

## Kontrol Ketinggian Air dalam Tangki menggunakan Logika Fuzzy

Fauzi Imaduddin Adhim<sup>1\*</sup>, Achmad Jalaluddin Muchdlor<sup>2</sup>, Lucky Putri Rahayu<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember

\*Corresponding author e-mail: fauzi@eea.its.ac.id

### ABSTRAK

Mekanisme penyimpanan material hasil tambang di industri minyak dan gas memiliki banyak tantangan. Penyimpanan material berbentuk cairan umumnya memanfaatkan media tangki. Adakalanya tangki utama (*daily tank*) untuk menyimpan cairan dari proses kilang harus ditransfer menggunakan pompa ke tangki penyimpanan (*storage tank*) jika tangki utama telah penuh. Hal ini dimaksudkan untuk tetap menjalankan proses penambangan, meskipun tangki utama telah penuh. *Storage tank* perlu diawasi agar proses pengisiannya dapat dihentikan jika penuh. Proses pengawasan ketinggian air dalam tangki, umumnya juga dilakukan secara langsung oleh operator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan metode yang lebih baik untuk mengontrol ketinggian air pada tangki. Penelitian ini menggunakan metode Logika Fuzzy untuk mengontrol pompa pada prototipe sistem pengisian *storage tank* dari *daily tank*. Ketinggian air dalam tangki akan dikontrol melalui kecepatan pompa untuk disesuaikan dengan *set point* yang mengindikasikan bahwa tangki telah penuh. Ketinggian air di dalam tangki juga dimonitor secara *wireless* dari aplikasi android. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, implementasi metode Logika Fuzzy untuk kontrol ketinggian air pada tangki memiliki nilai akhir lebih dekat dengan *set point* dibandingkan dengan metode ON-OFF. Nilai maksimum *overshoot* pada metode ON-OFF didapatkan sebesar 5.3%, sedangkan pada metode logika fuzzy didapatkan sebesar 2.28%. Nilai *rise time* dari implementasi logika fuzzy (39 detik) dapat diterima meskipun lebih lama dibandingkan dengan metode ON-OFF (27 detik). Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode Fuzzy layak dipertimbangkan sebagai metode kontrol ketinggian air pada tangki

**Kata kunci:** Logika Fuzzy, Kontrol Ketinggian Air, Tangki Air, Pompa Transfer

### ABSTRACT

*The mechanism for storing mining materials in the oil and gas industry has many challenges. Material storage in the form of liquid generally utilizes tank media. Sometimes the main tank (daily tank) to store liquids from the refinery must be transferred to the storage tank (storage tank) when the main tank is full. This is intended to keep the mining process running, even though the main tank is full. Storage tanks need to be monitored so that the filling process can be stopped if they are full. The process of monitoring the water level in the tank, is generally also carried out directly by the operator. The purpose of this study is to find the better method to control water level. This study uses the Fuzzy Logic method to control the pump on a prototype storage tank filling system from the daily tank. The water level in the tank will be controlled through the pump speed to match the set point which indicates that the tank is full. The water level in the tank is also monitored wirelessly from the android application. Based on the results of the tests carried out, the implementation of the fuzzy logic method for controlling the water level in the tank has a final value closer to the set point compared to the ON-OFF method. The maximum value of overshoot in the ON-OFF method is 5.3%, while the fuzzy logic method is 2.28%. The rise time value of the implementation of fuzzy logic (39 seconds) is acceptable even though it is longer than the ON-OFF method (27 seconds). From that result, it can be concluded that Fuzzy can be considered as the new method for water tank level control.*

