

Perbandingan Jumlah Membership dan Model Fuzzy terhadap Perubahan Level pada Tangki air Berbasis Labview – myRIO

Afif Nuryansyah Achmad¹, Mohammad Luqman², Siswoko³

[Submission: XX-XX-2019, Accepted: XX-XX-2019]

Abstract— Controlling the water level is a very important system in the process industry. In general, variable level control is done by using the control valve included in the control level. In this study, two tanks were used, namely measuring tank and storage tank and there was a manual valve. The water level height of the measuring tank depends on the setpoint value. And it is also necessary to keep the water level in order to stay in line with the setpoint. In this study, the authors will compare 3 responses, namely 3 Memberships with Triangle models, 5 Memberships with Trapezoid models, and 7 Memberships with Gaussian models. The system consists of LabVIEW, NI-myRIO, ultrasonic sensors, drivers, dc pumps, stop faucets. NI my-RIO was the primary control for this study, where NI-myRIO will retrieve data from ultrasonic sensors that are then displayed on LabVIEW. The data shown in LabVIEW is the data for the water level. Drivers are here as an additional circuit controlled by pwm to control the dc pump. Based on the results of the research conducted, it can be known that the number and model membership affects the time for stable water. The response of 7 memberships with Gaussian models has the fastest time to stabilize with a time of 16 seconds

Keywords — fuzzy, membership, level, water, NI-myRIO

Intisari—Pengontrolan level ketinggian air merupakan suatu sistem yang sangat penting pada industri proses. Pada umumnya pengontrolan variable level dilakukan dengan menggunakan control valve yang termasuk pada control level. Pada penelitian ini menggunakan dua tangki yaitu tangki ukur dan tangki penyimpanan dan terdapat valve manual. Ketinggian level air pada tangki ukur tergantung pada nilai setpoint. Diperlukan juga untuk menjaga ketinggian air agar tetap sesuai dengan setpoint. Pada penelitian ini penulis akan membandingkan 3 respon yaitu 3 Membership dengan model Triangle, 5 Membership dengan model Trapezoid, dan 7 Membership dengan model Gaussian. Sistemnya terdiri dari LabVIEW, NI-myRIO, sensor ultrasonic, driver, pompa dc, stop kran. NI my-RIO merupakan kendali utama untuk penelitian ini, dimana NI-myRIO akan mengambil data dari sensor ultrasonic yang kemudian ditampilkan pada LabVIEW. Data yang ditampilkan pada LabVIEW adalah data untuk ketinggian air. Driver disini

sebagai rangkaian tambahan yang dikendalikan oleh pwm untuk mengendalikan pompa dc. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa jumlah dan model membership berpengaruh terhadap waktu untuk air stabil. Respon dari 7 membership dengan model Gaussian memiliki waktu yang paling cepat untuk stabil dengan waktu 16 detik.

Kata Kunci— fuzzy, membership, level, air, NI-myRIO

I. PENDAHULUAN

Sektor industri memegang peranan yang sangat penting dalam roda kehidupan. Industri ini meliputi manufaktur, proses, fabrikasi dan sebagainya. Di dalam Industri proses, secara umum ada empat macam pengendalian variabel proses dasar yaitu: kecepatan aliran, ketinggian cairan, tekanan dan temperatur. Seluruh variabel proses ini dapat ditemukan di hampir semua industri proses. Untuk itu sangat dibutuhkan metode kendali yang baik untuk dapat menunjang proses berjalannya industri tersebut dan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam proses produksi.

Pada era saat ini berbagai aplikasi dalam bidang industri yang canggih banyak menggunakan Artificial Intelligence (AI), atau dalam bahasa Indonesia disebut kecerdasan buatan. Salah satu definisi tentang kecerdasan buatan adalah suatu perilaku sebuah mesin/komputer yang bisa "menirukan" perilaku manusia dalam pengambilan keputusan atas suatu proses. Salah satu cabang aplikasi dari AI adalah logika *fuzzy* (*fuzzy logic*). Pada penelitian ini didapatkan hasil dari Tingkat kelayakan media dan materi memperoleh nilai 86% dan 96%. Tingkat kelayakan pemakaian berdasarkan uji pemakaian kepada 15 mahasiswa diperoleh nilai 85% termasuk dalam kategori sangat layak. Hal ini berarti media pembelajaran ini sangat layak digunakan pada mata kuliah praktik Sistem Kendali Cerdas.[2]

Logika fuzzy terdapat fungsi keanggotaan atau yang dapat disebut Membership Function yang merupakan suatu kurva
p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta no.9, e-mail: afifachmad66@gmail.com

