

Perancangan Sistem Kendali *Gate Valve* Dengan Logika *Fuzzy Tsukamoto* Berbasis Arduino (Studi Kasus Pada Perusahaan Daerah Air Minum Jayapura)

Muammar Husaini^{1*}, Heru Sutejo², Rahmat H. Kiswanto³

Teknik Informatika, Universitas Sepuluh Nopember Papua, Jayapura, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: muammar.husaini95@gmail.com

Abstract

In distributing clean water, Local water company (PDAM) Jayapura has to deal with problems related to water pressure. One of them is the problem of excess water pressure that causes damage and leakage. A sudden increase in water pressure occurs due to an imbalance between the flow of water from the reservoir and the amount of water consumed by customers. At certain times when many customers no longer use PDAM water, the Gate Valve should also adjust the water flow to avoid excessive pressure. The proposed solution is a control system that automatically controls the Gate Valve using the Tsukamoto type Fuzzy logic method. In this research, a prototype was made to simulate the PDAM water distribution process. After collecting data by interview, observation, and searching for related documents, a prototype was designed using an automatic control system. The system uses water pressure and water flow sensors. The sensor measurement results are used to detect an increase in pressure due to the difference in flow entering and leaving the pipe. Then the system responds by moving the servo to adjust the opening of the main faucet as needed to prevent water pressure from rising. The results of the research show that the tool built can work well and the Fuzzy Tsukamoto method succeeds in preventing water pressure from rising significantly.

Keywords: *Local water company; Water Pressure; Control System; Tsukamoto Fuzzy*

Abstrak

Dalam mendistribusikan air bersih, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Jayapura harus menghadapi masalah terkait tekanan air. Salah satunya adalah masalah kelebihan tekanan air yang menyebabkan kerusakan dan kebocoran. Tekanan air yang tiba-tiba naik terjadi karena tidak seimbang antara aliran air dari *reservoir* dan jumlah air yang dikonsumsi pelanggan. Pada saat-saat tertentu ketika banyak pelanggan tidak lagi menggunakan air PDAM, sebaiknya *Gate Valve* juga menyesuaikan aliran air nya agar menghindari tekanan yang berlebihan. Solusi yang diusulkan adalah dengan sistem kendali yang otomatis mengendalikan *Gate Valve* dengan menggunakan metode logika *Fuzzy* tipe *Tsukamoto*. Pada penelitian ini dibuat prototipe untuk mensimulasikan proses distribusi air PDAM. Setelah dilakukan pengumpulan data dengan wawancara, observasi, dan pencarian dokumen terkait, kemudian dirancang sebuah prototipe dengan menggunakan sistem kendali otomatis. Sistem menggunakan sensor tekanan air dan aliran air. Hasil pengukuran sensor digunakan untuk mendeteksi adanya kenaikan tekanan akibat perbedaan aliran yang masuk dan yang keluar pipa. Kemudian sistem merespon dengan menggerakkan servo untuk mengatur buka kran utama sesuai kebutuhan untuk mencegah tekanan air naik. Hasil dari penelitian menunjukkan alat yang dibangun dapat bekerja dengan baik dan metode *Fuzzy Tsukamoto* berhasil mencegah tekanan air naik signifikan.

Kata kunci: *Perusahaan Daerah Air Minum; Tekanan Air; Sistem Kendali; Fuzzy Tsukamoto*

1. Pendahuluan

Air merupakan bagian kebutuhan pokok manusia yang banyak digunakan untuk memenuhi aktivitas sehari-hari. Di Kota dan Kabupaten Jayapura, pelayanan jasa air bersih diselenggarakan oleh pemerintah melalui PDAM Jayapura. Air yang disalurkan oleh PDAM Jayapura ke rumah-rumah penduduk berasal dari pegunungan yang telah disaring dan diolah

kemudian di tampung terlebih dahulu di bak-bak penampungan sementara atau reservoir, kemudian di distribusikan ke rumah-rumah pelanggan sesuai jadwal pengalirannya menggunakan tekanan dari gaya gravitasi. Pengaturan pendistribusian air menggunakan *Gate Valve*. *Gate Valve* adalah salah satu jenis katup yang digunakan dalam sistem perpipaan untuk mengatur aliran fluida. Prinsip kerjanya didasarkan pada penggunaan piringan berbentuk gerbang (*gate*) yang bisa diangkat dan diturunkan untuk menghalangi atau mengizinkan aliran fluida lewat [1].

Dalam proses pendistribusian air bersih, PDAM Jayapura harus menghadapi masalah terkait tekanan air. Salah satunya adalah kelebihan tekanan air yang menyebabkan kerusakan dan kebocoran. Kerusakan yang terjadi disebabkan karena selama jadwal pengaliran air sebenarnya tidak seluruhnya pemakaian airnya tinggi. Ada saatnya pemakaian air menjadi sangat rendah seperti malam hari. Pada saat pemakaian air minimum seperti saat malam hari, maka tekanan akan semakin tinggi, sedangkan pada saat jam puncak tekanan akan semakin turun [2]. fluktuasi tekanan akan mempengaruhi frekuensi semburan melalui titik kebocoran. Semakin tinggi tekanan air, semakin tinggi kebocoran atau kehilangan air fisik [3]. fluktuasi tekanan yang berkelanjutan juga merusak pipa karena memaksa pipa untuk terus mengembang dan menyusut dan mengakibatkan keretakan pipa [4]. Dengan melakukan manajemen tekanan air dapat menurunkan tingkat kebocoran [5]. Pengendalian tekanan yang lebih baik juga dapat menstabilkan sistem tekanan sehingga meningkatkan umur pipa [4]. Pengendalian tekanan dapat dilakukan dengan mengatur *Gate Valve*. Variasi penutupan *Gate Valve* sangat berpengaruh terhadap aliran fluida [6], semakin *Gate Valve* menutup maka kerugian aliran fluida cair yang melewati pipa semakin mengecil dan tekanan yang terjadi semakin rendah [7]. Namun pada prakteknya dilapangan, petugas pengatur air tidak mungkin selalu di satu tempat untuk memantau dan mengatur air karena jumlah *Gate Valve* yang banyak dan lokasinya yang berjauhan. Permasalahan ini timbul karena sistem yang digunakan masih manual sehingga sangat mengandalkan manusia setiap saat.

