

Sistem Pengisian Minuman Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* pada *Vending Machine*

Kevin Izza Sebastian¹, Sungkono², Bambang Priyadi³

e-mail: kvnizza@gmail.com, sungkono@polinema.ac.id, bambang.priyadi@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 5 Januari 2023

Direvisi 30 Maret 2023

Diterbitkan 31 Mei 2023

Kata kunci:

Multi Coin Acceptor
Sensor Aliran Air
Logika Fuzzy
Mesin Jual Otomatis
Minuman

Keywords:

Multi Coin Acceptor
Water Flow Sensor
Fuzzy Logic
Vending Machine
Beverage

Penulis Korespondensi:

Kevin Izza Sebastian
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141
Email: kvnizza@gmail.com
+62 823 3548 9339

ABSTRAK

Saat ini, transaksi jual beli minuman masih dilakukan secara konvensional dengan menyewa karyawan. Penelitian ini merancang sebuah *vending machine* sebagai sarana penjualan minuman berbasis koin dengan memanfaatkan *multi coin acceptor*. Dengan adanya *vending machine* ini diharapkan akan memudahkan pengusaha untuk memasarkan dan memperdagangkan produknya secara otomatis. *Vending machine* ini memiliki tiga jenis minuman dengan dua ukuran, yaitu 350 mL dan 500mL, yang masing masing akan dipompa dengan Pompa DC yang keluarannya diatur menggunakan Algoritma Logika Fuzzy dengan memanfaatkan ESP32 sebagai kontrolernya. Dengan menggunakan data sensor level dari *sender* untuk mengukur level tanki dan *water flow sensor* untuk menghitung volume minuman yang telah dipompa maka sistem kondisi *closed loop system telah tercapai*. Dari hasil percobaan, didapatkann bahwa sistem yang telah dibuat memberikan hasil error rata – rata 1.8% dan error maksimum 3.2%, dengan waktu pengisian 18 detik untuk 350 mL dan 24 detik untuk 500 mL.

ABSTRACT

Currently, the sale and purchase of beverages is still done conventionally by hiring employees. This study designed a vending machine as a means of selling coin-based drinks by utilizing a multi-coin acceptor. With this vending machine, it is hoped that it will make it easier for entrepreneurs to market and trade their products automatically. This vending machine has three types of drinks with two sizes, namely 350 ml and 500 ml, each of which will be pumped with a DC Pump whose output is regulated using a Fuzzy Logic Algorithm by utilizing ESP32 as the controller. By using the level sensor data from the sender to measure the tank level and the water flow sensor to calculate the volume of the drink that has been pumped, the closed loop system condition has been achieved. From the experimental results, it is found that the system that has been created gives an average error of 1.8% and a maximum error of 3.2%, with a filling time of 18 seconds for 350 mL and 24 seconds for 500 mL.



1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, manusia senantiasa berkreasi dan berusaha untuk berinovasi dan menciptakan sesuatu yang dapat memudahkan aktivitasnya. Di antara berbagai bidang yang ada, peranan perkembangan teknologi yang sangat menonjol ada pada bidang pemasaran [1]. Pada bidang ini, manusia biasa untuk memasarkan dan menjual barangnya secara tatap muka dengan pembeli. Hal ini dapat membuat keuntungan penjual berkurang secara signifikan apabila menggunakan jasa pegawai dalam proses penjualan. Maka dari itu, diperlukan sebuah mesin yang berguna untuk menjual produk secara otomatis.

Dalam bidang pemasaran, penerapan teknologi yang telah dikembangkan adalah mesin penjual otomatis atau *vending machine*. *Vending machine* adalah mesin yang mampu memperjualbelikan barang secara otomatis tanpa bantuan tenaga manusia, dengan metode pembayaran tunai maupun non-tunai yang dapat diakses pada mesin. Pada uang yang dimasukkan akan divalidasi oleh kotak mesin tersebut dengan sebuah alat pendeteksi mata uang (*Currency Detector*) [2]. Mesin ini mampu mengeluarkan produk yang diinginkan konsumen setelah melakukan pembayaran dengan memasukkan sejumlah uang ke mesin, baik berupa uang koin, uang kertas, maupun uang digital layaknya berinteraksi dengan penjual asli.