**Keywords:** Fuzzy Logic, Water Level Control, Water Tank, Transfer Pump

## I. PENDAHULUAN

Industri proses seperti pengilangan, industri petrokimia, dan pengolahan air membutuhkan cairan untuk dipompa, disimpan dalam tangki, dan kemudian ditransfer ke tangki lain. Proses ini dilakukan agar tangki utama yang menjadi wadah cairan hasil kilang dapat secara kontinu diisi tanpa khawatir akan penuh. Kunci utama proses transfer ini berada pada pompa transfer yang harus sigap bekerja memindahkan cairan dari tangki tersebut ke tangki lainnya. Pompa transfer dapat bekerja dengan terpenuhinya kondisi tertentu, yaitu tangki utama (*daily tank*) tidak kosong dan tangki penyimpanan (*storage tank*) tidak penuh. Jika kondisi *storage tank* sudah penuh atau memenuhi ketinggian yang diinginkan maka pompa akan berhenti atau jika kondisi *daily tank* kosong maka pompa juga akan berhenti.

Logika Fuzzy adalah bentuk representasi pengetahuan dengan cara menghitung yang lebih disesuaikan dengan ekspresi dibandingkan angka. Logika Fuzzy memungkinkan perangkat kontrol mengolah data seperti manusia, dengan meniru kemampuan untuk bernalar dan menggunakan data perkiraan untuk menemukan jawaban [1]. Metode ini cukup banyak digunakan oleh para peneliti dalam membantu berbagai studi kasus. Seperti yang dilakukan oleh [2], Logika Fuzzy dimanfaatkan untuk membantu diagnosis tuberculosis. Berbagai tipe inferensi digunakan pada penelitian ini, seperti : Sugeno dengan akurasi 93% , Tsukamoto dengan akurasi 92%, dan Mamdani dengan akurasi 89%.

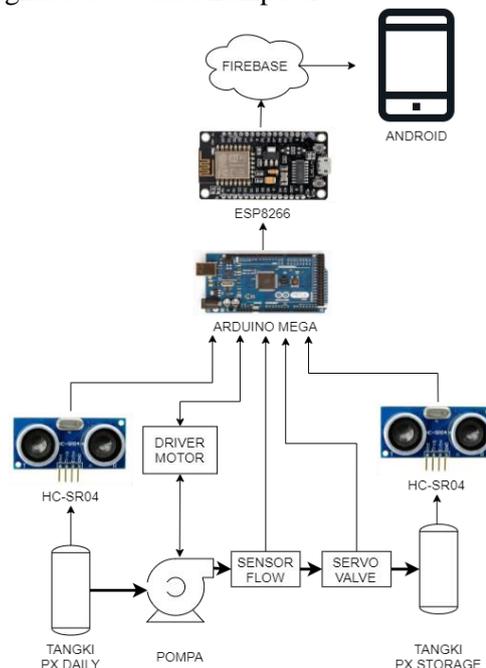
Di berbagai industri, Logika Fuzzy memiliki dampak yang cukup baik. Peneliti [3] menggunakannya untuk optimasi produksi barang. Dengan memanfaatkan metode Fuzzy Mamdani, dari 55.500 produk yang diminta, 46.600 (83,96%) produk terpenuhi. Peneliti [4] menggunakan Logika Fuzzy untuk asesmen mutu susu segar dengan mengamati beberapa variabel seperti : warna, rasa, aroma, pH, protein, dan uji resazurin yang didasarkan tingkat kepentingan atau prioritas. Hasilnya, standar penilaian mutu menggunakan fuzzy berada diantara 5,5 sampai dengan 9 dengan hasil penilaian mutu untuk susu yang diuji tidak berbeda dengan hasil penilaian dari panelis. Peneliti lain memanfaatkan Logika Fuzzy untuk menjejak posisi material pada konveyor. Berdasarkan hasil simulasi dengan massa material sebesar 1 kg, didapatkan peningkatan *settling time* sebesar 0,423 detik dan *rise time* 0,235 detik dengan 0 % *overshoot* [5].