^{2,3} Dosen, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang, e-mail: moh.luqman@polinema.ac.id, siswoko@polinema.ac.id



yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data atau biasa disebut dengan derajat keanggotaan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi atau model, seperti kurva segitiga (triangle), kurva trapezium (trapezoid), kurva gauss (gaussian), dan sebagainya. Pada penelitian ini didapatkan hasil dari penggunaan model pertama yaitu bahu dan segitiga, dan model kedua adalah bahu dan trapesium adalah tidak ada perbedaan hasil yang signifikan ketika menggunakan model yang berbeda.[1]

Dalam merancang sistem kontrol logika *fuzzy* terdapat tiga proses yaitu *fuzzifikasi (fuzzification)*, *evaluasi rule (rule evaluation)* dan *defuzzifikasi (defuzzification)*. Dari masing-masing proses tersebut akan mempengaruhi respon system yang dikendalikan. *Defuzzifikasi* dapat didefinisikan sebagai proses pengubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk himpunan - himpunan *fuzzy* keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya. Hal ini diperlukan sebab dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas. Prosesnya adalah sebagai berikut: suatu nilai *fuzzy output* yang berasal dari *rule evaluation* diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu membership function output. Pada penelitian ini didapatkan hasil yaitu Perbedaan akan penggunaan perhitungan defuzzifikasi dapat diperlihatkan dengan perbedaan nilai yang tidak terpaat jauh[3]

Pada proses pengendali motor pompa dc untuk proses kendali terdistribusi untuk ketinggian air dengan metode PID, mikrokontroler Arduino Uno, dan sensor ultrasonic. Dengan $K_p=5$, $K_i=0$ dan $K_d=1.3$ mampu memberikan respon yang baik dan cepat Ketika diberikan gangguan pada manual valve dengan setpoint 15cm.[6]

Pada proses pengendali suhu dalam ruang untuk proses kendali suhu pada ruangan dengan logika fuzzy, mikrokontroler NI myRIO 1900, dan sensor PmodTMP3. Didapatkan hasil yaitu Motor DC mulai berputar ketika sensor berjumlah 35 orang (2,6 volt). Dan ketika 40 orang memasuki ruangan, tegangan naik menjadi 5 volt. Hal ini membuktikan bahwa kendali logika fuzzy bekerja dengan baik.[7]

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, maka penulis akan membandingkan respon antara 3 Membership model Triangle, 5 Membership model Trapezoid, dan 7 Membership model Gaussian terhadap valve manual dengan bukaan full. Membership tadi akan diaplikasikan pada modul level tangki air agar dapat menyeimbangkan sesuai *setpoint* yaitu 10 cm. Pengukuran ketinggian air menggunakan sensor Ultrasonik PING Parallax.

II. TINJAUAN PUSTAKA

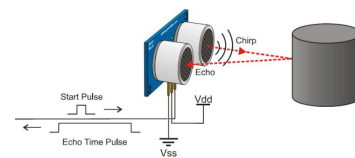
A. LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) adalah perangkat lunak komputer untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta automasi industri. LabVIEW menggunakan gambar atau grafis sebagai fungsi (Graphical Programming Language atau Visual Programming Language) [8]. Jika pada pemrograman lainnya menggunakan teks untuk membuat sebuah fungsi, bahasa pemrograman ini menginterpretasikan sebuah grafis sebagai suatu fungsi. Program LabVIEW disebut dengan Virtual Instrumen (VI) karena beberapa tampilan dan operasi pada program LabVIEW menyerupai suatu instrument seperti osiloskop dan multimeter. Setiap VI menggunakan fungsi-fungsi yang memanipulasi input dari user interface atau sumber lain dan menampilkan informasi tersebut atau memindahkan informasi tersebut ke file atau komputer lain.



Gambar 1: LabVIEW

B. Sensor Ultrasonik PING Parallax



Gambar 2: Kinerja Ping Parallax [9]

Sensor ini merupakan satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonic ping parallax. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m. Alat ini memiliki 3 pin, pin *Vcc*, *Gnd*, dan *Sig* [4]. Pin *Vcc* untuk tegangan 5V dan *Gnd* untuk ground-nya. Sedangkan *Sig* merupakan keluarnya sinyal dari sensor dan untuk menangkap sinyal pantul dari benda.

