

Analisis dan Simulasi Sistem Kontrol Suhu Otomatis Berbasis *Fuzzy Logic*

Aditya Pramudito

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : aditya.17050874069@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti R, Miftahur Rohman, Lilik Anifah Afiliati

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

puputwanarti@unesa.ac.id , miftahurrohman@unesa.ac.id , lilikanifah@unesa.ac.id

Abstrak

Pengendalian suhu adalah aspek vital dalam berbagai lingkungan teknologi modern, termasuk industri, perkantoran, dan perumahan. Sistem pengendalian suhu yang efektif dan efisien tidak hanya mempengaruhi kenyamanan penghuni atau pekerja tetapi juga berdampak langsung pada produktivitas, kualitas produk, serta penggunaan energi. Penggunaan *Fuzzy Logic* dalam sistem kontrol suhu menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dan responsif terhadap variabilitas dan ketidakpastian lingkungan. Logika fuzzy, yang pertama kali diperkenalkan oleh Jan Lukasiewicz pada tahun 1930 dan dipromosikan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1962, terdiri dari tiga tahap utama: fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Dengan prinsip kebenaran sebagian, logika fuzzy dapat menangani ketidakpastian dan variabilitas lebih baik dibandingkan dengan logika crisp. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol suhu otomatis berbasis logika fuzzy. Metode eksperimental digunakan untuk menguji dampak perubahan parameter pada sistem, sementara pendekatan kuantitatif memungkinkan pengukuran numerik dan analisis statistik dari data simulasi menggunakan MATLAB. Penelitian ini fokus pada evaluasi respons waktu, stabilitas suhu, dan efisiensi energi dari sistem tersebut. Pemilihan metode ini memfasilitasi eksperimen yang konsisten dan analisis yang dapat diandalkan, serta memungkinkan generalisasi hasil ke konteks yang lebih luas. Dari penelitian ini menghasilkan, (1) Fungsi keanggotaan untuk variabel suhu (cold, normal, hot) dan waktu (cepat, normal, lambat) telah diidentifikasi dan direncanakan dengan baik. Penggunaan MATLAB mempermudah visualisasi dan analisis fungsi keanggotaan serta aturan fuzzy. (2) Simulasi menunjukkan bahwa sistem fuzzy logic dapat menginterpretasikan suhu dan menyesuaikan waktu dengan akurat, sesuai aturan yang ditetapkan. Sistem ini efektif untuk aplikasi praktis, seperti kontrol suhu dalam sistem pemanas atau pendingin.

Kata Kunci: Pengendalian suhu, *Fuzzy Logic*, MATLAB, sistem otomatis, simulasi.

Abstract

Temperature control is a vital aspect in various modern technological environments, including industry, offices and housing. An effective and efficient temperature control system not only affects the comfort of occupants or workers but also has a direct impact on productivity, product quality, and energy use. Fuzzy Logic in temperature control systems offers a more adaptive and responsive approach to environmental variability and uncertainty. Fuzzy logic, first introduced by Jan Lukasiewicz in 1930 and promoted by Lotfi Zadeh in 1962, consists of three main stages: fuzzification, inference, and defuzzification. With the principle of partial truth, fuzzy logic can handle uncertainty and variability better than crisp logic. This research is experimental research with a quantitative approach that aims to evaluate the performance of an automatic temperature control system based on fuzzy logic. Experimental methods are used to test the impact of parameter changes on the system, while quantitative approaches allow numerical measurements and statistical analysis of the simulation data using MATLAB. This research focuses on evaluating the time response, temperature stability, and energy efficiency of the system. The choice of this method facilitates consistent experiments and reliable analysis and allows the generalization of the results to a broader context. From this research, (1) Membership functions for the variables TEMPERATURE (COLD, NORMAL, HOT) and TIME (FAST, NORMAL, SLOW) have been identified and planned well. Using MATLAB makes it easier to visualize and analyze membership functions and fuzzy rules. (2) Simulation shows that the fuzzy logic system can interpret temperature and adjust time accurately, according to established rules. This system is effective for practical applications, such as temperature control in heating or cooling systems.

Keywords: Temperature control, Fuzzy Logic, MATLAB, automatic system, simulation.

PENDAHULUAN

Pengendalian suhu merupakan aspek vital dalam berbagai lingkungan teknologi modern, termasuk industri, perkantoran, dan perumahan. Sistem pengendalian suhu yang efektif dan efisien tidak hanya mempengaruhi kenyamanan penghuni atau pekerja, tetapi juga berdampak langsung pada produktivitas, kualitas produk, serta penggunaan energi. Pendekatan alternatif yang semakin berkembang adalah penggunaan *Fuzzy Logic* dalam sistem kontrol suhu.