Untuk mengatasi masalah tersebut dapat di gunakan suatu sistem kendali. Salah satunya adalah Sistem Kendali dengan Logika *Fuzzy Tsukamoto*. Pengendali dengan Logika *Fuzzy* merupakan suatu sistem kendali yang berdasar pada basis pengetahuan manusia, dimana masukan, keluaran, serta tanggapan sistem diperoleh berdasarkan sistem pakar yang berbasis pengetahuan manusia [8]. Dalam logika *Fuzzy* terdapat derajat keanggotaan yang menunjukkan sejauh mana nilai dikatakan *True* dan sejauh mana bernilai *False* [9]. Metode *Tsukamoto* sendiri didasarkan pada konsep penalaran monoton [10]. Dengan konsep penalaran monoton (*if → then*), dan mengkombinasikan suatu sensor dengan suatu alat untuk menggerakkan *Gate Valve*, dapat dibuat aturan jika sensor bernilai true beberapa derajat maka buka *Gate Valve* juga true pada derajat yang sama.

Dari permasalahan diatas dan konsep logika *Fuzzy Tsukamoto* yang dinilai cocok untuk membuat variasi buka dan tutup *Gate Valve*, maka dalam penelitian ini akan membuat suatu sistem kendali yang menerapkan logika *Fuzzy Tsukamoto* yang dapat mengendalikan suatu katup untuk mencegah tekanan berlebihan saat pemakaian air berkurang. Dan menyesuaikan kembali buka katup saat pemakaian air kembali naik. Salah satu sistem kendali yang dapat digunakan adalah Logika *Fuzzy Tsukamoto*. Dan untuk dapat bekerja secara otomatis, sistem kendali dapat di tanamkan pada chip mikrokontroler *open source* Arduino.

2. Tinjauan Pustaka

Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dicoba melakukan pencegahan tekanan berlebihan dengan mengendalikan tekanan air. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Adrial Munis, Muhammad Sundoro, dan Eddy Setiadi Soedjono pada tahun 2021 dengan judul "Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air Fisik". Pada penelitian tersebut di dapat kesimpulan bahwa dengan mengendalikan tekanan aliran menggunakan *Pressure Reducing Valve* (PRV) dan mengatur jam operasi pompa berdasarkan *peak hour* dan *minimum hour* dapat menurunkan kehilangan air fisik [3].

Pada penelitian Galis Asmara pada tahun 2021 yang berjudul "Peluang dan Tantangan Pengendalian kehilangan Air Berbasis *Internet of Things (IoT)*: Studi Pustaka" mengungkapkan Penerapan *IoT* memungkinkan otomasi pada manajemen tekanan menggunakan *Pressure Reducing Valve (PRV)* dan *Variable Speed Drivers (VDS)*. Algoritma *PRV* secara otomatis memproses data aliran dan tekanan yang berasal dari katup di hulu, hilir dan titik kendali, untuk

mencapai *control optimal* terhadap *Supply*, *Demand*, *headloss* dan lain-lain. Sementara *VDS* mengatur kerja pompa [11].

Penelitian dengan topik sistem untuk pengendalian tekanan air pernah dilakukan Septian Wildan Makarim Martin pada tahun 2023 dalam karya ilmiah berjudul "Sistem Pengendalian Tekanan Air Pipa Saluran Distribusi Air Bersih Menggunakan Sistem Kendali *PID* Pada PDAM Tirta Giri Nata Kota Cirebon Dengan Sistem Data Logger". Pada penelitian tersebut, masalah yang diangkat adalah kebocoran dan kerusakan pipa karena tekanan di dalam pipa terlalu tinggi. Penulis menggunakan sistem *control PID* untuk mengendalikan tekanan air berdasarkan hasil pembacaan sensor tekanan air dan menggunakan Platform *IoT ThinkSpeak* untuk memonitor sistem dalam jaringan web. Metode tuning yang digunakan dalam penentuan parameter *PID* adalah metode *Ziegler-Nichols 1*. Sistem kendali *PID* mampu mencapai dan mempertahankan tekanan pada tekanan kerja yang diinginkan, serta monitoring tekanan air dapat berjalan dengan baik [12].

