

DESAIN SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC PADA PROTOTIPE ELEVATOR MENGGUNAKAN HYBRID FUZZY-PID CONTROLLER

Muhammad Mukhlis Syeichu

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : muhammad.17050874039@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Puput Wanarti R., I Gusti Putu Asto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
Email : endryansyah@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id, asto@unesa.ac.id

Abstrak

Pada saat ini sistem yang dibuat oleh manusia yang berbasis teknologi dapat mencakup berbagai macam kebutuhan, tujuannya untuk mempermudah pekerjaan yang sebelumnya dikerjakan secara manual menjadi lebih cepat, mudah, nyaman, dan aman, salah satu teknologi tersebut adalah *Elevator*. *Elevator* merupakan angkutan transportasi secara vertikal yang umumnya terdiri dari dua lantai atau lebih. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perancangan desain sistem kendali kecepatan motor DC pada elevator dengan menggunakan kontroler *hybrid fuzzy-PID* agar mendapatkan hasil kontrol yang memiliki nilai respon yang lebih baik. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan simulasi *plant* menggunakan *software Matlab 2018a*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan data sekunder sebagai acuan untuk mengisi nilai parameter-parameter dari tiap komponen. Dalam penelitian ini mendapatkan hasil bahwa sistem kontrol *hybrid fuzzy-PID* dapat bekerja dengan baik dalam sistem *elevator*. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui kontrol *hybrid fuzzy-PID* dapat mempercepat *rise time* dan *settling time* dibandingkan dengan menggunakan kontrol Fuzzy dan kontrol PID. Didapatkan hasil, $t_r = 0.35$ detik, $t_s = 0.67$ detik, $t_p = 2.16$, $m_p = 0.02\%$, $ess = 0\%$.

Kata Kunci: *Elevator, Hybrid Fuzzy-PID, Matlab 2018a, Motor DC*

Abstract

Nowadays, technology-based man-made systems can meet various needs, the goal is to make work that was previously done manually faster, easier, more comfortable, and safer, one of these technologies is *Elevator*. *Elevator* is a vertical transportation that generally consists of two or more floors. The purpose of this study was to design a dc motor speed setting system on the elevator using a hybrid fuzzy-PID controller in order to get results of control that have a better response value. The method used is to simulate plants using *Matlab 2018a* software. Simulation is done by using secondary data as a reference to fill in the values of the parameters of each component. In this study obtained the results that fuzzy-PID hybrid control system can work well in elevator system. Based on the simulation results can be known hybrid fuzzy-PID control can accelerate rise time and settling time compared to using Fuzzy control and PID control. The results obtained, $t_r = 0.35$ seconds, $t_s = 0.67$ seconds, $t_p = 2.16$, $m_p = 0.02\%$, $ess = 0\%$.

Keywords: DC Motor, Elevator, Hybrid Fuzzy-PID, Matlab 2018a

PENDAHULUAN

Pada saat ini di mana perkembangan ekonomi, ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang pesat, dan peningkatan taraf hidup yang berkelanjutan yang baik, hampir segala kehidupan dan aktivitas masyarakat selalu dilakukan dan ditunjang oleh teknologi. Sistem yang dibuat oleh manusia yang berbasis teknologi dapat mencakup berbagai macam kebutuhan, tujuannya untuk mempermudah pekerjaan yang sebelumnya dikerjakan secara manual menjadi lebih cepat, mudah, nyaman, dan aman. salah satu teknologi tersebut adalah *Elevator*. *Elevator* merupakan angkutan transportasi secara vertikal. *Elevator* umumnya terdiri dari dua atau tiga lantai. Layanan transportasi vertikal ini sangat diperlukan dan diterapkan pada gedung-gedung bertingkat tinggi agar kelancaran

pergerakan barang maupun orang di dalam suatu gedung tetap terjaga (Widi. 2012).

Ada dua jenis *elevator* yang sering digunakan dalam dunia industri. Tipe pertama adalah *elevator* tali yang digerakkan oleh motor, kenaikan dan penurunannya tergantung pada gesekan antara tali kawat dan roda. Tipe kedua adalah *elevator* hidrolik, dimana *car* digerakkan oleh batang pendorong silinder teleskopik. *Elevator* juga memiliki rem elektromagnetik yang aktif saat *car* berhenti.. Banyak *elevator* modern dikendalikan oleh komputer. Tugas komputer adalah memproses semua informasi yang relevan tentang elevator dan memutar motor dalam jumlah yang benar untuk memindahkan *car* ke posisi yang benar. Untuk melakukan ini komputer perlu mengetahui setidaknya tiga hal yaitu, kemana orang ingin pergi, di

