

Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Aliran Air dan Volume Air Berbasis Fuzzy Logic Controller

Jalaluddin Rahmat

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

e-mail : jalaluddin.19052@mhs.unesa.ac.id

Tri Rijanto, Bambang Suprianto, Puput Wanarti Rusimamto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : tririjanto@unesa.ac.id, bambang@unesa.ac.id, puput@unesa.ac.id

Abstrak

Latar belakang pada penelitian ini terdapat fenomena adanya FLC menawarkan fleksibilitas yang tinggi karena dapat bekerja dengan data yang tidak pasti dan memberikan keluaran kontrol yang adaptif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem kontrol yang tidak hanya efisien dan adaptif, tetapi juga dapat berkontribusi pada penggunaan air yang berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental dilakukan untuk menguji efektivitas sistem kontrol penggunaan air yang dikembangkan dengan menggunakan sensor flowmeter yang bekerja sebagai timer pergerakan motor dan motor servo berbasis logika fuzzy. Hasil pengujian menunjukkan bahwa volume air aktual yang diukur tidak sepenuhnya sesuai dengan target literasi (1000 ml hingga 10.000 ml). Misalnya, target 1000 ml menghasilkan rata-rata 971 ml, dan target 2000 ml menghasilkan rata-rata 1940 ml. Sistem tetap menunjukkan pola peningkatan yang proporsional, menandakan respons servo dan sensor cukup baik memiliki nilai error sensor yang signifikan hingga mencapai 3%

Kata kunci: Rancangan Bangun Prototype, Sistem Kontrol Flow, Volume Air, Fuzzy

Abstract

The background of this study is the phenomenon of FLC offering high flexibility because it can work with uncertain data and provide adaptive control output. This study aims to design and build a prototype control system that is not only efficient and adaptive, but can also contribute to sustainable water use. This study uses an experimental research method. Experimental research was conducted to test the effectiveness of the water use control system developed using a flowmeter sensor that works as a motor movement timer and a fuzzy logic-based servo motor. The test results show that the actual water volume measured does not fully match the literacy target (1000 ml to 10,000 ml). For example, a target of 1000 ml produces an average of 971 ml, and a target of 2000 ml produces an average of 1940 ml. The system still shows a proportional increase pattern, indicating that the servo and sensor responses are quite good and have significant sensor error values of up to 3%

Keywords: Prototype Design, Flow Control System, Water Volume, Fuzzy

PENDAHULUAN

Dalam pengelolaan sumber daya air, kontrol aliran dan volume air menjadi tantangan utama, khususnya pada sistem yang memerlukan presisi tinggi seperti irigasi, pengolahan limbah, atau distribusi air bersih. Kendala sering kali muncul akibat perubahan kondisi lingkungan yang dinamis, seperti fluktuasi debit air atau tekanan saluran, yang sulit ditangani dengan sistem kontrol konvensional. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan sistem kontrol yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan.

Fuzzy Logic Controller (FLC) menawarkan pendekatan berbasis logika linguistik yang dapat menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengendalian sistem. Dengan menggunakan FLC, prototype sistem kontrol aliran dan volume air dirancang untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas aliran air.

Rencana pemecahan meliputi identifikasi parameter kunci yang memengaruhi aliran dan volume air, perancangan algoritma *Fuzzy Logic Controller* (FLC) untuk mengontrol parameter

tersebut, serta implementasi dan pengujian prototipe sistem secara eksperimental guna memastikan efektivitas dan keandalan solusi yang diusulkan.

Penelitian ini didasarkan pada teori *Fuzzy Logic* yang pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh. *Fuzzy Logic* memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan data tidak pasti melalui pengaturan aturan linguistik. Kajian literatur juga mencakup analisis sistem kontrol konvensional, sensor aliran air, serta implementasi algoritma fuzzy pada aplikasi serupa di bidang kontrol sistem.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototype sistem kontrol aliran dan volume air berbasis *Fuzzy Logic Controller* yang mampu mengelola aliran air secara adaptif pada berbagai kondisi lingkungan. Sistem yang dihasilkan diharapkan dapat meningkatkan akurasi pengendalian aliran dan volume air serta memberikan solusi inovatif terhadap permasalahan yang sering muncul akibat ketidakpastian dalam sistem pengendalian konvensional.

Penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah prototype sistem kontrol berbasis *Fuzzy Logic*

Controller yang memiliki kemampuan adaptif, efisien, dan handal dalam mengelola aliran dan volume air. Sistem ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam pengembangan solusi teknologi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air, baik pada skala kecil seperti irigasi lokal, maupun skala besar seperti distribusi air perkotaan.

Prinsip Kerja

Prinsip kerjanya yaitu pertama menginisialisasi variabel sensor flowmeter, arduino, LCD (*Liquid Crystal Display*), Keypad dan servo valve Kemudian masukkan input keypad apabila kode yang dimasukkan salah maka led merah akan menyala dan system akan kembali keawal dan jika benar maka sistem lanjut ke proses membaca data yang terdeteksi oleh sensor flowmeter. flowmeter mengirimkan sinyal keluaran ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian menggunakan data ini untuk mencapai volume air yang diinginkan.

Setelah data diperoleh, kemudian masuk ke dalam sistem pemrosesan program berupa sinyal data sebagai setpoint yang nantinya akan dikonversikan menjadi jumlah liter dan arus air sehingga diperoleh nilai berupa Batasan aliran air dan besar arus yang akan digunakan ,input fuzzy logic terdiri dari timer, error dan delta error yang kemudian diproses dengan nilai $error(n) = setpoint$, $delta\ error(n) = error(n) - D_error(n-1)$, $timer = waktu$ yang dibutuhkan.

Kemudian didapatkan defuzzyfikasi sesuai dengan rule base yang telah ditentukan dimana saat awal proess berjalan dan setpoint sudah ditentukan maka servo dalam kondisi terbuka kemudian sensor akan terus membaca jumlah air yang telah digunakan jika aliran air mulai mendekati set point maka servo akan aktif dengan kontrol agak nutup dengan arus air mulai melambat dan saat air sudah melebihi set point maka servo akan aktif dengan kontrol servo menutup aliran air dan buzzer akan menyala sebagai indikasi bahwa jumlah air yang digunakan sudah melebihi batas, sehingga air tidak akan mengalir, apabila ingin air tetap mengalir masukkan input pulsa melalui keypad jika tidak maka proses akan berhenti atau selesai.

METODE

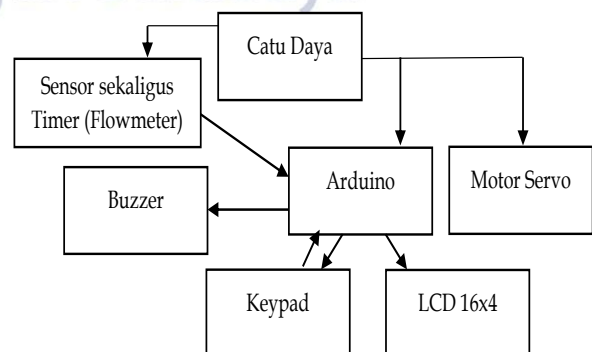
Penelitian ini dimulai dengan tahap perancangan prototipe sistem kontrol yang melibatkan integrasi komponen perangkat keras dan perangkat lunak secara menyeluruh. Arduino Uno, yang berperan sebagai mikrokontroler utama, diprogram untuk membaca data real-time dari sensor flowmeter. Data tersebut mencakup informasi volume air yang mengalir melalui sistem. Selanjutnya, algoritma *fuzzy logic* yang diimplementasikan dalam perangkat lunak bertugas mengolah data tersebut dan menentukan langkah pengendalian, seperti pengaturan sudut motor servo untuk membuka atau menutup aliran air melalui solenoid valve. Untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif, LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x4 digunakan sebagai antarmuka visual untuk menampilkan

parameter penting, seperti volume air yang telah diukur dan status sistem. Selain itu, buzzer ditambahkan untuk memberikan peringatan saat terjadi anomali, misalnya aliran air melebihi batas yang diatur, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan.

