

Perbandingan Desain Kontrol *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dan *Pole Placement* untuk Sistem Dua Tangki yang Saling Berinteraksi

Sulis Rizkiatul Fitri^{1*}, Mardlijah²

^{1,2}Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia
e-mail: sulisrizkiatulfitri@gmail.com; mardlijah@matematika.its.ac.id

Diajukan: 18 Juni 2023, Diperbaiki: 25 September 2024, Diterima: 26 September 2024

Abstrak

Sistem dua tangki yang saling berinteraksi memberikan manfaat penting dalam menjaga kualitas air, mencegah pencemaran, dan mengoptimalkan distribusi air bersih dalam berbagai aplikasi industri. Oleh karena itu, penting untuk mengatur ketinggian air dalam sistem dua tangki yang saling berinteraksi agar dapat menghasilkan air bersih yang berkualitas dan dapat dikonsumsi masyarakat dan makhluk hidup lain. Pada artikel ini, dilakukan analisis kestabilan dan keterkontrolan pada model sistem untuk dua tangki yang saling berinteraksi. Hasil dari analisis membuktikan bahwa sistem ini stabil dan terkontrol. Selanjutnya, untuk mengendalikan ketinggian air, digunakan dua metode yaitu *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dan *Pole Placement*. Kedua kontrol tersebut dibandingkan dan dilihat mana kontrol sistem yang paling cepat stabil dan tahan terhadap gangguan (*disturbance*). Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa *Fuzzy Logic Controller* (FLC) membuat sistem lebih cepat stabil dan lebih *robust* terhadap gangguan dibandingkan *Pole Placement*. Namun, waktu tunggu simulasi pada *Pole Placement* lebih cepat daripada FLC.

Kata Kunci: Sistem dua tangki yang saling berinteraksi, Ketinggian air, *Fuzzy Logic Controller*, *Disturbance*, *Pole Placement*.

Abstract

The interacting two-tank system provides important benefits in maintaining water quality, preventing pollution, and optimizing the distribution of clean water in various industrial applications. Therefore, it is important to control the water level for the interacting two-tank system in order to generate drinking water of high quality that is suitable for consumption for the community and other living beings. In this article, we analysis the stability and controllability the model of the interacting two-tank system. The result of the analysis prove that the system is stable and controllable. Furthermore, to control the water level, we using two methods that is Fuzzy Logic Controller (FLC) and Pole Placement. We compared two control methods and examined which one provided faster stability and more robust from disturbances. Based on the simulation output, it can be concluded that Fuzzy Logic Controller (FLC) performs better than Pole Placement. Fuzzy Logic Controller (FLC) enables the system to achieve faster stability without overshoot and is more robust against disturbances. However, the simulation waiting time for Pole Placement is faster than FLC.

Keywords: *two interacting tank, water level, Fuzzy Logic Controller, Disturbance, Pole Placement.*

1 Pendahuluan

Sistem dua tangki yang saling berinteraksi memiliki manfaat yang signifikan dalam berbagai aplikasi industri. Salah satu manfaat utamanya adalah kemampuannya untuk menjaga kualitas air dalam sistem. Interaksi antara dua tangki dapat mengontrol aliran air dan memastikan bahwa kualitasnya tetap terjaga. Selain itu, sistem ini juga efektif dalam mencegah terjadinya pencemaran atau kontaminasi dalam aliran air. Penggunaan sistem dua tangki yang saling berinteraksi memungkinkan proses pengolahan air, pemurnian, filtrasi, dan pemrosesan makanan dilakukan dengan lebih efisien serta menjamin kebersihannya [1]. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pengendalian laju, kecepatan, dan tekanan aliran dalam pipa sehingga air bersih dapat langsung disalurkan kepada masyarakat dengan hasil yang optimal. Dengan demikian, sistem dua tangki yang saling berinteraksi memberikan manfaat penting dalam menjaga kualitas air, mencegah pencemaran, dan mengoptimalkan distribusi air bersih dalam berbagai aplikasi industri. Oleh karena itu, penting untuk mengatur ketinggian air dalam sistem dua tangki yang saling berinteraksi agar dapat menghasilkan air bersih yang berkualitas dan dapat dikonsumsi masyarakat dan makhluk hidup lain.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Amitava Biswas dan Gargee Chakraborty, mengembangkan model matematika dan implementasi *Full-Order State Observer Controller* untuk sistem dua tangki yang saling berinteraksi. *Observer Controller* ini dirancang menggunakan teknik *pole placement* dan substitusi langsung dengan bantuan MATLAB. Dua teknik ini dibandingkan dengan hasil teknik *pole placement* ini lebih diterima karena stabil pada sistem loop terbuka dan tertutup [2]. Metode kontrol lain yang sering digunakan adalah *Fuzzy Logic Controller*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Miral Changela dan Ankit Kumar dibuktikan bahwa *Fuzzy Logic Controller* adalah metode kontrol yang lebih baik dibandingkan dengan *PID Controller* [3].

