

## DESAIN SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA RANCANG BANGUN MINI KONVEYOR BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

**Achmad Riza Maulana**

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

**Endryansyah**

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : syahryanend@yahoo.com

### Abstrak

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi pada saat ini, berbagai macam teknologi banyak bermunculan. Khususnya pada bidang transportasi di industri, teknologi yang diterapkan berkembang dengan pesat pula. Pada saat ini proses transportasi tidak hanya menggunakan kendaraan, tetapi sudah menggunakan salah satu teknologi yaitu konveyor. Keunggulan dari konveyor adalah mampu memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain atau dari titik A ke titik B. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengatur kecepatan motor DC pada rancang bangun mini konveyor menggunakan *Fuzzy Logic Controller*. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Labview 2014 yang digunakan untuk perancangan *Fuzzy Logic Controller*, pengujian *Fuzzy Logic Controller* tanpa beban ataupun dengan beban, serta monitoring dalam bentuk grafik. Hasil penelitian ini yaitu fungsi alih dengan *error* terkecil adalah fungsi alih dengan *setpoint* 3V dengan *error* rata-rata sebesar 0.218. *Fuzzy Logic Controller* yang dirancang untuk mengendalikan respon kecepatan Motor DC, berhasil mencapai nilai *setpoint* dan mengurangi *Ess* (*Error Steady State*) pada respon sistem riil menjadi 4.41% (tanpa beban) dan 1.225% (Menggunakan Besi Timbangan).

**Kata Kunci:** Konveyor, Motor DC, *Fuzzy Logic Controller*, Labview 2014.

### Abstract

With the rapid development of technology at this time, various technologies emerge. Especially in the field of transportation in the industry, applied technology is growing rapidly as well. At this time the process of transportation not only use the vehicle, but already using one of the technology that is conveyor. The advantage of a conveyor is that it can move goods from one place to another or from point A to point B. The purpose of this research is to design and adjust the speed of DC motor in the design of mini conveyor using Fuzzy controller. Software used in this research is Labview 2014 which is used for Fuzzy controller design, testing of Fuzzy controller with no load or load, and monitoring in graphic form. The results of this research is the transfer function with the smallest error is the transfer function with setpoint 3V with an average error of 0.218. Fuzzy controllers designed to control the DC Motor speed response, managed to achieve setpoint value and reduce *Ess* (*Error Steady State*) in real system response to 4.41% (no load) and 1.225% (Using Iron Scales).

**Keywords:** Conveyor, DC Motor, *Fuzzy Logic Controller*, Labview 2014.

### PENDAHULUAN

Pada bidang industri peran teknologi sangat penting, karena adanya teknologi yang lebih maju bisa membuat proses produksi lebih cepat, lebih mudah, dan lebih efisien sehingga meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi (Ferdiane, 2017). Pada saat ini proses transportasi tidak hanya menggunakan kendaraan, tetapi sudah menggunakan salah satu teknologi yaitu konveyor. Keunggulan dari konveyor adalah mampu memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain atau dari titik A ke titik B.

Tetapi dalam pelaksanaannya di dunia industri, penggunaan konveyor sering mengalami berbagai masalah. Salah satu permasalahannya adalah ketika

pemberian beban pada konveyor terlalu berat. Hal ini berdampak pada kecepatan konveyor yang semakin pelan, maka dari itu digunakan lah kontroler untuk mengatur kecepatan konveyor meskipun ada beban atau tidak. Salah satu kontroler yang biasa diterapkan pada konveyor adalah *Fuzzy Logic Controller*.

Pada penelitian sebelumnya, banyak juga yang melakukan penelitian yang berkaitan dengan konveyor. Seperti yang dilakukan oleh mahasiswa ITS memiliki penelitian yang berjudul perancangan *Fuzzy Logic Controller*-PID untuk Sinkronisasi Kecepatan 2 Motor DC pada Konveyor (Ferdiane, 2017), penelitian tersebut membandingkan hasil menggunakan PID kontroler dengan *Fuzzy Logic Controller* dan juga menggunakan 2

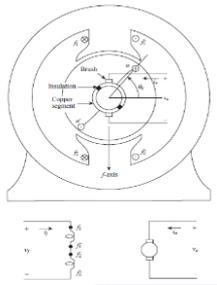
motor DC yang harus disinkronisasi. Penelitian selanjutnya dari mahasiswa Universitas Muara Kudus yang berjudul Rancang Bangun Aplikasi Kontrol Motor DC pada Prototipe Konveyor Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Controller* Berbasis Java (Fadlur Rohman, 2016), hasil pada penelitian tersebut *Fuzzy Logic Controller* dibuat menggunakan program Java.

