

## *Design of Water Level Control in Tank Based on Fuzzy Logic*

# Desain Perancangan Kontrol Pengendalian Ketinggian Air pada Tangki Berbasis *Fuzzy Logic*

Ilmi Rizki Imaduddin

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nurul Jadid, Indonesia

---

### INFORMASI ARTIKEL

#### Riwayat Artikel:

Dikirimkan 28 Desember 2020,  
Direvisi 03 Januari 2021,  
Diterima 03 Januari 2021.

---

#### Kata Kunci:

Control Fuzzy Logic,  
Tangki,  
Ketinggian Air,  
Valve,

---

#### Penulis Korespondensi:

Ilmi Rizki Imaduddin,  
Teknik Elektro,  
Universitas Nurul Jadid,  
Paiton, Probolinggo, Indonesia.  
[ilmi.eeunuja@gmail.com](mailto:ilmi.eeunuja@gmail.com)

---

### ABSTRACT / ABSTRAK

*Liquid level control is a regulatory system that is widely used by the petrochemical industry, paper mills and in steam power plants (PLTU). Fuzzy control techniques have light computing capabilities and do not require knowledge of the parameters of the system. The purpose of this research is to design and design a device that can make it easier to adjust the liquid level in the storage tank and observe the fuzzy control performance. Control is done by adjusting the valve opening in the storage tank. From the results of this study, data on set point 56 is obtained, the valve is at an angle with all open status (BS), at the first second or 1 second and at set point 41, the valve is at an angle with a half-closed status (SN), in the 13th second, and the valve will be closed all (NS), if the valve is at an angle at the set point 29, with a time of 1620 seconds or 27 minutes. Based on this research, the proposed system is able to control the water level in the tank using fuzzy control.*

Kendali tinggi muka cairan adalah sistem pengaturan yang banyak dilakukan oleh industri petrokimia, pabrik kertas maupun di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Teknik kendali *fuzzy* mempunyai kemampuan komputasi yang ringan dan tidak memerlukan pengetahuan tentang parameter-parameter dari sistem. Tujuan dari penelitian adalah mendesain dan merancang alat yang dapat mempermudah mengatur ketinggian permukaan cairan pada tangki penampung, serta mengamati kinerja kendali *fuzzy*. Pengendalian dilakukan dengan mengatur bukaan *valve* pada tangki penampung. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh data pada set poin 56, *valve* berada pada sudut berstatus buka semua (BS), pada waktu detik pertama atau 1 detik dan pada setpoin 41, *valve* berada pada sudut berstatus setengah menutup (SN), di detik ke 13, dan *valve* akan berstatus menutup semua (NS), jika *valve* berada pada sudut pada set poin 29, dengan waktu 1620 detik atau 27 menit. Berdasarkan penelitian ini sistem yang diusulkan telah mampu untuk mengendalikan ketinggian air pada tangki dengan menggunakan kontrol *Fuzzy*.

*This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)*



---

#### Sitasi Dokumen ini:

I. R. Imaduddin, "Design of Water Level Control in Tank Based on Fuzzy Logic," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 145-152, 2020. DOI: [10.12928/biste.v2i3.3307](https://doi.org/10.12928/biste.v2i3.3307)

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang semakin berkembang membawa pengaruh yang signifikan terhadap aspek kehidupan terutama pada bidang industri. Di dunia industri, sangat dibutuhkan sistem kendali yang baik untuk dapat menunjang proses berjalannya industri tersebut dan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Sebagai contoh, otomatisasi dalam bidang industri yaitu proses pengisian atau pembuangan cairan dalam tangki. Masalah yang sering kali muncul adalah tidak diketahuinya tangki penampung cairan tersebut kosong atau sudah penuh. Kalau tangki tersebut sudah penuh sering kali cairan di dalamnya meluap karena *valve* (katup) pada pipa pengisian tidak ditutup sehingga akan mengisi tangki terus menerus. Demikian halnya jika ingin mengeluarkan cairan tersebut, sering kali pengeluaran cairan tersebut juga kurang bisa terkontrol dengan baik [1].