Dalam artikel ini, dijelaskan dua kontrol yang berbeda pada sistem dua tangki yang saling berinteraksi yaitu *Pole Placement* dan *Fuzzy Logic Controller*. *Pole Placement* ini dipilih untuk menyederhanakan desain kontrol yang diteliti pada penelitian sebelumnya dan *Fuzzy Logic Controller* ini dipilih karena lebih mudah dipelajari dan lebih sederhana, karena menerapkan aturan-aturan yang serupa dengan penalaran manusia dan dari penelitian sebelumnya juga dibuktikan bahwa *Fuzzy Logic Controller* merupakan metode kontrol yang lebih baik dibandingkan dengan *PID Controller*. Artikel ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemberian rekomendasi tentang pengendali yang terbaik untuk sistem dua tangki yang saling berinteraksi. Dengan membandingkan *Fuzzy Logic Controller* dan *Pole Placement* melalui simulasi, kita dapat melihat kinerja kedua pengendali tersebut yang kemudian hasilnya akan

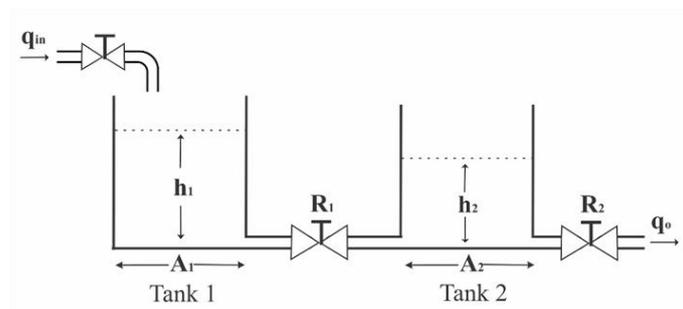
dianalisis. Dari hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan pengendali terbaik dalam mengendalikan ketinggian air dalam sistem dua tangki yang saling berinteraksi.

2 Metode Penelitian

Pada artikel ini, dilakukan analisis pada model sistem dua tangki yang saling berinteraksi. Setelah itu, dibentuk fungsi transfer yang akan dimasukkan ke dalam desain kontrol. Ketinggian air pada tangki kedua kemudian distabilkan dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* dan *Pole Placement*. Hasil dari simulasinya dianalisis dan dibandingkan untuk dapat menyimpulkan pengendali terbaik dalam mengendalikan ketinggian air dalam sistem dua tangki yang saling berinteraksi.

2.1 Sistem Dua Tangki yang Saling Berinteraksi

Sistem dua tangki yang saling berinteraksi ini digunakan untuk proses filtrasi air dan menjaga kualitas air agar dapat dikonsumsi oleh masyarakat. Beberapa asumsi pada sistem ini adalah pergerakan air yang terdapat pada tangki adalah linear dimana bergerak Laminar dengan Resistance konstan, luas penampang 1 sama dengan luas penampang 2 dan bernilai positif, dan diberikan gambar sistem dua tangki yang saling berinteraksi adalah sebagai berikut,



Gambar 1. Sistem dua tangki yang saling berinteraksi

Variabel dan parameter yang digunakan dalam pembentukan model matematika adalah

- h_1, h_2 : Tinggi air dalam tangki 1 dan 2 (m)
- Q : Debit air yang mengalir pada tangki (m^3/s)
- q_{in} : Debit air yang masuk ke tangki 1 (m^3/s)
- q_1, q_0 : Debit air pada tangki 1 dan 2 (m^3/s)
- A_1, A_2 : Luas penampang tangki 1 dan 2 (m^2)
- R_1, R_2 : Hambatan 1 dan 2 (sec/m^2)