Dari kedua penelitian tersebut, akhirnya peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Desain Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC pada Rancang Bangun Mini Konveyor Berbasis *Fuzzy Logic Controller*”. Tujuan akhir dari penelitian peneliti yaitu memperbaiki respon motor DC agar lebih cepat untuk mencapai setpoint yang telah ditentukan.

## KAJIAN PUSTAKA

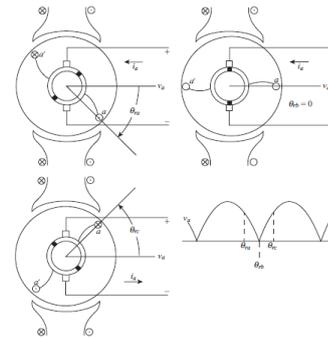
### Motor DC

Motor DC adalah Motor listrik yang membutuhkan suplai tegangan arus searah atau arus DC (*Direct Current*) pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik (Bambang Siswoyo, 2012).



**Gambar 1.** Dasar Motor DC 2 Kutub  
(Sumber : Paul C. Krause Edisi kedua, 2002)

Kumparan medan pada motor tersebut disebut stator, dan kumparan jangkar disebut rotor. Konstruksi dasar dari motor DC ditunjukkan pada Gambar 1. Mesin dasar dua kutub ini dilengkapi dengan lilitan medan di kutub stator, sebuah koil rotor, dan komutator. Komutator terdiri dari dua segmen tembaga setengah lingkaran yang dipasang pada poros pada ujung rotor dan terisolasi satu sama lain dan juga dari besi rotor. Setiap terminal koil rotor terhubung ke segmen tembaga. Sikat karbon stasioner naik ke segmen tembaga dimana koil rotor terhubung ke sirkuit stasioner (Paul C. Krause Edisi Kedua, 2002).

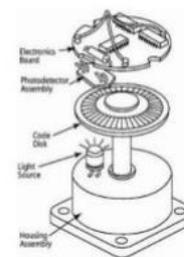


**Gambar 2.** Pergantian elemen Motor DC  
(Sumber : Paul C. Krause Edisi kedua, 2002)

Penggunaan motor sebagai penggerak roller pada mesin konveyor bisa menggunakan berbagai jenis motor sesuai dengan kepentingan. Motor yang digunakan untuk menggerakkan *roller* pada tugas akhir ini adalah motor DC magnet permanen dengan tegangan maksimum 24 V dan memiliki torsi hingga 25 Kg.

### Rotary Encoder

*Rotary incremental encoder* adalah alat elektromekanik yang berfungsi membaca dan memonitor gerakan atau posisi benda yang berputar. Pada *rotary incremental encoder* biasanya terdapat sensor optik yaitu optocoupler yang berfungsi membaca jumlah pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi maupun arah yang kemudian diolah menjadi informasi kode digital dan dikirimkan atau diteruskan ke rangkaian kendali. *Rotary incremental encoder* tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan yang ditunjukkan pada Gambar 3 (*Datasheet Rotary Encoder*).



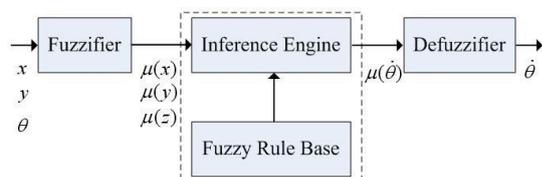
**Gambar 3.** Rotary Encoder  
(Sumber : *Datasheet Rotary Encoder*)

### Fuzzy Logic Controller

*Fuzzy Logic Controller* pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Teori ini banyak diterapkan di berbagai bidang, antara lain representasi pikiran manusia kedalam suatu sistem.

Dalam teori *Fuzzy Logic Controller* dikenal himpunan *Fuzzy* (*Fuzzy Logic Controller sets*) yang merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel

bahasa (*linguistik variable*) yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Blok diagram *Fuzzy Logic Controller* ditunjukkan pada Gambar 4 (Sri Kusumadewi, 2010).



**Gambar 4.** Blok diagram *Fuzzy Logic Controller* (Sumber : Sri Kusumadewi, 2010)

### Software Labview

LabVIEW adalah sebuah software pemrograman yang diproduksi oleh National Instruments dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, matlab atau Visual basic, LabVIEW juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa labVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program labVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau *Virtual instruments* karena penampilannya dapat menyerupai sebuah instrument.

