

Simulasi Sistem Monitor Ketinggian Air Pada Bendungan Air Dengan Fuzzy-PID Menggunakan Matlab

Muhammad Firza Arie Perdana

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : muhammad.17050874035@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Nur Kholis, Bambang Suprianto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : endryansyah@unesa.ac.id, nurkholis@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id

Bendungan merupakan salah satu bangunan terpenting yang sering digunakan pada setiap peradaban manusia dimana fungsi utamanya yaitu menghentikan lajur air. Dengan semakin berkembangnya jaman, debit air yang tidak terkontrol dapat menimbulkan beberapa dampak *negative* yang utama yaitu banjir. Digunakannya pengendali *fuzzy-PID*, diharapkan pengendalian debit air pada bendungan akan lebih terkendali. Selain itu bendungan mampu memberikan manfaat kepada lingkungan disekitarnya seperti menyalurkan air menuju perumahan maupun industri yang berada jauh dari aliran air tersebut. Tujuan penulisan artikel ini adalah memberikan bukti apabila dengan plant yang telah ada, kemudian menggunakan pengendali fuzzy-PID mampu mendekati hasil yang diinginkan dan apakah hasil berikut lebih baik daripada menggunakan pengendali PID ataupun fuzzy. Simulasi yang digunakan pada artikel ini yaitu matlab dimana membantu perhitungan yang akan dilakukan. Simulasi yang telah dilakukan menggunakan *hybrid fuzzy-PID* memberikan pada *setpoint* 10 yaitu waktu naik : 2.3452 detik, waktu tunak : 32.502 detik, nilai *steady state* : 10.1447, dan *Error Steady State* : 1.447 %. Untuk *setpoint* 12 yaitu waktu naik : 2.2173 detik, waktu tunak : 11.7274 detik, Nilai *steady state* : 12.147, dan *Error Steady State* : 1.225 %. Dan pada *setpoint* 14 yaitu waktu naik : 2.2074 detik, waktu tunak : 13.0122 detik, nilai *steady state* : 14.1473, dan *Error Steady State* : 1.056 %.

Kata Kunci: Matlab, *Fuzzy-PID*, Ketinggian Air

Abstract

Dam is the one of the most important buildings that often used in every human civilization where its main function is to stop the water flow. With the development of the era, uncontrolled water flow can cause several major negative impacts, namely flood. With the use of fuzzy controllers, it is hoped that the control of water flow at the dam is more controlled. In addition, dam is able to provide benefits to the surrounding environment such as channeling water to housing and industries that are far from the water flow. The purpose of writing this article is to provide evidence if with an existing plant, Fuzzy-PID controller is able to approach the desired result and whether the following results are better than using PID or Fuzzy controllers. The simulation used in this article is Matlab which helps the calculations to be carried out. The simulation that has been carried out using hybrid fuzzy-PID gives setpoint 10, namely rise time : 2.3452 second, settling time : 32.502 second, Steady State : 10.1447, and Error Steady State : 1.447 %. For setpoint 12 is rise time : 2.2173 second, settling time : 11.7274 second, Steady State : 12.147, and Error Steady State : 1.225 %. And for setpoint 14 rise time : 2.2074 second, settling time : 13.0122 second, Steady State : 14.1473, and Error Steady State : 1.056 %.

Keywords: Matlab, Fuzzy-PID, Water Level

PENDAHULUAN

Bendungan merupakan infrastruktur yang dibangun oleh manusia dan digunakan sebagai pengantar dan penghenti sebuah aliran air. Di Indonesia terdapat 495 bendungan. Manfaat dari bendungan tidak bisa dihitung lagi, dari air minum, air untuk mencuci badan dan pakaian sampai pembangkit listrik tenaga air (Alfatah, 2016). Dikarenakan banyaknya manfaat dari bendungan, ketika dalam pengoperasian pengairan terjadi kesalahan yang diakibatkan kesalahan manusia ataupun infrastruktur, dapat

menimbulkan petaka seperti banjir yang sering terjadi saat ini. (Wahyono, 2019)