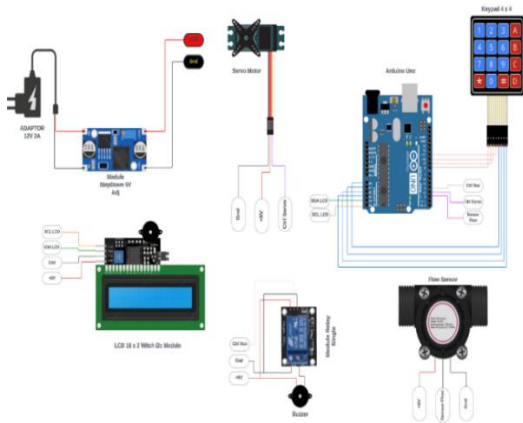
Tahap pengujian dilakukan di lingkungan laboratorium yang disimulasikan menyerupai kondisi nyata dalam rumah tangga, seperti pengisian tangki air secara otomatis atau pengontrolan volume air sesuai kebutuhan tertentu, misalnya untuk mencuci pakaian atau memasak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu mengukur volume air dengan tingkat akurasi tinggi, tetapi juga dapat mengontrol aliran air dengan respons yang cepat dan presisi. Evaluasi kualitatif, yang dilakukan dengan mengumpulkan tanggapan dari calon pengguna, mengungkapkan bahwa sistem ini dinilai mudah digunakan berkat antarmuka yang jelas dan fitur otomatis yang meminimalkan keterlibatan manual. Validasi terhadap algoritma *fuzzy* dilakukan melalui pengulangan uji coba pada berbagai skenario, yang memperkuat keandalan prototipe. Dengan hasil ini, prototipe tidak hanya menunjukkan potensi implementasi dalam aplikasi rumah tangga, tetapi juga berkontribusi pada penghematan air dan pengurangan pemborosan sumber daya, sehingga menjadi solusi yang ramah lingkungan dan berorientasi pada kebutuhan pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

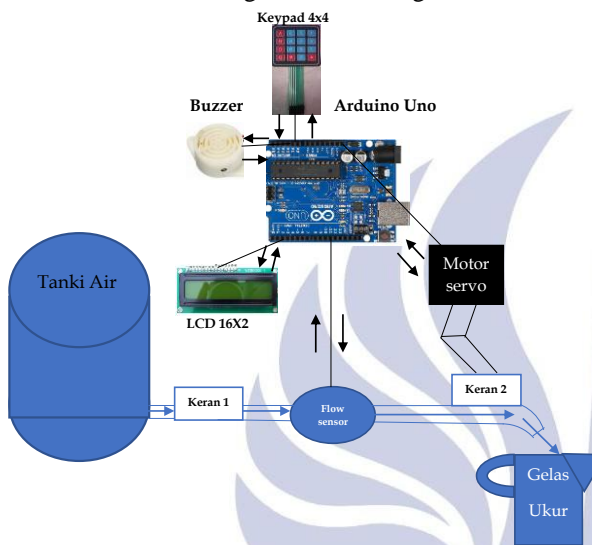
Dari blok diagram pada Gambar 1, terdapat beberapa tahapan. Power supply menyediakan energi listrik untuk perangkat dengan menurunkan tegangan AC melalui transformator dan mengubahnya menjadi arus DC menggunakan dioda. Untuk mengalirkan air, pengguna memasukkan token prabayar melalui keypad. Air yang mengalir melewati flowmeter, yang menghitung jumlah liter air dan berfungsi sebagai timer untuk motor servo. Data dari sensor dikirim ke Arduino untuk diproses, kemudian hasilnya ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x4 berupa jumlah air yang digunakan dan batas pemakaian. Saat batas tercapai, solenoid valve menutup aliran air, dan buzzer berbunyi sebagai peringatan.



Gambar 1 Blok Diagram Perencanaan Sistem



Gambar 2 Gambar Rangkaian Alat dengan Arduino



Gambar 3 Gambar Rancangan Sistem Keseluruhan

Dari Gambar 2 rangkaian diatas dapat dilihat bahwa komponen-komponen terhubung dengan pin pada arduino dimana keypad terhubung dengan 8 pin digital arduino yakni diantaranya adalah pin 0 hingga pin 7 kemudian pada sensor *flowmeter* terdiri dari 3 keluaran yakni Vcc, *ground* dan data dihubungkan pada pin digital 10 pada arduino, lalu aktuator servo memiliki 3 keluaran diantaranya yakni kabel merah terhubung pada Vcc, kabel hitam pada *ground* dan kabel kuning pada pin digital 9 pada arduino, kemudian Komponen LCD (*Liquid Crystal Display*) dihubungkan menggunakan modul I2C, dimana keluarannya terdiri dari 4 output yaitu VCC, *ground*, SCL, dan SDA. SDA dan SCL dihubungkan dengan pin analog A4 dan A5 pada Arduino. Sedangkan komponen *buzzer* memiliki 2 output, yaitu *ground* dan data yang dihubungkan pada pin digital A0 pada Arduino."