Logika *fuzzy* merupakan teori himpunan yang dapat membantu menyelesaikan ketidakpastian batas antara satu kriteria dengan kriteria lainnya (Rivasti, 2009). Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Jan Lukasiewicz pada tahun 1930, serta pertama kali dipromosikan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1962 melalui jurnal "*Fuzzy set*". Logika *fuzzy* terdiri dari tiga tahap utama : fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi (Azahar et al., 2013). Logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang berprinsip pada konsep kebenaran sebagian yang berbeda dengan logika *crisp* yang menyatakan bahwa segala sesuatu dapat diekspresikan sebagai suatu bilangan *crisp* (0 dan 1). *Fuzzy Logic* menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dan responsif terhadap variabilitas dan ketidakpastian dalam lingkungan.

Dengan memanfaatkan pengetahuan manusia tentang sistem yang tidak terstruktur dan tidak pasti, *Fuzzy Logic* mampu menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Penggunaan perangkat lunak MATLAB sebagai platform pengembangan sangat mendukung dalam implementasi dan simulasi sistem kontrol suhu berbasis *Fuzzy Logic*. MATLAB tidak hanya menyediakan alat dan fungsi yang diperlukan untuk merancang model *Fuzzy Logic*, tetapi juga memungkinkan untuk menganalisis kinerja sistem secara mendalam dalam berbagai skenario. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan sistem kontrol suhu otomatis menggunakan software MATLAB berbasis *Fuzzy Logic*. Tujuannya adalah untuk mengembangkan sistem kontrol suhu yang lebih adaptif, responsif, dan efisien, serta meningkatkan pemahaman tentang aplikasi *Fuzzy Logic* dalam konteks pengendalian otomatis. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi kontrol suhu yang lebih canggih dan efektif, serta memperluas aplikasi praktis dari *Fuzzy Logic* dalam bidang pengendalian otomatis secara umum.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif yang dipilih karena bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol suhu otomatis menggunakan logika fuzzy melalui pengukuran dan analisis data kuantitatif yang dihasilkan dari simulasi menggunakan MATLAB. Penelitian eksperimental adalah jenis penelitian yang melibatkan manipulasi satu atau

lebih variabel independen untuk menentukan efeknya terhadap variabel dependen. Dalam konteks ini, penelitian eksperimental digunakan untuk menguji dan menganalisis bagaimana perubahan parameter pada sistem kontrol suhu otomatis berbasis logika fuzzy mempengaruhi kinerja sistem tersebut. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini berfokus pada pengukuran numerik dan analisis statistik dari data yang dihasilkan, memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis statistik yang akurat, mengidentifikasi pola, dan membuat generalisasi yang valid tentang kinerja sistem kontrol suhu otomatis. Alasan utama pemilihan jenis penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif dalam studi ini adalah karena penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol suhu otomatis, menggunakan MATLAB sebagai alat simulasi yang memungkinkan peneliti untuk melakukan eksperimen yang berulang dan konsisten dalam lingkungan yang terkontrol, melakukan pengukuran dan analisis kuantitatif yang mencakup respons waktu, stabilitas suhu, dan efisiensi energi, serta mengendalikan variabel-variabel yang relevan untuk memastikan validitas internal dari penelitian. Hasil penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif dapat digeneralisasikan ke situasi atau populasi yang lebih luas, asalkan sampel dan prosedur penelitian dirancang dengan benar, memungkinkan temuan penelitian memiliki aplikasi yang lebih luas dalam bidang kontrol suhu otomatis dan logika fuzzy. Dengan demikian, jenis penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif adalah pilihan yang tepat untuk studi ini karena memberikan kerangka kerja yang kuat untuk menguji hipotesis, mengumpulkan data yang akurat, dan melakukan analisis yang dapat diandalkan guna mengevaluasi kinerja sistem kontrol suhu otomatis berbasis logika fuzzy.

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan referensi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal ilmiah, dan pencarian di internet untuk mendukung penyelesaian penelitian. Dari literatur yang diperoleh, akan dirangkum teori dasar, konsep, dan metode yang relevan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Tahap ini juga dilakukan untuk mendukung pencapaian tujuan dan pemecahan masalah dengan pendekatan teori yang sesuai dengan topik penelitian. Studi literatur mencakup kajian pustaka dan tinjauan penelitian sebelumnya.

2. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini penulis merencanakan kebutuhan dan proses pengambilan data yang diperlukan untuk membuat simulasi.

3. Simulasi

Pada tahap ini penulis mensimulasikan *system control* suhu otomatis berbasis *Fuzzy Logic*

4. Analisis dan Kesimpulan

Setelah mendapatkan hasil data saat melakukan simulasi, dilakukan pencatatan dan mencari hasil secara objektif. Dari hasil pengujian dalam berbagai bentuk data, dilakukan koreksi antara data satu dengan lainnya dengan tujuan untuk menganalisis data yang terkumpul sehingga dapat ditarik kesimpulan yang signifikan dalam hasil simulasi.