Banjir di Indonesia merupakan ancaman utama. Hal ini disebabkan oleh beberapa sebab. Naiknya populasi, mengakibatkan sedikitnya serapan air di daerah perumahan, meningkatnya proyek pembangunan dan minimnya perhatian manusia akan lahan hijau. serta kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai pentingnya aliran air agar selalu lancar dan tidak tersumbat, jika tidak menyebabkan penyumbatan sungai yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya banjir pada wilayah tersebut. (Sudaryoto, 2019)

Pengendalian dalam menangani masalah ini sangatlah penting, Ketika debit air mencapai tingkat tertinggi, dan alirannya terhambat, hal ini mengakibatkan rusaknya bendungan dan akhirnya mengakibatkan banjir yang mampu merusak lingkungan disekitar sungai, Dengan digunakannya sistem ini diharapkan dapat memudahkan personil dalam pengawasan debit air. Maka dari itu dengan adanya sistem secara *real time* dalam *monitoring* ketinggian debit air pada bendungan sangat penting, dan segera diimplementasikan di lokasi yang membutuhkan (Sheltami, 2015).

Maka dari itu, penting sebuah pengendali yang dapat melakukan proses adaptasi dimana nilai *gain*-nya mampu mengikuti perubahan yang terjadi pada parameter *plant*, sehingga performa sistem tetap terjaga dengan baik. Dalam suatu kasus *autotuning*, parameter PID dengan mudahnya berubah mengikuti parameter *plant*, dimana parameter tersebut membutuhkan perhitungan dari logika fuzzy. (Pritandi, Dkk. 2016)

METODE

Penelitian Eksperimen

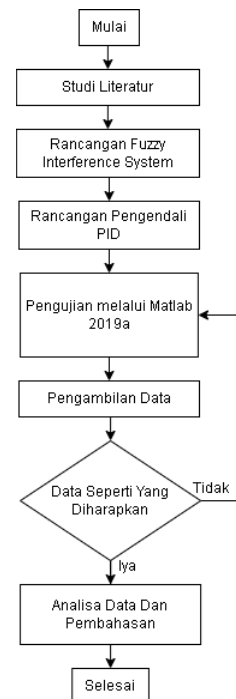
Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Mengikuti buku yang ditulis oleh Siyoto dan Sodik yang memiliki judul “Dasar Metodologi Penelitian”. Penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang bertujuan agar hubungan antara sebab-akibat satu variabel dengan yang lain lebih mudah difahami. Dalam menjelaskan hubungan sebab-akibat diharuskan melakukan pengendali dan pengukuran dengan teliti terhadap variabel atau data pembanding yang digunakan. Data yang digunakan adalah data yang berasal dari studi literatur berupa buku teks, skripsi, dan jurnal.

Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data adalah alat bantu yang digunakan dalam suatu penelitian agar pengumpulan data dapat diolah secara kuantitatif dan disusun secara sistematis (Payadnya dan Jayantika, 2018). Disini penulis menggunakan *Software Matrix Laboratory* atau yang biasa disingkat Matlab yang terpasang pada komputer penulis. Matlab digunakan agar mendapatkan data dari simulasi yang telah dilakukan pada sistem *error detection* yaitu Simulink, pada sistem pengendali ketinggian bendungan air

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1

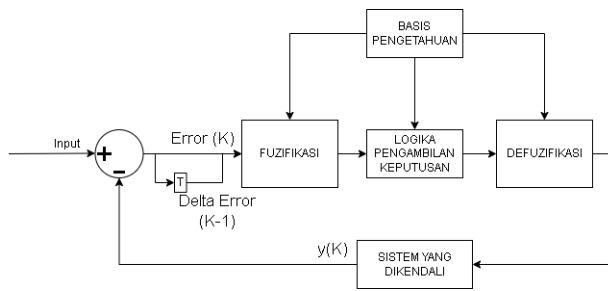


Gambar 1. Flowchart rancangan penelitian

Dapat dilihat pada Gambar 1, rancangan penelitian ini menunjukkan bahwa dalam melakukan penyusunan dimulai dengan studi literatur dari berbagai macam referensi seperti, skripsi, ebook, dan jurnal. Langkah penelitian selanjutnya membuat perancangan *fuzzy* interference system pada Matlab dengan simulasi dari simulink. Rancangan pengendali PID dirancang sebelum digunakannya aplikasi Matlab. Peneliti akan membandingkan hasil yang didapat agar dapat memastikan apakah data seperti yang diharapkan atau tidak. Kemudian peneliti mengambil data yang telah didapat dari simulasi simulink pada matlab. Langkah terakhir yang dilakukan oleh peneliti yaitu mengamati dan menganalisa hasil data *error detection* pada sistem kontrol ketinggian bendungan air