mana setiap lantai berada, dan di mana gerbong *elevator* berada (Xu, dkk. 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan *elevator* agar kecepatan elevator tersebut dapat dikontrol hingga setpoint yang telah ditentukan menggunakan software *Matlab* 2018a. Pada penelitian sebelumnya dengan judul Sistem Kontrol Lift Barang Mini Menggunakan Pengontrol Logika Fuzzy Sebagai Pengontrol Kecepatan Motor DC oleh Ahmad Irfan Soehartono tahun 2020. Dalam penelitian ini Ahmad Irfan Soehartono merancang prototipe lift 3 lantai berbasis *Arduino Uno*. Kecepatan lift barang dilakukan pengontrolan agar barang pada waktu yang sama dapat dipindahkan dengan meskipun barang yang dipindahkan memiliki bobot yang berbeda-beda. Hasil respon sistem pada penelitian ini yaitu $Ess = 0.2\%$, $tr = 2.85s$, $ts = 2.91$ (Soehartono. 2020). Kemudian penelitian oleh Afri Yudamson, dkk pada tahun 2013 judul Rancang Bangun Model *Smart Elevator* 3 Lantai Menggunakan PLC Omron Zen 20C1AR-A-V2. Lift ini melakukan pemilahan 3 masukan yaitu jumlah, arah, dan posisi penumpang lift. *Fuzzy logic* digunakan sebagai kontroler untuk pengambilan keputusan pada tiap-tiap masukan (Yudamson. 2013).

Penelitian yang ketiga oleh Luthfi Fakhruddin Nizar pada tahun 2015 dengan judul Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC dalam Lift Barang Menggunakan Kontroler PID Berbasis *Atmega 2560* dilakukan perancangan sistem kontrol dengan kontruksi yang sederhana. Putaran motor disesuaikan dengan kecepatan yang diharapkan oleh Luthfi Fakhruddin Nizar, sehingga digunakan kontroler PID untuk mengurangi error. Metode *Ziegler-Nichols tuning 2* merupakan metode yang digunakan oleh Luthfi Fakhruddin Nizar Dengan menggunakan *Limit Switch*, *Autonic Rotary Encoder E40H8 500-6-L-5*, *Arduino Mega 2560*, motor DC. respon sistem memiliki *error steady state = 5 %* dan settling time = 0.3 s (Nizar. 2015). Yang keempat, penelitian yang dilakukan oleh Andrian Kusuma Solihin pada tahun 2020 dengan judul Rancangan dan Konstruksi Sistem Kontrol PID untuk Pengendalian Kecepatan Prototipe Elevator Berbasis *Labview*. Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah lift modern dengan ketinggian 3 lantai. Untuk menentukan nilai PID Andrian Kusuma Solihin menggunakan tuning *tyrues-luyben* serta software *LabView 2014* dengan tampilan grafik respon pada GUI (Graphical User Interface) Respon dapat menyeimbangkan sistem dengan baik dengan nilai hasil respon sistem yaitu $Ess = 1.59\%$, $tr = 5.868s$, $ts = 5.979 s$ (Solihin. 2020).

Pada penelitian ini sistem *elevator* menggunakan *hybrid Fuzzy-PID controller* sebagai kontrolernya. Pengontrol PID dan pengontrol fuzzy digabungkan dengan mekanisme pencampuran yang bergantung pada fungsi tertentu dari error. Kontrol PID mempunyai nilai pengali

kesalahan dari nilai koreksi yaitu nilai parameter proporsional, kemudian sebagai titik tetap yang mana kesalahan *steady-state* mencapai nol adalah nilai parameter integral, dan nilai parameter diferensial digunakan untuk meningkatkan respon transien dan atenuasi osilasi. Pengendalian fuzzy dengan cara mengatur parameter kendali fuzzy dengan cara *try and error* yaitu mengolah fungsi keanggotaan (*range e-max dan de-max*) serta rule base yang telah dibuat. Sehingga, tujuan dari penggabungan kedua kontroler tersebut agar mendapatkan hasil kontrol yang memiliki respon yang lebih baik daripada hanya menggunakan salah satu dari dua kontroler tersebut baik PID atau *Fuzzy Logic Controller*.

Elevator

Prinsip kerja *elevator* yaitu, *car elevator* menggerakkan *elevator* ke atas atau ke bawah. Lalu sensor mendeteksi kedatangan *elevator* ke lantai masing-masing. Tombol *elevator* digunakan untuk menggerakkan *car elevator* baik ke arah atas maupun ke bawah. Lampu lantai menunjukkan indikasi lantai dan lampu arah menunjukkan arah pergerakan *elevator*, baik ke atas maupun ke bawah. Pintu sistem *elevator* merupakan salah satu bagian dalam sistem *elevator*. Ketika *car elevator* berhenti di lantai tertentu, pintu *elevator* dibuka untuk penumpang keluar dan masuk ke *car elevator*. DC Motor juga merupakan komponen penting lain dari sistem *elevator*. Berdasarkan sakelar yang ditekan, DC Motor bergerak maju dan mundur untuk menggerakkan *elevator* ke atas atau ke bawah. (Kumar. 2011).