C. MIKROKONTROLLER

Mikrokontroler yang digunakan adalah NI-myRIO 1900. NI myRIO adalah National Instruments Reconfigurable Inputs Outputs (RIO) yang merupakan piranti portabel yang dapat digunakan untuk desain kendali, robot, dan sistem mekatronik



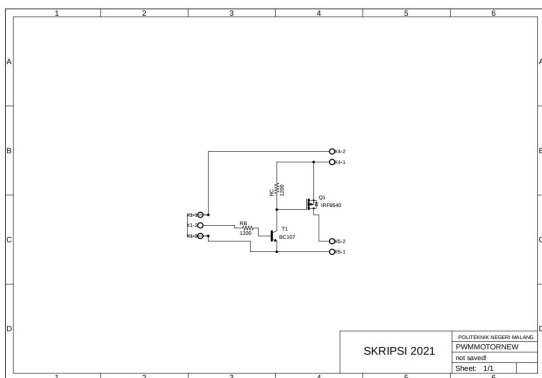
[10]. MyRIO menggunakan ARM prosesor yang juga sebuah FPGA prosesor. Dengan menggunakan fitur-fitur yang ada dapat dibuat sistem yang lebih kompleks. MyRIO menggunakan LabVIEW sebagai IDE. LabVIEW digunakan untuk membuat aplikasi yang akan menjalankan perangkat keras atau fitur – fitur yang ada pada myRIO. Pada board myRIO terdapat beberapa peripheral yang umum yang dapat digunakan seperti bluetooth, wifi, LED, accelerometer, push button, analog input dan output, RAM [7]. Dapat juga dihubungkan ke sebuah integrated circuit atau IC untuk membuat sistem yang lebih kompleks. Atau dihubungkan ke board lain yang memang diperlukan dalam membuat sebuah sistem.



Gambar 3 : NI-myRIO 1900 [10]

D. Driver Pompa Motor

Driver motor merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengontrol tegangan untuk menjalankan pompa motor dc dengan inputan pwm yang memiliki tegangan 0-3.3V. Driver ini dibuat dari komponen BC-107, resistor, dan IRF9540.



Gambar 4: Driver pompa motor dc

E. Pompa Motor DC



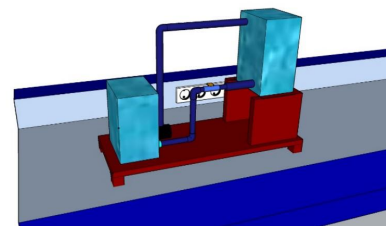
Gambar 5 : Pompa motor dc [6]

Motor DC (Direct Current) atau motor arus searah termasuk dalam kategori jenis motor yang paling banyak digunakan baik dalam lingkungan industri ataupun sebagai piranti pendukung sistem instrumen elektronik. Kelebihan motor DC memiliki torsi yang tinggi [5]. Pada prinsipnya, pompa ini seperti motor dc hanya saja terdapat impeller diujungnya. Pompa motor dc ini sama dengan pompa sentrifugal yaitu dengan cara menghisap dan membuang air dengan menggunakan putaran impeller. Impeller pompa akan menciptakan gaya sentrifugal untuk mendorong fluida dari sisi tengah pompa (inlet) ke bagian luar impeller. Jadi, ketika impeller berputar dengan energi mekanis yang dihasilkan oleh sumber penggerak, aliran fluida akan mengarah dari inlet ke sisi luar impeller dan menuju ke dinding casing pompa. Casing pompa berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putaran impeller tetap tinggi. Kecepatan fluida dikonversikan oleh casing pompa menjadi tekanan sehingga fluida mencapai titik outlet pompa.

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Mekanik

Pada perancangan ini membahas bentuk fisik dari mobile robot. Untuk dimensi keseluruhan robot ini memiliki Panjang 80cm x lebar 30cm x tinggi 60cm

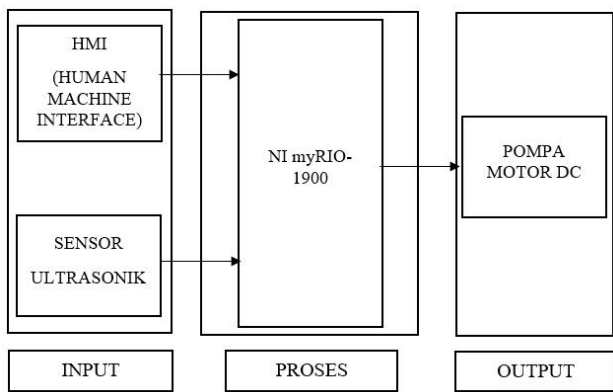


Gambar 6 : Desain Mekanik

B. Diagram Blok Sistem

Perancangan modul level tangki air meliputi perancangan hardware dan software. Gambaran umum system dapat dilihat pada gambar 7.

