

SKRIPSI
PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS
FUZZY LOGIC CONTROL



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh

DELIA FATIMAZAHRA

03041381722090

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN
PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS
FUZZY LOGIC CONTROL



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

DELIA FATIMAZAHRA

03041381722090

Palembang, 8 Desember 2022

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Bhakti Yudho Supranto, S.T., M.T.

NIP. 1975021120031210

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidiq, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Delia Fatimazahra
NIM : 03041381722090
Fakultas : Teknik
Jurusan/ Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/ Turnitin*: 9 %

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul "Pengendalian Kecepatan Motor DC Berbasis *Fuzzy Logic Control*" merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

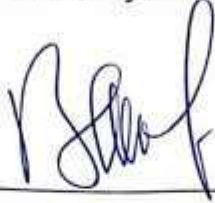
Palembang, 8 Desember 2022



Delia Fatimazahra

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan : 
Pembimbing Utama : Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.
Tanggal : 8/12/2022

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Delia Fatimazahra
NIM : 03041381722090
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROL**

Beserta perangkat yang ada (Jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang
Pada tanggal: 8 Desember 2022



Delia Fatimazahra

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya. Setelah melewati proses yang panjang Berkat rahmat, hidayah, karunia, serta ridho dari Allah SWT, Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **"PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROL"**. Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU. selaku Guru Besar Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak sekali ilmu, bimbingan, serta nasihat selama pengerjaan tugas akhir.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Penguji skripsi yang telah memberikan masukan selama proses penyelesaian skripsi.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Segenap staf Fakultas Teknik serta staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

7. Segenap staf Fakultas Teknik serta staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
8. Kedua Orang Tua tercinta Hilary (Papa) dan Desy Yuliasuti (Mama) yang tiada henti-hentinya memberikan dukungan baik berupa doa, motivasi, dan materi dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini.
9. Teman-teman mahasiswa tergabung di dalam Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, 8 Desember 2022



Delia Fatimazahra

ABSTRAK
PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS
FUZZY LOGIC CONTROL

(Delia Fatimazahra, 03041381722090, 50 halaman)

Seiring perkembangan zaman, motor DC banyak digunakan dalam segala bidang yang bertujuan memberikan kemudahan dalam kehidupan sehari-hari. Pengendalian kecepatan motor DC diperlukan sistem kontrol yang presisi dan menyajikan data real time sehingga didapatkan hasil sesuai dengan yang diinginkan. Pada penelitian ini pengendalian kecepatan motor DC menggunakan *fuzzy logic control*. *Fuzzy logic control* tidak memerlukan persamaan sistematis yang rumit dari sistem yang dikendalikan. FLC mempunyai tiga komponen penting yaitu fuzzyfikasi, rule set, dan defuzzyfikasi. Pada penelitian ini dilakukan percobaan fuzzy logic control dengan 3, 5, dan 7 membership functions serta menggunakan kontrol PID. Pada penelitian ini terdapat karakteristik motor DC yang kemudian digunakan untuk mendapatkan persamaan fungsi alih motor DC menggunakan MATLAB/ Simulink. Pertama, fuzzyfikasi terdiri dari 2 variabel input dan 1 variabel output. Kemudian rule set pada 3, 5, dan 7 membership functions. Defuzzyfikasi pada penelitian ini menggunakan metode Centroid. Hasil percobaan pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengendalian kecepatan motor DC berbasis fuzzy logic control sudah dapat digunakan dengan baik. Hal ini, dapat dilihat dari nilai parameter rise time, settling time, overshoot, dan error steady state dengan masing-masing nilai 185 s, 334 s, 0,08 dan 2,5. Penelitian juga menunjukkan perbandingan kontrol kecepatan motor DC berbasis fuzzy logic control untuk 7 membership functions lebih baik dibandingkan dengan pengendali PID. Nilai parameter pengendali PID memiliki nilai 96 s, 233 s, 0.45, dan 2.