Kontrol ketinggian cairan pada tangki dapat dilakukan dengan sederhana seperti jika kondisi cairan pada tangki tujuan sudah penuh maka pompa akan berhenti atau kondisi cairan pada tangki awal sudah kosong maka pompa akan berhenti, tetapi dengan kondisi seperti itu terkadang cairan pada

tangki akan meluber. Banyak peneliti telah melakukan usaha untuk mengontrol ketinggian cairan dalam tangki.

Penelitian tentang kontrol ketinggian tangki telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Peneliti [6] menggunakan parameter PID ternormalisasi dengan nilai  $K_P=2$  dan  $K_I=1.5$  untuk mengontrol ketinggian cairan didalam tangki boiler. Sedangkan peneliti [7] menggunakan strategi kontrol berbasis event-driven untuk memastikan ketinggian air pada generator uap sesuai yang diharapkan dan menurunkan beban komputasi dari unit proses kontrol.

Pada penelitian ini, Logika Fuzzy digunakan sebagai metode kontrol untuk memastikan target ketinggian air tercapai seakurat mungkin dan tidak menyebabkan air keluar dari tangki. Pada sistem yang dibuat, ditambahkan juga mekanisme monitoring melalui platform IoT, sehingga operator dapat melihat ketinggian cairan dari lokasi yang lebih jauh melalui perangkat *mobile* atau komputer.

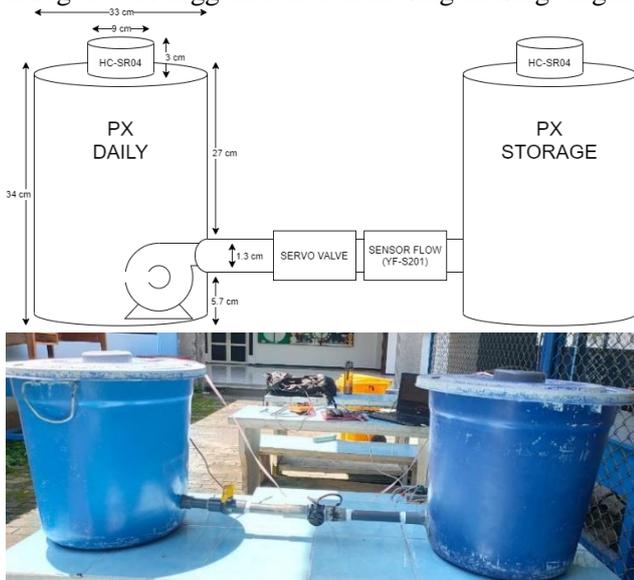


Gambar 1. Arsitektur Sistem

## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, sistem yang dibangun berbentuk prototip dengan menggunakan perangkat *Arduino Development Board* dengan tipe Mega 2560 sebagai perangkat pengolah data yang dihubungkan dengan ESP8266 yang akan mengirimkan data ke database *firebase* untuk kemudian ditampilkan di smartphone. Pada prototip ini terdapat dua buah tangki (*daily tank* dan *storage tank*) yang dihubungkan dengan sebuah pipa dengan pompa dan *servo valve* ditengahnya. Motor pompa digerakkan oleh *driver* yang diberi sinyal PWM dari Arduino. Pada masing-masing tangki dipasang sensor

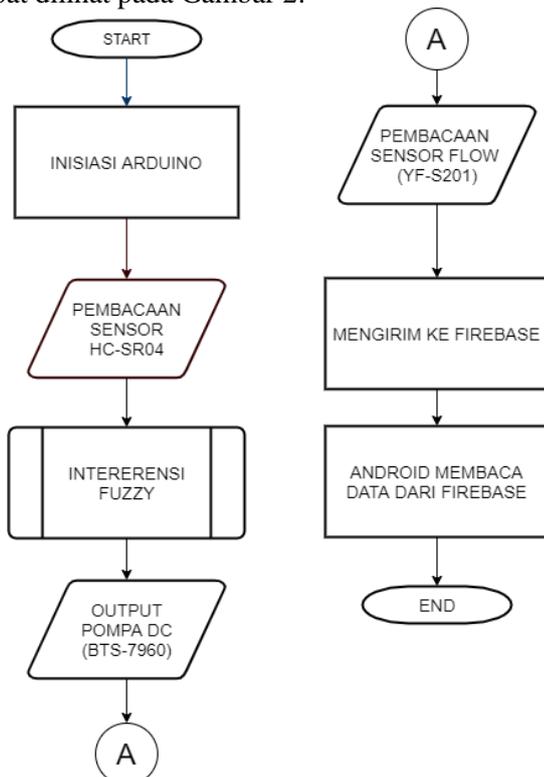
ultrasonic HC-SR04 di bagian tutupnya yang akan mengukur ketinggian cairan di masing-masing tangki.