Gambar .1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Perencanaan Membership Function Fuzzy Logic

Pada tahap ini, penelitian difokuskan pada analisis dan pengujian sistem *fuzzy logic* yang telah dirancang untuk mengatur variabel waktu berdasarkan input suhu. Hasil penelitian ini mencakup beberapa aspek penting, mulai dari perencanaan fungsi keanggotaan hingga pengujian dan analisis output.

Perencanaan fungsi keanggotaan (membership function) merupakan langkah awal yang esensial dalam merancang sistem logika *fuzzy*. Fungsi keanggotaan ini menentukan bagaimana setiap input diinterpretasikan dalam konteks *fuzzy*. Langkah pertama dalam perencanaan adalah identifikasi variabel-variabel kunci, yaitu Suhu sebagai input dan Waktu sebagai output. Rentang nilai untuk masing-masing variabel juga ditentukan, dengan suhu dalam rentang 0 hingga 30 dan waktu dalam rentang 0 hingga 24 jam.

Fungsi keanggotaan untuk variabel suhu dirancang dengan tiga kategori utama: cold, normal, dan hot, masing-masing menggunakan bentuk trapesium (*trapezoidal membership function*). Fungsi keanggotaan *cold* mencakup

rentang 0° hingga 15° dengan puncak pada 0, normal mencakup rentang 10° hingga 20° dengan puncak pada 15°, dan *hot* mencakup rentang 15° hingga 30° dengan puncak pada 30°.

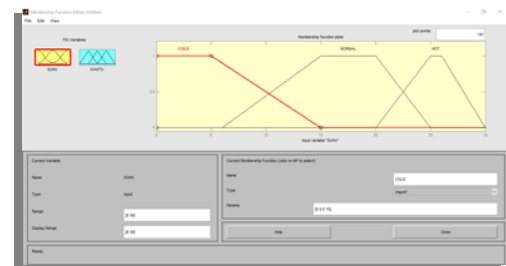
2. Simulasi Fuzzy Logic

Simulasi dilakukan untuk menguji sistem fuzzy yang telah dirancang dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Data masukan berupa suhu diberikan untuk melihat bagaimana sistem menghasilkan keluaran waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil. Langkah-langkah memasukkan data melibatkan pembukaan editor fungsi keanggotaan dan penentuan aturan-aturan dalam sistem fuzzy.

Pengujian dilakukan dengan memasukkan nilai suhu tertentu dan mengamati hasil keluaran waktu. Sebagai contoh, nilai input suhu 20.8° menghasilkan output waktu 26.4. Grafik dan visualisasi dalam MATLAB menunjukkan bagaimana fungsi keanggotaan untuk variabel Suhu dan Waktu bekerja, dengan area yang diwarnai menunjukkan derajat keanggotaan.

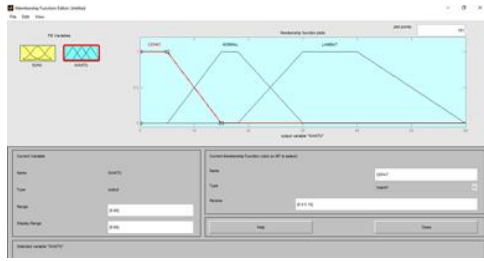
Hasil pengujian sistem fuzzy menunjukkan pada Gambar 4.2 bahwa variabel waktu dikategorikan menjadi tiga fungsi keanggotaan: Cepat, Normal, dan Lambat. Kategori Cepat merepresentasikan durasi pendek yang biasanya digunakan ketika suhu rendah, Normal untuk durasi sedang saat suhu sedang, dan Lambat untuk durasi panjang saat suhu tinggi. Visualisasi dalam editor fungsi keanggotaan di MATLAB menunjukkan bagaimana setiap kategori didefinisikan dan divisualisasikan.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa yang dihasilkan dari Rule Viewer menunjukkan bagaimana aturan-aturan dalam sistem fuzzy menghasilkan output berdasarkan input yang diberikan. Panel kiri menunjukkan nilai input untuk variabel SUHU dan bagaimana fungsi keanggotaan bekerja, sedangkan panel kanan menunjukkan nilai output untuk variabel WAKTU. Pengaturan dan kontrol tambahan memungkinkan pengguna untuk mengedit dan mengatur fungsi keanggotaan dengan lebih rinci.