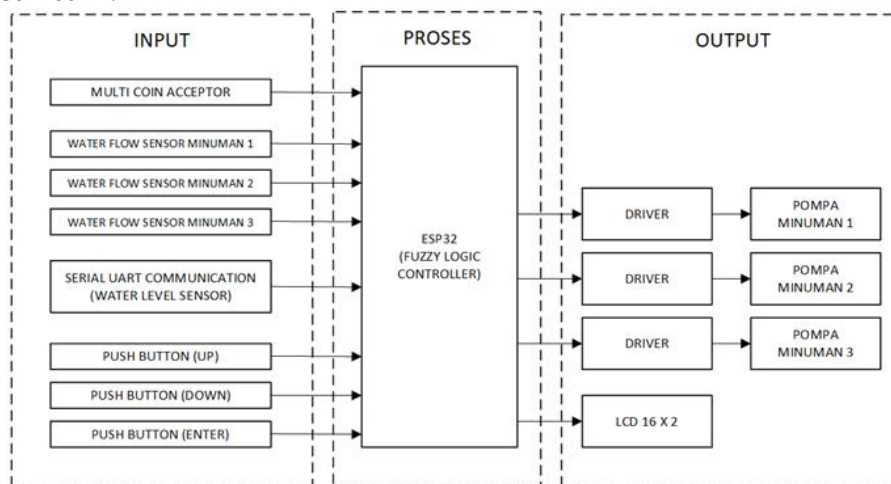
Pada penelitian [3], telah dibuat sebuah *vending machine* yang digunakan sebagai otomatisasi pembuatan minuman kopi dan teh. Dalam hal ini, terdapat beberapa aspek yang perlu dikembangkan, seperti keluaran pompa yang hanya on – off berdasarkan waktu, tidak adanya sensor sebagai umpan balik, serta tidak terdapat metode pembayaran konvensional. Pada penelitian ini, untuk mengendalikan keluaran dari pompa DC, digunakan Kontrol Logika Fuzzy (KLF) metode mamdani dengan menggunakan dua input, yaitu error dan delta error. Kedua input ini akan diolah sesuai dengan *fuzzy rules* yang telah dirancang, sehingga akan menghasilkan output berupa nilai PWM yang akan dikirimkan oleh ESP32 sebagai mikrokontroler ke pompa melalui driver yang telah dirancang.

Perancangan *vending machine* ini diharapkan dapat memberikan keluaran volume minuman dengan *error* sekecil mungkin. Selain itu, *Vending machine* ini diharapkan dapat memberikan metode baru pada pengusaha kecil untuk memasarkan produknya secara otomatis, yang harapannya dapat dikembangkan dalam hal metode pembayaran baik secara uang tunai maupun secara digital.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem pengontrolan volume pada *vending machine* yang mencakup input, proses dan output dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari *vending machine* ini adalah apabila user memasukkan koin, maka uang dalam *vending machine* akan bertambah sesuai dari nilai koin yang telah dimasukkan. Dalam proses ini, *multi coin* acceptor berperan untuk memvalidasi koin yang masuk ke *vending machine*. Detektor pada coin acceptor ini mengevaluasi



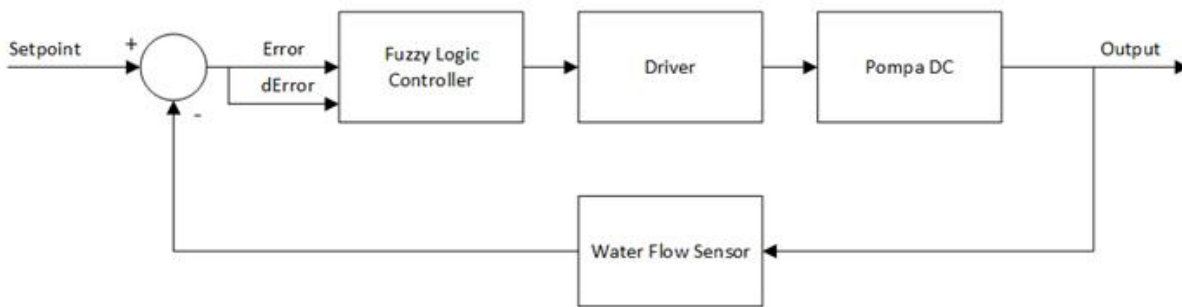
koin berdasarkan berat, ukuran, magnet, dan kandungan logam agar sesuai dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya [4]. *User* dapat melihat akumulasi total koin yang telah masuk pada LCD. Jumlah karakter yang dapat ditampilkan pada LCD tergantung pada spesifikasinya [5]. Terdapat juga tiga buah *push button* yang masing – masing digunakan sebagai tombol Up, Down, dan Enter. Ketiga tombol inilah yang menjadi navigasi user untuk mengakses interface menu LCD sebagai perantara untuk memesan jenis dan ukuran minuman.