### Analisis Karakteristik Sistem Orde satu

Dari model matematis sebuah sistem, orde dari suatu sistem dapat dilihat dari besar pangkat variabel  $s$  (dalam transformasi Laplace). Suatu sistem dikatakan ber-orde pertama jika fungsi alihnya mempunyai variabel  $s$  dengan pangkat tertinggi satu (Ogata, 1985). Model sistem orde satu secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Keterangan :

- $K$  = Gain Overall (V)
- $\tau$  = Waktu (s)
- $C(s)$  = Output
- $R(s)$  = Input

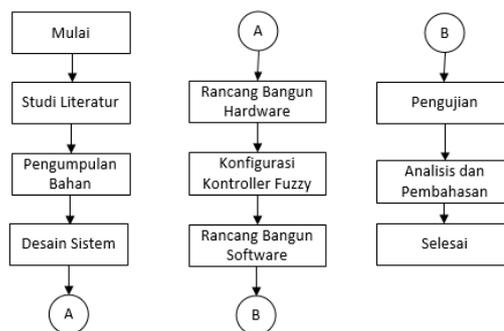
## METODE PENELITIAN

### Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Yaitu melibatkan perhitungan angka atau kuantifikasi data. Pada penelitian ini menggunakan software LabView untuk simulasi dan menjalankan kontroler *Fuzzy Logic Controller* yang akan digunakan.

### Rancangan Penelitian

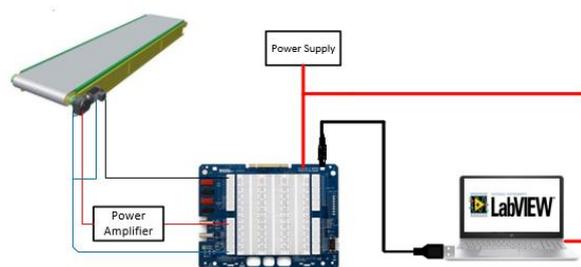
Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar dijelaskan dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** Tahapan rancangan Penelitian (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

### Rancang Bangun Hardware

Rancang bangun *hardware* adalah pemasangan kabel (*wiring*) dan hubungan antar komponen, sehingga semua komponen yang digunakan dapat terhubung dan dapat beroperasi sesuai dengan desain sistem. Rancang bangun *hardware* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Skema Rangkaian *Hardware* Desain Sistem Pengaturan Kecepatan Motor pada Rancang Bangun Mini Konveyor Berbasis *Fuzzy Logic Controller* (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

### Identifikasi Plant

Pada penelitian ini, fungsi alih didapatkan dengan cara pendekatan sistem orde-1. Sehingga untuk mendapatkan parameter-parameter dari karakteristik sistem orde-1 yaitu  $K$  dan  $\tau$ , dilakukan pengambilan data sebanyak 6 kali dengan *setpoint* berbeda-beda. Percobaan dilakukan dengan *loop* terbuka sehingga didapatkan respon sistem orde-1. Setelah didapatkan 6 fungsi alih dari setiap *setpoint*, selanjutnya fungsi alih tersebut akan disimulasikan dan dibandingkan dengan respon sistem sesungguhnya. Setelah dibandingkan, akan didapatkan *error* antar respon sesungguhnya dan respon simulasi. Fungsi alih dengan *error* rata-rata terkecil akan

digunakan sebagai fungsi alih sistem dan menjadi acuan untuk mendesain *Fuzzy Logic Controller*.

Validasi model yang dimaksud adalah mencari fungsi alih dengan *error* terkecil. *Error* didapatkan dengan membandingkan output rata-rata *steady state* sistem sesungguhnya dengan output rata-rata *steady state* simulasi. *Input* pada proses tersebut adalah nilai tegangan dan outputnya adalah fungsi alih.

Data yang dibaca *rotary encoder* akan disimpan dalam bentuk data excel. Setelah itu, data excel yang didapatkan akan diolah dan ditentukan parameter-parameter  $K$  dan  $\tau$  berdasarkan karakteristik sistem orde-1 dari tiap *setpoint* dengan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} \quad (2)$$

$$C\tau = Y_{ss} \cdot 0,632 \quad (3)$$

Keterangan :

$K$  = Gain Overall (V)

$X_{ss}$  = Setpoint (V)

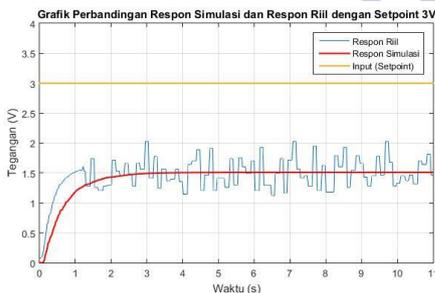
$Y_{ss}$  = Rata-rata respon sistem saat *steady state* (V)

$C\tau$  = Nilai saat respon sistem mencapai 63,2% dari *steady state* (V)

$\tau$  = Waktu (s)

### Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dilakukan dengan cara memberikan *setpoint* tegangan bervariasi yaitu 2.5V, 3V, 3.5V, 4V, 4.5V, dan 5V dengan *sampling time* 0.03 detik. Model matematika yang didapatkan merupakan hubungan antara tegangan yang dibaca oleh *rotary encoder* dengan *setpoint* tegangan yang diinginkan. Pemodelan dilakukan pada kondisi tanpa beban. Berikut adalah respon sistem dengan *setpoint* 3V ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Respon Sistem Open Loop pada *setpoint* 3V (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Berdasarkan Gambar 7, maka dapat dihitung parameter dari karakteristik sistem orde-1 yaitu  $K$  dan  $\tau$  menggunakan persamaan (2) dan (3).