Untuk tangki 1, berdasarkan rumus fluida dinamis, maka jumlah volume air yang mengalir persatuan waktu adalah [2]

$$Q = Av$$

dimana

$$v = \frac{dh}{dt}$$

Sehingga volume air yang mengalir pada tangki 1 adalah

$$Q = q_{in} - q_1$$

$$A_1 v_1 = q_{in} - q_1$$

$$A_1 \frac{dh_1}{dt} = q_{in} - q_1$$

dengan asumsi air bergerak secara laminar, maka diperoleh rumus dari parameter resistensi adalah

$$R_1 = \frac{\Delta h}{q_1}$$

$$R_1 = \frac{h_1 - h_2}{q_1}$$

maka,

$$q_1 = \frac{h_1 - h_2}{R_1}$$

$$A_1 \frac{dh_1}{dt} = q_{in} - \frac{h_1 - h_2}{R_1}$$

Sehingga diperoleh

$$\frac{dh_1}{dt} = -\left(\frac{1}{R_1 A_1}\right) h_1 + \left(\frac{1}{R_1 A_1}\right) h_2 + \frac{1}{A_1} q_{in} \quad (1)$$

Konstanta waktu untuk tangki 1 adalah $\tau_1 = R_1 A_1$

Untuk Tangki 2

$$Q = q_1 - q_0$$

$$A_2 v_2 = q_1 - q_0$$

$$A_2 \frac{dh_2}{dt} = q_1 - q_0$$

dengan asumsi air bergerak secara laminar, maka diperoleh rumus dari parameter resistensi adalah

$$R_2 = \frac{h_2}{q_0}$$

maka,

$$q_0 = \frac{h_2}{R_2}$$

$$A_2 \frac{dh_2}{dt} = \frac{h_1 - h_2}{R_1} - \frac{h_2}{R_2}$$

sehingga diperoleh

$$\frac{dh_2}{dt} = \left(\frac{1}{R_1 A_2}\right) h_1 - \frac{1}{R_2 A_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) h_2 \quad (2)$$

Konstanta waktu untuk tangki 2 adalah $\tau_2 = R_2 A_2$

Dari Persamaan (1) dan (2), maka diperoleh Persamaan Diferensial orde satu dalam bentuk *state space* dengan variabel statenya yaitu

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= h_1 \\ \dot{x}_2 &= h_2 = y \end{aligned} \quad (3)$$

Oleh karena itu, state model dari sistem dua tangki yang saling berinteraksi tersebut dapat diturunkan dari Persamaan (1), (2), dan (3) :

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ \begin{bmatrix} \frac{dx_1}{dt} \\ \frac{dx_2}{dt} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{R_1 A_1} & \frac{1}{R_1 A_1} \\ \frac{1}{R_1 A_2} & -\frac{1}{R_2 A_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} q_{in} \end{aligned} \quad (4)$$

dengan output sebagai berikut:

$$y = x_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}.$$

Nilai parameter sistem ditunjukkan pada Tabel 1 [2]

Tabel 1. Nilai Parameter Sistem

Kondisi	Debit air (liter/jam)	Tinggi air dalam tangki 1 (mm)	Tinggi air dalam tangki 2 (mm)	Luas pada tangki 1 = luas pada tangki 2 (m^2)	Konstanta waktu untuk tangki 1	Konstanta waktu untuk tangki 2
Kondisi awal	100	50	30	0,01	$\tau_1 = 9$ s	$\tau_2 = 3,6$ s
Kondisi akhir setelah dilakukan perubahan	300	100	50	0,01	$\tau_1 = 9$ s	$\tau_2 = 3,6$ s

Berdasarkan nilai-nilai parameter yang ditunjukkan pada Tabel 1, sehingga diperoleh untuk R_1 dan R_2 diberikan sebagai berikut

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{dh_1}{dq} = \frac{(100 - 50) \text{ mm}}{(300 - 100) \text{ liter/jam}} = 900 \text{ sec}/m^2 \\ R_2 &= \frac{dh_2}{dq} = \frac{(50 - 30) \text{ mm}}{(300 - 100) \text{ liter/jam}} = 360 \text{ sec}/m^2 \end{aligned}$$

sehingga diberikan sistem sebagai berikut.

$$A = \begin{bmatrix} -0,11 & 0,11 \\ 0,11 & -0,388 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 100 \\ 0 \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya sistem dianalisis kestabilannya, untuk itu perlu dicari nilai eigen sebagai berikut.

$$\begin{aligned} |\lambda I - A| &= 0 \\ \begin{vmatrix} \lambda + 0,11 & 0,11 \\ 0,11 & \lambda + 0,388 \end{vmatrix} &= 0 \\ \lambda^2 + 0,498\lambda + 0,03058 &= 0 \\ \lambda_1 = -0,4263 \vee \lambda_2 = -0,0717 & \end{aligned} \quad (5)$$

Berdasarkan Persamaan (5) terlihat bahwa nilai λ_1 dan λ_2 negatif maka model sistem dua tangki yang saling berinteraksi bersifat stabil.