Sistem kendali secara konvensional membutuhkan pengetahuan tentang parameter-parameter sistem terlebih dahulu, dilanjutkan dengan proses kendali sistem. Sistem yang kompleks membutuhkan suatu sistem kendali yang lebih sederhana dan tidak membutuhkan pengetahuan parameter-parameter sistem terlebih dahulu. Sistem kendali *Fuzzy* merupakan salah satu alternatif sistem kendali yang sederhana. Pada sistem kendali *Fuzzy* tidak memerlukan pengetahuan tentang parameter-parameter dari sistem. Sinyal kontrol diperoleh dari error (kesalahan) yaitu perbedaan antara keluaran terhadap dengan keluaran dari sistem, selain itu terdapat pula masukan yang berupa perubahan *error* sistem yang merupakan selisih antara *error* sekarang dengan *error* sebelumnya [2].

Pada penelitian ini tinggi muka cairan dalam suatu tangki penampung cairan yang sering kali tidak bisa dikontrol, akan dirancang alat pengendalian tinggi muka cairan dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic* sebagai metode pengendali.

## 2. DASAR TEORI

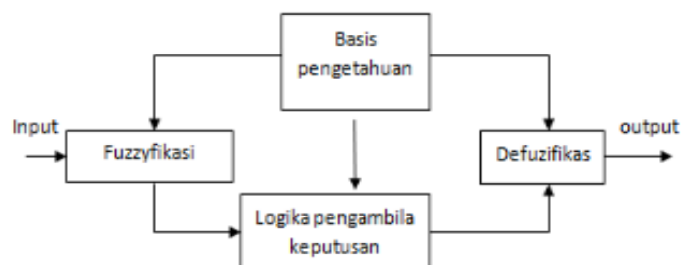
### 2.1. Sistem Logika *Fuzzy*

*Fuzzy* berarti samar, kabur atau tidak jelas. *Fuzzy* adalah istilah yang istilah yang di pakai Lotfi A Zadeh pada bulan juli 1964 untuk menyatakan kelompok / himpunan yang dapat di bedakan dengan himpunan lain berdasarkan derajat keanggotaan dengan batasan yang tidak begitu jelas (samar), tidak seperti himpunan klasik yang membedakan keanggotaan himpunan menjadi dua, himpunan anggota atau bukan anggota [3].

Pada himpunan klasik hanya di kenal dua kemungkinan dalam fungsi keanggotaannya, yaitu kemungkinan termasuk keanggotaan himpunan (logika 1) atau kemungkinan berada di luar keanggotaannya (logika 0). Fungsi keanggotaan inilah yang di kembangkan di dalam teori himpunan *Fuzzy*, dimana nilainya berada pada interval  $[0, 1]$ . Himpunan *Fuzzy*  $F$  dalam semesta pembicaraan  $U$  dapat di definisikan sebagai sebuah kelas kejadian (*class of events*) dengan suatu tingkat keanggotaan yang kontinu berdasarkan suatu fungsi keanggotaan  $\mu_f(u)$  dalam interval  $[0,1]$ , yang di hubungkan setiap  $u$  sebagai anggota himpunan dalam semesta pembicaraan  $U$ . Harga  $\mu_f(u)$  ini menyatakan tingkat keanggotaan  $u$  dalam himpunan *Fuzzy*  $F$ , atau dengan katalain menyatakan besarnya kemungkinan  $u$  untuk menjadi anggota  $F$ .  $\mu_f(u) = 1$  menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat antara  $u$  dengan himpunan  $F$ , sebaliknya  $\mu_f(u) = 0$  berarti bukan anggota dari himpunan  $F$  atau  $u$  di luar keanggotaan  $F$  [4].