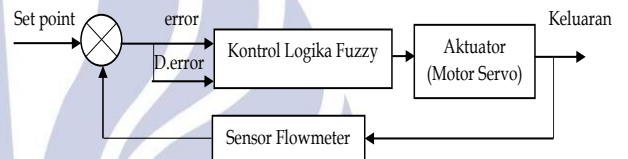
Berikut hasil perancangan yang telah dilakukan berikut merupakan gambar fisik yang telah dirangkai:



Gambar 4 Gambar Fisik Rancangan Sistem Keseluruhan

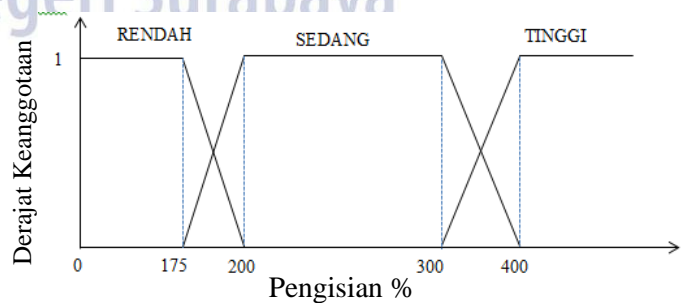
Perancangan Sistem Logika Fuzzy

Perancangan logika *fuzzy* dimulai dengan merancang fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk variabel masukan (*input*) dan variabel keluaran (*output*). Selanjutnya, dirancang basis aturan (*Rule Base*) yang menentukan hubungan antara variabel masukan dan variabel keluaran, serta fungsi defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai keluaran *crisp* dari nilai *fuzzy*. Hasil dari perancangan sistem diimplementasikan dalam bentuk mikrokontroler menggunakan program Arduino.



Gambar 5 Blok Diagram Fuzzy Logic

Fungsi keanggotaan nilai *error* dalam blok diagram logika *fuzzy* berperan sebagai langkah awal untuk mengukur sejauh mana sistem menyimpang dari target atau set point yang diinginkan. Nilai error dihitung sebagai selisih antara input aktual dan target, yang kemudian dikonversi ke dalam derajat keanggotaan *fuzzy*, seperti kategori "kecil", "sedang", atau "besar". Fungsi keanggotaan ini memungkinkan sistem untuk menangkap variasi error secara halus, sehingga setiap kondisi dapat dipetakan ke aturan *fuzzy* yang sesuai. Dengan cara ini, fungsi keanggotaan error menjadi elemen penting yang menentukan bagaimana sistem memberikan respons kendali yang adaptif, akurat, dan sesuai dengan kondisi aktual.



Gambar 6 Fungsi Keanggotaan Nilai Error

Secara matematis, fungsi keanggotaan nilai input error dapat dituliskan sebagai berikut untuk tiga kategori: Kecil (Small), Sedang (Medium), dan Besar (Large). Bentuknya tergantung pada jenis fungsi keanggotaan yang digunakan, misalnya fungsi segitiga atau trapezoidal. Berikut adalah contoh menggunakan fungsi keanggotaan segitiga:

Fungsi Keanggotaan: Kecil (Small)

$$\mu_{Small}(e) = \begin{cases} 1, & e \leq -\alpha \\ 1 - \frac{|e|}{\alpha}, & -\alpha < e < 0 \\ 0, & e \geq 0 \end{cases} \quad 1$$

Fungsi Keanggotaan: Sedang (Medium)

$$\mu_{Medium}(e) = \begin{cases} 0, & e \leq -b \text{ atau } e \geq b \\ \frac{e+b}{b}, & -b < e \leq 0 \\ 1 - \frac{e}{b}, & 0 < e < b \end{cases} \quad 2$$

Fungsi keanggotaan : Besar (Large)