Selanjutnya dibentuk fungsi transfer yang diperoleh dari matriks A , B , dan C . Fungsi transfer dapat dirumuskan dengan

$$H(s) = C(sI - A)^{-1}B$$

untuk sistem dua tangki yang saling berinteraksi diperoleh fungsi transfer sebagai berikut.

$$\frac{h_2(s)}{q_{in}(s)} = \frac{R_2}{\tau_1\tau_2s^2 + (\tau_1 + \tau_2 + A_1R_2)s + 1}$$

dengan mensubstitusi nilai parameter pada Tabel 1 diperoleh fungsi transfer sebagai berikut.

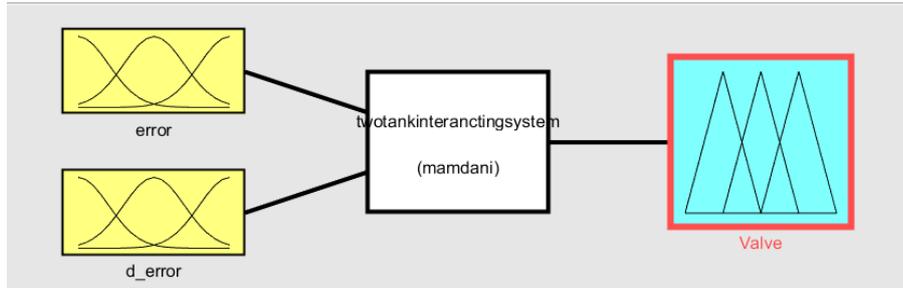
$$\frac{h_2(s)}{q_{in}(s)} = \frac{360}{32,4s^2 + 16,2s + 1} \quad (6)$$

2.2 *Fuzzy Logic Controller* (FLC)

Fuzzy Logic Controller (FLC) adalah salah satu metode kontrol yang digunakan untuk mengontrol sistem yang kompleks dan tidak linear dengan menggunakan konsep dalam kecerdasan buatan untuk menginterpretasikan pemikiran manusia [4].

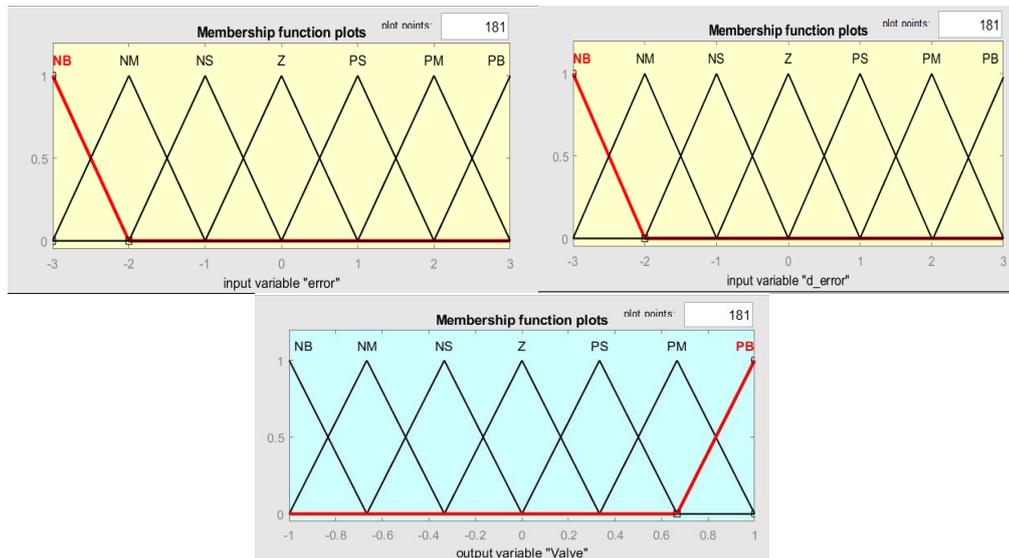
Pada dasarnya, FLC menggabungkan prinsip-prinsip logika fuzzy dengan pengaturan aturan yang berbasis pada pengetahuan manusia atau pengalaman praktis. FLC menggunakan himpunan *fuzzy* untuk mewakili variabel input dan output serta memodelkan hubungan antara keduanya menggunakan fungsi keanggotaan yang menggambarkan tingkat keanggotaan variabel dalam himpunan fuzzy. *Fuzzy Logic Controller* bekerja dengan cara mengubah input yang terukur menjadi nilai keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, kemudian menerapkan aturan-aturan yang ditentukan berdasarkan pengetahuan manusia untuk menghasilkan output yang juga dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Output ini kemudian dikonversi menjadi nilai *crisp* (nilai nyata) dengan menggunakan operasi *defuzzifikasi* [4].