### 2.2. Struktur Dasar Logika *Fuzzy*

Basis Pengetahuan, *Fuzzifikasi*, *Defuzzifikasi*, Logika pengambilan keputusan *fuzzy*, *Fuzzy input output* [5]. Pada dasarnya struktur logika *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Dasar Logika *Fuzzy*

Adapun fungsi dari bagian Gambar 1 adalah sebagai berikut. *Fuzzifikasi* berfungsi sebagai transformasi sinyal masukan yang bersifat *crisp* (bukan *fuzzy*) ke himpunan *fuzzy* dengan menggunakan operator *fuzzifikasi*. Basis Pengetahuan Terdapat isi dari basis data dan aturan mendasar yang mendefinisikan himpunan *fuzzy* atas daerah masukan dan keluaran serta menyusun dalam perangkat aturan control. Pada logika pengambilan

keputusan adalah inti dari logika *fuzzy* yang mempunyai kemampuan seperti manusia dalam mengambil keputusan. Aksi aturan *fuzzy* disimpulkan menggunakan implikasi *fuzzy* dan mekanisme inferensi *fuzzy*. *Defuzzifikasi* berfungsi untuk mentransformasikan kesimpulan tentang aksi atur yang bersifat *fuzzy* menjadi sinyal sebenarnya yang bersifat *crisp* dengan menggunakan operator *defuzzifikasi*.

### 2.3. Plant Pengendali Tinggi Muka Cairan

Dalam analisis sistem aliran zat cair, perlu di bedakan dalam aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran turbulen memiliki bilangan Reonold lebih besar dari 3000-400. Aliran di katakan laminar bila bilangan leonordnya lebih kecil dari 2000. Sistem aliran turbulen biasanya di nyatakan dengan persamaan diferensial tak linier, sedang sistem aliran laminar di nyatakan dengan persamaan diferensial linier. Dalam proses industri biasanya meliputi aliran zat cair melalui pipa penghubung dan tangki. Aliran dalam proses ini biasanya turbulen dan tidak laminar.

Sebelum membahas tentang karakteristik dinamik sistem tinggi muka cairan, perlu terlebih dahulu di ketahui tentang konsep tahanan dan kapasitansi-nya.

$$R = \frac{\text{Perubahan Perbedaan Permukaan (m)}}{\text{Perubahan Laju Aliran (m}^2/\text{sec)}} \quad (2.1)$$

Apabila aliran hambatan adalah laminar, maka hubungan antara laju aliran keadaan tenang atau diam dan tinggi permukaan pada keadaan diam di berikan oleh

$$Q = KH \quad (2.2)$$

Dengan Q adalah laju aliran zat cair ( $m^2/sec$ ), K adalah Koefisien ( $m^3/sec$ ), H adalah Permukaan zat cair pada keadaan tenang (m) Hukum untuk aliran laminar ini analog dengan hukum Coulomb yang menyatakan bahwa arus berbanding lurus dengan beda potensial.

Untuk aliran laminar, resistansi R1 diperoleh

$$R = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q} \quad (2.3)$$

Resistansi aliran laminar adalah konstan dan analog dengan resistansi listrik. Sedangkan aliran yang melalui penghambat turbulen, maka laju aliran keadaan tenang diberikan oleh

