

Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika Fuzzy (DC Motor Speed Control Based on Fuzzy Logic)

Terry Intan Nugroho, Bambang Sujanarko, Widyono Hadi
Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
e-mail: terryintan.st@gmail.com

Abstrak

Dari berbagai jenis motor yang ada, salah satu motor yang digunakan adalah motor DC. Pada penelitian ini akan dibuat pengendali kecepatan motor DC berbasis logika fuzzy dengan menggunakan PCI 1710 sebagai alat *interface* antara perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem kendali pada penelitian ini menggunakan PCI 1710HG, rangkaian sensor kecepatan, aki 12 volt, *power supply* 18volt, *driver* motor DC dan motor DC 500 Watt. Sistem kontrol logika *fuzzy* memiliki parameter input *setpoint*, *error* dan *output* tegangan referensi. Pada penelitian ini logika *fuzzy* menggunakan Metode Mamdani MAX-MIN dan memiliki 32 *rule*, serta komposisi aturan dari logika fuzzy menggunakan Center Of Area. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain adalah pada pengujian sistem dengan kontrol logika *fuzzy* tak berbeban saat 100rpm memiliki *rise time* adalah pada detik ke 0,688; *maximum overshoot* 9,71 % dan *settling time* tercepat adalah pada detik ke 2,02. Dari data diatas jika dibandingkan dengan pengujian sistem kontrol logika *fuzzy* berbeban saat 100rpm yang memiliki *rise time* adalah pada detik ke 2,556, *maximum overshoot* adalah 0,29% dan *settling time* adalah pada detik ke 3,006. Sedangkan pada pengujian dengan kontrol logika *fuzzy* berbeban dinamis pada kecepatan 100rpm memiliki *recovery time* 3,477 detik sedangkan tanpa kontrol 4,902 detik.

Kata kunci: Motor DC, PCI 1710HG, logika fuzzy

Abstract

From the various types of existing motors, DC motor is used in this research. This research will be made speed control of DC motor using fuzzy logic based on PCI 1710HG as interface between hardware devices and software. Control system in this research using PCI 1710HG, speed sensor circuit, 12 volt battery, 18volt power supply, DC motor driver and 500 Watt DC motor. Fuzzy logic control system has an input parameter *setpoint*, *error* and the output parameter is reference voltage. In this research, fuzzy logic uses the MAX-MIN Mamdani method and has 32 rules, as well as the composition of fuzzy logic rules using the Center Of Area.

The conclusion of this study include the testing of control systems with unloaded fuzzy logic have 100rpm when the rise time is at 0.688 s; maximum overshoot 9.71% and settling time at 2.02 s. When the above datas compared with the static load fuzzy logic control system 100rpm which have a rise time at 2.556 s, maximum overshoot 0.29% and settling time at 3.006 s. While testing with fuzzy logic control of dynamic load at a speed of 100rpm, the system has recovery time 3.477 seconds while without control is 4.902 seconds.

Keywords: Motor DC, PCI 1710HG, fuzzy logic

PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi bidang industri, maka dibutuhkan alat – alat yang dapat mendukung cara kerja manusia menjadi lebih mudah. Penggunaan motor DC dalam bidang industri memang jarang digunakan dengan alasan biaya perawatan yang mahal. Motor DC banyak diaplikasikan seperti kereta listrik, dan manipulator robot yang memerlukan kontrol performa kecepatan [1]. Namun penggunaan motor DC dalam bidang industri tidak serta merta ditinggalkan karena efisiensi motor DC yang tinggi. Kebutuhan tersebut menginginkan agar suatu motor memiliki performance yang baik, dari sisi kecepatan maupun keandalan mempertahankan kecepatan pada set point. Oleh karena itu pada penelitian ini akan mencoba membuat sistem prototipe kontrol motor DC menggunakan logika *fuzzy*. Alasan menggunakan logika *fuzzy* diantaranya adalah kemampuan pendekatan yang tidak dapat dipisahkan, derajat toleransiyang tinggi, operasinya yang halus, menurunkan efek non-linieritas adaptasi yang cepat, dan kemampuan

belajar[2]. Selain itu logika *fuzzy* tidak memerlukan persamaan matematis yang rumit seperti kontrol yang lain.