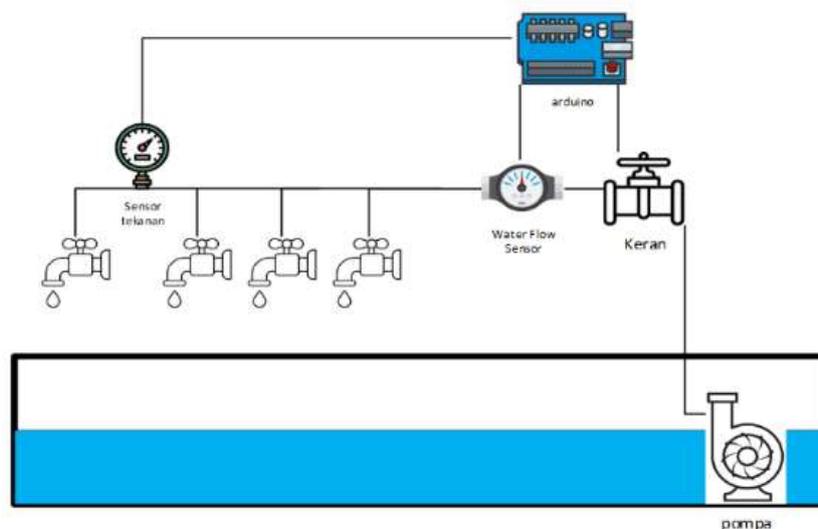
Selain Sistem kendali *PID*, logika *Fuzzy* juga dapat digunakan sebagai sistem kendali otomatis seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Andrianto Bala, Cindy P.C Munaiseche, dan Kristofel Santa dalam jurnal berjudul "Sistem Kontrol Alat Pengukur Berbasis *IoT* Menggunakan *Fuzzy Tsukamoto* Di peternakan Ayam Broiler Desa Tonsea Lama" [13]. Penelitian yang dilakukan oleh Eka Setya Wijaya, Yuslena Sari, Andreyan Rizky Baskara, dan Ahmad Rivaldy pada tahun 2021 dengan judul jurnal "Penerapan Logika *Fuzzy Tsukamoto* Untuk Pemantauan Kestabilan Suhu Menggunakan Sensor *Ds18b2* Pada *Styrofoam Box* Pengemasan Ikan" [14]. Dan pada penelitian lainnya yang di buat oleh Andi Riansyah, Dedy Kurniadi, dan Saebani pada tahun 2020 dalam penelitiannya yang berjudul "*Fuzzy Tsukamoto Implementation on Internet of Things to Control Flooding*" [15].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah, pada penggunaan *Gate Valve* sebagai objek yang dikendalikan sistem. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan *Pressure Reducing Valve (PRV)*. Sistem pendistribusian air pada PDAM Jayapura juga bukan menggunakan pompa melainkan gaya gravitasi. Sehingga tidak dimungkinkan mengatur jam operasi pompa berdasarkan *peak hour* dan *minimum hour*. Perbedaan berikutnya adalah pada penelitian Septian Wildan Makarim Martin pada tahun 2023 meskipun juga menggunakan *Gate Valve* untuk mengendalikan tekanan, metode yang digunakan adalah Sistem Kendali *PID*.

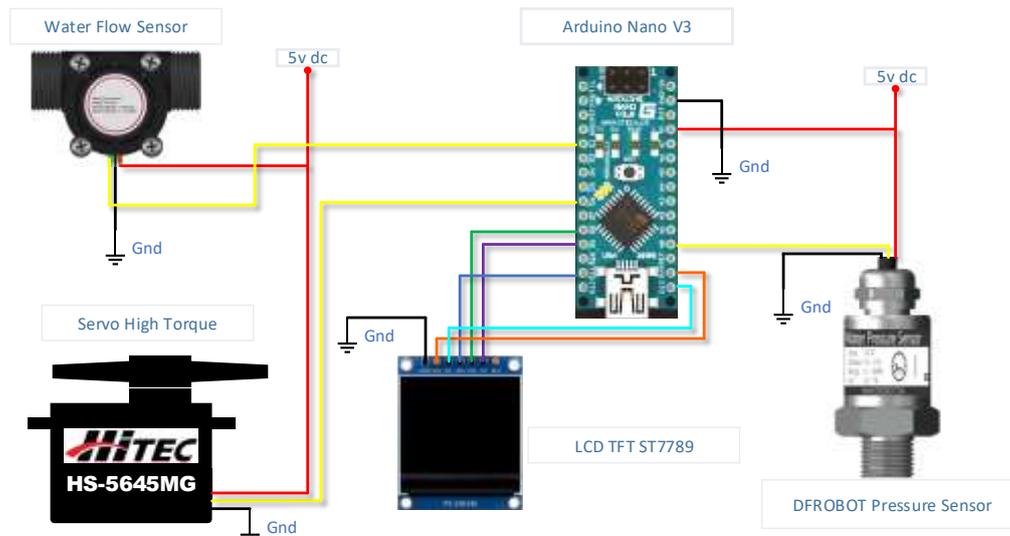
3. Metodologi

3.1. Komponen Dan Desain Sistem

Penelitian ini menggunakan sebuah prototipe yang mensimulasikan sebuah jaringan distribusi air. Desain prototipe dan sirkuit elektronika sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Prototipe Sistem