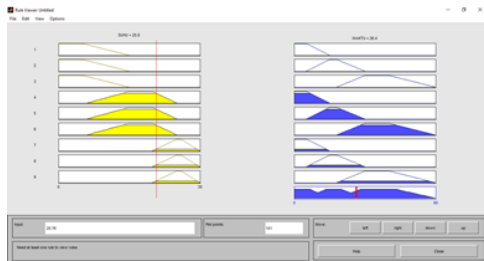


a

Gambar 2. Tampilan input pada Logika Fuzzy Mamdani



Gambar 3. Tampilan output pada Logika Fuzzy Mamdani



Gambar 4. Tampilan dari Rule Viewer dalam lingkungan MATLAB

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan menguji sistem fuzzy logic yang efektif untuk mengatur variabel waktu berdasarkan input suhu. Beberapa kesimpulan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi dan perencanaan fungsi keanggotaan (membership function) untuk variabel Suhu dan Waktu telah dilakukan dengan baik. Fungsi keanggotaan *Cold*, *Normal*, dan *Hot* untuk variabel Suhu, serta *Cepat*, *Normal*, dan *Lambat* untuk variabel Waktu, memungkinkan interpretasi yang akurat dari input dan output. Penggunaan perangkat lunak MATLAB memungkinkan visualisasi yang jelas dan analisis yang mendalam dari fungsi keanggotaan dan aturan-aturan fuzzy. Ini membantu dalam memahami bagaimana sistem bekerja dan memberikan dasar untuk evaluasi lebih lanjut.
2. Simulasi menggunakan MATLAB menunjukkan bahwa sistem *fuzzy logic* dapat menginterpretasikan input suhu dan menghasilkan output waktu dengan akurat. Pengujian dengan berbagai nilai input menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan durasi waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil. Sistem *fuzzy logic* yang dirancang memberikan hasil yang sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan, memungkinkan penyesuaian durasi waktu yang fleksibel dan dinamis berdasarkan input suhu. Hal

ini membuktikan bahwa sistem ini dapat digunakan dalam aplikasi praktis seperti kontrol suhu dalam sistem pemanas atau pendingin.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk menguji sistem fuzzy logic ini dalam kondisi nyata untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik di luar lingkungan simulasi. Ini akan membantu dalam validasi lebih lanjut dan penyesuaian sistem jika diperlukan.
2. Untuk aplikasi yang lebih kompleks, disarankan untuk mengembangkan algoritma fuzzy yang lebih canggih dengan lebih banyak variabel input dan output. Ini akan memungkinkan sistem untuk menangani situasi yang lebih kompleks dan memberikan kontrol yang lebih presisi.
3. Meningkatkan antarmuka pengguna dalam perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan dan pengujian sistem fuzzy dapat membantu pengguna dalam mengedit dan mengatur fungsi keanggotaan dengan lebih mudah dan intuitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadholi, A. (2013). Studi Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Terhadap Operasi Penerbangan Di Bandara H.A.S Hananjoeddin Buluh Tumbang Belitung Periode 1980 - 2010. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 3(01), 1–10.
- Nasution, H. (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *Jurnal ELKHA*, 4(2), 4–8.
- Nisa, A. K., Abdy, M., & Zaki, A. (2020). Penerapan Fuzzy Logic Untuk Menentukan Minuman Susu Kemasan Terbaik Dalam Pengoptimalan Gizi. *Journal Of Mathematics, Computations, and Statistic*, 3(1), 51–64.
- Basu, S. (2012). Realization of Fuzzy Logic Temperature Controller. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* (2): 151-155.
- Das, T.K. (2013). Design of A Room Temperature And Humidity Controller Using Fuzzy Logic. *American Journal of Engineering Research* (2): 86-96.
- Hasim, N.A. dan Mohd, M.SB. (2014). Intelligent Room Temperature Controller System Using MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. *International Journal of Science and Research* (3):1748-1753.
- Hund, G.F.,Trott A.R., Welch, T.C. (2012). Refrigeration And Airconditioning. Fourth Edition. Butterworth-heinemann, oxford UK.

- Jaafarr, L.B. (2013). Automatic Room Temperature Control. Skripsi. Faculty of Electrical and Electronic Engineering Universiti Tun Hussein Onn. Malaysia. 21
- Kusumadewi, S. (2002). Analisis Dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab. Edisi Pertama. Graha Ilmu. Jogjakarta.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. (2004). Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Law, A.M. dan Kelton, W.D. (1991). Simulation Modeling & Analysis. Second Edition. McGraw-Hill. New York.
- Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy Sets." Information and Control, 8(3), 338-353.
- Ross, T. J. (2004). Fuzzy Logic with Engineering Applications. John Wiley & Sons.
- Kosko, B. (1992). Fuzzy Engineering. Prentice
- Hall. Yang, X., & Wu, Y. (2010). "Fuzzy Logic: A Comprehensive Overview." Expert Systems with Applications, 37(12), 7992- 8002.

