

Pemodelan dan Kendali Fuzzy pada DC Drive

Bobby Fisher Butar Butar¹

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

¹butarbutarb@rocketmail.com

Abstrak – Makalah ini memaparkan pengembangan model dan fuzzy kontrol pada DC Drive. Pengendalian fuzzy tidak lagi memakai cara konvensional untuk mendapatkan suatu hasil pengendalian dengan memakai persamaan matematis, tetapi menerapkan cara berpikir manusia untuk mengendalikan sesuatu, yaitu dalam bentuk aturan-aturan “jika-maka”. Dengan menggunakan sistem kendali fuzzy maka proses pengendalian akan mengikuti pendekatan secara linguistik. Pengendalian fuzzy motor DC pada makalah ini menggunakan 2 buah model matematis. Model pertama dibuat dengan fungsi alih linear untuk konverter dan motor DC, sedangkan model kedua dibuat dengan advance blok yang diambil dari library Power System Blockset (PSB) yang ada di Matlab. Selain itu pengendalian fuzzy lebih akurat dan lebih cepat bila dibandingkan dengan pengendalian PID.

Kata kunci: Logika fuzzy, dc drive.

Abstract – This paper describes the development of the model and fuzzy control in DC Drive. Fuzzy control is no longer wearing a conventional way to obtain a control result by using mathematical equations, but applying human thinking to control something, namely in the form of rules "if-then". By using fuzzy control system, the control process will follow linguistic approach. Fuzzy control of DC motor in this paper uses two pieces of a mathematical model. The first model was made with linear transfer function of the converter and DC motors, while the second model is made with advance blocks taken from the library Power System blockset (PSB) in Matlab. In addition fuzzy control is more accurate and faster when compared with PID control.

Keywords: Logika fuzzy, dc drive.

I. PENDAHULUAN

Di dalam suatu system control dikenal adanya beberapa macam aksi control, diantaranya yaitu aksi kontrol proportional (P), integral (I) dan derivative (D). Masing-masing aksi kontrol tersebut mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu.

Aksi kontrol proportional mempunyai keunggulan rise time yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil error, dan aksi kontrol derivative mempunyai keunggulan dapat meredam overshoot. Untuk itu agar dapat menghasilkan output dengan risetime yang tinggi dan error yang kecil, dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol tersebut menjadi aksi kontrol PID. Pada industri-industri yang membutuhkan suatu sistem kontrol dengan kecepatan dan keakuratan tinggi, maka pemakaian aksi kontrol PID mungkin masih dianggap kurang memuaskan. Sebab jika menggunakan aksi kendali PID, didapatkan jika pengendali di set sangat sensitive maka overshoot yang dihasilkan akan semakin peka sehingga osilasi yang ditimbulkan akan lebih tinggi. Sedangkan bila pengendali di set kurang peka, maka overshoot dapat diperkecil namun waktu yang dibutuhkan akan semakin lama, dan hal tersebut akan menjadi suatu masalah dalam suatu proses industri.

Untuk mengatasi masalah tersebut berkembanglah suatu pengendalian yang dikenal dengan sistem pengendali fuzzy. Pengendali fuzzy tidak lagi memakai cara konvensional untuk mendapatkan suatu hasil pengendalian dengan memakai persamaan matematis, tetapi menerapkan cara berpikir manusia untuk

mengendalikan sesuatu, yaitu dalam bentuk aturan-aturan “jika-maka”. Dengan menggunakan sistem kendali fuzzy maka proses pengendalian akan mengikuti pendekatan secara linguistik.

Pengendalian fuzzy motor DC pada tugas makalah ini menggunakan 2 buah model matematis. Model pertama dibuat dengan fungsi alih linear untuk konverter dan motor DC, sedangkan model kedua dibuat dengan menggunakan advance block yang diambil dari library Power System Blockset (PSB) yang ada di Matlab/Simulink. Pengendalian Motor DC dengan menggunakan kedua model matematis ini pernah diujicobakan oleh Bogumila Mrozek dan Zbigniew Mrozek dalam papernya “Modelling and Fuzzy Control of DC Drive”.