Gambar 2. Desain dan Implementasi Prototip Tangki

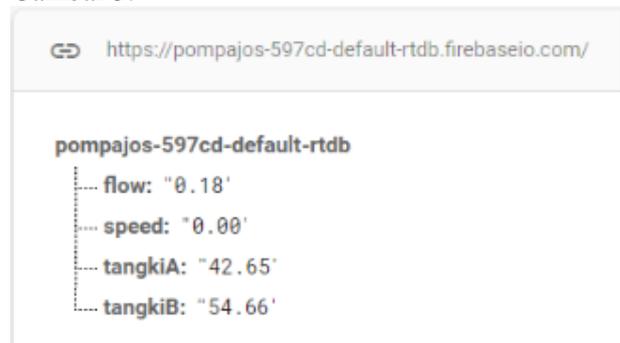
Pada sistem yang dibangun, dipasang juga sensor *flow* YF-S201 untuk mengetahui debit air di setiap perubahan kecepatan motor pompa. Secara umum, arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

Prototipe tangki menggunakan bak air dengan ukuran 29 liter. Ukuran tinggi tangki 34 cm dengan diameter 33 cm. Pada ketinggian 5.7 cm di dasar tangki diberi lubang pipa sebesar 1.3 cm. Pipa berfungsi sebagai perantara cairan antar tangki *Daily* dengan tangki *Storage*. Pada pipa terdapat *valve* dan sensor *flow*. Desain dan implementasi prototip tangki dapat dilihat pada Gambar 2.



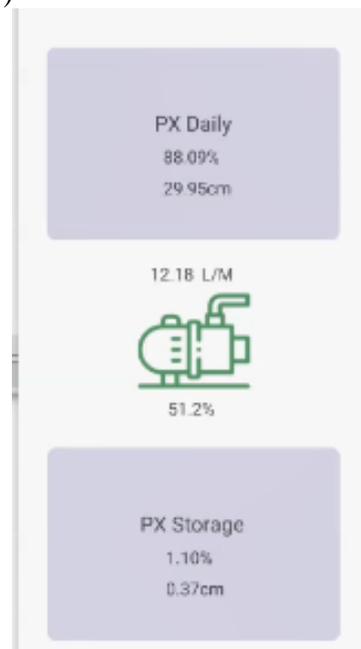
Gambar 3. Flowchart umum sistem

Secara *default*, jika volume air pada tangki *daily* masih dapat dipompa dan tangki *storage* belum mencapai 85%, maka *valve* akan terbuka dan pompa akan terus bekerja. Nilai ketinggian kedua tangki akan masuk sebagai *Input* dari *Fuzzy*. Sedangkan prosentase kecepatan pompa menjadi *output* dari *Fuzzy*. Persentase kecepatan pompa akan dikonversi menjadi kecepatan pompa dalam bentuk *PWM* yang akan diteruskan ke *driver motor DC (BTS-7960)*. Pergerakan aliran air pada pipa akan dibaca oleh sensor *flow (YF-S201)*. Semua proses pembacaan sensor dan prosentase kecepatan pompa menjadi data yang dikirim dari *Arduino* ke *ESP8266* dan diunggah ke *database* pada platform *Firebase*. Aplikasi *android* pada *smartphone* akan menampilkan data dari *Firebase*. *Flowchart* umum sistem dapat diamati pada Gambar 3.