Apabila saldo mencukupi dan kapasitas masih tersedia, yang dapat diketahui melalui data level yang dikirim oleh sender, maka minuman yang telah dipesan dapat keluar. Keluarnya minuman dari tanki menuju ke wadah dibantu oleh Pompa DC berjenis Diaphragm Pump. Pompa ini memiliki prinsip dengan menciptakan kondisi bertekanan rendah pada sisi masuk (*suction*) dan kondisi bertekanan tinggi pada sisi keluar (*discharge*) [6]. Sebagai penggerak pompa, maka dibutuhkan sebuah driver. Komponen utama dalam driver ini adalah MOSFET tipe N-Channel IRF540N. Mosfet ini dapat menghantarkan daya hingga 396 W. Jika membutuhkan daya yang lebih besar lagi, maka dapat dicapai dengan merangkai dua buah mosfet secara parallel. Hal ini akan mengakibatkan output daya yang dihasilkan akan tergandakan, selama tegangan *supply* dan transformator sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan [7]. Untuk menggerakkan pompa, *driver* ini membutuhkan sinyal PWM yang dikirimkan oleh ESP32 yang nantinya tegangan yang diterima pompa akan sebanding dengan PWM yang diterima *driver*. ESP32 ini digunakan sebagai kontroler utama yang akan memproses semua nilai dari input. ESP32 memiliki beberapa fitur unggulan dibandingkan mikrokontroler lain, seperti *Bluetooth* dan *Wi-Fi*. Pada aspek GPIO, mikrokontroler ini memiliki fitur yang beragam, seperti 18 pin *Analog to Digital Converter (ADC)*, 2 pin *Digital to Analog Converter (DAC)*, pin komunikasi serial (2 UART, 1 I2C, 1 I2S, dan 1 SPI), 10 pin sensor sentuh, dan 16 pin PWM [8].

Selain itu, ESP32 juga digunakan untuk proses algoritma *Fuzzy Logic* yang nilainya akan digunakan untuk menggerakkan *output*. Sistem fuzzy didefinisikan sebagai sistem yang tersusun berdasarkan aturan himpunan fuzzy. Salah satu keistimewaan sistem fuzzy yaitu variabelnya yang bernilai real, sehingga cocok digunakan pada sistem permodelan [9]. Sebagai feedback untuk logika fuzzy pada sistem, terdapat *water flow sensor* yang digunakan untuk menghitung volume minuman yang telah terpompa ke wadah. Prinsip penggunaan sensor ini adalah pemanfaatan fenomena *Hall Effect* pada magnet yang terdapat pada rotor sensor. Fenomena ini memanfaatkan perbedaan potensial antara kedua sisi sensor, yaitu pada medan listrik dan medan magnet yang disebut *Hall Potential*. Nilai potensial ini sebanding dengan medan listrik dan medan magnet yang melalui sensor. Maka dari itu, semakin cepat aliran air maka rotor akan berputar semakin cepat sehingga pulsa yang dihasilkan akan semakin banyak pula [10].