Prototipe ini menggunakan plant mini *elevator* terdiri dari 3 lantai elevator dan satu atap. Untuk ukuran *elevator* adalah 32 cm x 0,32 cm x 175 cm. Sedangkan sangkar *elevator* memiliki bentuk balok yang memiliki dimensi ukuran 30cm x 30cm. x 30cm (Soehartono. 2020).



Gambar 1. Desain Elevator
(Sumber : Irfan, Ahmad. 2020)

Fuzzy Logic Controller

Kontrol *Fuzzy Logic* merupakan suatu sistem yang meaplikasikan pengetahuan manusia ke dalam bentuk matematis yang mirip dengan cara berpikir manusia.

Kontrol *Fuzzy Logic* memiliki keunggulan antara lain sistem yang kompleks dapat dilakukan pengontrolan, non linier, atau sistem yang tidak mudah diaplikasikan dalam bentuk matematis. *Fuzzy Logic Controller* secara umum terdiri dari input, proses dan output. (Kusumadewi. 2010). Gambar 2 merupakan sistem logika fuzzy.



Gambar 2. Sistem Logika Fuzzy
(Sumber : Waspada. 2013)

Komponen utama pada sistem logika fuzzy antara lain, yang pertama fuzzifikasi, kemudian basis pengetahuan, yang ketiga logika keputusan dan yang terakhir adalah defuzzifikasi. Fuzzifikasi bertujuan untuk melakukan modifikasi data nilai masukan yang merupakan nilai eksplisit menjadi fungsi himpunan fuzzy, sehingga diproses dalam sebuah mesin penalaran. Basis pengetahuan digunakan untuk menghubungkan set input ke set output. Menggunakan logika keputusan sebagai cara menggabungkan aturan-aturan yang ada pada aturan pemetaan dasar dari himpunan masukan ke himpunan keluaran. Langkah terakhir pada sistem logika fuzzy adalah defuzzifikasi yang bertujuan untuk mengubah setiap hasil menjadi bentuk himpunan fuzzy. (Waspada. 2013).

PID (Proportional-Integral-Derivative)

Pengontrol PID adalah metode pengontrolan yang sering digunakan dikarenakan strukturnya yang sederhana dan bekerja stabil (Erenoglu. 2006). Fungsi transfer PID adalah sebagai berikut :

$$G_{PID}(s) = K \left(1 + \frac{1}{T_i} \right) + T_d \tag{1}$$

Keterangan :

- K = Proportional Gain
- T_i = Integral Time Constant
- T_d = Derivative Time Constant

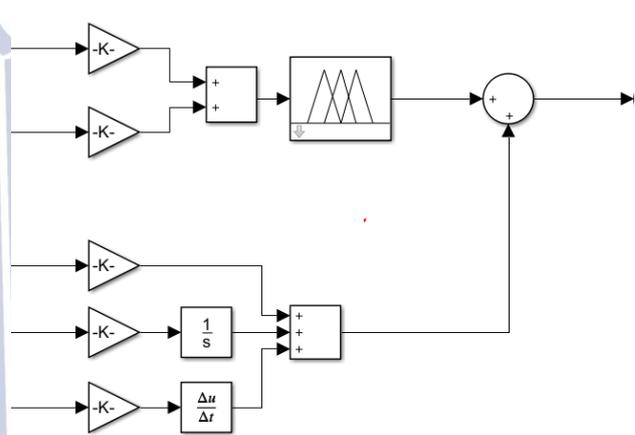
Dimana K_p adalah keuntungan proporsional, K_i keuntungan integral, K_d keuntungan turunan, T_i konstanta waktu integral dan, T_d konstanta waktu turunan.

1. Proporsional menyediakan aksi kontrol keseluruhan yang proporsional dengan sinyal kesalahan melalui faktor gain all-pass.
2. Integral dengan kompensasi frekuensi rendah oleh sebuah integrator untuk mengurangi kesalahan *steady-state*.

3. Derivative dengan sebuah differentiator meningkatkan respons transien melalui kompensasi frekuensi tinggi.

Hybrid Fuzzy-PID Controller

Hybrid Fuzzy-PID merupakan salah satu metode kendali dengan menggabungkan kendali *fuzzy* dan kendali PID. Kontroler ini memiliki nilai masukan K_p, K_i, dan K_d, serta nilai kesalahan dan nilai Δe (delta error) (Suryana. 2015). Diagram blok kontroler *Hybrid Fuzzy-PID* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Kontroler *Hybrid Fuzzy-PID*
(Sumber : Suryana. 2015)

Dengan persamaan sinyal output kontroler, maka dapat dituliskan persamaan :

$$U_{HYBRID} = U_{FUZZY} + U_{PID} \tag{2}$$

Keterangan :

- U_{HYBRID} = Hasil *hybrid fuzzy-PID*
- U_{FUZZY} = Persamaan Fuzzy
- U_{PID} = Persamaan PID

Analisis Karakteristik Orde Satu

Melihat orde suatu sistem didapat dari besaran nilai eksponen variabel s (pada *transformasi Laplace*) yang berasal dari sebuah model matematis sistem, Sistem dapat diidentifikasi sebagai orde satu apabila fungsi alih sistem tersebut memiliki variabel s dengan eksponen tertinggi satu. Bentuk fisisnya antara lain rangkaian listrik RC, sistem termal, atau sistem lainnya (Ogata, 2010). Model suatu sistem ber-orde satu secara matematis dapat dituliskan :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \tag{3}$$

Keterangan :

- C(s) = Keluaran sistem
- R(s) = Masukan sistem

K = Gain Overall
 τ_{s+1} = Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 63,2% (detik) pada orde satu.