$$Q = K\sqrt{H} \quad (2.4)$$

Untuk aliran turbulen, resistansi  $R_t$  diperoleh

$$R_t = \frac{DH}{DQ} \quad (2.5)$$

Sehingga diperoleh

$$dQ = \frac{k}{2\sqrt{H}} Dh \quad (2.6)$$

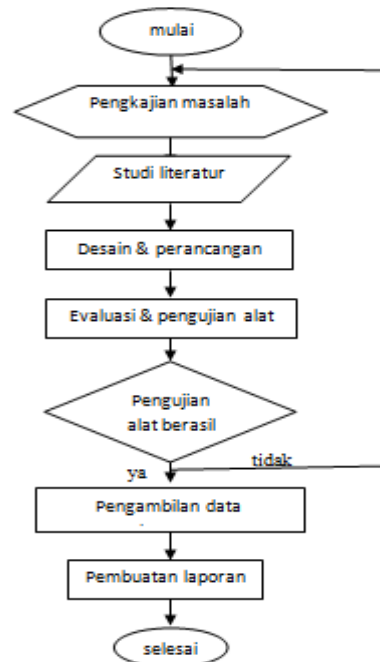
## 3. METODE

### 3.1. Alur Penelitian

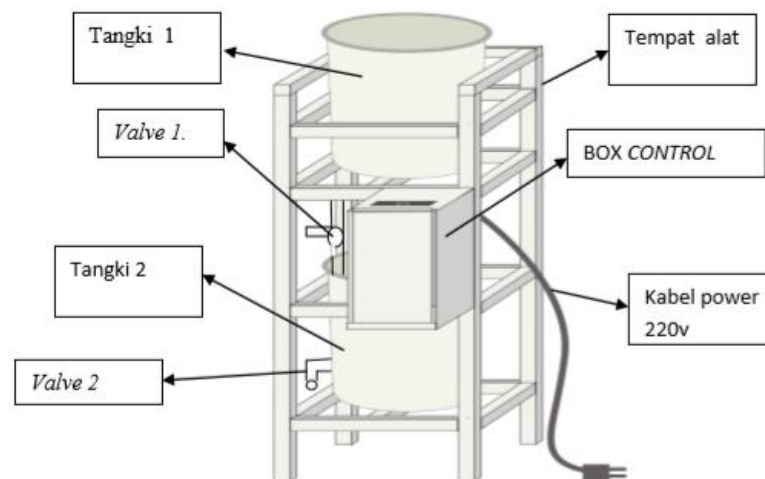
Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti tahap-tahap seperti pada diagram alir (*Flowchart*) pada Gambar 2. Alur penelitian meliputi pengkajian masalah, studi literatur, desain dan perancangan sistem, evaluasi dan pengujian alat, pengambilan data dan pembuatan laporan. Jika pengujian alat tidak sesuai dengan yang diharapkan maka akan diulangi kembali penelitian dari bagian pengkajian masalah.

### 3.2. Desain Perancangan Sistem Pengendalian Ketinggian Air

Pada desain rancangan sistem pengendalian ketinggian air ini dapat dilihat pada Gambar 3. Tangki 1 dirancang sebagai tandon atau diibaratkan sebagai air yang tak pernah habis. Tangki 2 adalah tangki yang akan dikontrol ketinggian airnya, motor servo sebagai penggerak *valve*, box sebagai tempat alat kontrol, kabel Power sebagai pengalir tegangan listrik 220v, *valve* 1 adalah *valve* yang akan dikontrol, *valve* 2 adalah *valve* yang dibuka secara manual.