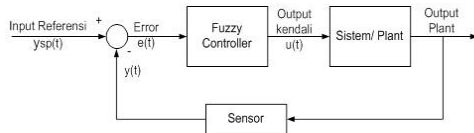




Gambar 7 : Blok Diagram Sistem

Pada blok input, terdapat 2 input yaitu, sensor ultrasonic PING Parallax yang berfungsi sebagai feedback dan HMI (Human Machine Interface) yang berfungsi sebagai tampilan untuk menjalankan program. Dari input sensor ultrasonic PING Parallax akan diolah dengan metode *fuzzy* oleh mikrokontroler NI-myRIO untuk mengaktifkan pompa motor dc.

C. Diagram Blok Kontrol



Gambar 8 : Blok Diagram Kontrol

Pada blok diagram kontrol di atas pembacaan nilai eror posisi didapatkan dari data sensor ultrasonic PING Parallax yang dibandingkan dengan set point.

D. Spesifikasi

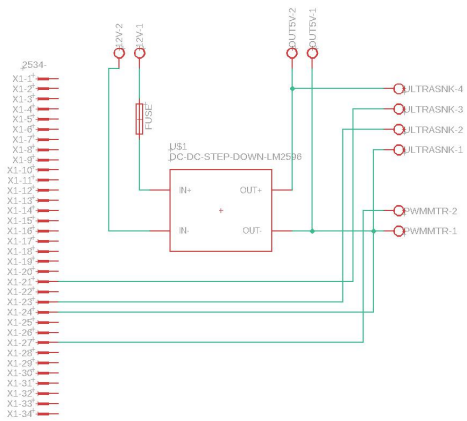
Pada modul level tangki air ini memiliki spesifikasi alat sebagai berikut :

- 1) Spesifikasi Mekanik
 - Panjang Keseluruhan : 80cm
 - Lebar Keseluruhan : 30cm
 - Tinggi Keseluruhan : 60cm
 - Bahan alas : Kayu
 - Bahan tangki : Akrilik
 - Jarak sensor PING Parallax : 30cm
- 2) Spesifikasi Elektrik
 - Sensor : Sensor Ultrasonik PING Parallax
 - Prosesor : Prosesor Xilinx Z-7010667MHz

- Kontroller : NI-myRIO 1900
- Aktuator : Pompa Motor DC
- Sumber Daya : 220 VAC

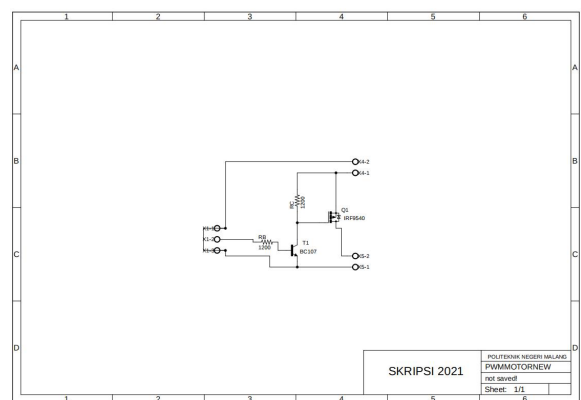
E. Perancangan Elektronik

Untuk membuat modul level tangki air agar sesuai dengan yang diharapkan maka diperlukan rangkaian elektrik sebagai pendukung maupun pengaman. Rangkaian tersebut terdiri dari rangkaian shield untuk penghubung ke NI-myRIO dan rangkaian driver motor untuk menggerakkan pompa motor dc. Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan skematik dari perangkat tersebut



Gambar 9 : Skematik Rangkaian shield

Rangkaian shield ini menggunakan 3 port pada connector myRIO yang meliputi pin 27 (DIO08/PWM0) sebagai input pwm untuk ke rangkaian driver motor. Pin 24 (DGND) sebagai ground dari myRIO. Pin 21 (DIO05/SPI.CLK) sebagai input *Sig* untuk sensor ultrasonic PING Parallax. Pada rangkaian Shield ini terdapat modul *stepdown* untuk menurunkan tegangan dari powersupply 12V ke 5V sebagai power untuk sensor Ultrasonik PING Parallax.