PEMODELAN MOTOR DC

Pemodelan pada penelitian ini tidak menggunakan motor DC yang telah tersedia pada Matlab Simulink. Parameter motor DC pada penelitian ini mengikuti persamaan 1 dan 2.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-b}{J} & \frac{k}{J} \\ -\frac{k}{L} & \frac{-R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} u \quad (1)$$

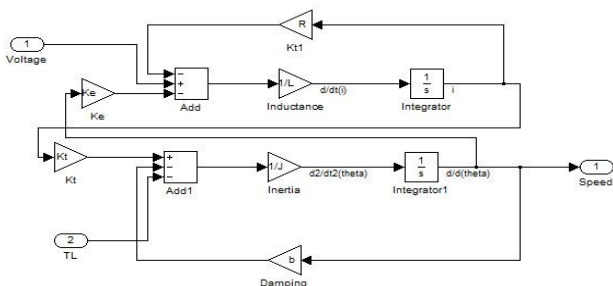
$$\theta = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Persamaan tersebut dikonversi kedalam bentuk fungsi transfer untuk membuat model motor DC yang sama dalam bentuk persamaan 3.

$$\frac{\theta}{v} = \frac{K}{(Js+b)(Ls+R)K^2} \tag{3}$$

Sehingga persamaan tersebut diimplementasikan ke dalam pemodelan motor DC sederhana pada Matlab Simulink yang dapat dilihat pada gambar 1. Dan parameter yang digunakan sebagai berikut:

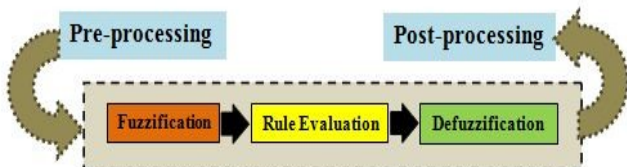
J=0,01 R=1
 K=0,01 b=0,1
 L=0,5



Gambar 1. Pemodelan Fungsi Transfer motor DC

LOGIKA FUZZY

Kendali logika fuzzy memberikan alternatif lain dalam sistem kendali. Dalam kendali logika fuzzy tidak diperlukan model matematika dari sistem, karena kendali logika fuzzy bekerja berdasarkan rule yang diekstrak sesuai dengan pemikiran dan pengetahuan manusia, baik sebagai operator atau ahli. Proses fuzzy inference dalam kendali logika fuzzy terdiri dari 3 bagian yaitu : fuzzifikasi, evaluasi rule, dan defuzzifikasi [3].



Gambar 2. Proses Logika Fuzzy

Pre-processing adalah nilai input dari suatu sistem yang belum diolah dalam kontrol logika fuzzy. Sedangkan post-processing adalah nilai output yang dihasilkan dari pengolahan kontrol logika fuzzy[4].

Fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel nonfuzzy (variabel numeric) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistic). Nilai-nilai masukan yang masih dalam bentuk variabel numeric yang telah dikuantitasi sebelum diolah oleh pengendali logika fuzzy harus diubah menjadi variabel fuzzy dulu. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi fuzzy yang akan diproses pengolahan aturan secara fuzzy.

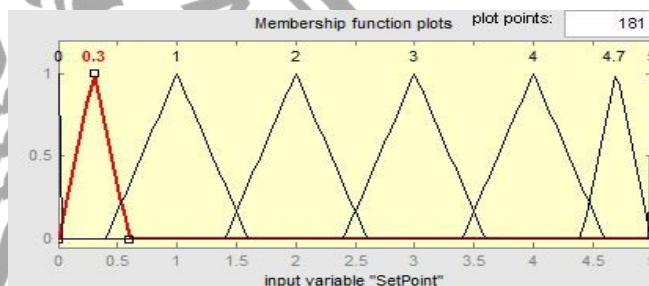
Proses evaluasi rule mengolah masukan fuzzy sesuai dengan aturan fuzzy if-then yang telah ditentukan , sehingga menghasilkan keluaran fuzzy. Aturan fuzzy dalam bentuk if-then, dimana if adalah kondisi dan then adalah kesimpulan.

Penggunaan aturan fuzzy dalam bentuk ini menggunakan penamaan variabel linguistik yang mudah dimengerti oleh pengguna yang masih awam. Pada penelitian ini fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi implikasi jenis MIN dan metode komposisi aturan MAX. kolaborasi dari kedua metode tersebut biasa disebut sebagai aturan MAX-MIN atau Metode Mamdani. Untuk penyusunan aturan fuzzy menggunakan operator and dan panalaran monoton.