### Pemilihan Fungsi Alih Sistem

Pemilihan fungsi alih dilakukan dengan menghitung nilai *error* rata-rata dari setiap fungsi alih. Fungsi alih dengan nilai *error* rata-rata terkecil akan digunakan sebagai acuan untuk mendesain kontroler *Fuzzy Logic Controller*. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung *error* :

$$Error = |Output Simulasi - Output Real| \quad (4)$$

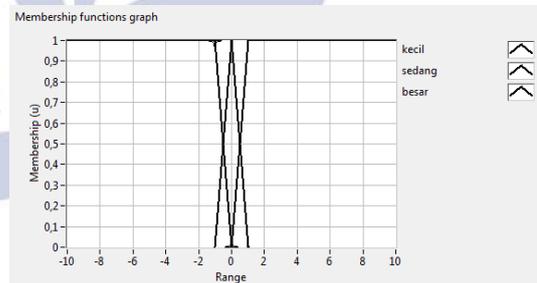
Keterangan :

*Output* = Respon sistem (V)

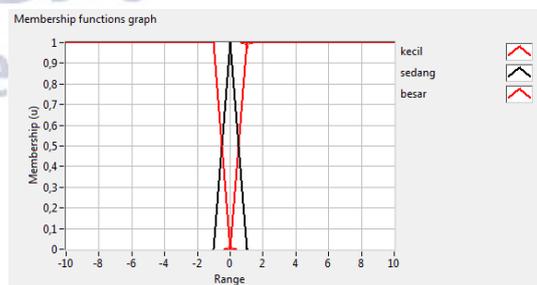
*Output* pada detik ke 0.03 simulasi akan dikurangi dengan output real pada detik ke 0.03 juga, begitu seterusnya. Sehingga didapatkan nilai *error* tiap kelipatan 0.03 detik. Setelah itu, nilai-nilai *error* tersebut akan di rata-ratakan dan dibandingkan dengan *error* rata-rata fungsi alih yang lain.

### Desain Fuzzy Logic Controller

Pada skripsi ini, *input* untuk semesta pembicaraan berupa *error* dan *delta error* dari besar tegangan awal ke tegangan masukan yang diberikan. *Error* yang terjadi, biasanya dapat diatas nilai awal ataupun dibawah nilai awal yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



**Gambar 8.** Bentuk *Membership Function* input *error* (Sumber : Labview 2014)



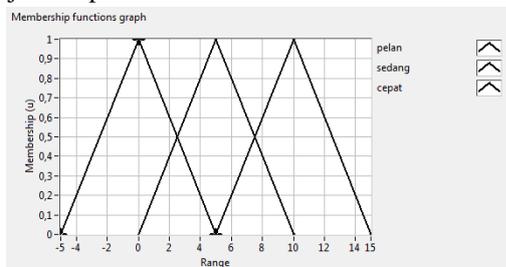
**Gambar 9.** Bentuk *Membership Function* input *delta error* (Sumber : Labview 2014)

Untuk basis aturan *Fuzzy Logic Controller* yang digunakan, ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Basis aturan logika *Fuzzy*

e/de	Kecil	Sedang	Besar
Kecil	Pelan	Pelan	Sedang
Sedang	Pelan	Sedang	Cepat
Besar	Sedang	Cepat	Cepat

Defuzifikasi menggunakan metode *centeroid* yang ditunjukkan pada Gambar 10.

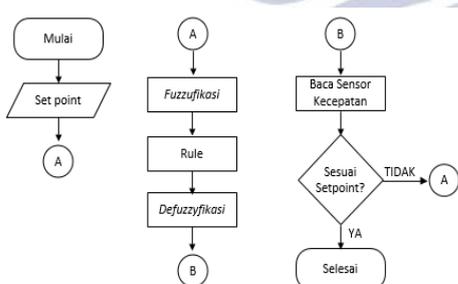


**Gambar 10.** Bentuk *Membership Function output Fuzzy*

(Sumber : Labview, 2014)

### Perancangan Software

Rancang bangun *software* yang dimaksud adalah sebuah program yang akan diintegrasikan antara LabView dengan NI Elvis. Pemrograman dibuat menggunakan blok diagram yang ada di LabView. LabView merupakan sebuah *software* pemograman yang diproduksi oleh National Instruments dengan konsep yang berbeda. Untuk garis besar proses jalannya program ditunjukkan melalui *flowchart* rancangan *software* pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Rancang Bangun Software

(Sumber : Dokumen pribadi, 2018).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas proses kalibrasi sensor *rotary encoder*, pemodelan sistem, validasi model, perancangan *Fuzzy Logic Controller*, dan pengujian respon sistem.