Kemudian untuk nilai parameter K. (Gain Overall) agar dapat ditentukan jika sistem linier, maka hubungan Y_{ss} dengan X_{ss} dapat ditulis sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} \quad (4)$$

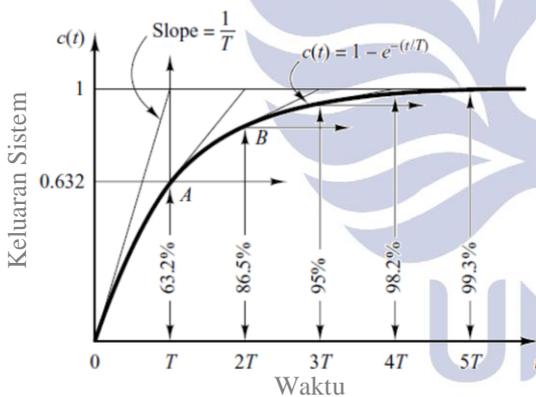
Keterangan :
 X_{ss} = Setpoint
 Y_{ss} = Hasil Respon

Sebagai cara untuk menentukan nilai konstanta waktu (τ) maka dilakukan perhitungan dengan respon keluaran sistem saat mencapai 63,2% dari hasil akhir, perhitungan $C(\tau)$ sebagai berikut :

$$C(\tau) = 0.632 \cdot x \cdot Y_{ss} \quad (5)$$

Keterangan :
 $C(\tau)$ = Keluaran sistem ketika 63,2% dari hasil akhir.

Gambar 4 merupakan bentuk kurva tanggapan eksponensial orde satu.



Gambar 4. Kurva Tanggapan Eksponensial Orde Satu
 (Sumber : Ogata. 2010)

Rumus perhitungan parameter respon pada orde satu adalah :

1. Delay Time (τ_d)
 $T_d = \tau \ln 2 \quad (6)$

2. Rise Time (τ_r)
 - a. Rise Time (5%-95%)
 $T_r = \tau \ln 19 \quad (7)$

- b. Rise Time (10%-90%)
 $T_r = \tau \ln 9 \quad (8)$

3. Settling Time (τ_s)
 - a. Settling Time (0.5%)

$$T_s = 5\tau \quad (9)$$

- b. Settling Time (2%)
 $T_s = 4\tau \quad (10)$

- c. Settling Time (5%)
 $T_s = 3\tau \quad (11)$

4. Persentasi Error Steady State (Ess)

$$Ess = \left| \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{X_{ss}} \right| \times 100\% \quad (12)$$

METODE

Pendekatan Penelitian

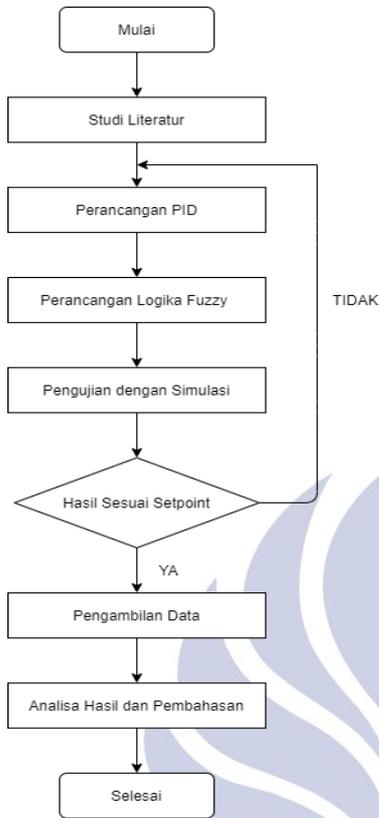
Pendekatan pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang pada prinsipnya menggunakan postpositivist dalam mengembangkan suatu ilmu pengetahuan (misalnya yang berkaitan dengan sebab dan akibat, reduksi variabel, hipotesis dan pertanyaan spesifik dengan pengukuran, observasi, dan pengujian teori), menggunakan strategi penelitian seperti survei dan eksperimen yang membutuhkan data statistik (Emzir 2009: 28).

Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian adalah alat atau metode yang digunakan peneliti untuk mengumpulkan data, sehingga pekerjaannya lebih mudah, dan hasilnya lebih baik, lebih akurat, lengkap dan sistematis, sehingga lebih mudah diolah. (Arikunto 2019:203). Penulis menggunakan Software *Matlab 2018a* yang telah terinstal pada laptop. Software *Matlab 2018a* digunakan untuk menjalankan simulasi dan menampilkan respon dari kecepatan motor DC pada sistem elevator.

Rancangan Penelitian

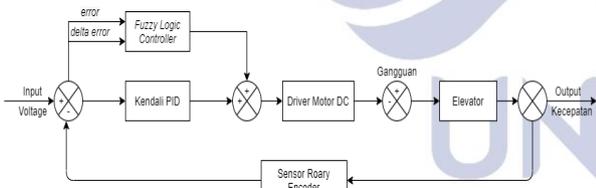
Rancangan penelitian berbentuk *flowchart* seperti pada Gambar 5 di bawah yaitu penyusunan penelitian dimulai dengan studi literatur dari berbagai referensi seperti jurnal, skripsi, tesis dan ebook. Kemudian langkah selanjutnya yaitu membuat perancangan logika fuzzy serta perancangan kontroler PID. Setelah didapatkan rancangan logika fuzzy dan kontroler PID maka dilanjutkan dengan pengujian pada simulasi dalam beberapa kondisi dengan menggunakan *software Matlab 2018a*, kemudian mengambil data dari simulasi yang dilakukan. Langkah terakhir yaitu mengamati dan menganalisis data respon *hybrid fuzzy-PID controller* pada tiap kondisi.



Gambar 5. Flowchart Rancangan Penelitian

Desain Sistem

Desain sistem prototipe *elevator* menggunakan *hybrid fuzzy-PID controller* seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem Elevator

Sistem merupakan sistem dengan kaidah *close loop system*. Nilai masukan (*Setpoint*) sistem berupa tegangan. Nilai keluaran sistem berupa kecepatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dan Perancangan Sistem Kendali

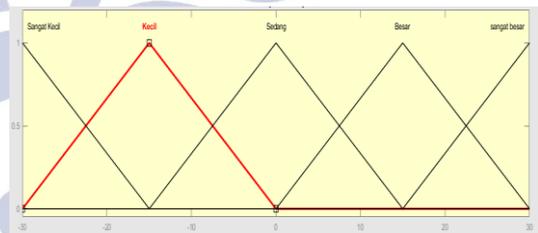
Pemodelan motor DC yang digunakan mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Andrian Kusuma Solihin di mana menggunakan identifikasi plant motor DC orde satu. Sehingga didapatkan pemodelan transfer function dengan nilai :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{0.897855}{2.2014s + 1} \quad (12)$$

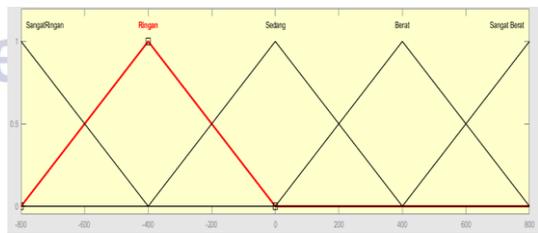
Untuk mengatur kecepatan motor DC pada sistem *elevator* salah satunya yaitu menggunakan kontrol PID. Metode *Tyreus-Luyben* digunakan untuk mendapatkan nilai K_p , K_i , K_d . Berdasarkan hasil yang diperoleh dari peneliti sebelumnya diperoleh nilai untuk $K_p = 4.14$, $K_i = 1.727$ dan $K_d = 0.042$. (Solihin. 2019).

Kontrol logika fuzzy pada kontrol hybrid digunakan untuk membuat respon yang dihasilkan oleh kontrol PID lebih optimal. Pada penelitian sebelumnya, sebagai input logika fuzzy, errornya adalah set point dengan range 0 rpm sampai dengan 50 rpm, serta delta error adalah beban yang berada pada range 0 gram sampai 300 gram. Kemudian outputnya adalah PWM dengan range 0 rpm sampai 60 rpm. Untuk semua variabel digunakan himpunan fuzzy yakni 3 keanggotaan yang masing-masing berupa satu fungsi keanggotaan. (Soehartono. 2020).

Dalam penelitian ini penulis menggunakan 2 input dan 1 output. Fungsi keanggotaan terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy yang mana direpresentasikan menggunakan kurva segitiga. Himpunan fuzzy error adalah Sangat Kecil, Kecil, Sedang, Besar, dan Sangat Besar. Sedangkan untuk himpunan fuzzy delta error terdiri atas Sangat Ringan, Ringan, Sedang, Berat, dan Sangat Berat. Nilai fungsi keanggotaan (*membership function*) yang digunakan dalam merancang himpunan masukan error serta delta error ditunjukkan pada Gambar 7, dan Gambar 8.