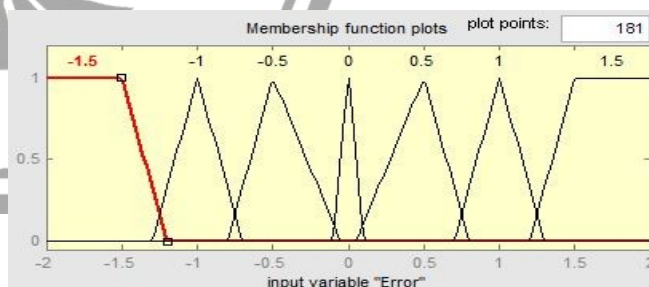
Defuzzifikasi mengubah keluaran fuzzy menjadi nilai keluaran proses logika fuzzy. Metode defuzzifikasi sangat bervariasi, pada penelitian ini menggunakan metode defuzzifikasi Center Of Area. Pada metode Center of Area, nilai tegas dari output fuzzy dicari dengan cara mengalkulasi nilai tengah dari daerah fuzzy .

Kontrol logika fuzzy pada penelitian ini mempunyai dua variabel input set point dan error dengan satu output tegangan referensi pembangkit PWM. Jumlah rule fuzzy yang digunakan pada sistem ini terdiri dari 32 rule, yaitu seperti pada Tabel 1. penentuan rule logika fuzzy menggunakan operator AND dan penalaran monoton. Nilai error didapatkan dari selisih nilai kecepatan referensi dengan kecepatan aktual yang dituliskan pada persamaan 4.

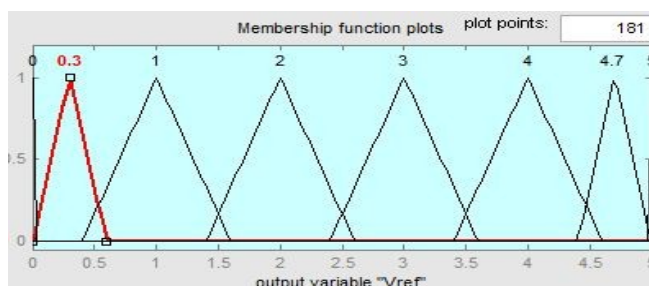
$$Error(t) = Referensi - Kecepatan aktual \tag{4}$$



Gambar 3. Triangular Membership Function untuk Setpoint



Gambar 4. Triangular dan Trapezium Membership Function untuk Error



Gambar 5. Triangular Membership Function untuk output Vref

Tabel 1. Aturan Logika Fuzzy

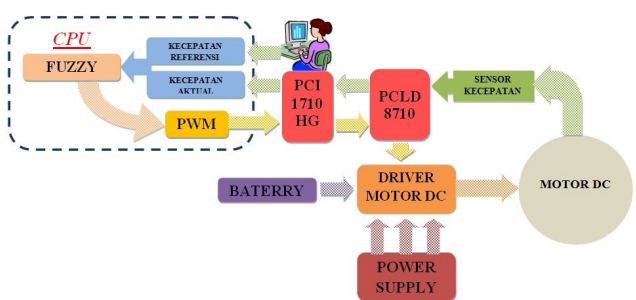
E/SP	0	0.3	1	2	3	4	4,7	5
-1.5	0	0.3	0	1	2	3	4,7	5
-1	0	0.3	1	2	3	4	4,7	5
-0.5	0	0.3	1	2	3	4	4,7	5
0	0	0.3	1	2	3	4	4,7	5
0.5	0	0.3	2	3	4	5	4,7	5
1	0	0.3	2	3	4	5	4,7	5
1,5	0	0.3	3	4	5	5	4,7	5

Gambar 7. menunjukkan blok Simulink yang digunakan pada eksperimen penelitian ini .Implementasi keseluruhan sistem eksperimen pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 8. *Setpoint* yang telah ditentukan dijadikan parameter dalam kontrol logika fuzzy, sehingga logika fuzzy menentukan tegangan referensi yang sesuai untu setpoint yang telah ditentukan. Ketika motor DC berputar, umpan balik dari motor akan dibandingkan dengan set point. Jika nilai $error \neq 0$ maka akan kembali lagi pada proses penyesuaian pada logika fuzzy. Ketika $error = 0$ maka kecepatan telah sesuai dan selesai.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