Gambar 2. Sirkuit Elektronika Sistem

- 1) **Arduino nano v3** sebagai basis sistem. Arduino nano mempunyai desain kecil dengan port I/O lengkap. Mempunyai fitur yang dibutuhkan yaitu fitur *interrupt*, *PWM* dan *ADC*
- 2) **DFRobot Pressure Sensor** untuk mengukur tekanan air. Ini adalah sensor yang dapat mendeteksi apakah ada air didalam pipa dan mengukur berapa tekanannya. Sensor ini berkomunikasi dengan Arduino menggunakan sinyal analog sehingga dibutuhkan fitur *Analog Digital Converter (ADC)* pada Arduino
- 3) **Water Flow Sensor** YF-B6 untuk mengukur aliran air. Sensor aliran air terdiri dari badan tembaga, rotor air, dan sensor efek hall. Ketika air mengalir melalui rotor, rotor berputar. Kecepatannya berubah sesuai laju aliran yang melewati sensor. Sensor efek hall mengeluarkan sinyal pulsa sebagai output sensor yang dapat di baca Arduino. Kecepatan aliran air berbanding lurus dengan frekuensi pulsa yang dihasilkan. Sinyal pulsa tersebut di sambungkan pada pin Interupt Arduino agar bias dibaca frekuensinya.
- 4) **Servo High Torque** atau servo torsi besar. Digunakan untuk menggerakkan stop kran. Servo menerima perintah dari Arduino dengan menggunakan sinyal PWM.
- 5) **LCD TFT** Untuk menampilkan data actual pembacaan sensor tekanan dan aliran, serta persentase buka stop kran yang merupakan hasil dari hitungan *Fuzzy*
- 6) **Kran dan Stop Kran**. Kran berjumlah empat buah berfungsi sebagai output air yang mensimulasikan penggunaan air oleh pelanggan. Sedangkan stop kran untuk mensimulasikan *Gate Valve* yang dikendalikan sistem
- 7) **Pompa** berfungsi untuk menciptakan aliran dan tekanan air

3.2. Mekanisme Kerja Sistem

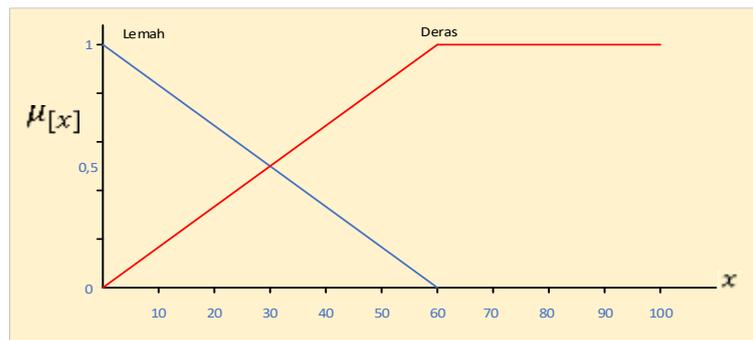
Pompa dihidupkan untuk menciptakan aliran dan tekanan air. Air kemudian mengalir melewati stop kran, melewati sensor aliran dan tekanan kemudian keluar melalui empat buah kran kecil. Dengan empat kran kecil tersebut dibuatkan skenario konsumsi air dari pemakaian maksimum ke pemakaian minimum. Dengan perubahan jumlah pemakaian dari yang tinggi ke rendah pasti akan menimbulkan penurunan aliran air dan kenaikan tekanan air. Perubahan aliran dan tekanan air di deteksi oleh sensor. Hasil pembacaan sensor kemudian di proses didalam papan sirkuit mikrokontroler Arduino untuk diolah menggunakan logika *Fuzzy Tsukamoto*. Tahapan dalam *Fuzzy Tsukamoto* adalah sebagai berikut:

- 1) *Fuzzyfikasi* yaitu proses untuk mencari nilai *Fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan. Nilai *Fuzzy* yang dicari adalah hasil output sensor Aliran dan Tekanan berupa nilai tegas. Tabel 1 memperlihatkan nilai linguistik yang akan di ubah menjadi bentuk *Fuzzy*.

Table 1. Variabel *Fuzzy* dan Nilai Linguistiknya

Variabel <i>Fuzzy</i> (input)	Nilai Linguistik
Aliran	Lemah
	Deras
Tekanan	Rendah
	Tinggi

Gambar 3 adalah grafik fungsi keanggotaan tekanan air dan aliran air serta rumus yang digunakan untuk mengubah output sensor menjadi nilai *Fuzzy*.

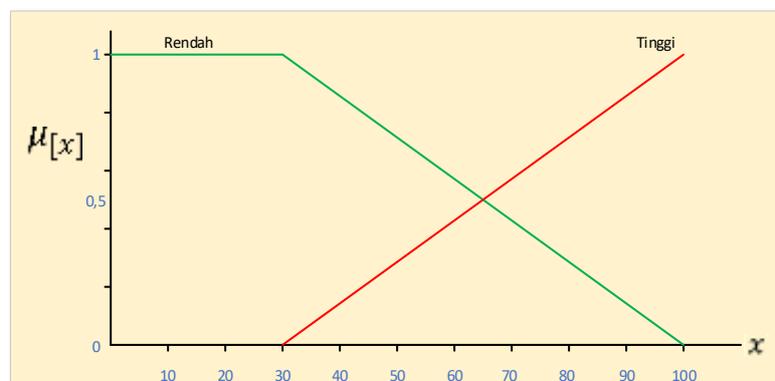


Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Aliran Air

Terlihat pada gambar 3 fungsi keanggotaan aliran air, pada kurva lemah rentang nilainya adalah 0 – 60 dengan kurva linear turun. Nilai x berbanding terbalik dengan nilai *Fuzzy* yang didapat. Sebaliknya pada kurva deras rentang nilainya dari 0 – 60 dengan kurva linear naik. Artinya nilai x berbanding lurus dengan nilai *Fuzzy* yang didapat. Saat x diatas 60, nilai *Fuzzy* konstan bernilai 1. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\mu[x]_{lemah} = \begin{cases} 1; & x < 0 \\ \frac{60 - x}{60 - 0}; & 0 \leq x \leq 60 \\ 0; & x > 60 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu[x]_{deras} = \begin{cases} 1; & x > 60 \\ \frac{x - 0}{60 - 0}; & 0 \leq x \leq 60 \\ 0; & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$



Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan Tekanan Air

Pada gambar 4 fungsi keanggotaan Tekanan air, pada kurva rendah, mempunyai rentang nilai 0 – 100 dengan kurva linear turun dari angka 30. jika nilai x dibawah 30 nilai Fuzzynya 1. Setelah x bernilai 30 berbanding terbalik dengan nilai Fuzzynya. Sebaliknya pada kurva tinggi mempunyai rentang nilai 0 – 100 dengan kurva linear naik dari angka 30. Jika nilai x dibawah 30, nilai Fuzzynya 0. Setelah x bernilai 30 berbanding lurus dengan nilai Fuzzynya. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\mu[x]rendah = \begin{cases} 1; & x < 30 \\ \frac{100 - x}{100 - 30}; & 30 \leq x \leq 100 \\ 0; & x > 100 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu[x]tinggi = \begin{cases} 0; & x < 30 \\ \frac{x - 30}{100 - 30}; & 30 \leq x \leq 100 \\ 1; & x > 100 \end{cases} \quad (4)$$

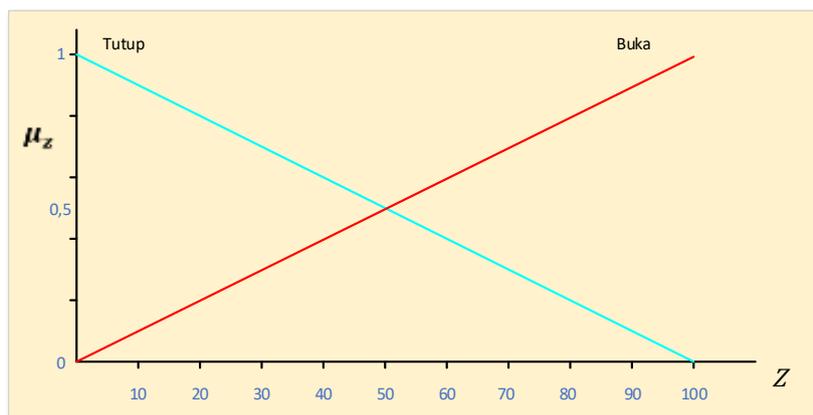
- 2) Mesin Inferensi yaitu proses pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan aturan (*rule*) yang telah dibangun sehingga menghasilkan suatu keputusan berupa perintah atau tindakan sesuai pengendalian yang diinginkan. *Rule* pada mesin inferensi adalah sebagai berikut:

- [Rule 1] *If* Tekanan Rendah *and* Aliran Lemah *then* Buka Kran
- [Rule 2] *If* Tekanan Rendah *and* Aliran Deras *then* Buka Kran
- [Rule 3] *If* Tekanan Tinggi *and* Aliran Lemah *then* Tutup Kran
- [Rule 4] *If* Tekanan Tinggi *and* Aliran Deras *then* Buka Kran

Setelah mendapatkan nilai *Fuzzy* dari semua nilai linguistik, kemudian akan di cari α -predikat (*fire strength*) dari masing masing *rule*, karena setiap *rule* menggunakan operator *and* maka α -predikat diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan himpunan yang bersangkutan dengan menggunakan persamaan berikut [9]

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A(x)}, \mu_{B(y)}) \quad (5)$$

- 3) *Defuzzyfikasi* adalah kebalikan dari *Fuzzyfikasi*. Dalam proses ini, α -predikat (*fire strength*) masing-masing *rule* akan di ubah kembali menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggoraan Stop kran. Gambar 5 berikut ini adalah grafik fungsi dan rumusnya.



Gambar 5. Grafik Fungsi Keanggotaan Stop Kran

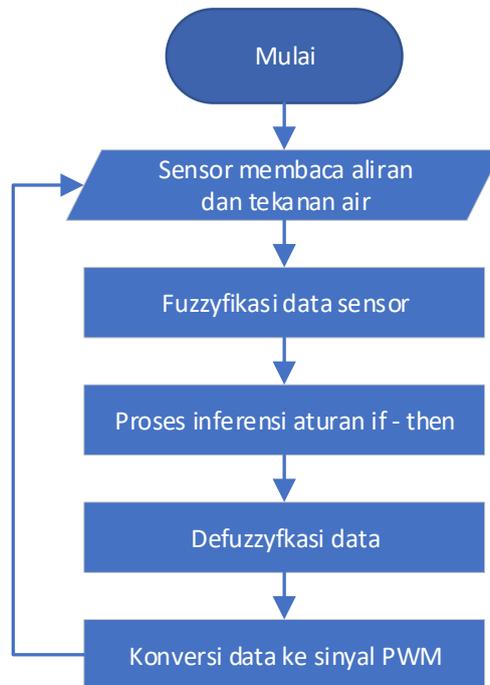
$$\mu[z]tutup = \begin{cases} 1; & z < 0 \\ \frac{100 - z}{100}; & 0 \leq z \leq 100 \\ 0; & z > 100 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu[z]_{buka} = \begin{cases} 1; & z > 100 \\ \frac{z}{100}; & 0 \leq z \leq 100 \\ 0; & z < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Yang dicari adalah nilai z karena kebalikan dari *Fuzzyfikasi*. Jadi setiap α -predikat akan mempunyai nilai z nya. Langkah terakhir adalah mencari rata-rata terbobot dengan metode *Center Average Defuzzyfier*. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$Z = \frac{\sum(\alpha_{\rho_i} * z_i)}{\sum \alpha_{\rho_i}} \quad (8)$$