Sistem Kendali Fuzzy

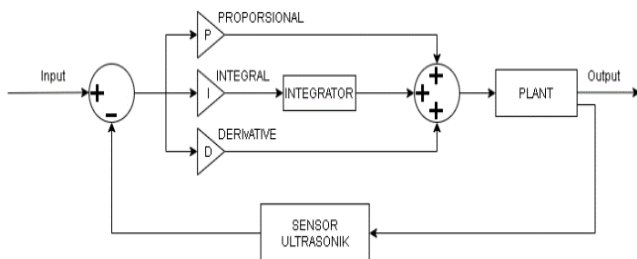
Sistem kendali *Fuzzy* dirancang menggunakan metode yang dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani. Pada Juli 1964, Zadeh menggunakan istilah *Fuzzy* sebagai himpunan yang berbeda dari himpunan lain berdasarkan keanggotaan dengan batasan derajat yang kurang jelas (samar), tidak seperti himpunan biasa yang membedakan keanggotaan himpunan menjadi dua, himpunan anggota atau bukan anggota. (Zadeh, 1997). Diagram blok yang digunakan dalam jurnal ini dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram blok sistem *Fuzzy*

Sistem Kendali PID (Proporsional Integral Diferensial)

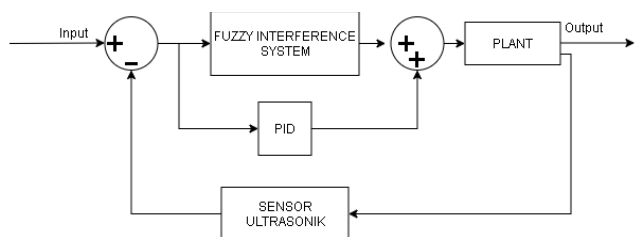
Pengendali PID merupakan kendali yang telah ada sejak 1911 oleh Elmer Sperry, tetapi digunakan secara luas pada industri otomasi di tahun 1950. Beberapa metode dalam pengendali yang secara luas digunakan yaitu menggunakan pengendali *proporsional* (P), pengendali *integral* (I), pengendali *derivative* (D) ataupun campuran antara beberapa pengendali tersebut. Di lain pihak berkembangnya sistem pengendali yang tidak menggunakan cara konvensional agar mendapatkan hasil yang diinginkan melalui persamaan matematika (Nadhir dan Suryono 2015). Gambar 3 menunjukkan diagram blok pengendali PID secara umum



Gambar 3. Diagram blok sistem PID

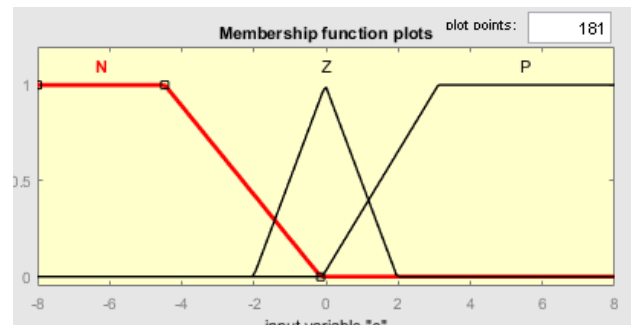
Sistem Kendali *Fuzzy-PID*

Desain perancangan sistem kontrol ketinggian air menggunakan pengendali *fuzzy-PID* dapat dilihat pada Gambar 4. *Fuzzy PID* dengan tiga masukan : *error*, *integral error*, dan *derivative error*. Rule base dengan tiga masukan akan membuat total *rule* bertambah, hal ini akan menimbulkan tingkat kesulitan meningkat terutama dengan dimasukkannya aksi integral kedalam rule. (ZA dan Maulinda, 2015). Sistem yang digunakan adalah sistem *close-loop*.