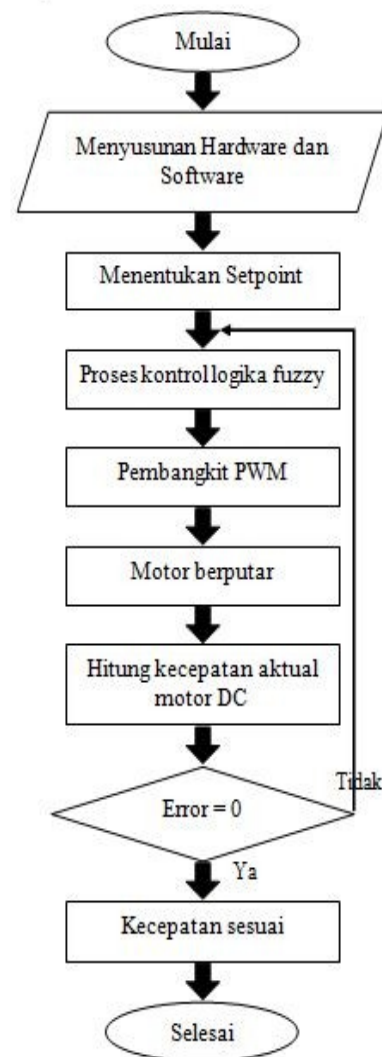
Pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga pengujian diantaranya adalah pengujian sistem tanpa beban, dengan beban dinamis dan dengan beban statis pada *set point* 60rpm, 100rpm dan 120rpm. Pengujian tanpa beban dan dengan beban dinamis dilakukan secara *real time*, sedangkan pengujian dengan beban statis dilakukan dengan simulasi pada Matlab Simulink.

METODE PENELITIAN

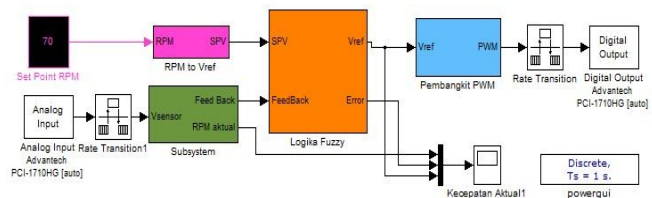


Gambar 6. Blok Diagram

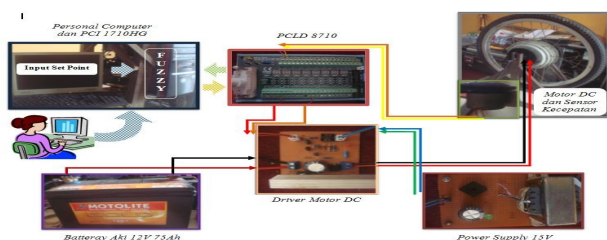
Gambar 6. Menunjukkan blok diagram dari penelitian ini. Pada penelitian ini sistem kontrol kecepatan motor DC dilakukan dengan cara mengatur lebar pulsa PWM yang dihasilkan dari Matlab Simulink dengan alat interface PCI 1710HG menggunakan logika fuzzy. Pulsa PWM dihasilkan dari pemodulasian antara tegangan referensi dan sinyal segitiga, dimana nilai sinyal tegangan referensi diatur besarnya menggunakan logika fuzzy. Output sinyal PWM dihubungkan dengan *driver* motor DC melalui *port digital output* PCLD 8710. Kecepatan motor DC akan dibaca menggunakan sensor kecepatan yang menghasilkan tegangan DC, dimana sinyal tegangan DC hasil dari umpan balik sensor kecepatan akan diproses pada Matlab Simulink dijadikan sebagai input *error* logika fuzzy.