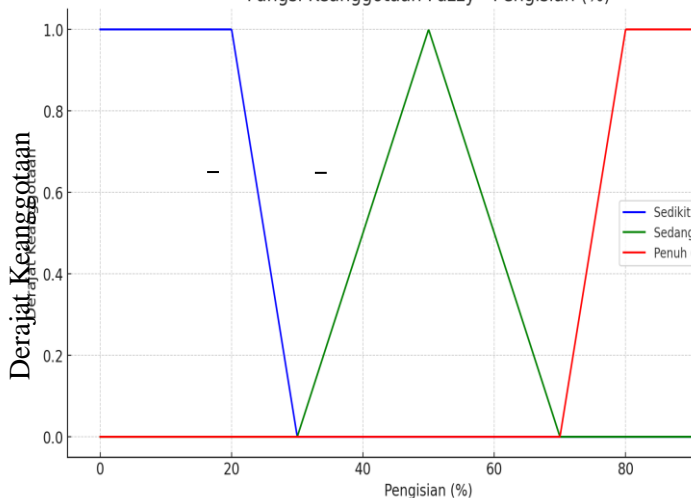
$$\mu_{Large}(e) = \begin{cases} 0, & e \leq c \\ \frac{e+b}{b}, & c < e < d \\ 1, & e \geq d \end{cases} \quad 3$$

Keterangan:

e: Nilai error input.

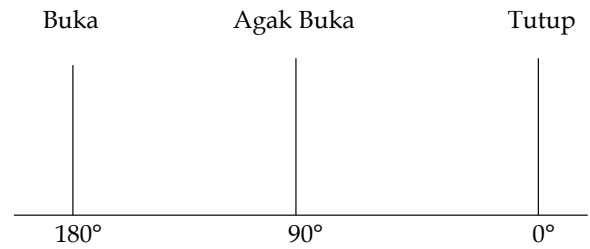
a,b,c,d: Parameter yang menentukan rentang masing-masing fungsi keanggotaan. Ketiga fungsi keanggotaan ini mencakup kondisi error kecil (negatif atau positif), error sedang, dan error besar, yang mencakup seluruh rentang nilai input error. Parameter a,b,c,d disesuaikan sesuai kebutuhan sistem agar mencerminkan hubungan error dengan derajat keanggotaan secara tepat. Membersip function nilai delta error terdiri dari 3 himpunan, yaitu negatif besar (NB), Zero, dan positif besar (PB)

Fungsi Keanggotaan Fuzzy - Pengisian (%)

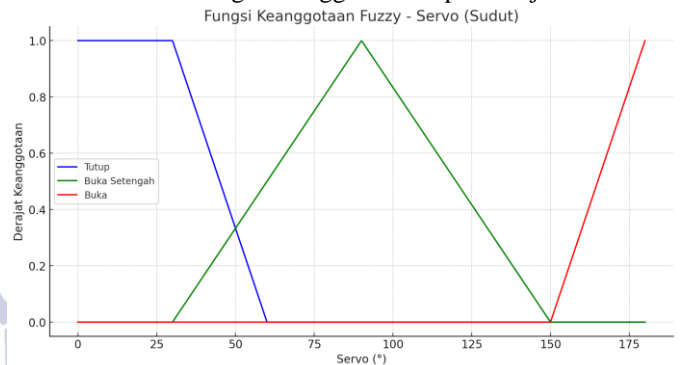


Gambar 7 Fungsi Keanggotaan Nilai D_Error

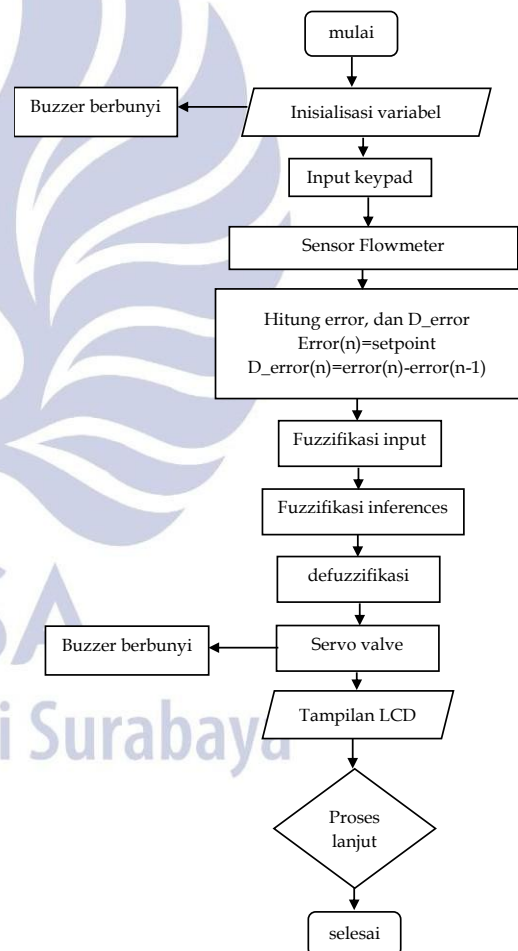
Fungsi keanggotaan *output* nilai derajat servo terdiri dari 3 himpunan yaitu tutup, agak buka dan buka.