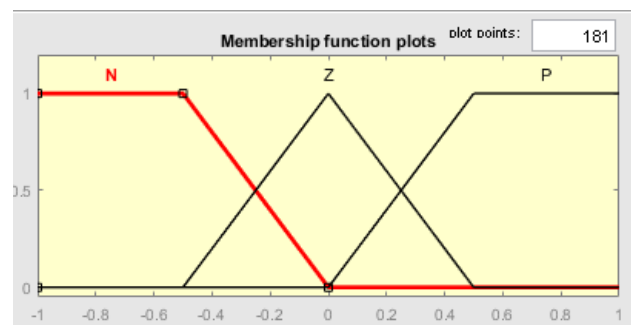


Gambar 4. Diagram blok system *Fuzzy-PID*

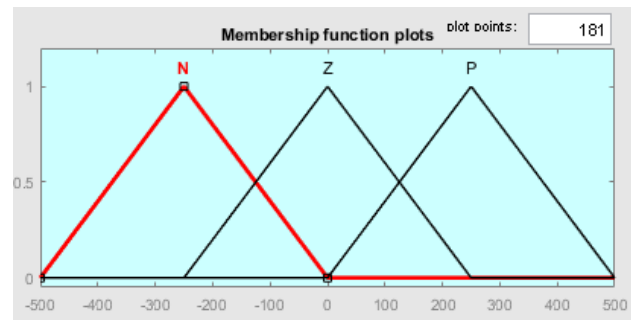
Himpunan *Fuzzy* dirancang sebanyak 3 *membership function*, sama dengan himpunan *Fuzzy output* dirancang sebanyak 3 *membership function*. Dapat dilihat pada Gambar 5 - 7:



Gambar 5. Membership function plots (Error)



Gambar 6. Membership function plots (Delta Error)



Gambar 7. Membership function plots (Output)

Aplikasi peraturan yang digunakan ada pada Tabel 1:

Tabel 1. Aplikasi peraturan (Sudaryoto, 2019)

| De/e | deN | deZ | deP |
|------|-----|-----|-----|
| En | N | N | Z |
| eZ | N | Z | P |
| eP | Z | P | P |

Keterangan :

de : Delta Error

e : Error

N : Negatif

Z : Diam

P : Positif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Sistem Fuzzy

Pemodelan system *Fuzzy* yang digunakan pada jurnal ini menggunakan metode pendekatan karakteristik sistem orde-2. Metode ini digunakan dengan tujuan mendapatkan fungsi alih dari system yang digunakan. Didapatkan fungsi alih pada persamaan 1

$$\frac{u}{f} = \frac{1}{s^2 + 2s + 1} \quad (1)$$

Keterangan :

u = Keluaran
f = Masukkan
s = Transformasi Laplace

Pemodelan Sistem PID

Perancangan pengendali PID dilakukan agar mendapatkan parameter dari pengendali PID sendiri yaitu Kp dan Ki. Parameter yang digunakan ada pada Tabel 2 dengan nilai yang didapatkan melalui persamaan 2 pada set point 10 cm dengan perangkat sebenarnya .

$$u = K_P e + K_I \int de + K_D \frac{de}{dt} \quad (2)$$

Keterangan :

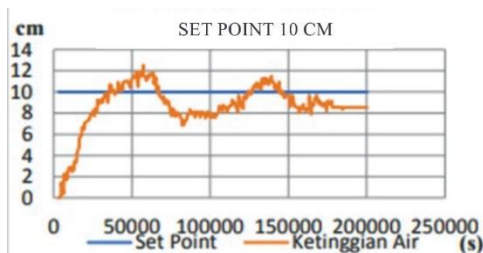
u = Keluaran
e = Error
de = Delta Error
Kp = Proporsional Gain
Ki = integral Gain
Kd = Derivative Gain

Tabel 2. Parameter PID (Sumber : Mondal, Dkk. 2016)