Kata Kunci - *DC Motor, Fuzzy Logic, MATLAB*

ABSTRACT

MOTOR DC SPEED CONTROL USING *FUZZY LOGIC CONTROL*

(Delia Fatimazahra, 03041381722090, 50 halaman)

Along with the times, DC motors are widely used in all fields that aim to provide convenience in everyday life. Controlling the speed of a DC motor requires a control system that is precise, easy to control and presents data in real time so that the results are as desired. In this study, controlling the speed of a DC motor uses *fuzzy logic control*. *Fuzzy logic control* does not require complicated systematic equations of the system being controlled. FLC has three important components, namely fuzzification, rule sets, and defuzzification. In this research, fuzzy logic control experiments were carried out with 3, 5, and 7 membership functions using PID control. In this study, there are characteristics of DC motors which used to obtain equation of DC motor transfer function using MATLAB/Simulink. First, fuzzification is consists of 2 input variables and 1 output variable. Then do the rule set on 3, 5, and 7 membership functions. Defuzzification uses Centroid method. The experimental results in this study indicate that DC motor speed control based on fuzzy logic control can be used properly. This can seen from the parameter values of rise time, settling time, overshoot, and steady state error with values of 185 s, 334 s, 0.08 and 2.5 respectively. The research also shows that the comparison of DC motor speed control based on fuzzy logic control for 7 membership functions is better than the PID controller. PID controller parameter values have values of 96 s, 233 s, 0.45, and 2.

Keywords – *DC Motor, Fuzzy Logic, MATLAB*

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.	2
1.3 Tujuan Penelitian.	3
1.4 Pembatasan Masalah.	3
1.5 Keaslian Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. State of The Art.....	5

2.2. Motor DC	10
2.2.1. Konstruksi Motor DC.....	10
2.2.2. Prinsip Kerja Motor DC.....	11
2.2.3. Rangkaian Ekvivalen Motor DC	11
2.2.4. Sistem Umpan Balik.	13
2.3. Logika Fuzzy.....	13
2.3.1 Definisi <i>Fuzzy Logic Control</i>	13
2.3.2. Keuntungan <i>Fuzzy Logic Control</i>	16
2.3.3. Komponen Utama <i>Fuzzy Logic Control</i>	16
2.3.3.1. Fuzzyfikasi.	17
2.3.3.2 <i>Rule Base System</i>	23
2.3.3.3 Defuzzyfikasi.	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Studi Literatur.	27
3.2. Perancangan Sistem... ..	28
3.3. Pengambilan Data... ..	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. <i>Preliminary Result</i>	33
4.1.1. Fuzzyfikasi... ..	33
4.1.2. <i>Rule Set 3 Membership Functions</i>	43
4.1.3. <i>Rule Set 5 Membership Functions</i>	43
4.1.4. Rule Set 7 Membership Functions... ..	44
4.1.5. Simulink Model of DC Motor Speed Control.....	44

4.1.6. Pengujian Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC	
Berbasis <i>Fuzzy Logic Control</i> dan <i>PID Controller</i>	45
4.1.6.1 Pengujian Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC berbasis	
<i>Fuzzy Logic Control</i> dengan 3, 5 dan 7 <i>Membership</i>	
<i>Functions</i>	45
4.1.6.2 Pengujian Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC berbasis	
<i>Fuzzy Logic Control</i> dan dengan <i>PID Controller</i>	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN...	48
5.1. Kesimpulan... ..	48
5.2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Typical 1D membership functions</i>	5
Gambar 2.2. <i>Footprint of fuzzy set when the input variables are correlated</i>	6
Gambar 2.3. <i>Example of three sets defined on a two-dimensional space</i>	6
Gambar 2.4. <i>Closed Loop Control DC Motor</i>	7
Gambar 2.5. <i>The 3x3 matrix fuzzy logic control rules</i>	8
Gambar 2.6. <i>The 5x5 matrix fuzzy logic control rules</i>	8
Gambar 2.7. <i>Speed Response of BLDC Motor Set Point 400 rpm With Load</i>	9
Gambar 2.8. <i>Speed Response of BLDC Motor Set Point 300 rpm With Load</i>	9
Gambar 2.9. <i>Konstruksi Motor DC</i>	10
Gambar 2.10 <i>Rangkaian Ekuivalen Motor DC</i>	11
Gambar 2.11 <i>Sistem Kontrol Closed Loop</i>	13
Gambar 2.12 <i>Fuzzy Control Internal Block Diagram</i>	17
Gambar 2.13 <i>Kurva Linear Naik</i>	18
Gambar 2.14 <i>Kurva Linear Turun</i>	18
Gambar 2.15 <i>Kurva Segitiga</i>	19
Gambar 2.16 <i>Kurva Trapesium</i>	19
Gambar 2.17 <i>Kurva-S</i>	20
Gambar 2.18 <i>Representasi Kurva-S</i>	20
Gambar 2.19 <i>Representasi Kurva PI</i>	21
Gambar 2.20 <i>Representasi Kurva Beta</i>	22