Gambar 10 : Skematik Rangkaian driver

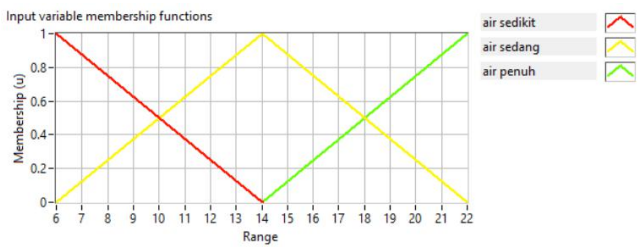


Sedangkan untuk Rangkaian Driver pompa motor dc diatas dibuat dikarenakan output tegangan pwm dari NI-myRIO dengan dutycycle 0 sampai 1 hanya mengeluarkan tegangan 0 sampai 3.3 V maka disini diperlukan rangkaian untuk menguatkan tegangan tersebut agar dapat menjalankan pompa motor dc.

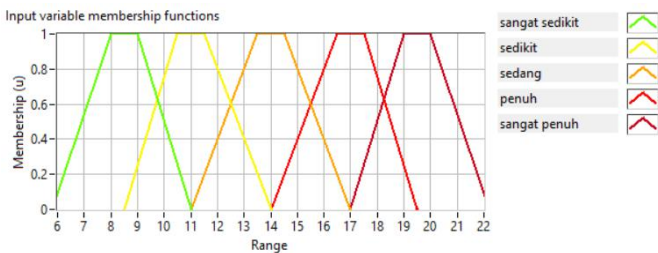
F. Perancangan Fuzzy

1) Perancangan Membership

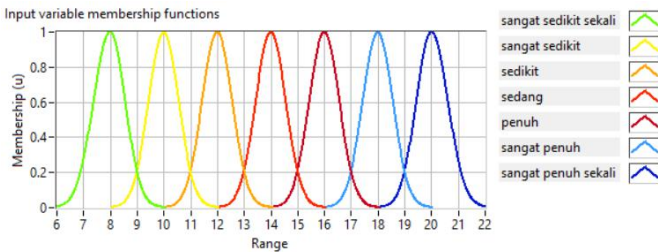
Pada perancangan fuzzy terdapat beberapa tahap yaitu fuzzyfikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada tahap fuzzyfikasi adalah menentukan nilai keanggotaan variable input setpoint dan nilai error, kemudian variable output berupa motor.



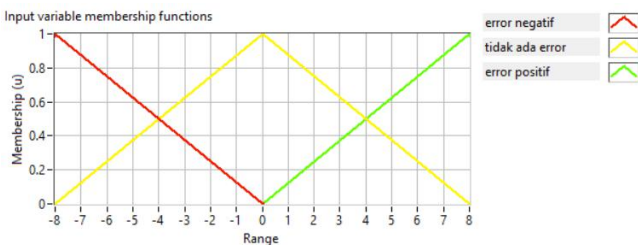
Gambar 11 : Variabel Input Setpoint 3 Membership Triangle



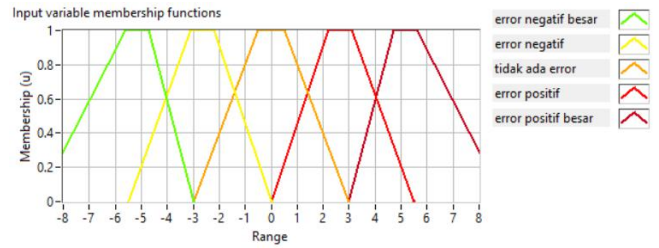
Gambar 12 : Variabel Input Setpoint 5 Membership Trapezoid



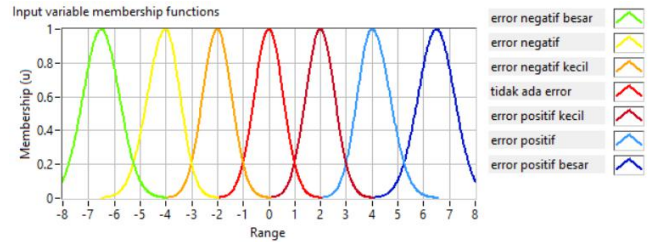
Gambar 13 : Variabel Input Setpoint 7 Membership Gaussian



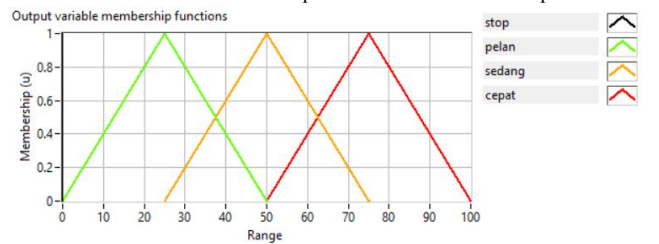
Gambar 14 : Variabel Input Nilai Error 3 Membership Triangle