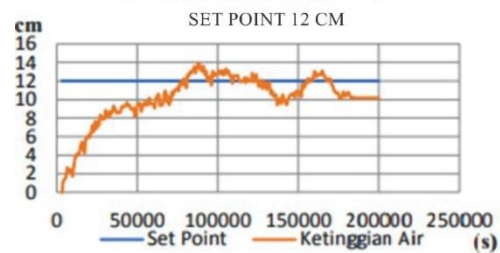
| Parameter | Performa |
|-----------|---------------|
| Kp | 0.0005655 s |
| Ki | 0.7133 s |
| Kd | 0.000011244 s |

Pengujian Respon Tanpa Kontroler

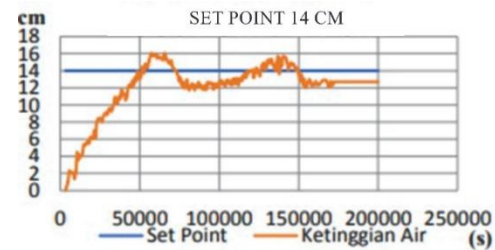
Dengan 3 *setpoint* 10 cm, 12 cm, dan 14 cm. Dapat dilihat pada Gambar 8 – 10 :



Gambar 8. Grafik Respon *setpoint* 10 cm Tanpa Pengendali (Sumber : Sudaryoto, 2019)



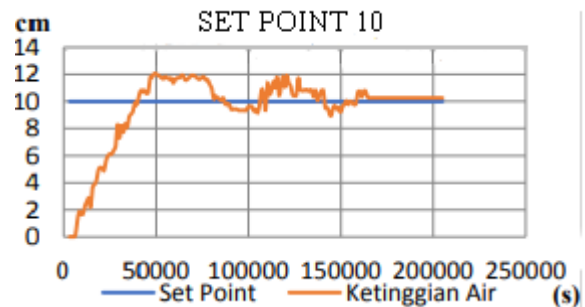
Gambar 9. Grafik Respon *setpoint* 12 cm Tanpa Pengendali (Sumber : Sudaryoto, 2019)



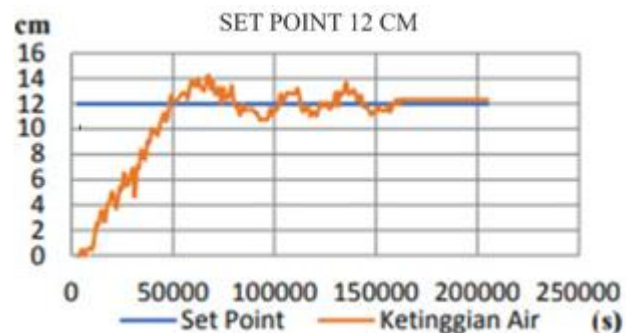
Gambar 10. Grafik Respon *setpoint* 14 cm Tanpa Pengendali (Sumber : Sudaryoto, 2019)

Pengujian Respon Menggunakan Fuzzy

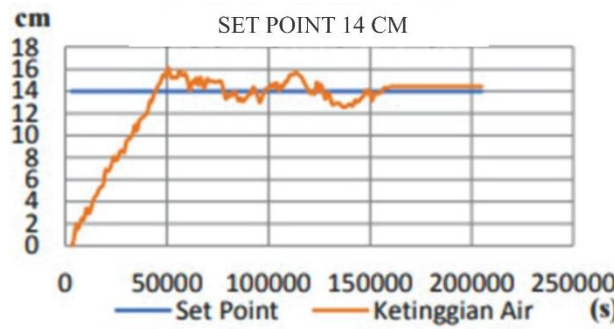
Dengan 3 *setpoint* 10 cm, 12 cm, dan 14 cm. Dapat dilihat pada Gambar 11 – 13 :