Gambar 2. Flowchart Prosedur Penelitian

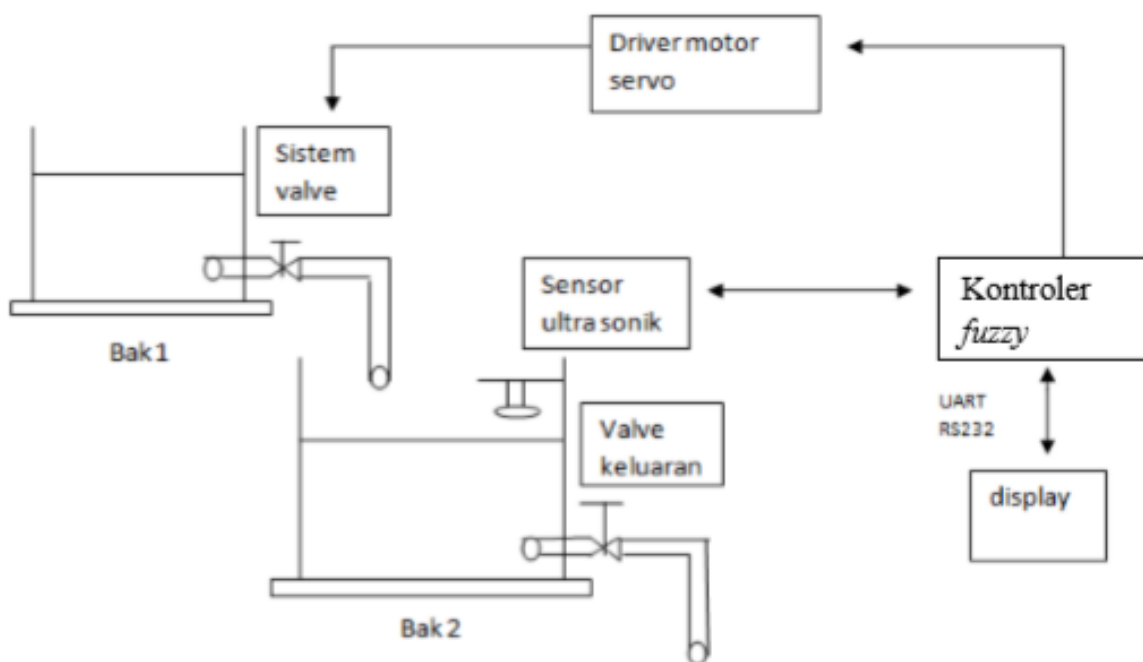


Gambar 3. Rancangan Sistem Pengendalian Ketinggian Air

### 2.3. Perancangan Plant Pengendali Ketinggian Air

Pada perancangan alat ini meliputi mikrokontroler, pengendali dan pemroses logika *Fuzzy*, perancangan bak air, motor servo sebagai penggerak *valve* (kutup), sensor ping sebagai pembaca atau pengukur ketinggian air dan LCD sebagai penampil data. Adapun diagram blok sistem pengendali ketinggian cairan ditunjukkan pada Gambar 4.

Kontroler *fuzzy* dikontrol dengan menggunakan kontroler *fuzzy* sehingga pemrograman lebih mudah dan Mikrokontroler diprogram untuk menjalankan motor servo dan sensor ketinggian (PING) [3]. Pada bak air ini disusun membentuk sistem permukaan zat cair non interaksi. Sistem ini terdiri dari 2 buah bak air, bak air 1 digunakan sebagai sumber air yang dianggap tak pernah habis, bak air 2 merupakan bak yang di kontrol ketinggian airnya menggunakan kendali *Fuzzy*. LCD adalah sebuah display dot matrix yang difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya). Pada tugas akhir ini penulis menggunakan LCD dot matrix karakter 2 x 16. LCD ini hanya memerlukan daya yang kecil, tegangan yang dibutuhkan juga rendah yaitu +5VDC [4].



**Gambar 4.** Rancangan *Plant* Pengendalian Ketinggian Air

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo [5].

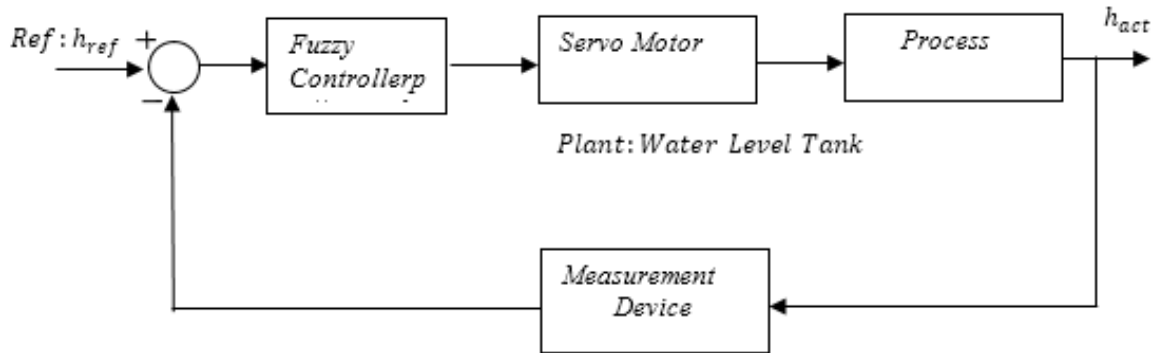
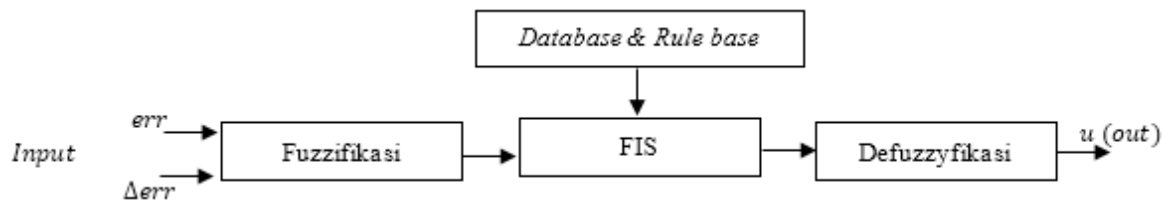
Sesuai dengan bentuk sistem permukaan zat cair non interaksi, ada 2 buah *valve* yang digunakan. *Valve* 1 (atas) merupakan *valve* utama yang akan di kontrol buka tutupnya menggunakan kendali *fuzzy*, *valve* 2 (bawah) merupakan *valve* beban (gangguan) dimana buka tutupnya dilakukan secara manual.