Gambar 8 fungsi keanggotaan output derajat servo



Gambar 9 Fungsi Keanggotaan Output Derajat Servo



Gambar 10 Flowchart Perancangan Alat

Setpoint yang dimasukkan bergantung pada jumlah input meter kubik air yang dimasukkan, di mana jika input awal kurang dari setpoint, servo berada dalam kondisi off (buka). Ketika input mulai mendekati setpoint, servo beralih ke kondisi on

(agak menutup), dan jika input telah melebihi batas setpoint, servo akan on dalam kondisi menutup. Grafik di atas menunjukkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel input (Pengisian) dan output (Servo), di mana variabel Pengisian terdiri atas kategori Sedikit Terisi (Low) yang dominan pada nilai 0-30%, Sedang Terisi (Medium) pada nilai tengah 30-70%, dan Penuh (High) pada nilai 70-100%. Sementara itu, variabel Servo memiliki kategori Tutup dengan sudut mendekati 0° (maksimum pada 0-30°), Buka Setengah dengan sudut mendekati 90° (maksimum pada 30-150°), dan Buka dengan sudut mendekati 180° (maksimum pada 150-180°).

Rule Base Fuzzy

Susunan basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi fuzzy yang menyatakan relasi antara variabel input dan variabel output. Pada penelitian ini fungsi implikasi digunakan dengan bentuk pada tabel 1

Tabel 1 Rule Base Fuzzy

E	SERVO DOWN	OFF	SERVO UP
ΔE	NB	ZERO	PB
NB	TUTUP	SEDANG	BUKA
Z	TUTUP	SEDANG	BUKA
PB	TUTUP	SEDANG	BUKA

Operasi logika fuzzy yang digunakan dalam sistem ini adalah operator OR, yang diimplementasikan dalam bentuk aturan IF-THEN (Jika-Maka). Aturan ini menghubungkan kondisi perubahan kesalahan (ΔE) dan kesalahan (E) untuk menentukan posisi servo, yaitu TUTUP, SEDANG, atau BUKA. Contoh aturan tersebut adalah sebagai berikut: jika ΔE adalah NB (Negatif Besar) dan E adalah NB, maka posisi servo adalah TUTUP; jika ΔE adalah ZERO (Nol) dan E adalah NB, maka posisi servo adalah SEDANG; jika ΔE adalah PB (Positif Besar) dan E adalah NB, maka posisi servo adalah BUKA. Aturan serupa berlaku untuk kombinasi lain, seperti jika ΔE adalah NB dan E adalah Z (Nol), maka servo tetap TUTUP; jika ΔE adalah ZERO dan E adalah Z, servo berada pada posisi SEDANG; dan jika ΔE adalah PB dan E adalah Z, servo berada pada posisi BUKA. Selain itu, jika ΔE adalah NB dan E adalah PB, servo akan TUTUP; jika ΔE adalah ZERO dan E adalah PB, servo menjadi SEDANG; dan jika ΔE adalah PB dan E adalah PB, servo akan BUKA. Dengan demikian, ΔE dan E, masing-masing dengan nilai NB, ZERO, dan PB, digunakan untuk menentukan posisi servo berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditetapkan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler untuk mengontrol volume air

pelanggan berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Pengujian terhadap sensor flow meter dalam sistem ini menunjukkan bahwa meskipun fungsionalitas alat dapat berjalan sesuai tujuan, terdapat nilai error sensor yang signifikan, yaitu hingga mencapai 3%, yang perlu menjadi perhatian untuk perbaikan lebih lanjut guna meningkatkan akurasi dan keandalan sistem.

Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, disarankan untuk meningkatkan akurasi alat dengan mengganti sensor flow meter yang digunakan dengan jenis sensor yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi atau melakukan kalibrasi ulang secara berkala terhadap sensor yang ada. Selain itu, pengembangan algoritma pengolahan data pada mikrokontroler untuk mengurangi error pembacaan juga perlu dilakukan. Pengujian sistem dalam berbagai kondisi operasional disarankan sebagai langkah tambahan untuk memastikan keandalan alat dalam lingkungan sebenarnya, sekaligus meminimalkan error yang mungkin terjadi selama penggunaan.