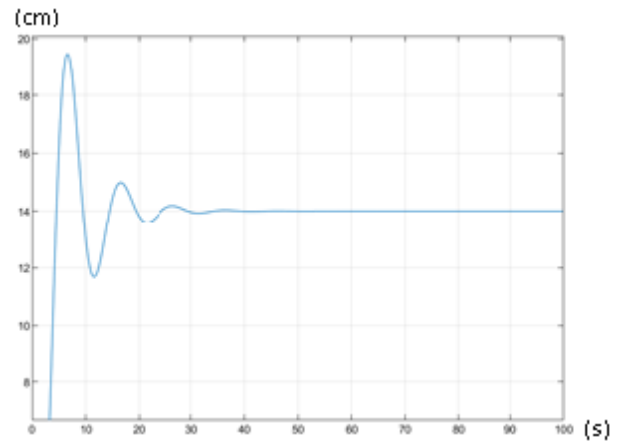
Gambar 11. Hasil respon *output real plant* dengan *fuzzy* pada *setpoint* 10 cm (Sumber : Sudaryoto, 2019)



Gambar 12. Hasil respon *output real plant* dengan *fuzzy* pada *setpoint* 12 cm (Sumber : Sudaryoto, 2019)



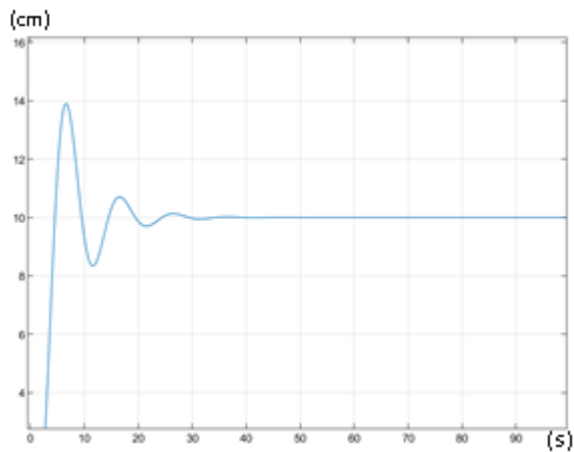
Gambar 13. Hasil respon *output real plant* dengan *fuzzy* pada *setpoint* 14 cm
(Sumber : Sudaryoto, 2019)



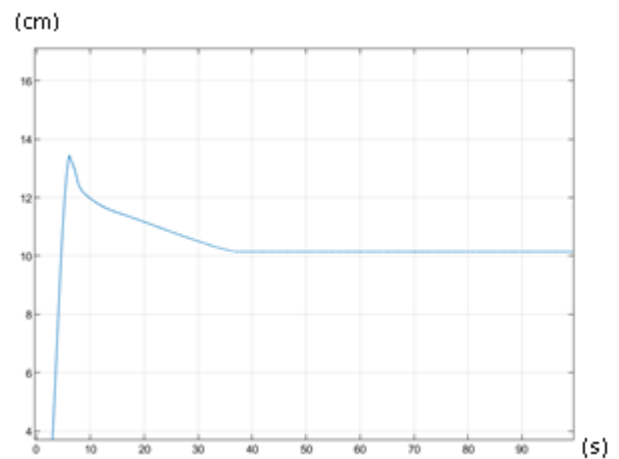
Gambar 16. Respon Pengendali PID pada *Setpoint* 14 cm

Pengujian Respon Menggunakan PID

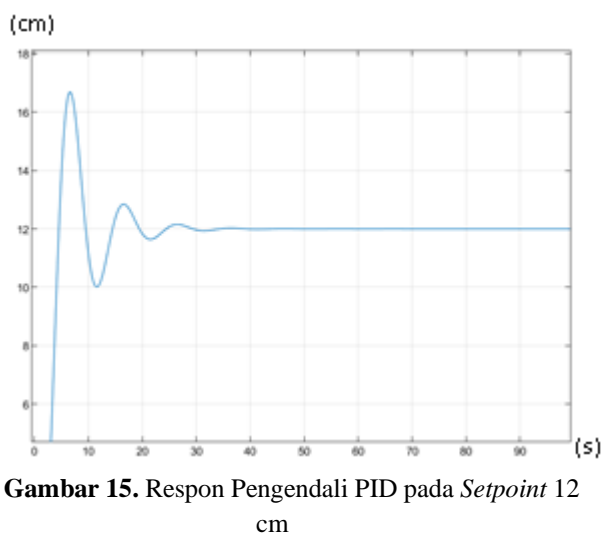
Dengan 3 *setpoint* 10, 12 cm dan 14 cm. Dapat dilihat pada Gambar 14 – 16 :