Arduino Uno adalah Arduino *board* yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header* ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau *adaptor* AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB-to-serial *converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui *port* USB [6].

Sensor ultrasonik (PING)<sup>TM</sup> Ultrasonik (*Range Finder*). Sensor ini akan mendeteksi berapa ketinggian air di bak 2, dan mengirimkannya untuk diolah di personal komputer melalui mikrokontroler sebagai jalur komunikasi data [7][8].

#### 2.4. Diagram Blok Sistem Kontrol Ketinggian Cairan

Diagram blok sistem kontrol ketinggian cairan dan diagram blok sistem kontrol Fuzzy ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Input dari *fuzzy* adalah *error* ( $e$ ) dan *delta error* ( $de$ ) [9]. Variabel *error* adalah selisih dari nilai setpoint yang diinginkan dengan data yang terbaca pada sensor. Sedangkan *delta error* adalah selisih antara *error* sekarang dengan *error* sebelumnya [10]. Untuk keputusan *output* dari input *fuzzy* tersebut adalah bukaan *valve*, dimana nilai yang akan dioutputkan pada motor servo merupakan hasil defuzzifikasi dari proses kontrol *fuzzy*.

Gambar 5. Diagram Blok Sistem Kontrol *water level*Gambar 6. Diagram Blok Sistem Kontrol *Fuzzy*

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian di maksudkan supaya dapat mengetahui data yang hasil dari perancangan alat yang di buat, sedangkan analisis di maksudkan untuk mengetahui hasil sistem yang sudah dikerjakan, yaitu :

##### 4.1. Pengujian Alat Untuk Pengambilan Data

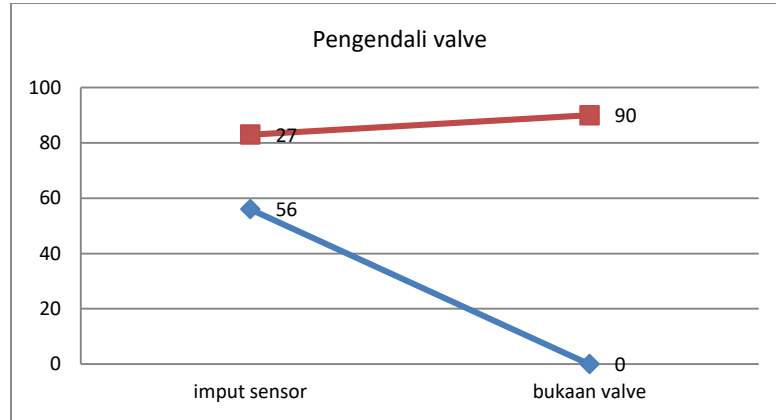
Pengujian untuk mengetahui selisih pembacaan sensor dengan pengukuran secara manual. Pengujian ini dilakukan dengan cara manual yaitu membandingkan nilai yang terbaca menggunakan sensor dengan nilai pada penggaris. Tabel 1 adalah hasil pengujian selisih pembacaan sensor terhadap ketinggian air. Terdapat nilai error sebesar 1cm dan 2cm pada pembacaan ketinggian cairan pada tangki. Nilai error rata-rata adalah sebesar 1,476cm. Berdasarkan hasil pengujian alat dapat diketahui alat dapat mengukur ketinggian cairan pada tangka dengan cukup baik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kontrol *Fuzzy*