Gambar 2.21 Representasi Kurva Gauss.....	23
Gambar 3.1 Flowchart Langkah Penelitian Pengendalian Kecepatan Motor DC dengan <i>Fuzzy Logic Control</i>	27
Gambar 3.2 Flowchart Tahapan Pengendalian Kecepatan Motor DC dengan <i>Fuzzy Logic Control</i>	28
Gambar 3.3 Spesifikasi Motor DC.....	29
Gambar 3.4 Tampilan Fungsi Alih Motor DC pada MATLAB.....	31
Gambar 3.5 <i>Simulink Model of DC Motor Speed Control</i>	32
Gambar 4.1 Fungsi Keanggotaan Input Error pada 3 <i>Membership Functions</i>	34
Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan Input Delta Error pada 3 <i>Membership Functions</i>	35
Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan Output Kecepatan pada 3 <i>Membership Functions</i>	36
Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan Input Error pada 5 <i>Membership Functions</i>	37
Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Input Delta Error pada 5 <i>Membership Functions</i>	38
Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Output Kecepatan pada 5 <i>Membership Functions</i>	39
Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Input Error pada 7 <i>Membership Functions</i>	40
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Input Delta Error pada 7 <i>Membership Functions</i>	41
Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan Output Kecepatan pada 7 <i>Membership</i>	

Functions..... 42

Gambar 4.10 Grafik Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis

Fuzzy Logic Control dengan 3, 5, dan 7 Membership

Functions..... 45

Gambar 4.11 Grafik Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis

Fuzzy Logic Control dan PID Controller.....46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Motor DC.....	29
Tabel 3.2 Parameter Motor DC	30
Tabel 4.1. Variabel dan Semesta Pembicaraan Input dan Output.....	33
Tabel 4.2. Fuzzyfikasi Input Error 3 <i>Membership Functions</i>	34
Tabel 4.3. Fuzzyfikasi Input Delta Error 3 <i>Membership Functions</i>	35
Tabel 4.4. Fuzzyfikasi Output PWM 3 <i>Membership Functions</i>	36
Tabel 4.5. Fuzzyfikasi Input Error 5 <i>Membership Functions</i>	37
Tabel 4.6. Fuzzyfikasi Input Delta Error 5 <i>Membership Functions</i>	38
Tabel 4.7 Fuzzyfikasi Output PWM 5 <i>Membership Functions</i>	39
Tabel 4.8. Fuzzyfikasi Input Error 7 <i>Membership Functions</i>	40
Tabel 4.9. Fuzzyfikasi Input Delta Error 7 <i>Membership Functions</i>	41
Tabel 4.10. Fuzzyfikasi Output PWM 7 <i>Membership Functions</i>	42
Tabel 4.11. <i>Rule Set</i> 3 <i>Membership Functions</i>	43
Tabel 4.12. <i>Rule Set</i> 5 <i>Membership Functions</i>	43
Tabel 4.13. <i>Rule Set</i> 7 <i>Membership Functions</i>	44
Tabel 4.14 Parameter Perbandingan Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis <i>Fuzzy Logic Control</i> dengan 3, 5, 7 <i>Membership Functions</i> dan dengan <i>PID Controller</i>	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Nilai Keluaran Kecepatan Motor DC Tanpa Menggunakan Pengendali PID.	52
--	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, motor DC banyak digunakan dalam segala bidang yaitu pada bidang industri maupun dalam bidang mekanik industri manufaktur lainnya yang bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam kehidupan sehari-hari. Sistem kendali kecepatan motor DC dibutuhkan untuk menyajikan data secara *real time*, lebih presisi dan lebih mudah dalam pengendaliannya. Dalam sistem kendali, spesifikasi sistem adalah hal yang penting. Kontrol kecepatan pada motor DC bertujuan untuk meminimalisir *error*, sehingga peran kontroler adalah menjalankan kinerja motor DC agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan [1].