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1), hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Logika ini berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Logika fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

Logika fuzzy dan logika probabilitas secara matematis sama - keduanya mempunyai nilai kebenaran yang berkisar antara 0 dan 1, namun secara konsep

berbeda. Logika fuzzy berbicara mengenai "derajat kebenaran", sedangkan logika probabilitas mengenai "probabilitas, kecenderungan". Karena kedua hal itu berbeda, logika fuzzy dan logika probabilitas mempunyai contoh penerapan dalam dunia nyata yang berbeda. Misal, suatu ruangan memiliki temperatur 60 F, dimana 60 F berada diantara dingin dan hangat. Jadi 60 F memiliki kebenaran 0.7 cold dan 0.5 warm. Untuk menentukan dia cold atau warm tergantung dari pemilihan rule-nya, jika AND maka dipilih yang minimum, jika OR maka dipilih yang maksimum.

II. LANDASAN TEORI

A. Motor DC

Motor DC adalah motor yang ideal untuk digunakan dalam pengemudian elektrik (Electric Drive). Umumnya Pengendalian Kecepatan Motor DC tidak membutuhkan konverter.

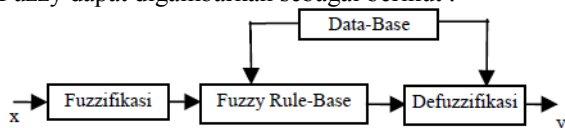
Pengendalian kecepatan motor dc dapat dilakukan dengan cara:

1. Pengaturan arus magnetisasi.
2. Pengaturan tahanan jangkar.
3. Pengaturan Tegangan Jepitan.

Dari hasil survey yang didapat bahwa konsumsi daya pada motor yang didrive dengan kecepatan konstan lebih besar dibandingkan dengan konsumsi daya pada motor yang didrive dengan kecepatan variable, karena itu motor sangat banyak digunakan dengan kecepatan variable. Motor DC dengan ukuran daya besar banyak mendapatkan suplai dari Konverter AC – DC tiga fasa, karena sumber daya dc yang besar sulit didapatkan. Karena itu pengaturan kecepatan motor dc dapat dilakukan dengan mengatur tegangan input converter tersebut. Untuk memperbaiki respon dari sistem secara konvensional dapat dilakukan dengan menggunakan kontroler PI, namun kelemahan dari kontroler PI adalah bila beban berubah maka parameter controller harus selalu ditala (tuned) dalam operasi dengan kecepatan yang variable. Sasaran Penelitian ini adalah kendali kecepatan motor dc shunt dengan mengatur tegangan melalui suatu konverter berupa DC PWMChoper menggunakan kontroler berbasis fuzzy. Seringkali dalam operasionalnya arus bisa membesar melebihi harga nominalnya. Karena itu perlu ditambahkan control pembatas arus.

B. Fuzzy Logic Controller (FLC)

Kontrol Logika Fuzzy (Fuzzy Logic Controller) merupakan salah satu bentuk Kontrol cerdas (intelligent controll). Penggunaan kontrol logika fuzzy dapat menyelesaikan permasalahan pada sistem yang memiliki prilaku komplek. Struktur dasar dari Kontrol Logika Fuzzy dapat digambarkan sebagai berikut :

