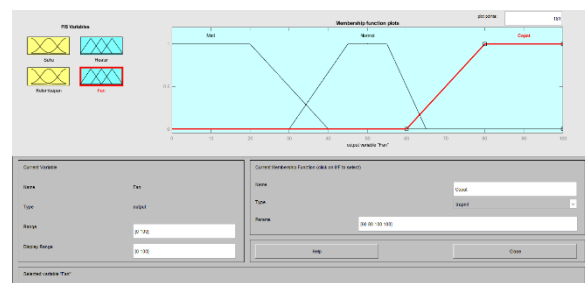
Sinyal masukan kelembapan diwakili oleh nilai pasti yang bervariasi antara 0 hingga 100. Data ini diambil dari hasil pembacaan sensor DHT 22 yang mencakup rentang 0 hingga 100%. Kemudian, nilai pasti ini diubah menjadi sejumlah kelompok himpunan input fuzzy Kering, Lembap, Basah, seperti pada gambar

Gambar 6. *Input Variabel Kelembapan Himpunan Kering*Gambar 7. *Input Variabel Kelembapan Himpunan Lembap*Gambar 8. *Input Variabel Kelembapan Himpunan Basah*

Sinyal *output heater* berupa nilai tegas mulai dari 0° sampai 100° . Nilai tegas tersebut diubah menjadi himpunan-himpunan *output fuzzy* Hidup dan Mati seperti pada gambar

Gambar 9. *Output Variabel Heater Himpunan Hidup*Gambar 10. *Output Variabel Heater Himpunan Mati*

Sinyal hasil keluaran kipas (fan) direpresentasikan dalam bentuk angka pasti yang berkisar dari 0 hingga 100. Angka ini diperoleh dari rentang nilai suhu pada pemanas (heater) yang mencakup kisaran antara 0°C hingga 100°C . Kemudian, angka pasti ini diubah menjadi beragam kelompok himpunan pada keluaran kipas yaitu Mati, Normal, Cepat seperti pada gambar

Gambar 11. *Output Variabel Fan Himpunan Mati*Gambar 12. *Output Variabel Fan Himpunan Normal*Gambar 13. *Output Variabel Fan Himpunan Cepat*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini untuk menganalisis perbandingan sistem yang sudah ada dan dibandingkan dengan metode fuzzy yang akan diterapkan sebagai berikut.

```
temperature
56
humidity
26
```

Gambar 14. Output Suhu dan Kelembapan

Gambar 14 diatas merupakan serial monitor pada sistem pengering biji kakao ini mendapatkan suhu sebesar 56°C dan kelembapan mendapatkan 26%. Alat ini membutuhkan suhu yang lebih panas untuk mengeringkan biji kakao, suhu yang dibutuhkan yaitu 55-65°C, maka dari itu penulis menggunakan heater untuk mendapatkan setpoint suhu yang diinginkan. Fan digunakan untuk menstabilkan suhu jika suhu melebihi dari yang diinginkan.

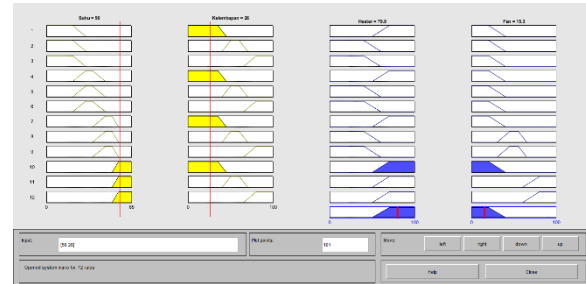
Dari percobaan diatas, terjadi permasalahan dalam menentukan kondisi yang lebih optimal dengan menambahkan metode Fuzzy. Percobaan selanjutnya simulasi mengacu pada hasil perancangan sistem yang dibuat dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. MATLAB atau *Matrix Laboratory*, dipilih sebagai lingkungan percobaan karena kemampuannya mensimulasikan berbagai perhitungan matematis. Beberapa *Fuzzy Rule* yang akan digunakan untuk menentukan kondisi alat ini akan dijelaskan sebagai berikut.

1. JIKA suhu normal DAN kelembapan kering
MAKA heater mati fan mati
2. JIKA suhu normal DAN kelembapan lembap
MAKA heater hidup fan mati
3. JIKA suhu normal DAN kelembapan basah
MAKA heater hidup fan mati
4. JIKA suhu hangat DAN kelembapan kering
MAKA heater mati fan mati
5. JIKA suhu hangat DAN kelembapan lembap
MAKA heater hidup fan mati
6. JIKA suhu hangat DAN kelembapan basah
MAKA heater hidup fan mati
7. JIKA suhu optimal DAN kelembapan kering
MAKA heater mati fan mati
8. JIKA suhu optimal DAN kelembapan lembap
MAKA heater hidup fan normal
9. JIKA suhu optimal DAN kelembapan basah
MAKA heater hidup fan normal
10. JIKA suhu panas DAN kelembapan kering
MAKA heater mati fan mati
11. JIKA suhu panas DAN kelembapan lembap
MAKA heater mati fan cepat
12. JIKA suhu panas DAN kelembapan basah
MAKA heater mati fan cepat

```
fuzzy Kipas
15.56
fuzzy heater
79.58
```

Gambar 15. Output Fuzzy

Gambar 15 menampilkan hasil yang menunjukkan nilai keanggotaan 79,58 untuk pemanas (heater), sementara nilai keanggotaan untuk kipas (fan) adalah sekitar 15,56.