2.2. Blok Diagram Kontrol

Blok diagram kontrol sistem pengontrolan volume pada *vending machine* yang mejabarkan proses metode kontrol *fuzzy* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2: Blok Diagram Kontrol

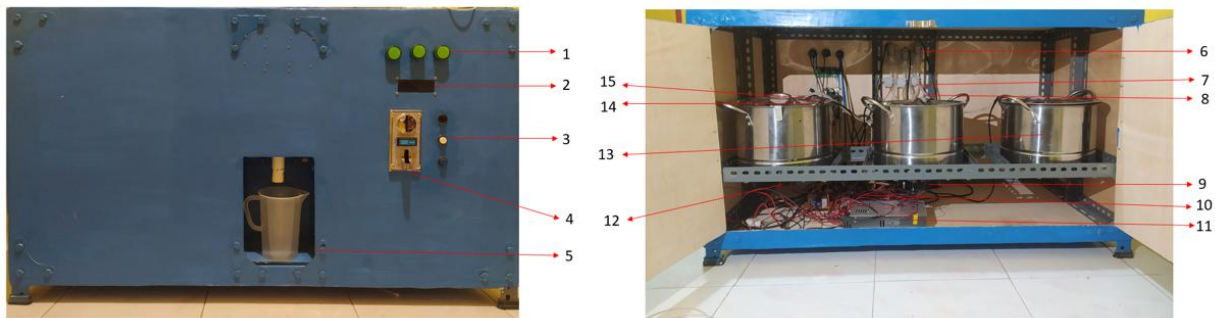
Pada Gambar 2, dijabarkan blok diagram kontrol di mana terdapat *setpoint* yang merupakan ukuran minuman yang akan dibeli oleh *user*. *Water flow sensor* digunakan sebagai pembacaan aliran minuman yang telah dipompa yang kemudian dikonversikan nilainya menjadi volume. Nilai inilah yang nantinya akan digunakan untuk menghitung *error* dan *delta error* sebagai himpunan input untuk *Fuzzy Logic*. Hasil dari perhitungan ini akan digunakan untuk menentukan nilai sinyal PWM yang akan dikirim oleh mikrokontroler ke driver sebagai penggerak



pompa untuk mengalirkan minuman ke wadah. Dengan adanya respon feedback yang diberikan oleh sensor, maka terciptalah sistem *close loop* pada alat ini.

2.3. Perancangan Hardware

Perancangan Hardware meliputi bagian perencanaan mekanisme alat, yang terdiri dari perancangan mekanik, perancangan elektrik, serta spesifikasi alat secara umum. Berikut adalah tampilan fisik alat yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Tampak Depan dan Belakang Alat

Dengan penjelasan gambar sebagai berikut.

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--|
| 1. Lampu indikator ketersediaan | 6. Pompa DC | 11. <i>Power supply</i> |
| 2. LCD tampilan menu | 7. <i>Water flow sensor</i> | 12. <i>Heater</i> |
| 3. Tombol navigasi menu | 8. Selang silikon | 13. Panci minuman (Panas, Biasa, Dingin) |
| 4. <i>Multi coin acceptor</i> | 9. Peltier set | 14. Sensor Ultrasonik |
| 5. Tempat pengisian minuman | 10. Tempat modul elektrik | 15. Sensor Suhu |

a. Spesifikasi Mekanik

Vending machine ini memiliki dimensi dengan panjang 1000 mm, lebar 500 mm dan tinggi 600 mm. Sebagai penutup badan kerangka, digunakan tripleks dengan ketebalan 6mm. Pada bagian dalam, terdapat tiga buah panci untuk masing – masing minuman. Panci ini terbuat dari bahan stainless steel dan memiliki diameter 260 mm, tinggi 180 mm, dengan volume 5 L.

b. Spesifikasi Elektrik

Untuk dapat beroperasi, *vending machine* ini memerlukan supply 220 V dari tegangan jala – jala PLN. Tegangan ini digunakan untuk menghidupkan PSU 12 V untuk beberapa komponen elektrik pada *vending machine* seperti pompa DC dan *multi coin acceptor*. Kemudian juga terdapat 5V *regulator*, yang merubah tegangan 12 V menjadi 5 V. Tegangan 5 V ini digunakan untuk menghidupkan mikrokontroler dan *water flow sensor*

c. Spesifikasi Alat

1. Harga Minuman

Berikut adalah daftar harga minuman beserta harganya yang ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I: HARGA MINUMAN

Jenis Minuman	350 mL	500 mL
Air Biasa	Rp3000	Rp4000
Air Panas	Rp5000	Rp7000
Air Dingin	Rp6000	Rp8000