Hasil *Defuzzyfikasi* ini kemudian dikonversi menjadi sinyal PWM sebagai inputan motor servo yang bertugas menggerakkan kran utama. Proses ini berputar (*loop*) terus menerus di dalam sistem. Jika sensor aliran dan tekanan memberikan data yang sama maka tidak ada perubahan nilai output. *Servo* tidak bergerak mengubah posisi stop kran. Jika ada perubahan baik aliran dan atau tekanan maka nilai outputnya juga berubah sesuai aturan *Fuzzy* dan *servo* mengubah posisi stop kran untuk menutup atau membuka



Gambar 6. Diagram Alir Sistem

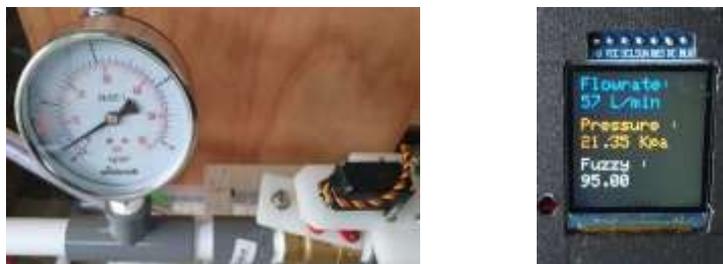
4. Hasil dan Pembahasan

Setelah prototipe di buat baik perangkat keras dan perangkat lunaknya. Kemudian dilakukan pengujian untuk dilihat apakah sistem bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan enam kali percobaan yang memvariasikan keadaan empat kran kecil sehingga mempengaruhi aliran air dari aliran maksimum ke aliran minimum. Kemudian dari perubahan aliran tersebut dipantau bagaimana perubahan tekanan airnya dan bagaimana respon sistem terhadap perubahan tekanan. Pada percobaan pertama, keempat kran di biarkan terbuka. Sehingga aliran air menjadi maksimum pada 59 L/menit. Tekanan yang tercatat sebelum stop kran 18,6 kPa yang berarti tekanan terpantau tidak tinggi sehingga sistem membuka stop kran 98%. Tekanan setelah stop kran tercatat 19,15 kPa



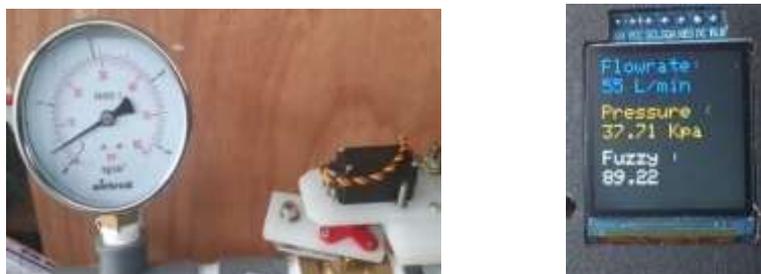
Gambar 7. Hasil Pengujian Pertama

Pada percobaan kedua, kran1 ditutup dan ketiga kran lain di biarkan terbuka. Sehingga aliran air berubah menjadi 57 L/menit. Tekanan yang tercatat sebelum stop kran 24,5 kPa yang berarti tekanan terpantau mengalami kenaikan sehingga sistem membuka stop kran 95%. Tekanan setelah stop kran tercatat 21,35 kPa



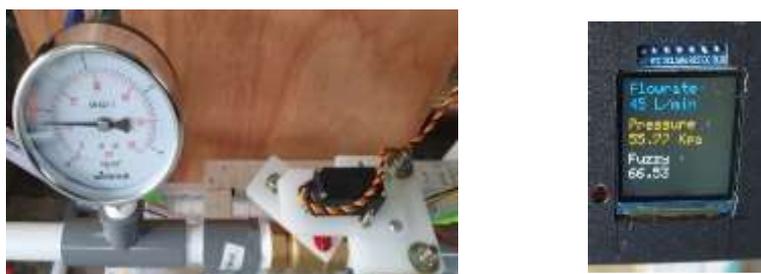
Gambar 8. Hasil Pengujian Kedua

Pada percobaan ketiga, kran1 dan kran2 ditutup dan kran lainnya di biarkan terbuka. Sehingga aliran air berubah menjadi 55 L/menit. Tekanan yang tercatat sebelum stop kran 37 kPa yang berarti tekanan terpantau mengalami kenaikan lagi sehingga sistem kembali mengurangi buka stop kran menjadi 89%. Tekanan setelah stop kran tercatat 37,71 kPa



Gambar 9. Hasil Pengujian Ketiga

Pada pengujian keempat, kran1, kran2, dan kran3 ditutup dan kran4 di biarkan terbuka. Sehingga aliran air berubah menjadi 45 L/menit. Tekanan yang tercatat sebelum stop kran 78 kPa. Dengan naiknya tekanan dan berkurangnya aliran air, Sistem kembali mengurangi buka stop kran menjadi 66%. Tekanan setelah stop kran tercatat 56 kPa.