### 1) Kalibrasi Sensor *Rotary Encoder*

Proses kalibrasi sensor *rotary encoder* dilakukan agar didapatkan nilai RPM pada Motor DC yang digunakan. Alat bantu kalibrasi yang

digunakan adalah *tachometer digital* tipe DT-2234C yang ada di Lab Kendali Universitas Negeri Surabaya. Tabel kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data kalibrasi sensor *Rotary Encoder*

No	<i>Rotary Encoder</i> (RPM)	<i>Tachometer Digital</i> (RPM)	Suplai Tegangan (V)
1.	38,7	31	2.5
2.	41,4	38,8	3
3.	51,4	47,8	3.5
4.	64,6	55,6	4
5.	74,3	65,7	4.5
6.	87,7	77,7	5

### 2) Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem pada skripsi ini dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan karakteristik sistem orde-1 dengan parameter yang dibutuhkan adalah  $K$  dan  $\tau$ . Metode pendekatan karakteristik sistem orde-1 ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan model atau fungsi alih dari suatu sistem. Fungsi alih tersebut akan digunakan sebagai perbandingan antara respon riil dengan respon simulasi. Pada skripsi ini dilakukan pemodelan dengan 6 *setpoint* berbeda, yaitu 2.5V, 3V, 3.5V, 4V, 4.5V, dan 5V. Berdasarkan gambar 7, dan menggunakan persamaan (2) dan (3) maka dapat dihitung parameter dari karakteristik sistem orde-1 dengan *setpoint* 3V yaitu  $K = 0.50362$ ,  $\tau = 0,34658$

### 3) Validasi Sistem

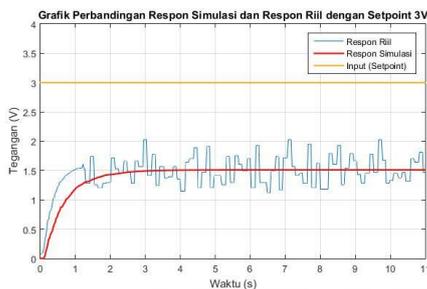
Validasi model dilakukan untuk mendapatkan model atau fungsi alih dari sistem yang memiliki respon dengan tingkat *error*. Fungsi alih tiap *setpoint* beserta *error* rata-rata ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Fungsi alih dan perhitungan *error* tiap *setpoint*

No.	<i>Setpoint</i>	Fungsi Alih	Nilai rata-rata <i>Error</i>
1.	2,5 V	$G_{(s)} = \frac{0,48919}{0,16749263 s + 1}$	0,228
2.	3 V	$G_{(s)} = \frac{0,50362}{0,34658 s + 1}$	0,218
3.	3,5 V	$G_{(s)} = \frac{0,49278}{0,03296 s + 1}$	0,234
4.	4 V	$G_{(s)} = \frac{0,67157}{0,20489 s + 1}$	0,328
5.	4,5 V	$G_{(s)} = \frac{0,65984}{0,40043 s + 1}$	0,404

No.	Setpoint	Fungsi Alih	Nilai rata-rata Error
6.	5 V	$G(s) = \frac{0,49278}{0,20694 s + 1}$	0,381

Dari data fungsi alih yang diperoleh, diketahui bahwa rata-rata nilai error terkecil adalah 0,218 dengan setpoint 3 Volt. Perbandingan respon dari simulasi dengan respon sistem (riil) dan juga hasil perhitungan parameter respon riil ditunjukkan pada Gambar 12 dan Tabel 4.



**Gambar 12.** Grafik perbandingan Respon Simulasi dan Respon Riil dengan Setpoint 3V (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

**Tabel 4.** Parameter respon riil dengan setpoint 3V dan  $\tau = 0,34658$  (open loop)

Parameter	Nilai
Waktu tunak (0,5%)	1,7329 detik
Waktu tunak (2%)	1,38632 detik
Waktu tunak (5%)	1,03974 detik
Waktu naik (5%-95%)	1,02048 detik
Waktu naik (10%-90%)	0,76151 detik
Waktu tunda ( $\tau$ d)	0,24023 detik
Persentase Error Steady State	49,63%

#### 4) Perancangan Fuzzy Logic Controller

Untuk merancang Fuzzy Logic Controller, tidak dibutuhkan fungsi alih atau model matematika open loop dari plant yang digunakan. Model matematika open loop dari plant, hanya digunakan untuk mengetahui respon Fuzzy simulasi menggunakan Labview. Untuk perancangan Fuzzy Logic Controller, hanya dibutuhkan dari pengetahuan dan pengalaman peneliti. Peneliti harus mengetahui input, output, dan karakteristik plant ketika merancang semesta pembicaraan pada Fuzzy Logic Controller.