Ucapan Terima Kasih

Saya ucapkan terima kasih pada semua dosen yang pernah mengajar saya dan Orangtua maupun Kakak saya yang selalu memberikan semangat serta selalu mendoakan saya serta sahabat saya Alwi dan Yondra yang telah membantu saya bertahan sampai bisa menyelesaikan skripsi saya.

DAFTAR PUSTAKA

- Sutrisno, N. Dan Hamdani, A. (2019). *“Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Air Untuk Meningkatkan Produksi Pertanian,”* J. Sumberd. Lahan, vol. 13, no. 2, hal. 73–88.
- Tama et al, M. L. H. (2024). *“Determining The Amount Of Feed Using Internet Of Things (IOT) Based On Temperature, pH, and Ammonia Monitoring,”* J. Sains Indones., vol. 5, no. 1, hal. 77–86.
- Adiastoro, M. Arundaya, A. Prasetya, G. P. Samasta, D. A. A. Syah, M. N. dan Andrasto, T. (2024). *“Pengaruh Parameter PID Kontroler Pada Alat Pemanas Air Otomatis,”* CONTEN Comput. Netw. Technol., vol. 4, no. 1, hal. 71–80.
- Abdul Fatah, L. (2022). *“Prototype Ventilator Portabel Berbasis Logika Fuzzy Untuk Volume Tidal (VT) dan Continous Positive Airway Pressure (CPAP).”* Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- SAATCHI, Reza (2024). *“Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation. Information”*, Sheffield Hallam University
- Hooi, H. T. & Nur Syazreen, A. (2024). *“Fuzzy logic approach for controlling uncertain and nonlinear systems: a comprehensive review of applications and advances”*. University sains

Malaysia

- Mohammed, A. A.; Ouahid, B.; Youcef, S.; Abderrezzak, C. (2024). "Enhanced Vector Control of Induction Motor" by Fuzzy Logic Controller. 2nd International Conference on Electrical Engineering and Automatic Control (ICEEAC)
- Chandrakant, Y.; Mridul, B. K.; Shivanshu, P.; Sanjeev, Y.; Kamlesh, K. B.; Yogesh, S. (2024). "Fault Detection and Location in Power System Using Fuzzy Logic Controller: A Review.. 3rd International conference on Power Electronics and IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)"
- Moomal, B.; Syed, O. A.; Mukhtar, U; Muhaxg1mmad, N. A. (15 November 2024). "A Fuzzy-Logic-Based Smart Irrigation Controller for Precision Agriculture". IEEE Internet of Things Journal (Volume: 11, Issue: 22)
- Al-Dabbagh, Z. A., Shneen, S.W. and A. O. Hanfesh, A.O. (September 2024). "Fuzzy Logic-based PI Controller with PWM for Buck-Boost Converter", JFSC, vol. 2, no. 3, pp. 147–159.
- Harminder, S. and Annapoorna, A. (2024). Fuzzy logic-based energy management in smart grids for renewable integration. International Conference on Multidisciplinary Research and Sustainable Development (ICMED 2024).
- Nethaji, G. Kathirvelan, J. (2024). Performance comparison between PID and Fuzzy logic controllers for the hardware implementation of traditional high voltage DC-DC boost converter. School of Electronics Engineering, Vellore Institute of Technology. Helyon 2024
- Nurul Fazlika, S. A.; Abdullah; Kasmuri, N. H. ; Subari, F. ; Hanipah, S.H. (2024). Comparative Assessment of Fuzzy Logic and PI Controllers for Ratio Control in Liquid Flow System. 2024 IEEE 15th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)
- Gunawan, M. F. (2019). Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol penggunaan Air Pelanggan Menggunakan Sensor Flow Meter dan Motor Servo Berbasis Mikrokontroler. Teknik Elektro Strata 1 Fakultas Teknik Universitas Jember 2019.
- Bobi, B. K.; Torih T.; Aziz, R.; Amri F. (Dec 24, 2024) Sistem Monitoring Pompa dan Kontrol Valve untuk Aliran Air Pada Ipa (Instalasi Pengolahan Air) Menggunakan Sensor Arus Tegangan. Politeknik Negeri Indramayu. Vol. 14 No. 2 (2024): JURNAL ILMIAH SUTET