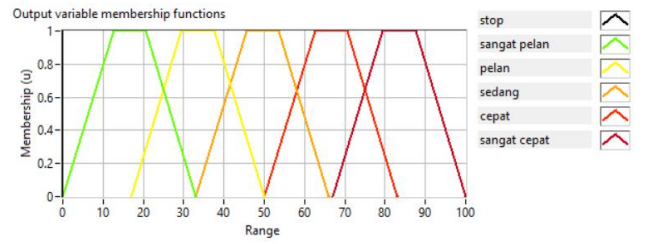
Gambar 15: Variabel Input Nilai Error 5 Membership Trapezoid



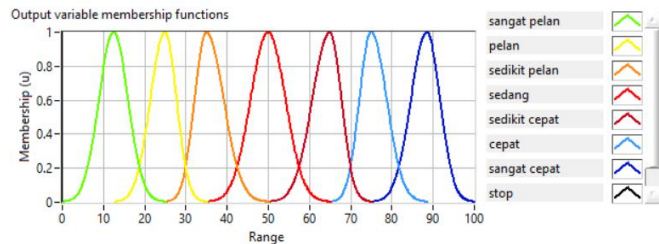
Gambar 16 : Variabel Input Nilai Error 7 Membership Gaussian



Gambar 17 : Variabel Output Nilai Error 3 Membership Triangle



Gambar 18 : Variabel Output Nilai Error 5 Membership Trapezoid



Gambar 19 : Variabel Output Nilai Error 7 Membership Gaussian

Perancangan pembuatan Membership *fuzzy* disini menggunakan dua input dan satu output yang memiliki nilai *range* yang sama untuk 3 Membership model Triangle, 5 Membership model Trapezoid, dan 7 Membership model Gaussian. *Range* input setpoint diambil berdasarkan nilai setpoint yang diinginkan. Sedangkan nilai error diambil berdasarkan nilai setengah dari range setpoint. Untuk nilai range pada output dibuat nilai 0 sampai 100.

2) Perancangan Rule



Pada tahap rule based dan inferensi fuzzy merupakan bentuk relasi atau implementasi if-then yang kemudian akan dilakukan implikasi untuk membuat nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bagian dari keputusan. Berikut adalah gambar untuk rule yang telah dibuat:

TABEL 1

RULE 3 MEMBERSHIP MODEL TRIANGLE

Setpoint \ Nilai Error	Error Negatif	Tidak Ada Error	Error Positif
Air Sedikit	Pelan	pelan	Pelan
Air Sedang	Sedang	pelan	Pelan
Air Penuh	Cepat	pelan	Pelan

TABEL 2

RULE 5 MEMBERSHIP MODEL TRAPEZOID

Setpoint \ Nilai Error	Error Negatif Besar	Error Negatif	Tidak Ada Error	Error Positif	Error Positif Besar
Sangat Sedikit	Pelan	Sangat Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sedikit	Sedang	Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sedang	Cepat	Sedang	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Penuh	Sangat Cepat	Cepat	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sangat Penuh	Sangat Cepat	Cepat	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan

TABEL 3

RULE 7 MEMBERSHIP MODEL GAUSSIAN

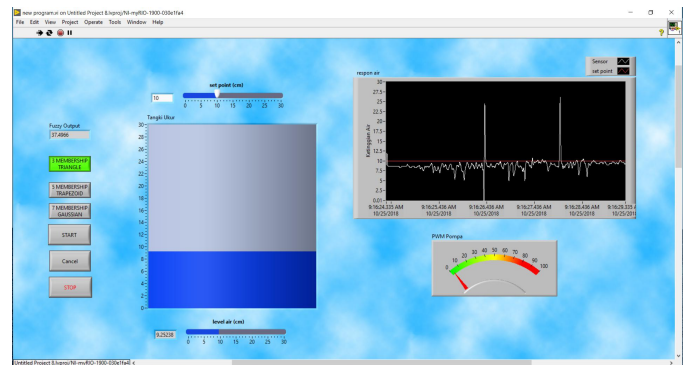
Setpoint \ Nilai Error	Error Negatif Besar	Error Negatif	Error Negatif Kecil	Tidak Ada Error	Error Positif Kecil	Error Positif	Error Positif Besar
Sangat Sedikit Sekali	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sangat Sedikit	Sedang	Sedikit Pelan	Pelan	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sedikit	Sedikit Cepat	Sedang	Sedikit Pelan	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sedang	Cepat	Sedikit Cepat	Sedang	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Penuh	Sangat Cepat	Cepat	Sedikit Cepat	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sangat Penuh	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Cepat	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan
Sangat Penuh Sekali	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Cepat	Sedikit Pelan	Pelan	Sangat Pelan	Sangat Pelan