Dalam pengendalian kecepatan motor DC agar tujuan yang diinginkan tercapai maka diperlukan kontroler untuk mengatur kinerja motor DC. Misalnya dengan menggunakan pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*). Pengendali PID memiliki respon yang cepat terhadap suatu sistem dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi operasi. Pada pengendali PID, terdapat penyesuaian parameter yang membutuhkan waktu mencapai akurasi kontrol yang baik sesuai dengan yang diinginkan. [2].

Selain itu, adapun *fuzzy logic control* dalam pengendalian kecepatan motor DC yang dibuat berdasarkan kesalahan kecepatan motor atau *error* pada perubahan motor. Penggunaan *fuzzy logic control* banyak digunakan dalam pengendalian motor DC dan pengendalian robot [3]. Salah satu penelitian yang telah dilakukan dalam pengendalian motor DC adalah seperti yang dilakukan oleh S.A. Bhatti dengan judul *Comparison of P-I and I-P Controller by Using Ziegler Nichols for Speed Control of DC Motor*. Pada penelitian ini, digunakan dengan metode Ziegler Nichols pada pengendali PI untuk mengendalikan kecepatan motor [4]. Kontroler PI adalah kontroler yang sering digunakan untuk kecepatan pada motor DC. Kontroler PI juga memiliki kelemahan yaitu *overshoot* yang tinggi dan sensitivitas yang tinggi sehingga gain menjadi besar. Meskipun demikian, untuk mengurangi kelemahan-kelemahan pada kontrol PI, dapat diminimalisir melalui penyesuaian

beberapa parameter dengan cara *trial and error*. Selain itu, peneliti lain melakukan penelitian untuk kendali pada motor BLDC dengan judul *Adaptive PID-Fuzzy Logic Controller for Brushless DC Motor*. Pada penelitian ini, pemodelan sistem pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan logika fuzzy yang bertujuan untuk mendapatkan *setting* PID-fuzzy yang terbaik untuk kondisi tertentu. Pada penelitian ini menggunakan model sistem fuzzy menggunakan penalaran fuzzy metode Sugeno. Pengendali PID Fuzzy mempunyai respon sistem yang sangat baik karena keadaan mantap kecepatan motor hampir sama dengan *set point* yang diinginkan [5]. Berikutnya, penelitian yang menerapkan logika fuzzy metode mamdani pada mikrokontroler Arduino uno untuk mengontrol kecepatan motor DC dilakukan oleh H. R. Jayetileke. Sistem kendali kecepatan motor DC pada penelitian ini, menggunakan metode mamdani yang dirancang untuk mendapatkan nilai output berupa sinyal PWM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali logika fuzzy dengan mikrokontroler Arduino uno dapat mengontrol kecepatan putar motor DC sesuai dengan yang diinginkan [6].

Kontrol kecepatan motor DC dengan menggunakan logika fuzzy sudah semakin banyak digunakan dalam pengontrolan motor DC dengan meniru cara pembelajaran manusia, kesalahan pelacakan dan perubahan tingkat kesalahan adalah dua input penting untuk desain *fuzzy logic control*. Selain itu, penggunaan *fuzzy logic control* banyak digunakan dalam bidang kendali otomatis karena menganalisa proses pengendaliannya tidak melibatkan persamaan matematis yang rumit dari suatu sistem yang akan dikendalikan [7].

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis mengambil topik tugas akhir tentang pengendalian kecepatan motor DC dengan menggunakan *fuzzy logic control*. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan presisi pada motor, dan mengurangi *overshoot* sehingga kinerja pada motor menjadi lebih baik.