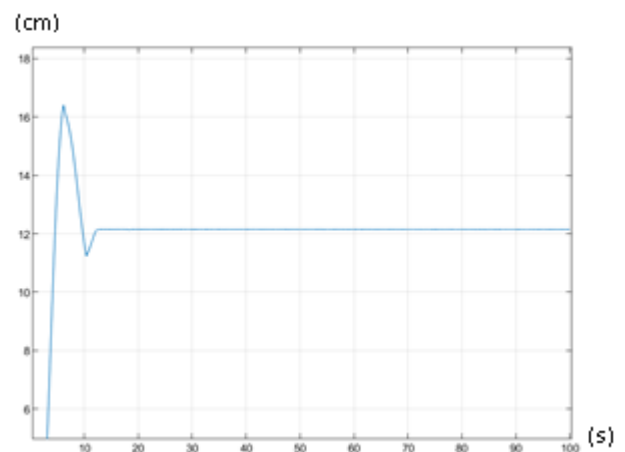
Gambar 14. Respon Pengendali PID pada *Setpoint* 10 cm



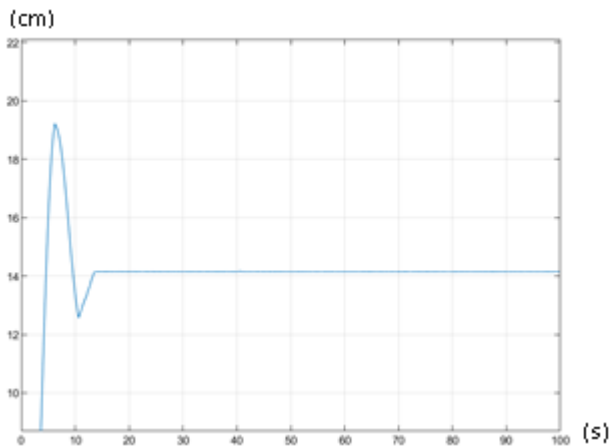
Gambar 17. Hasil *output* pada *setpoint* 10 cm



Gambar 15. Respon Pengendali PID pada *Setpoint* 12 cm



Gambar 18. Hasil *output* pada *setpoint* 12 cm



Gambar 19. Hasil output pada setpoint 14 cm

Perbandingan Hasil Respon

Berikut merupakan hasil perbandingan respon antara 4 pengendali berbeda terhadap 3 setpoint berbeda yang ditunjukkan pada Tabel 3 – 6 :

Tabel 3. Hasil respon pada Tanpa Pengendali dengan fungsi alih

| | Respon Parameter | | | | |
|------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------|---------|
| | Set Point (cm) | Waktu Naik (s) | Waktu Tunak (s) | Nilai Steady State | Ess (%) |
| Tanpa Pengendali | 10 | 20.871 | 129.31 | 12.02 | 14.7 |
| | 12 | 35.413 | 165.486 | 13.94 | 15.167 |
| | 14 | 12.718 | 200 | 12.71 | 9.21 |

Tabel 4. Hasil respon pada PID dengan fungsi alih

| | Respon Parameter | | | | |
|-----|------------------|----------------|-----------------|--------------------|---------|
| | Set Point (cm) | Waktu Naik (s) | Waktu Tunak (s) | Nilai Steady State | Ess (%) |
| PID | 10 | 2.1492 | 22.8915 | 9.999 | 0.009 |
| | 12 | 2.1492 | 22.8915 | 11.999 | 0.009 |
| | 14 | 2.1492 | 22.8915 | 13.999 | 0.009 |

Tabel 5. Hasil respon pada Fuzzy dengan fungsi alih

| | Respon Parameter | | | | |
|-------|------------------|----------------|-----------------|--------------------|---------|
| | Set Point (cm) | Waktu Naik (s) | Waktu Tunak (s) | Nilai Steady State | Ess (%) |
| Fuzzy | 10 | 16.543 | 70.257 | 16.06 | 3 |
| | 12 | 18.387 | 83.798 | 14.2 | 2.84 |
| | 14 | 15.66 | 83.798 | 12.04 | 2.6 |