Pada skripsi ini, input untuk semesta pembicaraan berupa error dan delta error dari besar

tegangan awal ke tegangan masukan yang diberikan. Error yang terjadi, biasanya dapat diatas nilai awal ataupun dibawah nilai awal. Sehingga rentang nilai semesta pembicaraan untuk input dimulai dari -10V hingga 10V. Himpunan Fuzzy yang digunakan pada setiap variabel input error dan delta error hanya menggunakan 3 membership, yaitu kecil, sedang, dan besar dengan bentuk membership function berupa trapesium dan segitiga seperti pada Gambar 8 dan 9.

Basis aturan logika Fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan aturan IF-THEN dengan metode implikasi "MIN" dan jumlah aturan yang dihasilkan sesuai dengan jumlah himpunan Fuzzy yang digunakan pada setiap variabel. Kemudian hasil dari setiap aturan Fuzzy diagregasikan menggunakan metode "MAX". Basis aturan Fuzzy yang direncanakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Defuzifikasi menggunakan metode centeroid. Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah Fuzzy. Pada skripsi ini, output Fuzzy berupa kecepatan motor yang kemudian diubah menjadi tegangan agar bisa dibandingkan dengan nilai input. Semesta pembicaraan untuk nilai output Fuzzy dilebihi nilainya sebab dengan metode centeroid nilai range output tidak akan kurang dari 0 V dan tidak lebih dari 10V seperti pada Gambar 10.

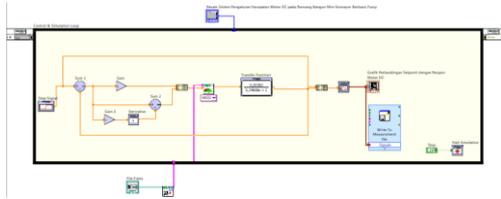
#### 5) Implementasi Fuzzy Logic Controller dan Pengujian Respon Sistem menggunakan Labview

Sebelum mengimplementasikan Fuzzy Logic Controller langsung ke plant riil, akan disimulasikan terlebih dahulu dengan menggunakan software Labview dengan model matematika yang sudah didapatkan dari riil plant. Selanjutnya, baru dilakukan pengujian langsung pada riil plant.

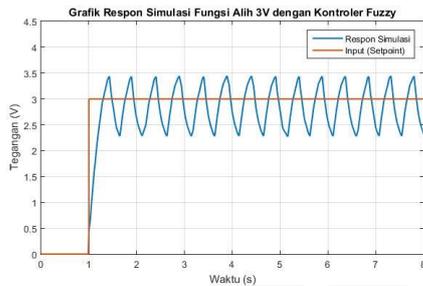
a) Pengujian Fuzzy Logic Controller yang disimulasikan menggunakan Labview.

Pada pengujian ini, model matematika fungsi alih yang digunakan dengan setpoint 3V yang didapatkan dari proses pemodelan sistem yang sebelumnya. Selanjutnya baru disimulasikan untuk melihat respon Fuzzy pada fungsi alih dengan setpoint 3V. Diagram blok Labview dan respon sistem simulasi dengan Fuzzy Logic Controller ditunjukkan pada Gambar 13 dan 14.

Desain Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC pada Rancang Bangun Mini Konveyor Berbasis *Fuzzy Logic Controller*



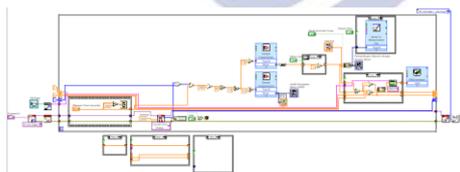
**Gambar 13.** Diagram blok dari fungsi alih 3V dengan menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (Sumber : Labview 2014)



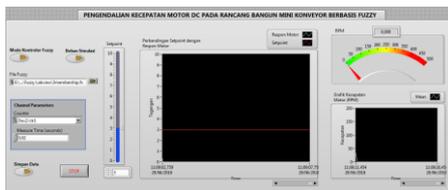
**Gambar 14.** Grafik Respon Simulasi Fungsi Alih 3V dengan *Fuzzy Logic Controller* (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

b) Pengujian *Fuzzy Logic Controller* yang diterapkan langsung pada *real plant* dengan *setpoint* tetap.

Setelah melakukan simulasi, maka selanjutnya adalah mengimplementasikan *Fuzzy Logic Controller* pada *real plant* dan melakukan pengujian respon sistem. Diagram blok dan GUI pada labview ditunjukkan pada gambar 15 dan 16.