Gambar 9. Flow Chart Sistem



Gambar 7. Blok Matlab Simulink



Gambar 8. Implementasi keseluruhan sistem

Pengujian Tanpa Beban

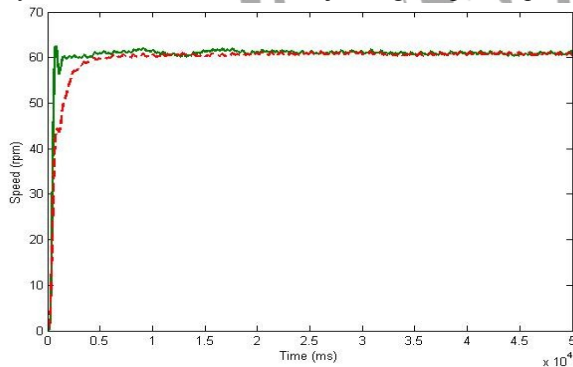
Tabel 2. Data Pengujian Sistem Tanpa Beban

SP	V PCLD (volt)	Stedy State (rpm)		Rise Time (dtk)		Settling Time (dtk)		MO (%)	
		Fuzzy	Non Fuzzy	Fuzzy	Non Fuzzy	Fuzzy	Non Fuzzy	Fuzzy	Non Fuzzy
60	0,81	60,8	60,3	0,71	5,34	0,88	5,32	2,96	0
100	1,49	103,4	96,9	0,69	2,56	2,02	3,01	9,71	0,29
120	5,53	116,1	115,8	0,71	0,7	1,29	1,28	1,23	1,52

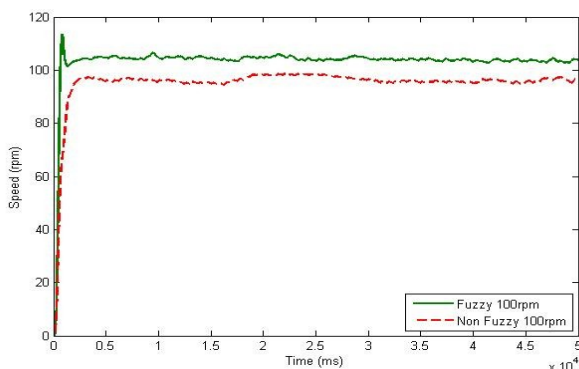
Data pengujian selengkapanya dapat dilihat pada tabel 2. Dimana dapat disimpulkan bahwa respon motor dengan menggunakan kontrol logika fuzzy memiliki waktu rise time dan settling time yang lebih cepat dibandingkan dengan tidak menggunakan kontrol. Untuk mengetahui nilai maximum overshoot-nya maka digunakan rumus:

$$\%MO = [(nilai\ punnca\ -\ setpoint) / setpoint] \times 100\%$$

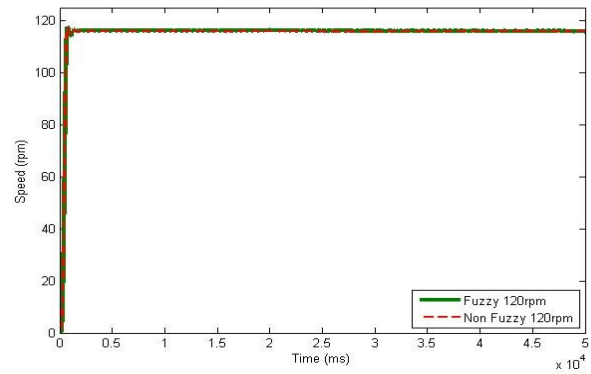
Maximum overshoot yang lebih besar disebabkan oleh sistem yang menggunakan catu daya motor yang digunakan yang berasal dari baterai hanya 12 Volt, dari spesifikasi motor yang mempunyai tegangan 36Volt. Hal tersebut menyebabkan performa motor tidak maksimal dan tidak menunjukkan karakteristik yang optimal, sehingga menyebabkan kontrol tidak bekerja dengan optimal pula.



Gambar 9. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Tak Berbeban Saat Set point 60rpm



Gambar 10. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Tak Berbeban Saat Set point 100rpm



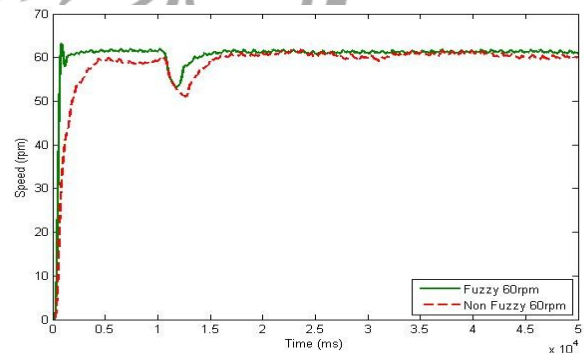
Gambar 11. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Tak Berbeban Saat Set point 120rpm