Tabel 6. Hasil respon pada Hybrid Fuzzy - PID dengan fungsi alih

| | Respon Parameter | | | | |
|-------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------|---------|
| | Set Point (cm) | Waktu Naik (s) | Waktu Tunak (s) | Nilai Steady State | Ess (%) |
| FUZZY - PID | 10 | 2.3452 | 32.502 | 10.1447 | 1.447 |
| | 12 | 2.2173 | 11.7274 | 12.147 | 1.225 |
| | 14 | 2.2074 | 13.0122 | 14.1473 | 1.056 |

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data yang telah disimulasikan dan di kumpulkan, dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan beberapa pengendali yang berbeda dapat memberikan hasil yang relatif kecil. Dengan menggunakan plant yang sama, PID memberikan hasil yang mendekati setpoint yang diinginkan daripada menggunakan pengendali lainnya. Tanpa pengendali memiliki Ess (*Error Steady State*) yang lebih besar dikarenakan data keluaran tidak melewati perhitungan yang kompleks seperti PID atau Fuzzy. Simulasi yang telah dilakukan menggunakan hybrid fuzzy-PID memberikan pada setpoint 10 yaitu waktu naik : 2.3452 detik, waktu tunak : 32.502 detik, nilai steady state : 10.1447, dan Ess : 1.447 %. Untuk setpoint 12 yaitu waktu naik : 2.2173 detik, waktu tunak : 11.7274 detik, Nilai steady state : 12.147, dan Ess : 1.225 %. Dan pada setpoint 14 yaitu waktu naik : 2.2074 detik, waktu tunak : 13.0122 detik, nilai steady state : 14.1473, dan Ess : 1.056 %.

Saran

Berdasarkan hasil yang telah ditemukan menggunakan aplikasi Matlab, hasil yang didapat merupakan simulasi secara matematik dan tidak nyata. Agar hasil yang didapat lebih nyata dapat digunakannya aplikasi *real-time* seperti labview dikarenakan dapat mendeteksi dan memberikan hasil yang dianggap mendekati dengan yang sebenarnya

DAFTAR PUSTAKA

- Alfatah. Muhammad Rosyid 2016. *Prototype Sistem Buka Tutup Otomatis Pada Pintu Air Bendungan Untuk Mengatur Ketinggian Air Berbasis Arduino*. Jurnal skripsi. Surakarta: Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Mondal. Bikas, Rakshit. Sourav, dan Sarkan. Rajan,. 2016 *Study of PID and FLC based Water Level Control Using Ultrasonic Level Detector* India, Dhanbad
- Nadhir. Mohammad dan Suryono. 2015. *Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Photodiode*. Jurnal Teknik Elektro Volume 7 Nomor 2, PP : 81 – 85. Universitas Negeri Surabaya
- Payadnya. Andre dan Jayantika. Ngurah Trisna 2018. *Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik Dengan SPSS*. Deepublish, Sleman, 2018, PP : 20 - 26
- Pritandi. Dwi Arkin, Susila. Joko, dan Iskandar. Eka,. 2016 *Perancangan Kontroler PID-Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Cascade Level dan Flow pada Basic*

Process Rig 38-100. Jurnal Teknik ITS Volume 5
Nomor 2 PP : 54 - 60

Sudaryoto, Satria Bagaskara. 2019. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Ketinggian Air Bendungan Berbasis Fuzzy Logic Controller*. Volume 8 Nomor 2, PP : 401 – 409. Universitas Negeri Surabaya

Wahyono. Hendrawan. 2019. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Ketinggian Air Bendungan Menggunakan Metode PID*. Volume 8 Nomor 2, PP : 341-348. Universitas Negeri Surabaya

ZA. Nasrul dan Maulinda. Leni, 2015. *Perbandingan Pemodelan Kontrol Fuzzy Dan PID Pada Pemanas Fuel Gas*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal Volume 4 Nomor 1 PP : 60–77

Zadeh. Lotfi A 1997. *Fuzzy Sets And System*. Volume 90 Nomor 2 PP : 111 – 127. Newmes