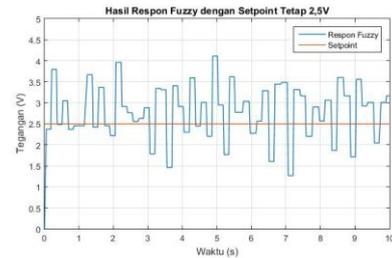
**Gambar 15.** Diagram Blok Labview dengan *Fuzzy Logic Controller* (Sumber : Labview 2014)



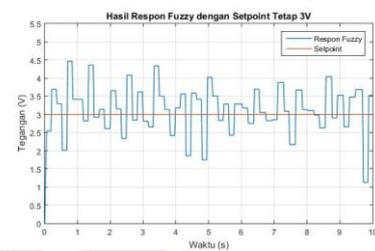
**Gambar 16.** Tampilan GUI Labview (Sumber : Labview 2014)

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian pada *setpoint* 2.5V, 3V, 3.5V selama 10 detik dengan *sampling* waktu 0.03 detik. Hasil respon

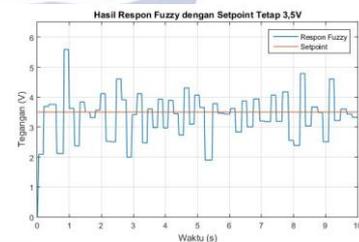
*Fuzzy* pada *real plant* dengan *setpoint* 2.5V, 3V, 3.5V ditunjukkan pada Gambar 17, 18, dan 19.



**Gambar 17.** Hasil Respon Fuzzy pada *real plant* dengan *setpoint* tetap 2,5V (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)



**Gambar 18.** Hasil Respon Fuzzy pada *real plant* dengan *setpoint* tetap 3V (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)



**Gambar 19.** Hasil Respon Fuzzy pada *real plant* dengan *setpoint* tetap 3,5V (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Dari data grafik tersebut, kemudian dilakukan analisa untuk menghitung parameter dari salah satu percobaan dengan *setpoint* 3V. Parameter yang akan dihitung adalah  $\tau_d$  (*Time Delay*),  $\tau_r$  (*Rise Time*),  $\tau_s$  (*Settling Time*),  $E_{ss}$  (*Error Steady State*) dengan nilai  $\tau = 0.042$  detik. Parameter respon *plant* riil dengan *setpoint* 3V menggunakan *Fuzzy Logic Controller* ditunjukkan pada Tabel 5.

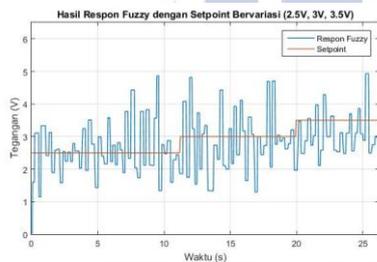
**Tabel 5.** Parameter respon pada *real plant* dengan *setpoint* tetap 3V menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

Parameter	Nilai
Waktu tunak (0,5%)	0,21 detik
Waktu tunak (2%)	0,168 detik

Parameter	Nilai
Waktu tunak (5%)	0,126 detik
Waktu naik (5%-95%)	0,01236 detik
Waktu naik (10%-90%)	0,09228 detik
Waktu tunda ( $\tau_d$ )	0,02911 detik
Persentase Error Steady State	4,41%

- c) Pengujian *Fuzzy Logic Controller* yang diterapkan langsung pada *real plant* dengan *setpoint* bervariasi.

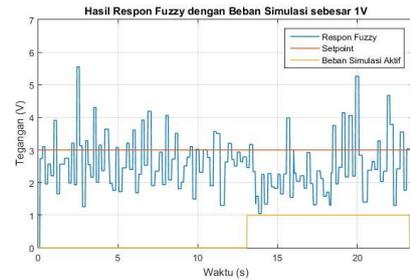
Pada pengujian ini, dilakukan dengan memberikan *input setpoint* bervariasi yaitu 2.5V, 3V, 3.5V dengan *sampling* waktu 0,03 detik selama 26 detik. Hasil respon *Fuzzy* dengan *setpoint* bervariasi ditunjukkan pada Gambar 20.



**Gambar 20.** Hasil Respon *Fuzzy* dengan *setpoint* bervariasi pada sistem *real plant* (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

- d) Pengujian *Fuzzy Logic Controller* yang diterapkan langsung pada *real plant* dengan beban simulasi Labview.