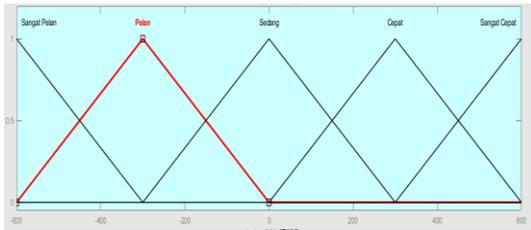


Gambar 7. Himpunan input error



Gambar 8. Himpunan input delta error

Gambar 9 merupakan keluaran dari sistem *elevator* berupa nilai PWM. Perancangan himpunan keluaran fuzzy menggunakan lima nilai linguistik.



Gambar 9. Himpunan output PWM

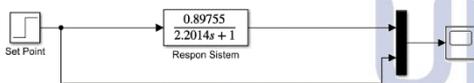
Metode mamdani adalah FIS yang digunakan, dimana terdapat 25 aturan fuzzy yang telah ditetapkan oleh penulis. Pada penelitian ini digunakan aturan IF-THEN yang menghasilkan sejumlah rule yang sama jumlahnya dengan jumlah himpunan fuzzy yang difungsikan pada tiap-tiap variabel, sebagai basis aturan logika fuzzy.

Tabel 1. Rule Base Fuzzy

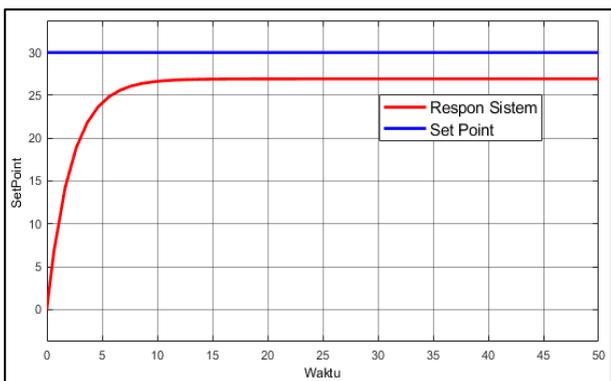
e de	Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
Sangat Kecil	Sangat Pelan	Sangat Pelan	Pelan	Pelan	Sedang
Kecil	Sangat Pelan	Pelan	Pelan	Sedang	Cepat
Sedang	Pelan	Pelan	Sedang	Cepat	Cepat
Besar	Pelan	Sedang	Cepat	Cepat	Sangat Cepat
Sangat Besar	Sedang	Cepat	Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat

Pengujian Dengan Menggunakan Software Matlab

Simulasi dilakukan pada penelitian kali ini dengan menggunakan Simulink software Matlab 2018a agar dapat mengetahui respon sistem elevator. Pengujian dilakukan pada sistem elevator ketika tanpa diberikan kontroler, dan ketika diberikan kontroler hybrid fuzzy-PID.



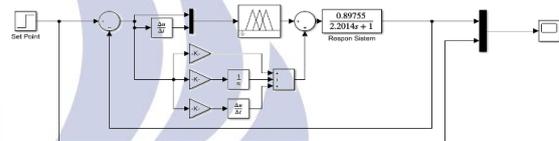
Gambar 10. Diagram blok simulasi tanpa menggunakan kontroler



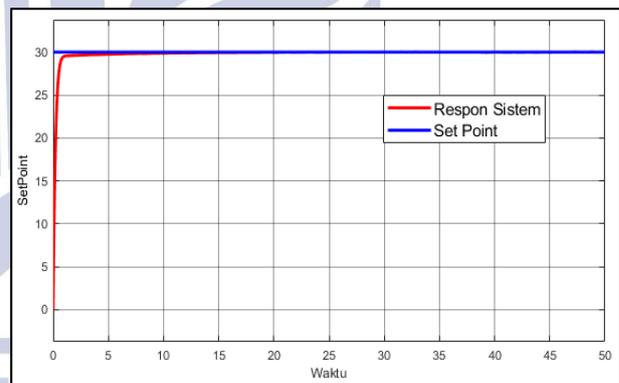
Gambar 11. Grafik respon tanpa menggunakan kontroler

Gambar 11 menunjukkan bahwasannya grafik respon tanpa menggunakan kontroler berada dibawah nilai set point yang telah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu sistem memerlukan suatu kontroler agar dapat mengatur kecepatan motor DC pada sistem elevator.