1.2 Perumusan Masalah

Saat ini banyak dilakukan pengaturan dan modifikasi terhadap konstruksi motor DC baik pada bagian rotor maupun stator. Kinerja suatu motor dikatakan baik jika memiliki karakteristik dan efisiensi yang tinggi. Untuk meningkatkan unjuk kerja motor DC diperlukan sistem kendali yang presisi namun dapat menterjemahkan seperti konsep berpikir manusia.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan *fuzzy logic control* untuk pengendalian kecepatan motor DC.
2. Mengetahui unjuk kerja *fuzzy logic control*.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah penengdali kecepatan motor DC dengan kemampuan dapat meniru karakteristik manusia, sehingga gerak motor DC menjadi lebih *smooth* yaitu berbasis *fuzzy logic control* dengan algoritma mamdani.

1.5 Keaslian Penelitian

Pada penelitian ini dikembangkan suatu penelitian mengenai peningkatan efisiensi penggunaan motor DC menggunakan *fuzzy logic control* yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti yang dilakukan oleh Wallace E. Kelly yang berjudul *Hypertrapezoidal Fuzzy Membership Functions* et al. [8] Pada penelitian ini menyajikan sebuah metode untuk mempresentasikan *dimensional membership function* fuzzy. Metode yang diusulkan adalah generalisasi dari fungsi keanggotaan dengan model trapesium satu dimensi yang biasa digunakan dalam sistem fuzzy. Pendekatan yang diuraikan dalam makalah ini difokuskan pada pertimbangan

praktis dan menggunakan *fuzzy logic control* versi Bayesian yang mengharuskan jumlah fungsi keanggotaannya ditetapkan menjadi satu-satunya dengan mekanisme untuk merancang sistem fuzzy yang kompleks.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Banu Yilmaz Yasar et al. [9] yang berjudul *Speed Control of a DC Motor by Recurrent Fuzzy Logic Control Technique*. Pada penelitian ini, kontrol kecepatan motor DC dengan *recurrent fuzzy logic control* dalam hal pengendalian kecepatan sudut motor DC dengan sistem kontrol loop tertutup dalam fungsi MATLAB/ *SIMULINK* melalui *Gradient Descent Algorithm*. Penggunaan MATLAB dengan algoritma berulang memiliki fitur untuk menstabilkan kecepatan sudut pada motor DC setelah dua detik pertama dengan osilasi yang jauh lebih kecil pada perubahan beban. Akan tetapi, *recurrent fuzzy logic control* bersifat diskrit. Kecepatan sudut motor DC pada beban non linier dicapai dengan mencapai nilai kecepatann sudut referensi dengan osilasi yang jauh lebih sedikit ketika beban total berubah sepenuhnya.

Penelitian yang berjudul *Comparison of Fuzzy Control Rules using MATLAB Toolbox dan Simulink for DC Induction Motor-Speed Control* oleh Eric Chee Sai Hoo et al. [10]. Pada penelitian ini, membahas mengenai *fuzzy logic control* untuk kontrol kecepatan motor DC induksi. Simulasi dikembangkan dengan menggunakan *fuzzy logic control* menggunakan simulasi MATLAB/ *SIMULINK*. *Fuzzy logic control* direpresentasikan ke sistem untuk menjaga kecepatan motor agar tetap konstan ketika diberikan beban yang bervariasi. Kontrol kecepatan motor induksi sangat signifikan untuk mencapai torsi dan efisiensi maksimum. Penelitian ini membahas tentang pengamatan dalam pengaruh aturan kendali *fuzzy logic control* terhadap kinerja pengendalian motor induksi.