2. Jenis koin

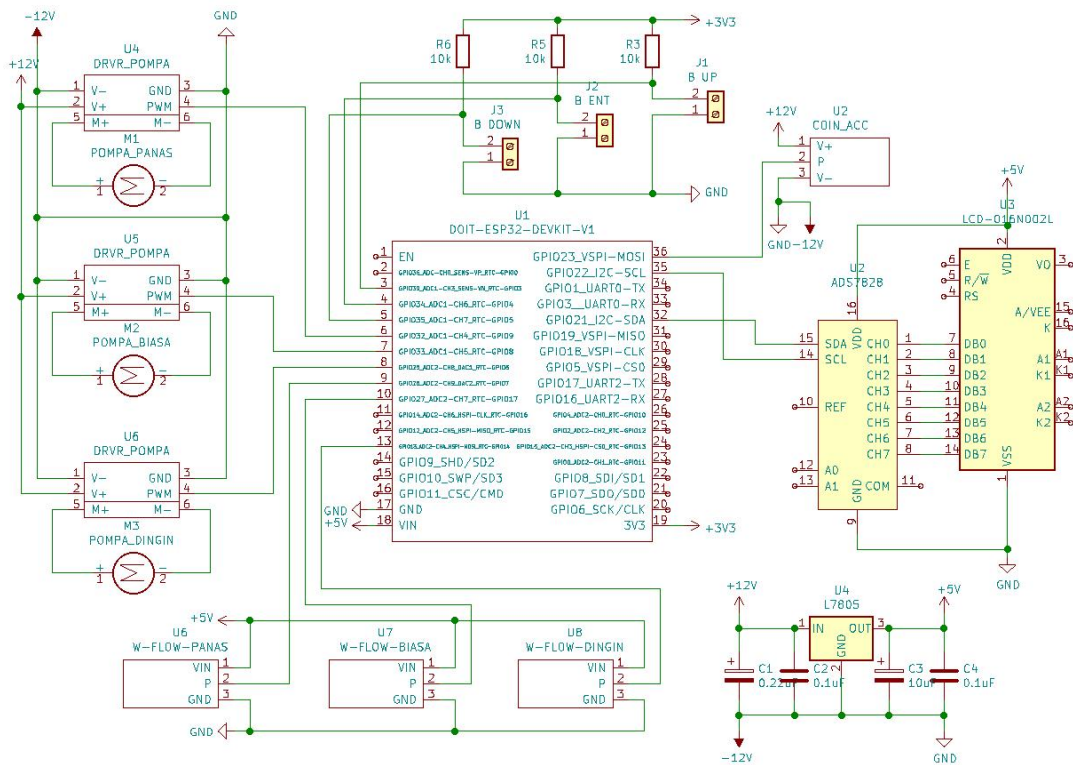
Vending machine ini dapat menerima dua macam nominal koin, yaitu nominal Rp500 dan Rp1000. Seluruh varian dari nominal ini dapat dipakai, seperti untuk nominal Rp500 dengan varian kuning melati,



perak melati dan perak TB Simatupang. Serta untuk nominal Rp1000 dengan varian perak angklung dan perak I Gusti Ketut Pudja.

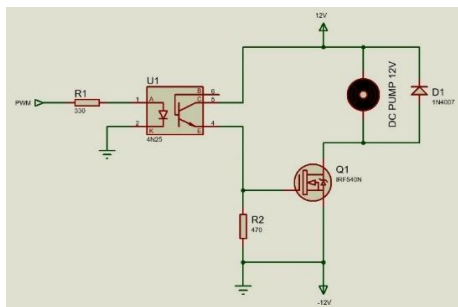
2.4. Perancangan Elektronik

Berikut adalah rangkaian elektronik keseluruhan yang digunakan pada sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian Keseluruhan Sistem

Pada Gambar 4, terdapat *driver* pompa yang berfungsi mengoperasikan pompa sesuai dengan PWM yang diterima. Komponen pada rangkaian *driver* ini dijabarkan dengan lebih rinci melalui Gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian *Driver* Pompa DC

Dalam rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 5, digunakan *optocoupler* jenis 4N25 untuk menerima sinyal PWM dari ESP32 serta sebagai pengaman antara rangkaian utama dengan mikrokontroler. *Optocoupler* ini memiliki TON dan TOFF dengan nilai maksimum 10 μ s. Parameter ini masih dalam kategori aman karena frekuensi PWM yang digunakan pada rangkaian *driver* ini adalah 5000 Hz. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai periode sinyal yang lebih besar daripada nilai TON dan TOFF yang dibuktikan dengan persamaan (1).