Desain Kontrol *Fuzzy Logic Controller*: untuk mendesain sistem menggunakan FLC, pertama yang harus kita lakukan adalah menentukan *error* dari sistem dua tangki yang saling berinteraksi. *Error* tersebut merupakan perbedaan atau selisih antara *setpoint* dan nilai yang diukur dari ketinggian air pada tangki 2. Setelah itu, kita cari laju perubahan air pada tangki 2 yang juga mempengaruhi perubahan *error*. Himpunan Fuzzy pada sistem dua tangki yang saling berinteraksi setiap input dan outputnya membutuhkan batasan yang kita peroleh dari menghitung *error* tersebut. Pada sistem ini, diberikan 2 input yaitu *error* dan derivatif *error* (*d_error*) dan 1 output pada *Fuzzy Logic Controller* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Fuzzy Inference System (FIS) Editor

Selanjutnya dilakukan pendefinisian himpunan *fuzzy* dan konstruksi fungsi keanggotaan. Dalam sistem dua tangki yang saling berinteraksi ini digunakan tujuh himpunan bagian *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* didefinisikan sebagai: NB, NM, NS, Z, PS, PM dan PB yang mewakili Negative Big, Negative Medium, Negative Small, Zero, Positive Small, Positive Medium dan Positive Big yang ditunjukkan pada Gambar 3.



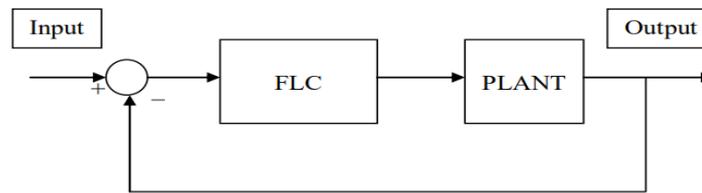
Gambar 3. Himpunan *fuzzy* untuk input dan output pada Sistem Dua Tangki yang Saling Berinteraksi

Aturan logika *fuzzy* yang digunakan dalam artikel ini berdasarkan pada tabel berikut ini [5]

Tabel 2. Rules Fuzzy

<i>error/ d_error</i>	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	Z
NM	NB	NM	NM	NS	NS	Z	PS
NS	NM	NM	NS	NS	Z	PS	PS
Z	NM	NS	NS	Z	PS	PS	PM
PS	NS	NS	Z	PS	PS	PM	PM
PM	NS	Z	PS	PS	PM	PM	PB
PB	Z	PS	PS	PM	PM	PB	PB

Desain kontrol menggunakan *Fuzzy Logic Controller* pada sistem dua tangki yang berinteraksi yaitu sebagai berikut



Gambar 4. Desain Kontrol menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

2.3 Pole Placement

Metode *Pole Placement* digunakan untuk menempatkan posisi *pole* pada persamaan karakteristik sesuai dengan keinginan kita. Untuk mencapai penempatan pole sesuai dengan yang diinginkan, langkah awal yang harus dilakukan adalah memilih gain yang sesuai untuk memastikan bahwa sistem tersebut terkontrol [3].

Diberikan suatu sistem

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

dengan x adalah *state vector*, u adalah sinyal kontrol, dan y adalah keluaran (output).

Sinyal kontrol dirumuskan menjadi

$$u = -Kx$$

dimana K adalah *state feedback gain matrix*. Langkah pertama yang perlu dilakukan untuk mencari nilai K adalah menganalisis keterkontrolan sistem. Sifat keterkontrolan diketahui dengan membentuk matriks keterkontrolan (M_c) sebagai berikut.

$$M_c = (B|AB|A^2B| \dots |A^{(n-1)}B)$$

dengan n merupakan dimensi dari matriks A yaitu 2, sehingga diperoleh matriks M_c sebagai berikut.

$$M_c = |B \quad AB|$$

$$M_c = \begin{vmatrix} 100 & -11 \\ 0 & 11 \end{vmatrix} = 1100 \neq 0$$

Kita tahu bahwa $|M_c| \neq 0$ dan rank dari matriks state sama dengan dimensi matriks A yaitu 2, sehingga sistem tersebut terbukti terkontrol.