Berdasarkan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 untuk 3 Membership model Triangle dibuat dengan Membership function untuk input setpoint yaitu air sedikit, air sedang, dan air penuh. Membership function input nilai error yaitu error negatif, tidak ada error, dan error positif. Dan Membership function output pompa yaitu pelan, sedang, dan cepat. Untuk 5 Membership model Trapezoid dibuat dengan Membership function untuk input setpoint yaitu sangat sedikit, sedikit sedang, penuh dan sangat penuh. Membership function input nilai error yaitu error negatif besar, error negatif, tidak ada error,

error positif, dan error positif besar. Dan Membership function output pompa yaitu sangat pelan, pelan, sedang, cepat, dan sangat cepat. Sedangkan untuk 7 Membership model Gaussian dibuat dengan Membership function untuk input setpoint yaitu sangat sedikit sekali, sangat sedikit, sedikit, sedang, penuh, sangat penuh, sangat penuh sekali. Membership function input nilai error yaitu error negatif besar, error negatif, error negatif kecil, tidak ada error, error positif kecil, error positif, dan error positif besar. Dan Membership function output pompa yaitu sangat pelan, pelan, sedikit pelan, sedang, sedikit cepat, cepat, dan sangat cepat.

IV. HASIL DAN ANALISA

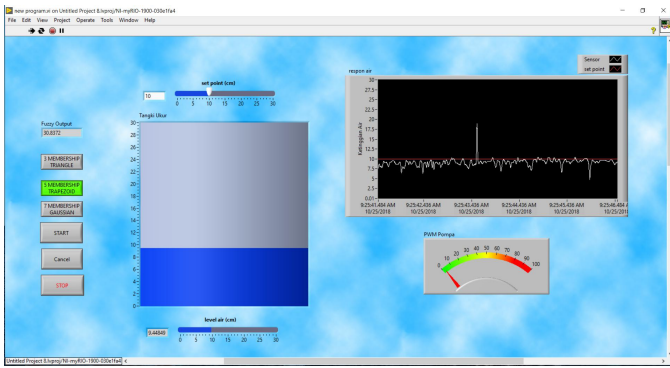
Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan nilai Setpoint sebesar 10 cm kepada setiap Membership yang dibuat. Membership yang dibuat adalah 3 Membership dengan model Triangle, 5 Membership dengan model Trapezoid, dan 7 Membership dengan model Gaussian. Disini akan menampilkan respon dari Membership yang dibuat terhadap valve manual dengan bukaan full. Berikut adalah tampilan respon dari setiap Membershipnya:



Gambar 20 : Tampilan Respon 3 Membership Triangle

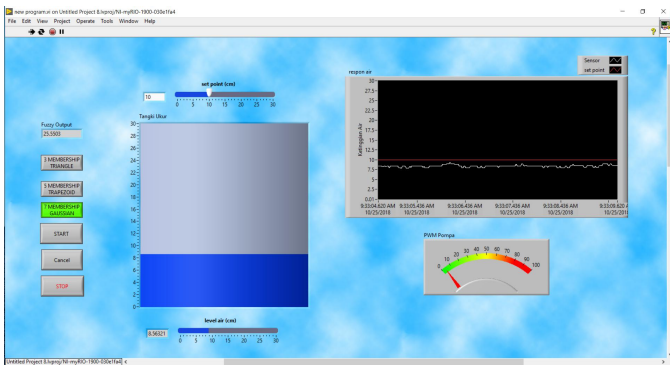
Pada gambar diatas merupakan tampilan respon pada LabVIEW kerja sistem untuk perbandingan respon bacaan sensor terhadap setpoint. Pembacaan sensor kadang masih tidak sesuai dikarenakan media yang digunakan air. Waktu yang diperlukan untuk 3 Membership model Triangle dengan setpoint 10 cm memerlukan waktu respon 5 detik dan waktu untuk stabil yaitu 21 detik dengan error pembacaan sebesar 1%.