Pengujian dengan Beban Dinamis

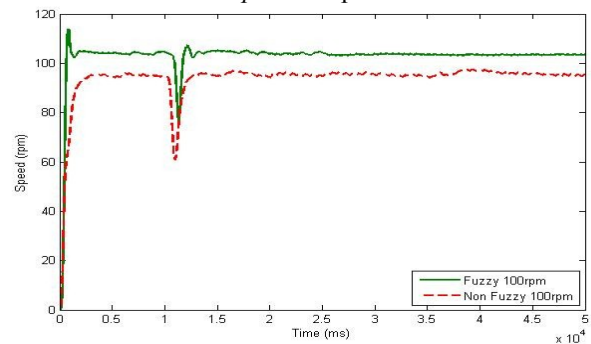
Tabel 3. Data Pengujian Sistem Beban Dinamis

Set Point	Recovery Time	
	Fuzzy	Non Fuzzy
60	3,27	4,21
100	3,48	4,9
120	0,68	1,25

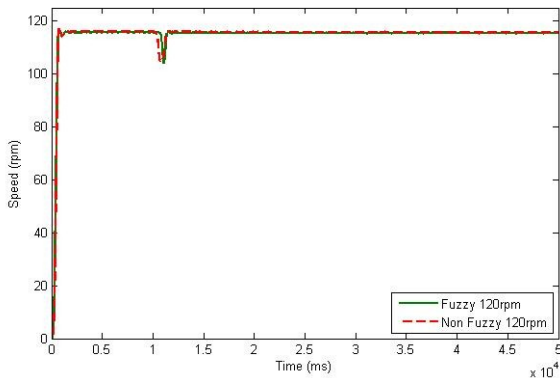
Pengujian dengan beban dinamis adalah pengujian dengan memberikan pengereman sesaat saat respon motor mencapai setpoint. Data pengujian dapat dilihat pada tabel 3.



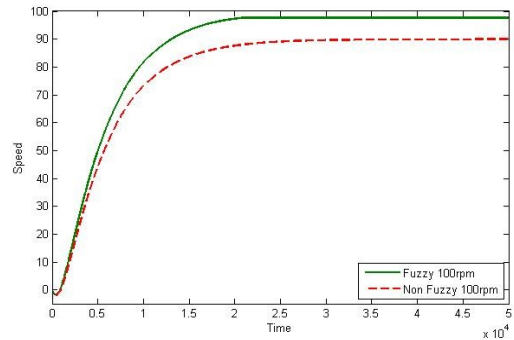
Gambar 12. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Beban Dinamis Saat Set point 60rpm



Gambar 13. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Beban Dinamis Saat Set point 100rpm



Gambar 14. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Beban Dinamis Saat Set point 120rpm

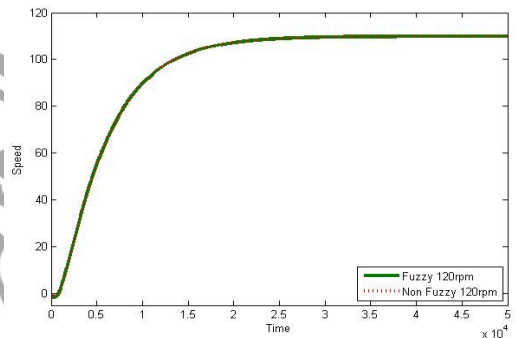


Gambar 17. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Beban Statis Saat Set point 100rpm

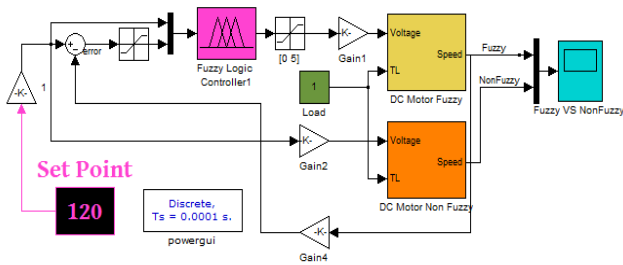
Data pada tabel 4.8 menunjukkan waktu pemulihan saat setpoint 120 rpm lebih cepat dibandingkan pada setpoint 60rpm dan 100rpm dengan kontrol logika fuzzy maupun tanpa kontrol. Waktu pemulihan saat menggunakan kontrol logika fuzzy lebih cepat dibandingkan tidak menggunakan logika fuzzy. Maka dapat dikatakan bahwa kontrol kecepatan menggunakan logika fuzzy dapat mempertahankan kecepatan saat diberi beban dinamis.