Fahrizal Auliansyah et al. [11] dengan penelitiannya yang berjudul *Controlling Speed of Brushless DC Motor by Using Fuzzy Logic Controller*. Pada penelitian ini membahas mengenai pengontrolan kecepatan Motor BLDC dengan mengimplementasikannya pada *fuzzy logic control*. Motor BLDC dilengkapi dengan sensor tiga ruang untuk mendeteksi lokasi rotor. Sistem menggunakan pergantian enam langkah untuk sistem komutasi pada motor DC. Bentuk gelombang keluaran dari metode komutasi enam langkah adalah gelombang persegi

dengan perbedaan 120° pada setiap fase. Pada penelitian ini menggunakan metode PWM untuk output dari inverter 3 fasa. Kontroler logika fuzzy yang dirancang terdiri dari dua input dan satu output. Dengan mengimplementasikan kontroler logika fuzzy yang telah dirancang, maka repon kecepatan motor BLDC dapat berputar dengan stabil sesuai dengan nilai *set point* yang diinginkan.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Miguel A. Tapia et al. [12] yang berjudul *A Fuzzy Logic Controller Applied To a DC Motor*. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai fuzzy logic control yang diterapkan pada posisi poros motor DC dengan 24 volt. Motor bergerak mulai dari 100 hingga 6500 rpm. Kinerja motor DC meliputi tiga aspek yaitu *design*, *simulation* dan *implementation*. Pada design digunakan sistem dengan struktur variabel dengan menggunakan *rules If-Then* dan menggunakan *Genetics Algorithms Method* dengan menggunakan 16 *membership functions*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Haishui, W. Dahu, Z. Tong and H. Keming, "Design on a DC Motor Speed Control," *2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 2010, pp. 59-63.
- [2] Y. Spitsyn, A. M. Sinitca, V. V. Gulvanskii, D. A. Perevertailo and A. V. Volkov, "Mathematical Model and Control System for a Linear DC Motor," *2021 IV International Conference on Control in Technical Systems (CTS)*, 2021, pp. 60-63.
- [3] H.X.Li and S.K.Tso, "Quantitative Design and Analysis of Fuzzy Proportional Integral Derivative Control a Step Towards Autotuning," *International Journal of System Science*, Vol.31, No.5, 2000, pp.545-553.
- [4] S. A. Bhatti, S. A. Malik and A. Daraz, "Comparison of P-I and I-P controller by using Ziegler-Nichols tuning method for speed control of DC motor," *2016 International Conference on Intelligent Systems Engineering (ICISE)*, 2016, pp. 330-334.
- [5] V. Verma and S. Chauhan, "Adaptive PID-Fuzzy Logic Controller for Brushless DC Motor," *2019 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 2019, pp. 445-449.
- [6] H. R. Jayetileke and W. R. de Mei, "Real Time Fuzzy Logic Speed Tracking Controller for a DC Motor Using Arduino" *2014 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability*.
- [7] Husain Ahmed and Gagansingh, "Controlling of DC Motor Using Fuzzy Logic Controller," *Conference on Advances in Communication and Control Systems 2013 (CAC2S 2013)*.

- [8] W. E. Kelly and J. H. Painter, "Hypertrapezoidal fuzzy membership functions," *Proceedings of IEEE 5th International Fuzzy Systems*, 1996, pp. 1279-1284 vol.2.
- [9] B. Y. Yaşar and M. Dursun, "Speed Control of a DC Motor by Recurrent Fuzzy Logic Control Technique," *2021 8th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*, 2021, pp. 104-111.
- [10] M. S. M. Aras, S. N. B. S. Salim, E. C. S. Hoo, I. A. b. W. A. Razak and M. H. b. Hairi, "Comparison of Fuzzy Control Rules Using MATLAB Toolbox and Simulink for DC Induction Motor-Speed Control," *2009 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition*, 2009, pp. 711-715.
- [11] F. Auliansyah, Sutedjo, O. Asrarul Qudsi and I. Ferdiansyah, "Controlling Speed Of Brushless DC Motor By Using Fuzzy Logic Controller," *2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, 2020, pp. 298-304.
- [12] R. U. Parrazales, M. A. P. Tapia and A. De Luca, "A Fuzzy Logic Controller Applied to a D.C. Motor," *38th Midwest Symposium on Circuits and Systems. Proceedings*, 1995, pp. 653-656 vol.2.
- [13] Ogata, Katsuhiko, "Automatic Control System 4th Edition," New Jersey: Prentice Hall.
- [14] C. C. Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1995, vol. 20.