Selanjutnya, dengan memisalkan matriks gain K yang diinginkan sebagai $K = [k_1 \quad k_2]$ dan menyamakan $|SI - A + BK|$ dengan persamaan karakteristik yang diinginkan, diperoleh

$$|SI - A + BK|$$

$$\begin{vmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{vmatrix} - \begin{bmatrix} -0,11 & 0,11 \\ 0,11 & -0,388 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 100 \\ 0 \end{bmatrix} [k_1 \quad k_2] = 0$$

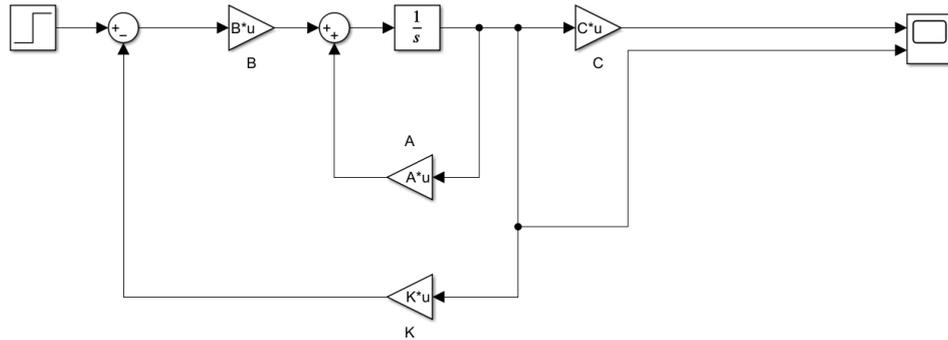
$$\begin{vmatrix} s + 0,11 + 100k_1 & -0,11 + 100k_2 \\ -0,11 & s + 0,388 \end{vmatrix} = 0$$

$$s^2 + (0,49 + 100k_1)s + (38k_1 + 11k_2 + 0,03058) = 0 \quad (7)$$

Poles yang diinginkan yaitu pada $s = -1 + j_2$ dan $s = -1 - j_2$, sehingga diperoleh $k_1 = 0,015$ dan $k_2 = 0,1261$. Maka, bisa dituliskan matriks *gain*-nya sebagai berikut.

$$K = [0,015 \quad 0,1261]$$

Desain Kontrol dengan *Pole Placement* disajikan pada Gambar 5.



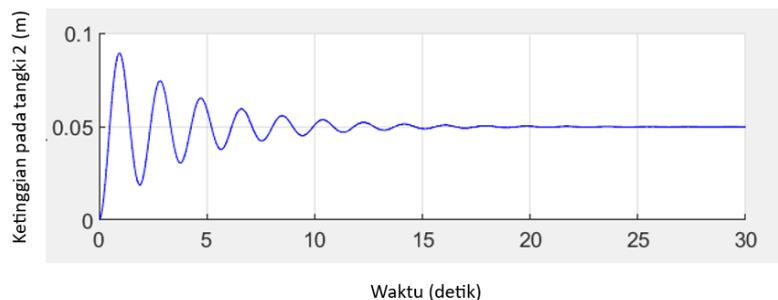
Gambar 5. Desain Kontrol menggunakan *Pole placement*

3 Hasil dan Pembahasan

Analisis hasil dan pembahasan ini berdasarkan pada metode penelitian yang telah dikerjakan sebelumnya.

3.1 Analisis Hasil Simulasi

Dalam simulasi ini, dibandingkan kinerja pengontrol *Fuzzy Logic Controller* dan *Pole Placement*. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mempelajari kinerja masing-masing pengontrol dan menentukan pengontrol mana yang lebih tahan terhadap gangguan. Sebelum menampilkan hasil simulasi yang sudah diberi kontrol, maka ditampilkan hasil simulasi close loop sistem dua tangki yang saling berinteraksi tanpa kontrol seperti pada Gambar 6 dengan diberikan set point 50 mm yang kemudian dikonversi menjadi 0,050 m