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5000} = 0.0002s = 200 \mu s \tag{1}$$

Keterangan :



- T = Periode (s)
- f = Frekuensi (Hz)

Optocoupler 4N25 menggunakan LED dengan tegangan kerja 1.5 V yang berguna untuk memicu *phototransistor* yang nantinya akan membuat *collector* dan *emitter* tersambung. Dikarenakan tegangan output yang keluar dari ESP32 adalah 3.3 V maka diperlukan resistor untuk menghambat arus yang masuk ke LED. Melalui persamaan (2) didapatkan nilai R1 sebesar 180 Ω, akan tetapi *resistor* yang akan digunakan adalah resistor dengan nilai 330 Ω karena mempertimbangkan nilai toleransi dari resistor.

$$R1 = \frac{V_{out} - V_{led}}{I_f} = \frac{3.3 - 1.5}{0.01} = 180 \Omega \quad (2)$$

Keterangan :

- Vout = Tegangan output ESP32 (V)
- Vled = Tegangan maju LED (V)
- If = Arus maju LED (A)

Pada rangkaian ini juga diperlukan R2 yang dipasang secara pull-down agar kondisi MOSFET tidak mengambang (*float*) saat *optocoupler* dalam kondisi OFF. Melalui persamaan (3) didapatkan nilai R2 sebesar 400 Ω, akan tetapi karena nilainya tidak ada di pasaran, maka nilai resistor yang digunakan adalah 480 Ω.

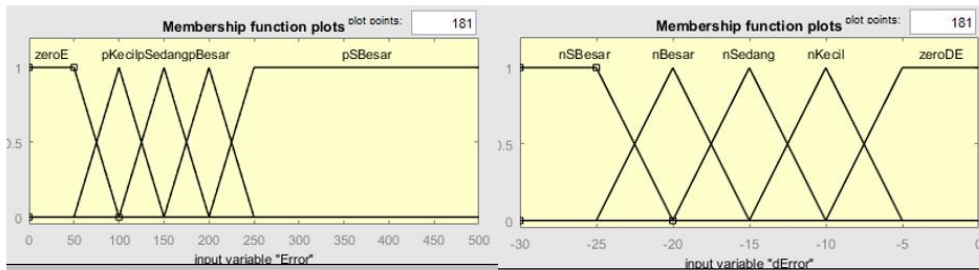
$$R2 = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{I_c} = \frac{12 - 10}{0.005} = 400 \Omega \quad (3)$$

Keterangan:

- Vcc = Tegangan sumber output (V)
- Vce = Tegangan collector-emitter optocoupler (V)
- Ic = Arus collector optocoupler (A)

2.5. Perancangan Software

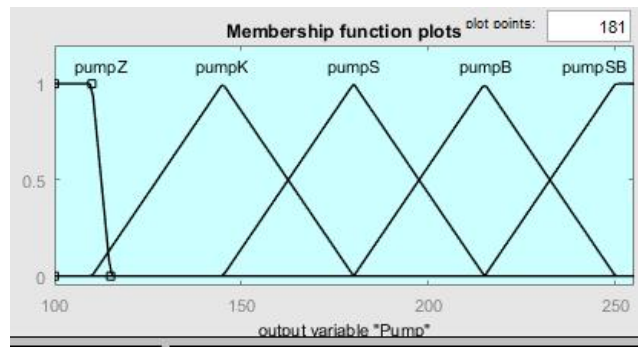
Perancangan software meliputi perancangan *Fuzzy Logic Controller* dengan Metode Mamdani untuk menghitung PWM yang akan dikirimkan untuk menggerakkan pompa saat proses pengisian minuman. Perancangan *Fuzzy Logic* meliputi perancangan *membership function input (error dan delta error)*, *membership function output (PWM pompa)*, dan pembentukan inferensi *rule*. Berikut adalah *membership function* untuk *Input* yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Membership Function Input Fuzzy Logic

Berikut adalah *membership function output fuzzy logic* pada sistem yang ditunjukkan pada Gambar 7.