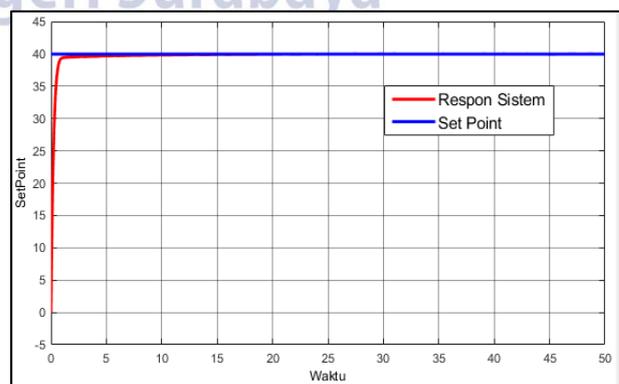
Pada penelitian ini penulis menggunakan hybrid fuzzy-PID controller. Setelah didapatkan nilai untuk parameter PID dengan menggunakan metode Tyreus-Luyben serta logika fuzzy dengan metode mamdani, maka selanjutnya adalah menggabungkan kedua kontroler tersebut ke dalam plant agar dapat mengatur kecepatan motor DC sehingga didapatkan respon sistem sesuai dengan set point. Set point yang ditentukan pada simulasi yaitu pada kecepatan 30 rpm dan 40 rpm dengan waktu simulasi 50 detik.



Gambar 12. Diagram blok simulasi menggunakan hybrid fuzzy-PID controller



Gambar 13. Grafik respon menggunakan hybrid fuzzy-PID controller pada setpoint 30 rpm



Gambar 14. Grafik respon menggunakan hybrid fuzzy-PID controller pada setpoint 40 rpm

Gambar 13 dan 14 yang merupakan hasil simulasi sistem dengan menggunakan kontroler *hybrid fuzzy-PID* dimana hasil respon sistem sesuai dengan nilai setpoint. Stabilitas yang lebih baik ditunjukkan oleh respon sistem dengan tidak adanya osilasi ketika menggunakan kontroler *hybrid fuzzy-PID*. Respons sistem mencapai setpoint yang sebelumnya telah ditetapkan dengan nilai *error* kecil. Parameter nilai respons pada setpoint ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil simulasi sistem elevator

Parameter	30 rpm	40 rpm	Satuan
Rise Time (tr)	0.35	0.47	Detik
Settling Time (ts)	0.67	0.85	Detik
Time Peak (tp)	2.16	-	Detik
Overshoot	0.01	0.12	%
Maximum (Mp)			
Error Steady State	0.02	0.02	%

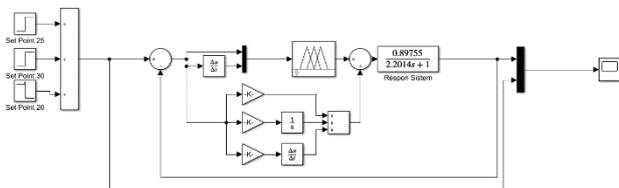
Tabel 3. Perbedaan respon sistem tiap kontroler

Kontroler	Tr(s)	Ts(s)	Tp (s)	Mp(%)	Ess(%)
Fuzzy	2.85	2.91	-	-	0.2
PID	4.37	5.97	-	-	1.55
Fuzzy-PID	0.35	0.67	2.16	0.01	0.02

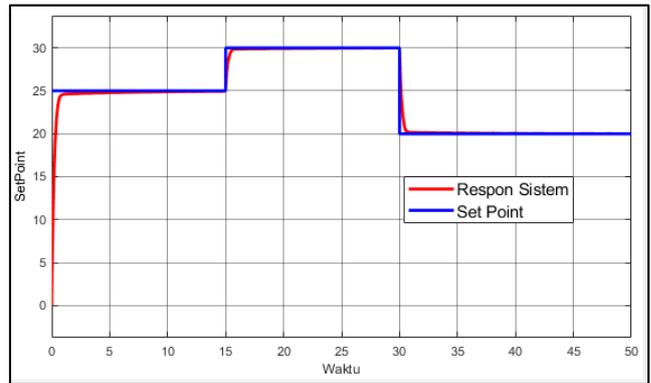
Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa respon sistem dengan menggunakan *hybrid fuzzy-PID controller* memiliki respon yang lebih cepat dibandingkan kedua kontroler lainnya yaitu dengan waktu naik (*rise time*) = 0.35, waktu tunak (*settling time*) = 0.67, dan *ess* yang lebih kecil = 0.02 %. Dari pengujian ini dapat dibuktikan bahwa *hybrid PD-fuzzy controller* sistem elevator memiliki respon sistem yang lebih baik dibandingkan dengan kontroler PID maupun kontroler Fuzzy.

Pengujian Dengan Setpoint Berbeda

Pengujian respon sistem juga dilakukan dengan menggunakan pengontrol *hybrid fuzzy-PID* dengan mengubah nilai setpoint yang telah ditentukan dengan setpoint naik atau turun untuk melihat kestabilan sistem. Setpoint yang diberikan adalah 25 rpm kemudian diubah menjadi 30 rpm, kemudian diubah menjadi 20 rpm. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 16.