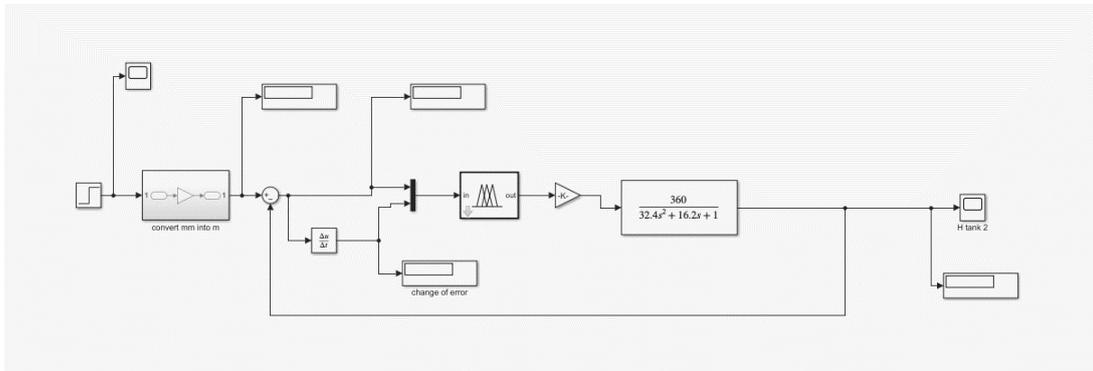


Gambar 6. Hasil Simulasi tanpa Kontroler

Terlihat bahwa grafik masih memerlukan waktu sekitar 15 detik untuk mencapai kestabilan dalam sistem tersebut, dengan memberikan kontrol berupa *Fuzzy Logic Controller* dan *Pole Placement* diharapkan sistem dapat stabil lebih cepat.

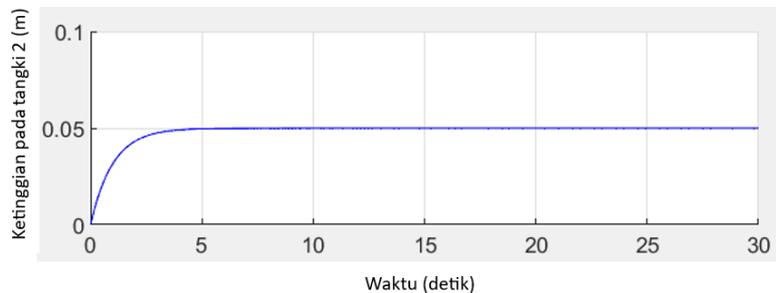
A. Kontrol ketinggian air pada tangki 2 menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

Untuk mendesain sistem menggunakan FLC, *error* dan derivatif *error* dihitung dari sistem tersebut. *Error* sendiri merupakan selisih antara output sistem dan *set point*. Diberikan *set point* yaitu 50 mm yang kemudian dikonversi menjadi 0,050 m, dengan desain kontrol pada Simulink Matlab diberikan sebagai berikut.



Gambar 7. Desain Close Loop dengan *Fuzzy Logic Controller*

diperoleh hasil simulasi dibawah ini.

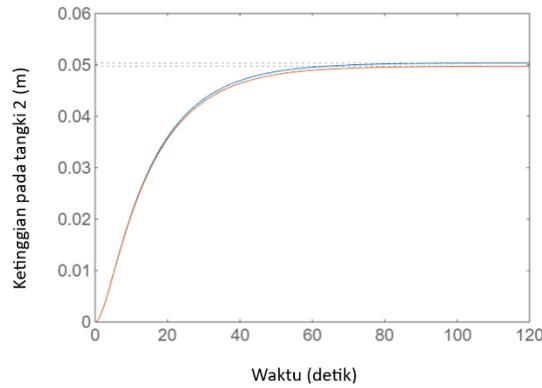


Gambar 8. Hasil Simulasi dengan *Fuzzy Logic Controller*

Dari hasil simulasi diatas, dapat diketahui bahwa sistem lebih cepat stabil dengan diberikan kontrol dan output yang dihasilkan mendekati set point yaitu 0,04999 m, dengan *error* pada sistem ini yaitu $1,114 \times 10^{-5}$ dan *derivatif error* yaitu $-6,427 \times 10^{-5}$.

B. Kontrol ketinggian air pada tangki 2 menggunakan *Pole Placement*

Desain kontrol *Pole Placement* ini diberikan pada Gambar 5. Diperoleh hasil simulasi sistem *close loop* dengan *Pole Placement* adalah sebagai berikut

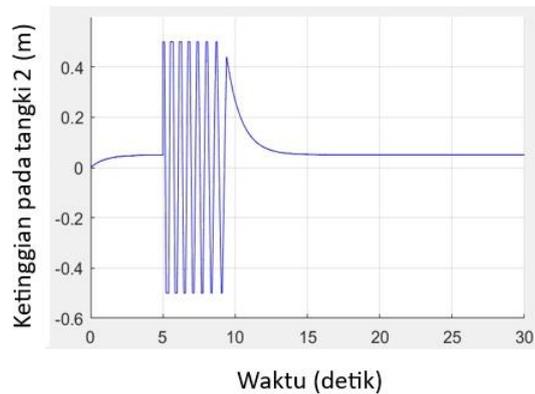


Gambar 9. Grafik kurva *actual output* dan output estimasi dari sistem dengan *Pole Placement*

Dari hasil pada gambar diatas, bisa dilihat bahwa sistem masih membutuhkan waktu 60 detik untuk stabil menuju *set point*. Ini berarti pemberian kontrol dengan metode *Fuzzy Logic Controller* bekerja lebih baik daripada metode *Pole Placement*.