Pengujian dengan Beban Statis

Pengujian motor DC dengan beban dilakukan pada Matlab Simulink. Pada pengujian ini Blok Simulink yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 15. Data pengujian dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 18. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Beban Statis Saat Set point 120rpm



Gambar 15. Blok Simulink untuk Pengujian Sistem dengan Beban Statis

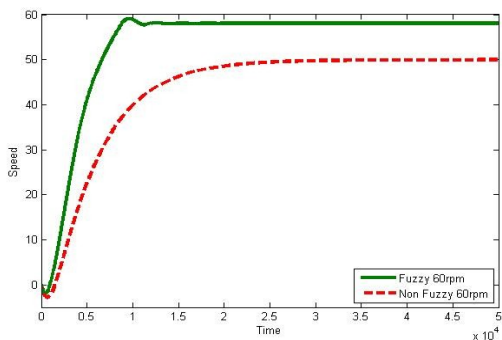
Tabel 4. Data Pengujian Sistem Beban Statis

SP	Stedy State (rpm)		Rise Time (dtk)		Settling Time (dtk)		MO (%)	
	Fuzzy	Non Fuzzy	Fuzzy	Non Fuzzy	Fuzzy	Non Fuzzy	Fuzzy	Non Fuzzy
60	58,03	49,9	0,88	3,65	1,25	3,65	1,83	0
100	97,62	89,9	2,08	4,71	2,17	4,71	0,07	0
120	109,8	109,8	3,7	3,7	3,7	3,7	0	0

Dari data pengujian sistem berbeban yang telah diambil dapat dilihat bahwa respon motor menggunakan kontrol logika fuzzy dapat mengikuti kecepatan setpoint dibandingkan dengan yang tidak menggunakan kontrol logika fuzzy. Hal tersebut dapat ditunjukkan misalnya pada data setpoint 100rpm, dimana respon kecepatan menggunakan logika fuzzy memiliki kecepatan 97,62 rpm dan yang tidak menggunakan kontrol logika fuzzy memiliki rpm 89,9 rpm.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat sistem kontrol kecepatan motor DC berbasis logika fuzzy dengan menggunakan alat interface PCI menggunakan Metode Mamdani MAX-MIN dan memiliki 32 rule, serta komposisi aturan dari logika fuzzy menggunakan Center Of Area. Pada pengujian kontrol kecepatan motor DC tanpa beban didapatkan respon terbaik pada saat set point 60rpm dengan



Gambar 16. Respon Kecepatan Motor Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol Logika Fuzzy Beban Statis Saat Set point 60rpm

rise time pada detik ke 0,711 dan *maximum overshoot* 2,96%. Sedangkan pengujian dengan beban dinamis waktu pemulihan yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* pada saat menggunakan logika *fuzzy* adalah 0,675 detik sedangkan tanpa menggunakan logika *fuzzy* adalah 1,248 detik pada saat *setpoint* 120rpm. Dan pengujian dengan beban statis saat *setpoint* 100rpm didapatkan *rise time* pada detik ke – 2,08 dan *maximum overshoot* sebesar 0,07%.

SARAN

Kontrol kecepatan motor DC dapat dikembangkan lagi dengan metode kontrol lain seperti *fuzzy adaptive* atau *network*, frekuensi dari sinyal segitiga pada pembangkit PWM dapat ditingkatkan, pada penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan catu daya baterai berkapasitas 36 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tipsuwan, Yodyium and Chow Mo-Yuen. 1999. "Fuzzy Logic Microcontroller Implementation for DC Motor Speed Control". IEEE. 0-7803-5735-3/99/\$10.00 1999.
- [2] Chakravorty, Jaydeep and Sharma, Ruchika. 2013. "Fuzzy Logic Based Method of Speed Control of DC Motor". International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Volume 3, Issue 4, April 2013.
- [3] Kusumadewi S, Hari P. 2004. Aplikasi logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- [4] Kushwah, Rekka and Sulochana Wadhawani. 2013. "Speed Control of Separately Exited DC Motor Using Fuzzy Logic Controller". International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) - Volume4 Issue6- June 2013.