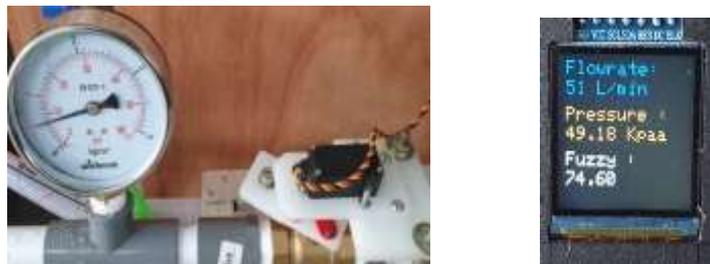
Gambar 10. Hasil Pengujian Keempat

Pada pengujian kelima, kran1, kran2, dan kran3 ditutup dan kran4 dibuka $\frac{1}{2}$. Sehingga aliran air berubah menjadi 20 L/menit. Tekanan yang tercatat sebelum stop kran naik menjadi 166.7 kPa. Dengan naiknya tekanan dan berkurangnya aliran air, Sistem kembali mengurangi buka stop kran menjadi 45%. Tekanan setelah stop kran tercatat hanya 68 kPa.



Gambar 11. Hasil Pengujian Kelima

Pada pengujian terakhir, kran1 dibuka. Kran2 dan kran3 tetap tertutup. Sedangkan kran4 tetap terbuka $\frac{1}{2}$. Terjadi perubahan aliran air naik kembali menjadi 51 L/menit dan penurunan tekanan air ke 54 kPa. Sistem merespon dengan membuka stop kran menjadi 75%. Tekanan setelah stop kran tercatat 49 kPa.

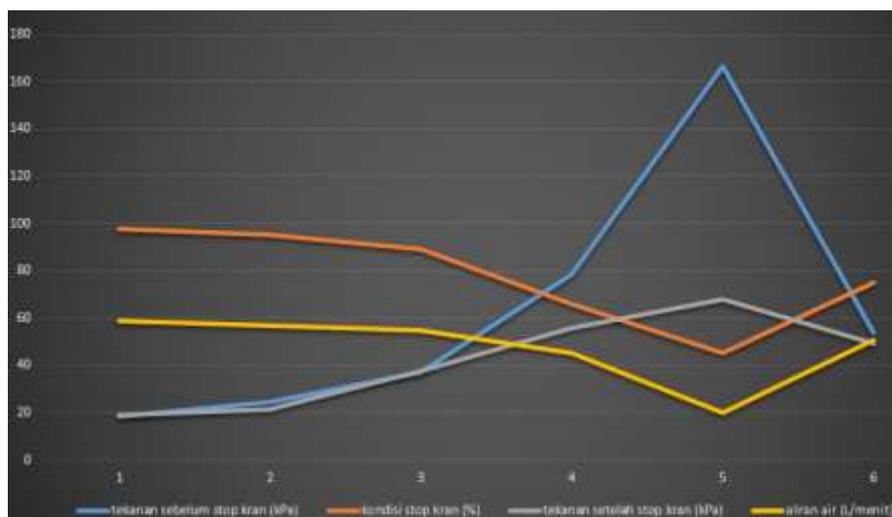


Gambar 12. Hasil Pengujian Keenam

Tabel 2. Rekap Hasil Pengujian

Percobaan	Posisi Kran				Tekanan sebelum Stop Kran (kPa)	Posisi Buka Stop Kran (%)	Tekanan Setelah Stop Kran (kPa)	Aliran air (L/min)
	Kran 1	Kran 2	Kran 3	Kran 4				
1	terbuka	terbuka	terbuka	terbuka	18.6	98	19.15	59
2	tertutup	terbuka	terbuka	terbuka	24.5	95	21.35	57
3	tertutup	tertutup	terbuka	terbuka	37.00	89	37.71	55
4	tertutup	tertutup	tertutup	terbuka	78.45	66	55.77	45
5	tertutup	tertutup	tertutup	$\frac{1}{2}$ terbuka	166.7	45	68.22	20
6	terbuka	tertutup	tertutup	$\frac{1}{2}$ terbuka	53.93	75	49.18	51

Perubahan aliran air dari 59 L/menit ke 20 L/menit mempengaruhi tekanan air. Setiap terjadi perubahan tekanan air yang naik, sistem merespon dengan mengurangi buka stop kran pada posisi tertentu sesuai hitungan dari Logika *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa, dengan menggunakan logika *Fuzzy*. Peningkatan tekanan air berhasil di redam. Terlihat pada percobaan kelima dengan aliran air 20 L/menit, tekanan yang tercatat sebelum stop kran mencapai 166,7 Kpa namun setelah stop kran hanya 68 kPa. Begitu aliran air naik kembali dan tekanan yang mengalami penurunan pada percobaan terakhir, nilai output berubah lagi ditandai dengan nilai buka stop kran yang bertambah.



Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian

Pada grafik terlihat bahwa semakin berkurang aliran air maka semakin naik tekanan air. Sebagai respon sistem adalah semakin berkurang buka stop kran. Sehingga tekanan setelah stop kran tidak mengalami kenaikan yang tinggi seperti tekanan sebelum stop kran.