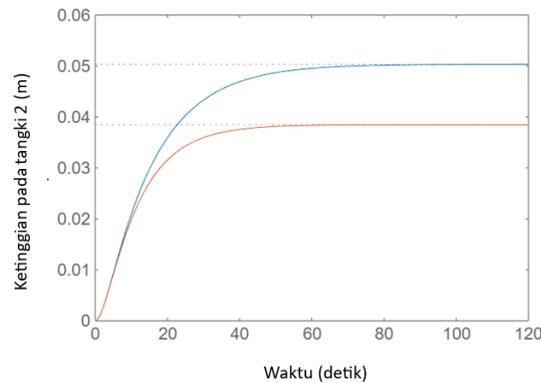
C. Dengan *disturbance*

Dalam artikel ini, FLC dan *Pole Placement* disimulasikan dengan menambahkan *disturbance* (gangguan). Gangguan itu direpresentasikan sebagai kebocoran dari tangki dan hasil yang diberikan sebagai berikut



Gambar 10. Hasil Simulasi menggunakan *Fuzzy Logic Controller* dengan *disturbance*

Dengan diberikan gangguan yang sama pada detik kelima, dapat dilihat dari Gambar 10 bahwa sistem lebih stabil dan lebih robust terhadap gangguan jika menggunakan *Fuzzy Logic Controller*.



Gambar 11. Grafik kurva *actual output* dan output estimasi dari sistem dengan *Pole Placement* dengan *disturbance*

Sistem yang menggunakan metode *Pole Placement* yang diberikan gangguan pada output estimasinya tidak menuju set point. Berdasarkan hasil simulasi, dapat ditarik kesimpulan bahwa *Fuzzy Logic Controller* (FLC) bekerja lebih baik daripada *Pole Placement*. *Fuzzy Logic Controller* (FLC) membuat sistem lebih cepat stabil dan lebih *robust* terhadap gangguan. Namun, waktu tunggu simulasi pada *Pole Placement* lebih cepat daripada FLC.

4 Simpulan

Mengacu pada hasil analisis simulasi, dapat disimpulkan bahwa kontrol yang baik untuk mengontrol ketinggian air pada sistem dua tangki yang saling berinteraksi adalah *Fuzzy Logic Controller*. *Fuzzy Logic Controller* (FLC) membuat sistem lebih cepat stabil dan lebih *robust* terhadap gangguan. Penting untuk kita ketahui tentang berbagai metode kontrol pada sistem untuk menentukan metode yang tepat dalam mengendalikan model sistem tersebut. Namun untuk penanganan pada sistem nonlinear, *Fuzzy Logic Controller* dapat menangani dengan lebih baik dan terbukti lebih *robust* terhadap gangguan.

5 Daftar Pustaka

- [1] M. Changela and A. Kumar, "Designing a Controller for Two Tank Interacting System," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 4, no. 5, pp. 2319–7064, 2013, [Online]. Available: www.ijsr.net
- [2] Amitava Biswas and Gargee Chakraborty, "Two Interacting Tank System," vol. 6, no. 7, pp. 134–141, 2017.
- [3] S. Liberty, *Modern control engineering*, vol. 17, no. 3. 1972. doi: 10.1109/tac.1972.1100013.
- [4] Z. Zuhri, M. Mardlijah, and D. K. Arif, "Comparison between Fuzzy Logic Controller (FLC) and Fractional Order Proportional Integral Derivative (FOPID) Controller on Water

Level and Steam Temperature of Steam Drum Boiler,” *Int. J. Comput. Sci. Appl. Math.*, vol. 4, no. 2, p. 56, 2018, doi: 10.12962/j24775401.v4i2.3492.

- [5] D. M. Putra, D. Marindani,) Program, S. Teknik, E. Jurusan, and T. Elektro, “Analisis Sistem Suspensi Mobil Menggunakan Kendali Logika Fuzzy”.