Gambar 21 : Tampilan Respon 5 Membership Trapezoid

Pada gambar diatas merupakan tampilan respon pada LabVIEW kerja sistem untuk perbandingan respon bacaan sensor terhadap setpoint. Pembacaan sensor kadang masih tidak sesuai dikarenakan media yang digunakan air. Waktu yang diperlukan untuk 5 Membership model Trapezoid dengan setpoint 10 cm memerlukan waktu respon 5 detik dan waktu untuk stabil yaitu 21 detik dengan eror pembacaan sebesar 0%.



Gambar 22 : Tampilan Respon 7 Membership Gaussian

Pada gambar diatas merupakan tampilan respon pada LabVIEW kerja sistem untuk perbandingan respon bacaan sensor terhadap setpoint. Pembacaan sensor kadang masih tidak sesuai dikarenakan media yang digunakan air. Waktu yang diperlukan untuk 7 Membership model Gaussian dengan setpoint 10 cm memerlukan waktu respon 4 detik dan waktu untuk stabil yaitu 16 detik dengan eror pembacaan sebesar 4%.

V. PENUTUP

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah dan Model Membership pada fuzzy mempengaruhi terhadap respon pompa motor dc yang digunakan. 3 Membership model Triangle 5 detik, 5 Membership model

Trapezoid 5 detik, dan 7 Membership model Gaussian 4 detik.

2. Jumlah dan Model Membership pada fuzzy mempengaruhi output nilai fuzzy terhadap waktu yang diperlukan untuk menstabilkan sesuai setpoint. Dari ketiga membership yang dibuat, pada 3 Membership model triangle memerlukan 21 detik. Pada 5 Membership model trapezoid memerlukan 21 detik. Pada 7 Membership Gaussian memerlukan 16 detik untuk air stabil dengan setpoint.

3. Hasil pembacaan sensor ultrasonic pada grafik di tampilan LabVIEW masih terdapat pembacaan yang kurang akurat karena saat pompa motor dc mengisi pada tangki ukur menyebabkan permukaan air bergelombang.

REFERENSI

- [1] Luh Kesuma Wardhani, Elin Haerani, "Analisis Pengaruh Pemilihan Fuzzy Membership Function Terhadap Output Sebuah Sistem Fuzzy Logic," Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau SNTIKI III ISSN : 2085-9902.
- [2] Prabowo, Hernawan, Arifin, Fatchul "Pengembangan Media Pembelajaran Kendali Fuzzy Logic Berbasis Arduino Nano pada Mata Kuliah Praktik Sistem Kendali Cerdas," ELINVO(Electronics, Informatics, and Vocational Education), May 2018,3(1), 39-45 ISSN 2580-6424 (printed), ISSN 2477-2399 (online), DOI:10.21831/elinvo.v3i1.19739.
- [3] Haerani, Elin, "Analisa Kendali Logika Fuzzy dengan Metode Defuzzifikasi COA (Center Of Area), BISEKTOR, MOM (Mean Of Maximum), LOM (Largest Of Maximum), dan SOM (Smallest Of Maximum)," Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia ISSN No. 0854-3046 Volume 9 No 2 Desember 2009.
- [4] Wiharto, Holy Lydia dan Subekti Yuliananda, "Penerapan Sensor Ultrasonik pada Sistem Pengisian Zat Cair dalam Tabung Silinder berbasis Mikrokontroler ATmega16," Jurnal Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [5] Nadhif, Mohamad dan Suryono, "Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATMega8535 dengan Sensor Photodiode," Jurnal Teknik Elektro Vol. 7 No. 2 Juli - Desember 2015.
- [6] Arifin, Muhammad, Tarmukan dan Muhammad Rifa'I, "Modul Pengaturan Motor Pompa DC Brushless dengan Metode PID pada Sistem Kendali Terdistribusi untuk Kontrol Ketinggian Air" Jurnal Elkolind, Juli 2015, Volume 2. No. 2
- [7] Bustanul Arifin dan Agus Adhi Nugroho, "Pengendalian Suhu dalam Ruang Berbasis Logika Fuzzy dengan Menggunakan National Instrument myRIO 1900," in FMIPA UNIMUS, 2018, Seminar Nasional Edusaintek ISBN : 978-602-5614-35-4.
- [8] Andrizal, Lifwarda, Yul Antonisfia, Zulharbi, dan Yuhefizar , "Sistem Kontrol Berbasis Pemrograman LabVIEW MyRIO untuk Monitoring



- Kualitas Udara Dalam Ruangan,” Jurnal RESTI Vol. 4 No. 5 (2020) 930 - 936. [9] Adian Fatchur Rochim. (2016) Researchgate homepage. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [10] *Ni myRIO Project Essentials Guide*, 2016.