No	Pengukuran Ketinggian (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Error
1	28	27	1
2	29	28	1
3	30	29	1
4	31	30	1
5	31	30	1
6	34	33	1
7	34	33	1
8	35	34	1
9	36	35	1
10	37	36	1
11	37	37	1
12	39	337	2
13	39	39	2
14	41	39	2
15	42	40	2
16	43	41	2
17	46	44	2
18	53	51	2
19	54	52	2
20	57	55	2
21	58	56	2

**3.2. Analisa dan Pengendalian Valve**

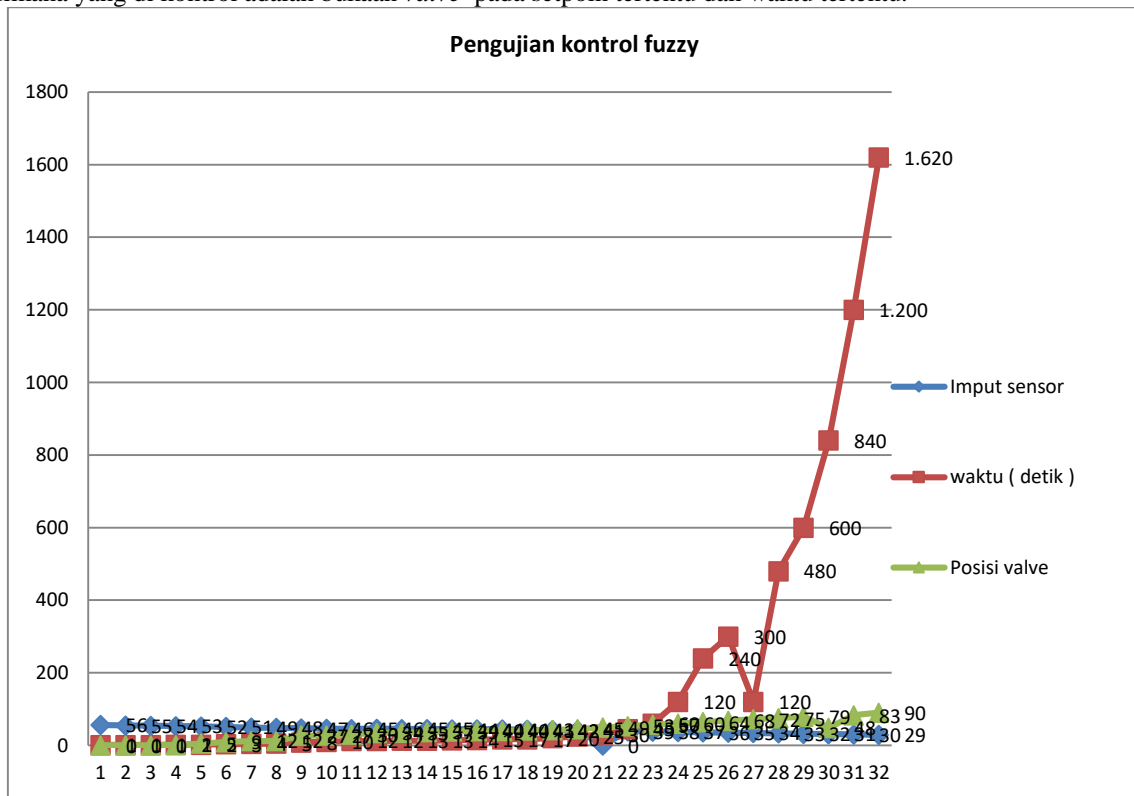
Pada Gambar 7 menunjukkan hasil dari pengujian pengendali valve. Pada pengujian ini dilakukan tanpa menggunakan kontrol fuzzy, maka dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa valve akan terbuka penuh jika pembacaan sensor 56 cm, dan akan tertutup penuh jika pembacaan sensor 27 cm.