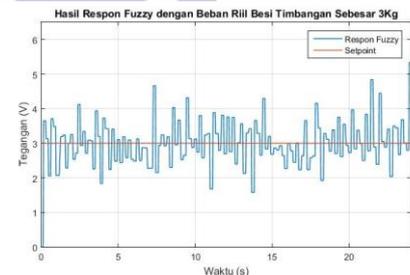
Sebelum melakukan pembebanan secara riil, lebih baik dilakukan pembebanan secara simulasi terlebih dahulu untuk mengetahui hasil respon pembebanan secara simulasi. Proses pembebanan simulasi dilakukan dengan menambahkan sinyal step sebesar 1V pada detik ke-13 sampai detik ke-23. Hasil respon *Fuzzy* dengan beban simulasi ditunjukkan pada Gambar 21.



**Gambar 21.** Hasil Respon *Fuzzy* dengan Beban Simulasi sebesar 1V pada *real plant* (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

- e) Pengujian *Fuzzy Logic Controller* yang diterapkan langsung pada *real plant* dengan beban riil.

Setelah dilakukan pembebanan secara simulasi, selanjutnya dilakukan pembebanan secara riil dengan memberikan pemberat pada *belt conveyor* menggunakan besi timbangan sebesar 3Kg. Hasil respon pembebanan secara riil dengan besi timbangan sebesar 3Kg ditunjukkan pada Gambar 22.



**Gambar 22.** Hasil Respon *Fuzzy* dengan Beban Riil Besi Timbangan sebesar 3Kg (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Berdasarkan hasil dari Gambar 22, dapat dihitung parameter respon  $\tau_d$  (*Time Delay*),  $\tau_r$  (*Rise Time*),  $\tau_s$  (*Settling Time*),  $E_{ss}$  (*Error Steady State*) dengan nilai  $\tau = 0.125$  detik. Parameter respon *plant* riil dengan *setpoint* 3V menggunakan *Fuzzy Logic Controller* ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Parameter Respon *Fuzzy* pada *real plant* dengan *setpoint* 3V dan Beban Besi Timbangan Sebesar 3Kg

Parameter	Nilai
Waktu tunak (0,5%)	0,625 detik
Waktu tunak (2%)	0,5 detik
Waktu tunak (5%)	0,375 detik
Waktu naik (5%-95%)	0,368 detik
Waktu naik (10%-90%)	0,2746 detik

Parameter	Nilai
Waktu tunda ( $\tau_d$ )	0,0866 detik
<i>Persentase Error Steady State</i>	1,225%

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Fungsi alih dengan *error* terkecil adalah fungsi alih dengan *setpoint* 3V dengan *error* rata-rata sebesar 0.218 pada Tabel 3. Penggunaan *rule Fuzzy Logic Controller* 3x3 mampu memperbaiki respon Motor DC sehingga bisa mengikuti *setpoint* yang diinginkan. *Fuzzy Logic Controller* yang dirancang untuk mengendalikan respon kecepatan Motor DC, berhasil mencapai nilai *setpoint* dan mengurangi *Ess (Error Steady State)* pada respon sistem riil menjadi 4.41% (tanpa beban) pada Tabel 5 dan 1.225% (Menggunakan Besi Timbangan) pada Tabel 6.

### Saran

Berdasarkan simpulan diatas terdapat beberapa aspek yang dapat diperbaiki dan dikembangkan agar memberikan hasil yang lebih maksimal, yaitu menggunakan sensor *rotary encoder* yang lebih akurat agar hasil pembacaan sensor jauh lebih bagus. Model atau fungsi alih yang didapatkan masih kurang baik, sehingga dapat dilakukan metode pendekatan yang lain agar mendapatkan fungsi alih yang lebih baik dari penelitian ini. Sistem ini masih dapat dikembangkan dengan menggunakan metode kontroler yang lain seperti *PID-Fuzzy*, *Model Predictive Control*, dan yang lainnya

## DAFTAR PUSTAKA

- Ferdiane. 2017. *Perancangan FuzzyPID untuk Sinkronisasi Kecepatan 2 Motor DC pada Konveyor*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Krause, Paul. 2002. *Analysis Of Electric Machinery and Drive Systems (Second Edition)*. Purdue University. IEEE Press Power Engineering Series.
- Kusumadewi, Sri dkk. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ogata, Katsuhiko. 1985. *Teknik Kontrol Automatik jilid 1*. Terjemahan Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko. 1985. *Teknik Kontrol Automatik jilid 2*. Terjemahan Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.
- Rohman, Fadlur. 2016. *Rancang Bangun Aplikasi Kontrol Motor DC pada Prototipe Konveyor*

*menggunakan Metode Fuzzy berbasis Java*.  
Kudus : Universitas Muria Kudus

Siswoyo, Bambang. 2012. *Motor DC model State Space*. (Online) (<http://bsiswoyo.lecture.ub.ac.id/2012/01/motor-dc-model-state-space/> diakses pada tanggal 2 Februari 2018.)

Tim Penulis. 2014. *Buku Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Unesa*. Surabaya: Unesa.