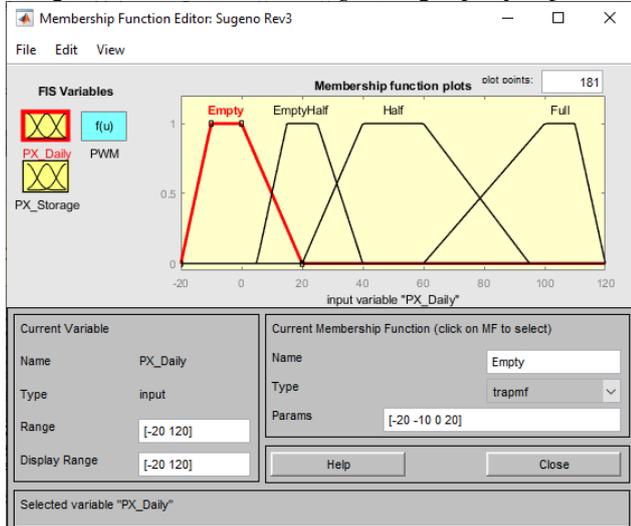
Gambar 4. Kolom tabel database pada *Firebase*

Data yang disimpan pada *database Firebase* (Gambar 4) adalah *flow* (debit air), *speed* (kecepatan pompa), *tangkiA* (ketinggian air di tangki *daily*) dan *tangkiB* (ketinggian air di tangki *storage*). 4 data ini yang akan ditampilkan pada aplikasi *android* yang diinstal pada *smartphone* dengan tampilan sederhana. (Gambar 5)



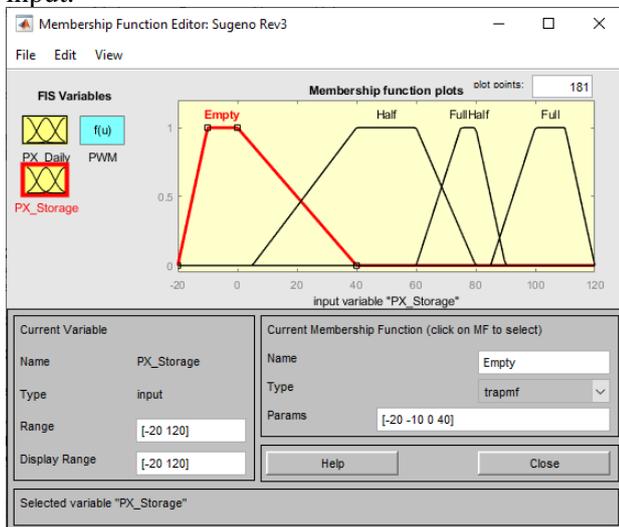
Gambar 5. Tampilan Aplikasi pada *Smartphone*

Pemodelan Logika Fuzzy pada penelitian ini menggunakan MATLAB untuk menentukan *range*, himpunan keanggotaan input dan output, *rules*, dan hasil akhir berupa simulasi berbentuk *rules view output*. Himpunan keanggotaan input pada penelitian ini terbagi menjadi 2 kelompok input : *PX Daily* (tangki utama) dan *PX Storage* (tangki penyimpanan).



Gambar 6. Himpunan Keanggotaan Input tangki *PX Daily*

Beberapa kategori kondisi air dalam tangki yang ditentukan berdasarkan pembacaan sensor HC-SR04, akan dijadikan fungsi keanggotaan input pada masing-masing kelompok himpunan keanggotaan input.