Gambar 16. Rule Viewer Pada Rancangan Sistem

Gambar 16 menunjukkan kondisi fuzzy rule yang berada pada MATLAB. Percobaan dilakukan dengan nilai input suhu sebesar 56°C termasuk kedalam himpunan panas dan kelembapan sebesar 26% termasuk ke himpunan kering. Kemudian didapatkan output nilai keanggotaan heater 79,8 yang berarti himpunan mati, dan output pada fan mendapatkan nilai keanggotaan 15,3 yang berarti himpunan mati.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang disebut sebagai "Alat Pengering Biji Kakao" menunjukkan bahwa sistem akan lebih optimal jika menggunakan metode Fuzzy untuk menentukan kondisi suhu dan kelembapan pada proses pengeringan biji kakao. Metode Fuzzy yang digunakan membantu mikrokontroler untuk mengatur suhu dan kelembapan pada Alat Pengering Biji Kakao menggunakan sensor suhu DHT 22, pemanas (Heater), kipas (Fan). Logika fuzzy logic tipe Mamdani dapat menghasilkan pengaturan suhu yang tetap stabil sesuai dengan nilai setpoint yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. P. Asih, T. Winarno and A. Pracoyo, "Implementasi Algoritma Fuzzy Logic Control untuk Sistem Pengontrolan Suhu dan Kelembaban pada Mesin Pengering Biji Kakao Berbasis Prosentase Berat," *Jurnal Elkolind*, vol. V, no. 3, pp. 42-49, 2018
- [2] D. Mulyono, "HARMONISASI KEBIJAKAN HULU-HILIR DALAM PENGEMBANGAN BUDIDAYA DAN INDUSTRI PENGOLAHAN KAKAO NASIONAL," *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, vol. VII, no. 2, pp. 185-200, 2018
- [3] A. B. Senna, "Pengolahan Pascapanen pada Tanaman Kakao untuk Meningkatkan Mutu Biji

- Kakao : Review," *Jurnal Triton*, vol. XI, no. 2, pp. 51-57, 2020
- [4] R. Manalu, "PENGOLAHAN BIJI KAKAO PRODUKSI PERKEBUNAN RAKYATUNTUK MENINGKATKAN PENDAPATAN PETANI," *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, vol. IX, no. 2, pp. 99-111, 2018.
- [5] H. A. Sigalingging, S. H. Putri and T. Ilfah, "PERUBAHAN FISIK DAN KIMIA BIJI KAKAO SELAMA FERMENTASI," *Jurnal Industri Pertanian*, vol. II, no. 2, pp. 158-165, 2020.
- [6] A. Nizori, O. Y. Tanjung, U. A. L. and B. Ichwan, "PENGARUH LAMA FERMENTASI BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) TERHADAP SIFAT FISIK, KIMIA DAN ORGANOLEPTIKBUBUK KAKAO," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. IX, no. 2, pp. 129-138, 2021
- [7] Y. M. Rahmadewi and P. Darmadji, "PENGARUH PENJEMURAN DAN PENERING MEKANIS TERHADAP PH, TOTAL POLIFENOL, DAN KANDUNGAN GULA BIJI KAKAO DAN COKLAT BATANG DARI BIJI KAKAO RAKYAT," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, vol. VI, no. 2, pp. 195-201, 2018
- [8] R. T. Wahyuni, D. Saputra, E. Susianti and A. Huda, "Alat Pemeras Lendir (Depulper) dan Pengering Biji Kakao Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)," *Jurnal ELEMENTER*, vol. VI, no. 2, pp. 19-31, 2020
- [9] D. Dewatama, E. Mandayatma, H. Hariyadi and O. Melfazen, "Kontrol Temperatur pada Proses Fermentasi Kakao menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," *Jurnal Elkolind*, vol. X, no. 1, pp. 113-119, 2023
- [10] W. G. Habibi, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pengontrolan Suhu pada Pengerian Biji Kakao," Universitas Brawijaya, Malang, 2017
- [11] L. Abdulrazzak, I. A. Bierk and H. Aday, "Humidity and temperature monitoring," *Int. J. Eng. Technol*, vol. VII, no. 4, pp. 5174-5177, 2018
- [12] M. Bogdan, "How to Use the DHT22 Sensor for Measuring Temperature and Humidity with the Arduino Board," *ACTA Univ. Cibiensis*, vol. LXVIII, no. 1, pp. 22-25, 2018
- [13] R. R. Guntara and M. F. Darwis, "RANCANG BANGUN SISTEM ELEKTRONIK ROBOT PENGADUK PROSES PENERINGAN BIJI KAKAO PADA SOLAR DRYER DAN BOX DRYER," Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2021
- [14] R. Aulia, R. A. Fauzan and I. Lubis, "PENGENDALIAN SUHU RUANGAN MENGGUNAKAN FAN DAN DHT 11 BERBASIS ARDUINO," *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, vol. VI, no. 1, pp. 30-38, 2021.
- [15] T. Utami, "HOTPLATE STIRER," Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta Jurusan Teknik Elektromedik, Yogyakarta, 2019
- [16] T. Andani, F. H. Badruzzaman and E. Harahap, "Operasi Matriks Sebagai Media Pembelajaran Menggunakan MATLAB," *Jurnal Matematika*, vol. XIX, no. 2, pp. 1-13, 2020
- [17] T. Sutojo, E. Mulyanto and V. Suhartono, "KECERDASAN BUATAN," Andi Offset, Yogyakarta, 2011
- [18] N. Januardi and S. Johnson, "ANALISIS FUZZY LOGIC MENENTUKAN PEMILIHAN MOTOR HONDA DENGAN METODE MAMDANI," *Jurnal Edik Informatika*, vol. III, no. 2, pp. 1-10, 2017