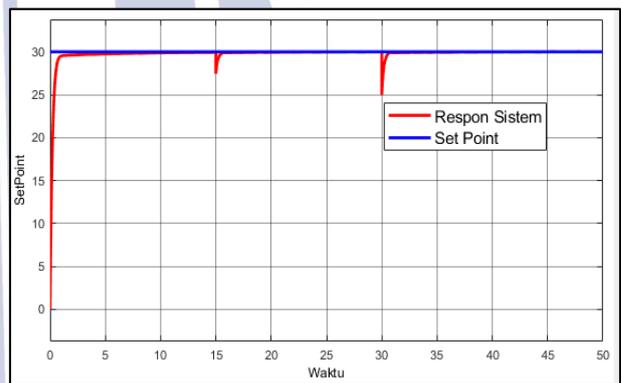


Gambar 15. Diagram blok simulasi menggunakan *hybrid fuzzy-PID controller* dengan setpoint berbeda



Gambar 16. Grafik respon menggunakan *hybrid fuzzy-PID controller* dengan setpoint yang berbeda

Pengujian Dengan Gangguan



Gambar 17. Grafik respon menggunakan *hybrid fuzzy-PID controller* dengan gangguan

Pengujian respon sistem juga dilakukan dengan mereduksi nilai respon sebanyak 2,5 langkah, dan 5 langkah sebagai beban pada simulasi yang dilakukan. Pengujian dilakukan dengan setpoint 30 rpm. Hasil simulasi respon sistem dengan set point 30 rpm ditunjukkan pada Gambar 17. Ketika respon sistem terganggu maka respon sistem akan mengalami penurunan dari keadaan tunak untuk beberapa saat kemudian respon akan kembali naik ke keadaan semula. posisi *steady state*. Hasil pengujian sistem elevator dengan beban memiliki nilai *error steady state* sebesar 0,025%.

PENUTUP

Simpulan

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa sistem elevator dengan pengontrol *hybrid fuzzy-PID* dapat bekerja dengan baik. Respon dapat mencapai setpoint yang telah ditentukan ketika kontrol fuzzy digabungkan dengan kontrol PID dan dapat mengurangi nilai *ess* (*error steady state*). Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 3, *hybrid fuzzy-PID controller* memiliki respon sistem yang lebih baik dibandingkan

dengan kontroler sebelumnya dengan nilai $rise\ time = 0.35$, $settling\ time = 0.67$, $peak\ time = 2.16$, dan $ess = 0.02\ %$

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan *hybrid fuzzy-PID controller*. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya maka pada sistem *elevator* ini dapat digunakan metode kontrol lainnya seperti ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*), MPC (*Model Predictive Control*) agar nilai hasil respon sistem dapat lebih baik. Sistem ini dapat dilakukan analisa dengan menggunakan GUI (*Graphical User Interface*) dengan menggunakan perangkat lunak lainnya seperti *LabView*, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka cipta.
- Emzir. 2010. *Metodologi Penelitian Pendidikan: Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta: Rajawali Pers
- Erenoglu, Isin. 2006. *An Intelligent Hybrid Fuzzy Pid Controller*. Proceedings 20th European Conference on Modelling and Simulation. ISBN 0-9553018-0-7
- Nizar, Lutfi. 2015. *Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC dalam Lift Barang Menggunakan Kontroler PID Berbasis Atmega 2560*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Brawijaya.
- Soehartono, Ahmad. 2020. *Sistem Kontrol Mini Lift Barang Menggunakan Fuzzy Logic Controller Sebagai Pengendali Kecepatan Motor DC Berbasis Labview*. Jurnal Teknik Elektro. Universitas Negeri Surabaya, 9(1): 203-211.
- Kumar, Rajesh. 2011. *Design And Implementation Of Embedded Based Elevator Control System*. Department of Electronics & Communication Engineering Rourkela.
- Solihin, Andrian. 2020. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Pid Untuk Pengendalian Kecepatan Prototipe Lift Berbasis Labview*. Jurnal Teknik Elektro. Universitas Negeri Surabaya, 9(1): 893-901.
- Kusumadewi, Sri. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ogata, Katsuhito. 2010. *Teknik Kontrol Automatik. Terjemahan Edi Leksono*. Jakarta: Erlangga.
- Suryana, Asep. 2015. *Hybrid Fuzzy Pid Kontroler Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Beban Rem Magnetik*. Jurnal Teknik Elektro. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Waspada, Indra, dan Sutikno. 2013. *Perbandingan Metode Defuzzifikasi Sistem Kendali Logika Fuzzy Model Mamdani Pada Motor DC*. Jurnal Masyarakat Informatika. Volume 2 Nomor 2, ISBN 2086-4930.
- Widi, Prabaswari. 2012. "Resume Lift". (Online). (https://www.academia.edu/25176630/Resume_Lift?auto=download) diakses pada 29 Maret 2021.
- Xu, Xian, Wang, dan Qingling. 2017. *Speed control of Hydraulic elevator by using PID controller and self-tuning fuzzy-PID controller*. School of Automation, Southeast University, China. 978-1-5386-2901-7/17.
- Yudamson, Afri. 2013. *Rancang Bangun Model Smart Elevator 3 Lantai Menggunakan PLC Omron Zen 20CIAR-A-V2*. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Universitas Lampung. Vol. 7 No. 3