Gambar 7. Himpunan Keanggotaan Input tangki *PX Storage*

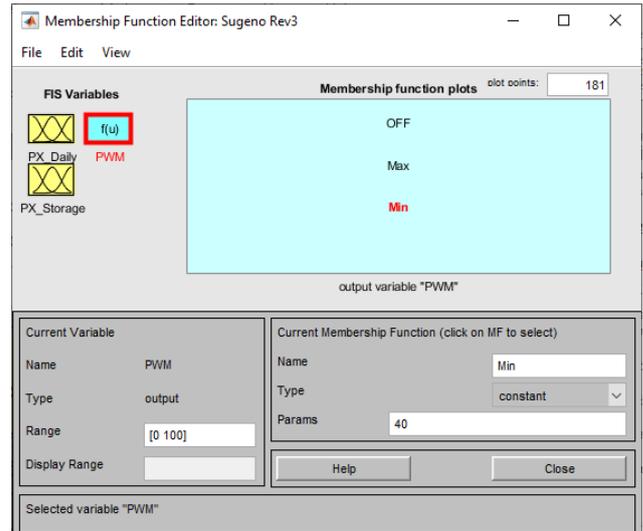
Input *PX Daily* (Gambar 6) memiliki 4 kondisi masukan yaitu *Empty*, *EmptyHalf*, *Half*, dan *Full* dengan parameter sebagai berikut :

- *Empty* [-20 -10 0 20]
- *EmptyHalf* [5 15 25 40]
- *Half* [20 40 60 95]
- *Full* [60 100 110 120]

Sedangkan, input *PX Storage* (Gambar 7) memiliki 4 kondisi masukan yang sama dengan parameter yang berbeda :

- *Empty* [-20 -10 0 40]
- *EmptyHalf* [5 40 60 80]
- *Half* [60 75 80 90]
- *Full* [85 100 110 120]

Pada prototipe yang dibuat, ditentukan 3 kondisi keluaran yaitu *Min*, *Max* dan *OFF* (Gambar 8). *Min* untuk kecepatan pompa 40% dari nilai total PWM. *Max* untuk kecepatan pompa 100% dari nilai total PWM. *OFF* adalah 0% dari nilai total PWM



Gambar 8. Himpunan Keanggotaan Output dalam bentuk nilai PWM

Pada penelitian ini, *rules* Fuzzy yang digunakan didefinisikan sebagai berikut :

1. Jika (*PX\_Daily* is *Empty*) maka (*PWM* is *OFF*).
2. Jika (*PX\_Storage* is *Full*) maka (*PWM* is *OFF*).
3. Jika (*PX\_Daily* is *Half*) dan (*PX\_Storage* is *Empty*) maka (*PWM* is *Max*).
4. Jika (*PX\_Daily* is *Half*) dan (*PX\_Storage* is *Half*) maka (*PWM* is *Max*).
5. Jika (*PX\_Daily* is *Full*) dan (*PX\_Storage* is *Empty*) maka (*PWM* is *Max*).
6. Jika (*PX\_Daily* is *Full*) dan (*PX\_Storage* is *Half*) maka (*PWM* is *Max*).
7. Jika (*PX\_Daily* is *EmptyHalf*) dan (*PX\_Storage* is *Empty*) maka (*PWM* is *Min*).
8. Jika (*PX\_Daily* is *EmptyHalf*) dan (*PX\_Storage* is *Half*) maka (*PWM* is *Min*).
9. Jika (*PX\_Daily* is *EmptyHalf*) dan (*PX\_Storage* is *FullHalf*) maka (*PWM* is *Min*).
10. Jika (*PX\_Daily* is *Half*) dan (*PX\_Storage* is *FullHalf*) maka (*PWM* is *Min*).
11. Jika (*PX\_Daily* is *Full*) dan (*PX\_Storage* is *FullHalf*) maka (*PWM* is *Min*).