Gambar 7 Membership Function Output Fuzzy Logic

Berikut adalah *rule base* dari *fuzzy logic* pada sistem yang ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II: FUZZY RULE BASE

Error dError	zeroE	pKecil	pSedang	pBesar	pSBesar
nSBesar	pumpZ	pumpK	pumpS	pumpS	pumpB
nBesar	pumpK	pumpS	pumpS	pumpB	pumpB
nSedang	pumpS	pumpS	pumpB	pumpB	pumpSB
nKecil	pumpS	pumpB	pumpB	pumpSB	pumpSB
zeroDE	pumpB	pumpB	pumpSB	pumpSB	pumpSB

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Rangkaian *Driver* Pompa DC

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan yang dikeluarkan rangkaian *Driver* DC untuk setiap nilai PWM yang diberikan oleh ESP32. Berikut adalah hasil pengujian rangkaian *driver* pompa DC yang ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III: HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN *DRIVER*

PWM	Tegangan	PWM	Tegangan	PWM	Tegangan
0	0 V	100	4.4 V	200	9.4
25	0.6 V	125	5.1 V	225	10.6
50	1.8 V	150	6.9 V	255	12
75	3 V	175	8.2 V		

Dari data hasil pengujian pada Tabel III, dapat disimpulkan bahwa rangkaian *driver* yang telah dibuat dapat memberikan tegangan *output* yang bervariasi, sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan pompa DC sesuai dengan nilai PWM yang akan diberikan. Tegangan yang dikeluarkan driver untuk menggerakkan pompa akan sebanding dengan nilai PWM yang dikirimkan oleh ESP32, dan tidak akan melebihi *supply* untuk pompa, yaitu 12 V.

3.2. Pengujian Sistem

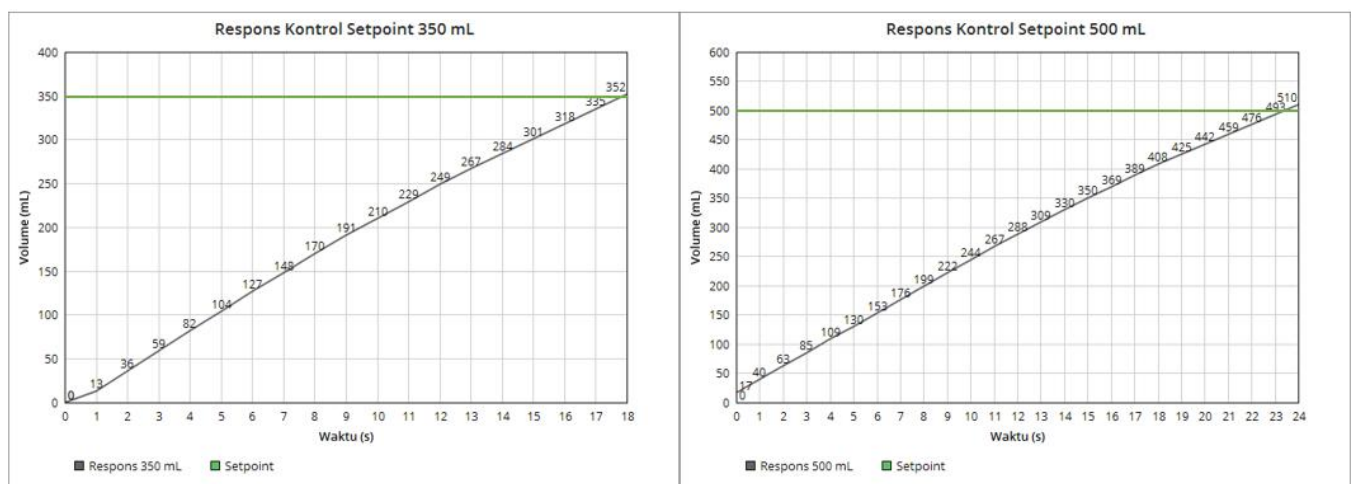
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respons dan error sistem secara keseluruhan setelah diberi metode algoritma logika fuzzy. Berikut adalah hasil pengujian pengisian minuman yang ditunjukkan pada Tabel IV.