Gambar 7. Grafik Rangkaian Pengendali Valve

**3.3. Analisa Pengujian Kontroler Fuzzy**

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil dari analisa sistem kontrol fuzzy pada pengendalian ketinggian air dimana yang di kontrol adalah bukaan valve pada setpoint tertentu dan waktu tertentu.



Gambar 8. Grafik Pengujian Kontrol Fuzzy

Dari hasil analisa pada Gambar 8 dapat ditarik kesimpulan bahwa pada dengan nilai setpoint 56 posisi valve berada pada sudut 0° dalam waktu pengukuran selama 1 detik dan setatus valve menunjukkan buka semua (BS), dan status bukaan valve akan setengah menutup (SN) jika sudut bukaan valve berada pada sudut 45° dengan setpoint 41 cm pada detik ke 25 detik, dan jika setpoint sudah berada pada ketinggian 29 cm maka posisi valve akan berada pada sudut 90° dan setatus valve dalam keadaan menutup semua (NS), dan waktu pengukuran selama 1.620 detik. Jadi hasil dari analisa ini rata – rata status bukaan valve berada dalam keadaan buka semua (BS) dan setengah terbuka (SN).

## 5. KESIMPULAN

pengujian selisih pembacaan sensor dengan pengukuran secara manual terdapat dua *error* dimana pada ketinggian 27 sampai 36 terjadi selisih (*error*) 1, dan pada ketinggian 36 sampai dengan 56 terjadi selisih (*error*) 2. Pada pengujian *valve* menunjukkan bahwa setpoint 56 *valve* akan terbuka penuh, dan setpoint 27 akan tertutup penuh. Pada pengujian kontrol *fuzzy* dapat diketahui posisi bukaan *valve* pada setpoint tertentu.

## REFERENSI

- [1] Hartono J, "Pengaturan Level Ketinggian Air Menggunakan Kontrol PID", Jurnal skripsi-S1, Universitas Diponegoro, Semarang, (2016).
- [2] Agus Salim, "Prototype Sistem Monitoring Tarif Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler Arduino", Skripsi-S1 Universitas Nurul Jadid (Unuja) Probolinggo 2018.
- [3] Kusuma Dewi, S., "Analisis Dan Desain Sistem Fuzzy", GRAHA ILMU Yogyakarta, (2002).
- [4] Fajar Solikin, "Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani", skripsi-S1 (2011).
- [5] Hendro Siswanto, "Pengendali Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik", Skripsi-S1, Universitas Widya Kartika Surabaya 2017.
- [6] F. N. Rachman, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pengendalian Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Mikroller", Skripsi-S1, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya (2015).
- [7] Ariel Yagusandri, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Sirip Roket Menggunakan Motor Servo". Skripsi-S1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Depok, (2011).
- [8] Y. I. Pranata and Muchlas, "Simulation of Telemetry System for Monitoring Fuel Level Based on SMS Gateway," Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, vol. 2, no. 1, pp. 33–39, 2020.
- [9] S. Bandung, H. Kolibu, and V. Suoth, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Dan Ketinggian Air Untuk Pemijahan Ikan Dengan Menggunakan Logika Fuzzy," d'ARTESIAN, vol. 4, no. 2, p. 144, Jun. 2015.
- [10] I. Khadari, Subiyanto, and D. Prastiyanto, "Simulasi Kontroler PID Tuning Menggunakan Logika Fuzzy dan Algoritma Genetika Sebagai Pengendali Kecepatan Motor DC," Setrum, vol. 8, no. 2, pp. 186–196, Dec. 2019.

## BIOGRAFI PENULIS



### **Ilmi Rizki Imaduddin**

Lahir di Surabaya, pada tanggal 09 Desember 1986, Penulis adalah Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Nurul Jadid. *Intelligent Control*, Distribusi dan Instalasi Tenaga Listrik, Probabilitas dan Statistika dan fokus pada bidang control, *Resarch Focus Robotic Control* dengan fokus *Autonomous System*.