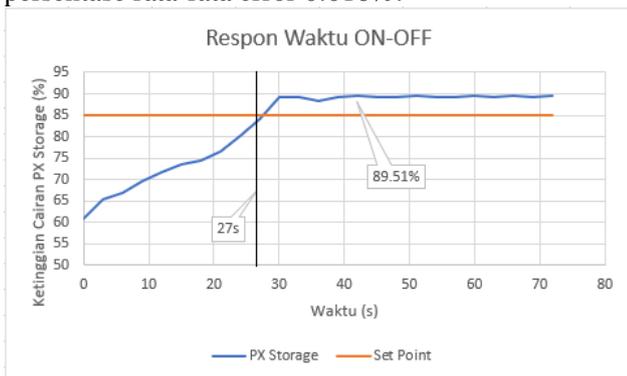
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pertama dilakukan dengan cara membandingkan hasil output fuzzy dari sistem yang dibangun dengan simulasi di matlab. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah fuzzy pada sistem bekerja dengan baik atau tidak. Semakin besar perbedaan nilai output dari sistem dengan nilai output pada simulasi, maka semakin buruk kinerja fuzzy. Sebaliknya, semakin kecil perbedaan nilai output, maka semakin baik kinerja fuzzy pada sistem.

Tabel 1. Perbandingan Output Fuzzy Sistem dan Matlab

No	Input Ketinggian Air pada Tangki		Output PWM		Error (%)
	PX Daily (%)	PX Storage (%)	Sistem (%)	Matlab (%)	
1	76.29	60.82	96.75	96.8	0.052
2	76.66	63.23	87.73	87.7	0.034
3	72.65	65.85	78.66	78.7	0.051
4	74.47	68.58	69.96	70	0.057
5	68.48	69.33	67.69	67.7	0.015
6	68.51	71.42	61.62	61.6	0.032
7	61.15	74.9	52.26	52.3	0.077
8	62.11	73.83	55.05	55	0.091
9	57.35	79.93	40.21	40.2	0.025
10	55.37	79.18	42.36	42.4	0.094
Rata-rata error (%)					0.016

Dari pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1 didapatkan hasil data perbandingan output fuzzy pada sistem yang dibuat dan simulasi matlab dengan persentase rata-rata error 0.016%.



Gambar 9. Respon Sistem dengan Metode ON-OFF

$$\%MaxOS = \frac{Nilai\ Max - Setpoint}{Setpoint} * 100\% \quad (1)$$

$$\%MaxOS = \frac{89.51 - 85}{85} * 100\% \quad (2)$$

$$\%MaxOS = 5.3\% \quad (3)$$

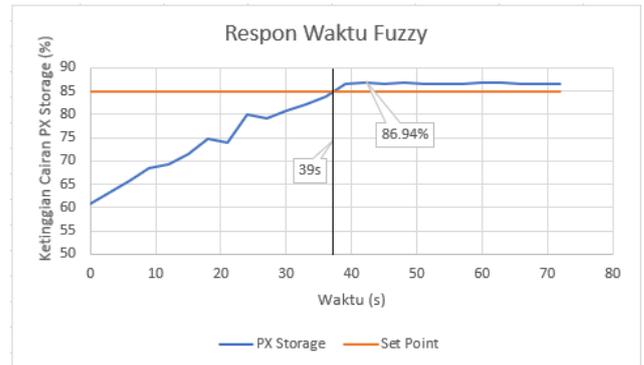
Pengujian kedua dilakukan dengan skenario memindahkan air dari tangki *Daily* ke tangki *Storage* dengan metode kontrol ON-OFF. *Set Point* ditentukan sebesar 85% dari ketinggian air pada tangki *Storage*.