5. Simpulan

Berdasarkan pengujian pada Sistem Kendali *Gate Valve* Dengan Logika *Fuzzy* Metode *Tsukamoto* Berbasis Arduino, diambil kesimpulan bahwa secara keseluruhan, sistem yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Sensor dapat mendeteksi dan memberikan data sesuai yang diharapkan. Motor servo dapat merespon sinyal yang diberikan dan mampu menggerakkan kran utama pada posisi yang diinginkan. Dari enam percobaan posisi kran air, terlihat bahwa logika *Fuzzy Tsukamoto* terbukti dapat diterapkan untuk mencegah kelebihan tekanan air. Sistem dapat mendeteksi kenaikan tekanan air dan merespon dengan mengurangi derajat buka kran utama, terlihat pada grafik, tekanan sebelum kran utama terukur naik namun pada tekanan setelah kran utama tidak terjadi kenaikan yang signifikan. Selain itu, sistem dapat mendeteksi adanya kenaikan konsumsi air pada percobaan terakhir dan merespon dengan membuka sedikit kran utama.

Daftar Referensi

- [1]. PT. Contromatic Prima Mandiri, "Mengenal Apa Itu *Gate Valve*, Fungsi dan Cara Kerjanya". 2023. Diakses: 2024 januari 21. Tersedia pada: <https://www.contromatic.co.id/valves/apa-itu-gate-valve/>
- [2]. M. Taufik and T. Subagyo, "Analisis Kinerja Jaringan Pipa Distribusi Pdam Dengan Software Epanet", *In Proceeding of the 8th University Research Colloquium 2018: Bidang Teknik dan Rekayasa & Bidang Teknik Kebencanaan*, pp. 58–62, Jan 2019.
- [3]. A. Munis, M. Sundoro, E.S. Soejono, "Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air Fisik". *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, Vol. 6, No. 2, pp. 1102-1116, Des 2021, DOI: <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i2.4484>
- [4]. M. Farley, et al., *The manager's non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses*, Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development: Bangkok, Thailand, 2008
- [5]. A. K. Wibowo, A. Slamet, "Pengendalian Non-Revenue Water Menggunakan Manajemen Tekanan pada Zona Pelayanan Pompa Junok di Perumda Air Minum Sumber Sejahtera Kabupaten Bangkalan", *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 12, No. 1, pp. 182-190, 2024
- [6]. A. A. Putra, A. Ghurri, Priambadi, I G. N. Priambadi, "Evaluasi Jaringan Perpipa-an Transmisi Air Baku Di Kabupaten Karangasem", *Jurnal METTEK: Jurnal Ilmiah Nasional dalam Bidang Ilmu Teknik Mesin*, Vol. 2, No. 2, pp. 93-101, 2016

-
- [7]. Y. Ramadhan, Ramelan, W. Sumbodo, "Pengembangan Media Pembelajaran Pengukuran Rugi Aliran Fluida Cair Dalam Pipa Venturi Untuk Menunjang Perkuliahan Mekanika Fluida". *Journal of Mechanical Engineering Learning*, Vol. 3, No. 2, pp. 115-124, 2014
- [8]. A. Margiantono, A. K. Nugroho, "Pengendalian Tinggi Permukaan Cairan Berbasis Fuzzy", Vol. 6, No. 1, pp. 26-38, 2008, DOI: <http://dx.doi.org/10.26623/transformatika.v6i1.30>
- [9]. A. Setiawan, B. Yanto, K. Yasdomi, *LOGIKA FUZZY Dengan MATLAB (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)*, Bali: Jayapangus Press, 2018
- [10]. N. K. Gunawan, A Rouf, "Purwarupa Sistem Kendali Kecepatan Mobil Berdasarkan Jarak dengan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto", *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentations Systems)*, Vol.3. No.2. pp. 117-126, 2013,
- [11]. G. Asmara, "Peluang dan Tantangan Pengendalian kehilangan Air Berbasis Internet of Things (IoT): Studi Pustaka", *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 7, No. 2, pp. 188-196, 2021, DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/jukung.v7i2.11954>
- [12]. S. W. M. Martin, "Sistem Pengendalian Tekanan Air Pipa Saluran Distribusi Air Bersih Menggunakan Sistem Kendali Pid Pada Pdam Tirta Giri Nata Kota Cirebon Dengan Sistem Data Logger", Skripsi Sarjana, Universitas Diponegoro, 2023
- [13]. A. Bala, C. P. C. Munaiseche, K. Santa, "Sistem Kontrol Alat Pengukur Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Tsukamoto Dipeternakan Ayam Broiler Desa Tonsea Lama". *Jointer : Journal Of Informatics Engineering*, Vol. 3, No. 2, pp. 24-35, 2022,
- [14]. E. S. Wijaya, Y. Sari, A. R. Baskara, A. Rivaldy, "Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto Untuk Pemantauan Kestabilan Suhu Menggunakan Sensor DS18B2 Pada Styrofoam Box Pengemasan Ikan". *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, Vol.2, No. 1, pp. 59-77, 2021
- [15]. A. Riansyah, D. Kurniadi, Saebani, "Fuzzy Tsukamoto Implementation on Internet of Things to Control Flooding". *TRANSFORMATIKA*, Vol. 17, No. 2, pp. 171-176, 2020, DOI: <http://dx.doi.org/10.26623/transformatika.v17i2.1700>