TABEL IV: HASIL PENGUJIAN SISTEM PENGISIAN

Sensor	Setpoint	Terukur	Waktu	Error	Sensor	Setpoint	Terukur	Waktu	Error
Sensor 1	350 mL	355 mL	18 detik	1.4%	Sensor 3	350 mL	352 mL	18 detik	0.5%
(Panas)	500 mL	515 mL	24 detik	3%	(Dingin)	500 mL	510 mL	24 detik	2%
Sensor 2	350 mL	353 mL	18 detik	0.8%					
(Normal)	500 mL	516 mL	24 detik	3.2%					
							Rata – rata <i>error</i>		1.8%

Dari data hasil pengujian pada Tabel IV, dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja secara optimal dengan rata-rata *error* 1.8%. *Error* ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti terdapat sisa air yang memutar rotor, penempatan sensor yang kurang sesuai, serta nilai kalibrasi yang kurang tepat. Untuk mengetahui hasil respons perubahan volume minuman yang terpompa, dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Respons Kontrol *Fuzzy* pada Sistem

Dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8, dapat disimpulkan bahwa kontrol *fuzzy* yang telah dirancang telah bekerja dan memberikan efek pada sistem pengisian. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya perubahan volume minuman yang terpompa per satuan detiknya. Perubahan ini mengindikasikan bahwa perbedaan nilai *input* sistem *fuzzy* (*error* dan *delta error*) dapat memberikan perbedaan nilai keluaran pompa per detiknya. Hal ini mengakibatkan nilai pertambahan volume per detik saat pengisian minuman akan lebih sedikit, seiring dengan total volume yang mendekati *setpoint*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan Metode *Fuzzy Logic Control* pada sistem pengisian bekerja sesuai dengan teori dengan penggunaan *driver* pompa DC yang telah dirancang sehingga dapat memvariasikan keluaran pompa tersebut. Dalam proses pengisian terjadi *error* dengan rata-rata 1.8% dan *error* maksimum 3.2%. Terjadinya *error* ini disebabkan karena pembacaan aliran minuman oleh *water flow sensor* yang digunakan sangat dipengaruhi oleh faktor internal seperti metode *fuzzy* yang digunakan dan besarnya nilai kalibrasi sensor. Selain itu terdapat pula faktor eksternal seperti penempatan sensor yang kurang optimal sehingga meniyaskan aliran air sehingga rotor sensor masih berputar saat pompa mati.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irnawati. 2015. Peranan Teknologi Informasi dalam Meningkatkan Sistem Pemasaran. Faktor Exacta Vol. 8, No. 1, 2015.
- [2] D. Sujana, Q. Mardzotillah, A. Nuraidin, M. A. Rosip, W. Sulistianto. 2019. Komparasi Analisa Sistem Simulasi Vending Machine Automatic Cash Money Dan E-Money Di Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang. JUTIS Vol. 7, No.1, April 2019.
- [3] B. A. Chairawati, B. Priyadi, Siswoko. 2021. Pengkondisian Level dan Suhu Tangki Minuman pada Eco Vending Machine. Jurnal Elkolind Vol. 8, No. 1, Juli 2021.
- [4] A. Ritonde, J. Paraye, S. Korde, S. Gole. 2019. Mobile Charging on Coin Insertion. IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development, Vol. 7, Issue 01, 2019.
- [5] L. A. Subagyo, B. Supriatno. 2017. Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 06, No. 03, 2017.
- [6] A. S. Wicaksana, B. Supriatno. 2020. Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH Air pada Tambak Ikan Bandeng Menggunakan Kontroller PID Berbasis Labview. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 09, No. 02, 2020.
- [7] N. Soedjarwanto, Budiarto, G. F. Nama, 2020. Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Teknologi IoT (Internet of Things). Jurnal Eltek, Vol. 18, No, 2, Oktober 2020.
- [8] Espressif Systems. "ESP32 Series Datasheet". Advanced Peripheral Interfaces. Maret 2022.
- [9] L. X. Wang. 1997. A Course in Fuzzy Systems and Control International Edition.
- [10] K. Yusuf, Salahuddin, Asran, 2019. Perancangan Alat Pengukur Debit Air Berbasis Arduino Uno sebagai Antisipasi Pemborosan Air di Sektor Pertanian. Jurnal Energi Elektrik Vol. 08, No, 01, 2019.