Kondisi awal ketinggian air tangki *Daily* yaitu 80% sedangkan kondisi awal ketinggian air tangki *Storage* yaitu 60%. Hasil respon sistem ditunjukkan pada Gambar 9 dengan nilai *rise time* sebesar 27 detik dan prosentase maksimum *overshoot* yang didapatkan dari Persamaan (3) sebesar 5,3%

$$\%MaxOS = \frac{Nilai\ Max - Setpoint}{Setpoint} * 100\% \quad (4)$$

$$\%MaxOS = \frac{86.94 - 85}{85} * 100\% \quad (5)$$

$$\%MaxOS = 2.28\% \quad (6)$$



Gambar 10. Respon Sistem dengan Metode Fuzzy

Pengujian ketiga dilakukan dengan skenario memindahkan air dari tangki *PX Daily* ke tangki *PX Storage* dengan Set Point 85% dari ketinggian air pada tangki *PX Storage*. Kondisi awal ketinggian air tangki *PX Daily* yaitu 80% sedangkan kondisi awal ketinggian cairan tangki *PX Storage* yaitu 60%. Hasil dari respon sistem ditunjukkan pada Gambar 10 dengan nilai *rise time* sebesar 39 detik dan prosentase maksimum *overshoot* sebesar 2,28% sesuai dengan Persamaan (6).

### IV. KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan, dilakukan pengamatan dari hasil pengukuran nilai output PWM baik dari pada implementasi sistem maupun simulasi di matlab. Selain itu juga dilakukan pengamatan pada respon sistem baik dengan metode ON-OFF maupun dengan Logika Fuzzy. Implementasi metode Fuzzy pada sistem menunjukkan perbedaan rata-rata nilai output yang tidak signifikan (0.016 %). Dari hasil tersebut dapat dikatakan model yang dibangun pada simulasi cukup tepat terduplikasi pada sistem. Pada pengujian perbandingan respon sistem, didapatkan bahwa nilai *rise time* pada metode ON-OFF sebesar 27 detik atau lebih cepat 12 detik daripada metode Fuzzy (39 detik). Meskipun demikian, nilai tersebut masih dapat diterima. Lebih lambat nilai *rise time* metode Fuzzy dikompensasi dengan prosentase *overshoot* maksimum yang didapatkan sebesar 2,28% atau lebih rendah 3,02 % dibandingkan metode ON-OFF (5,3%). Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode Fuzzy layak

dipertimbangkan sebagai metode kontrol ketinggian air pada tangki.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elmer P. Dadios, " *Fuzzy Logic – Controls, Concepts, Theories and Applications*", First Edition ,Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2012.
- [2] W. E. Sari, O. Wahyunggoro dan S. Fauziati, "A Comparative Study On Fuzzy Mamdani-Sugeno-Tsukamoto For The Childhood Tuberculosis Diagnosis," dalam *AIP Conference Proceedings*, 2016.
- [3] W. T. Priyo. (2017). Penerapan Logika Fuzzy dalam Optimasi Produksi Barang menggunakan Metode Mamdani. *Jurnal Ilmiah : SoulMath Vol 5 No. 1*.
- [4] I. Santoso, S. Wijana, dan W. H. Pratiwi. (2010) Penerapan Logika Fuzzy pada Penilaian Mutu Susu Segar. *Jurnal Teknologi Pertanian Vol 11 No 1*.
- [5] C. O. Aliworom, L. O. Uzoechi, M. Olubiwe (2018). Design of Fuzzy Logic Tracking Controller for Industrial Conveyor System. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. Vol 61 No 2.
- [6] O. Qingli, Z. Pingrong, and W. Yangxi, "Control System of the Boiler Water Level Based on Normalized PID," *3<sup>rd</sup> International Conference on Computer Science and Network Technology*, 2013
- [7] F. Fang, Y. Xiong (2014). Event-Driven-Based Water Level Control for Nuclear Steam Generators. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 61 No. 10.
- [8] I. C. Ahmed dan E. I. Innocent (2015). Water Level Monitoring And Control Using Fuzzy Logic System. *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no. 8, pp. 1382-1395.
- [9] F. Chabni, R. Taleb, A. Benbouali dan M. A. Bouthiba (2016). The Application of Fuzzy Control in Water Tank Level Using Arduino. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 7, no. 4.
- [10] Harshdeep Singh. Design of Water Level ontroller using Fuzzy Logic System, *Bachelor of Technology Thesis, National Institute of Technology*, Rourkela, 2013