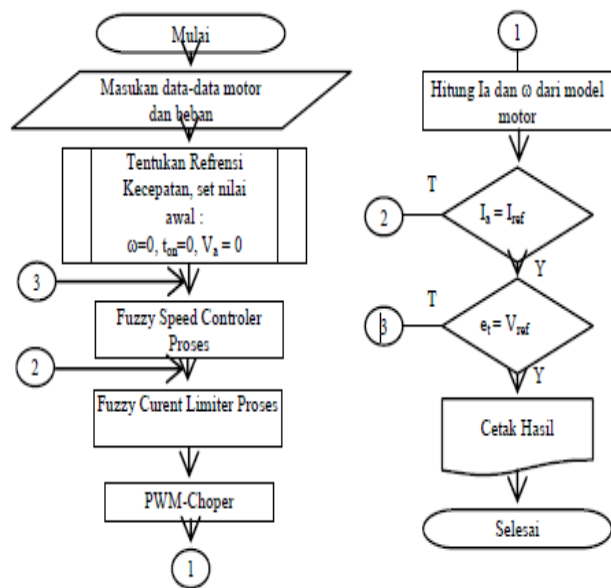


Gambar 1.1 Struktur dasar fuzzy logic kontrol

Simulasi

Model simulasi dibuat dengan menggunakan

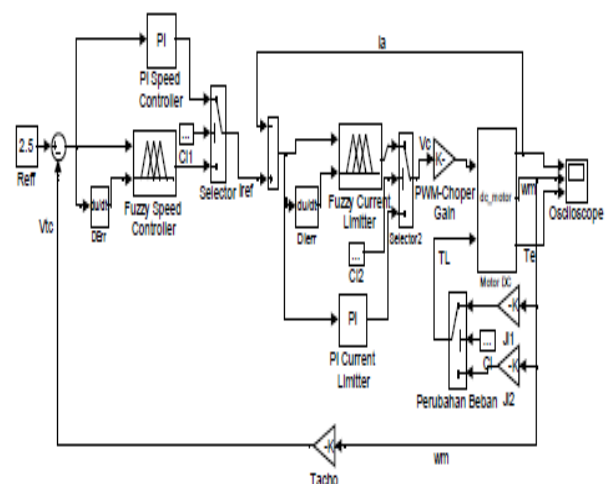
MatLab Simulink. Flowchart proses kontrol dapat dilihat pada gambar :



Gambar 1.2 Flow Chart Simulasi

Model simulasi simulink dibuat denganmembandingkan model kontroler menggunakan kontroler PI dan model kontroler menggunakan kontroler fuzzy.

Model simulasi ini dapat dilihat pada gambar :



Gambar 1.3 Model simulasi dengan MatLab Simulink

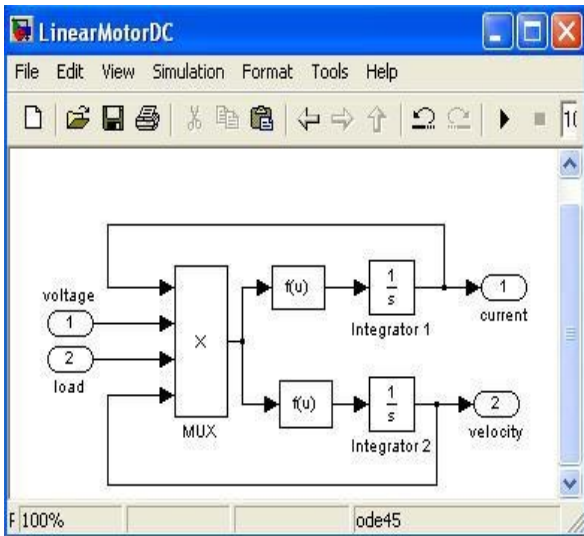
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Linear DC Drive

Model linear DC drive terdiri dari dua bagian: *converter/rectifier* dan motor DC. Model linear motor DC dibuat dengan menggunakan block Simulink. Terdapat dua masukan (tegangan dan beban motor) dan dua keluaran (kecepatan angular motor dan arus).

Parameter-parameternya dihitung secara otomatis dari data katalog seperti data daya motor, tegangan, arus, kecepatan, dll. Untuk perhitungan pada simulasi ini hanya digunakan data parameter resistansi dan induktansi

karena kesulitan dalam menemukan parameter internal motor maupun parameter motor DC konstan.



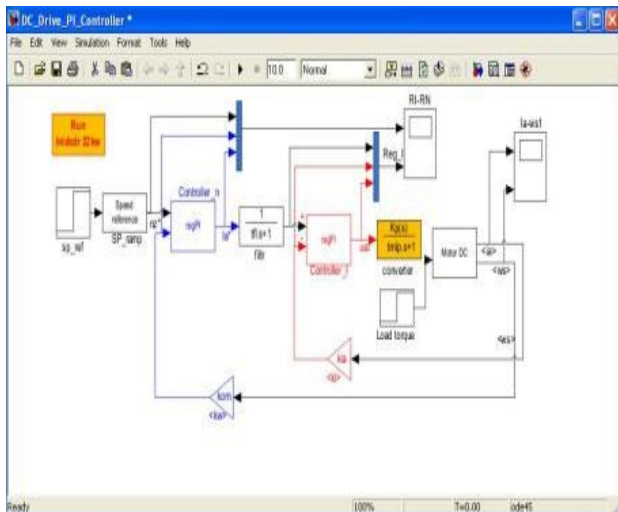
Gambar 2.1 Linear Motor DC

Kecepatan motor DC dihitung dari persamaan :

$$\omega = \frac{V_T - I_a R_a}{k\phi} \tag{1}$$

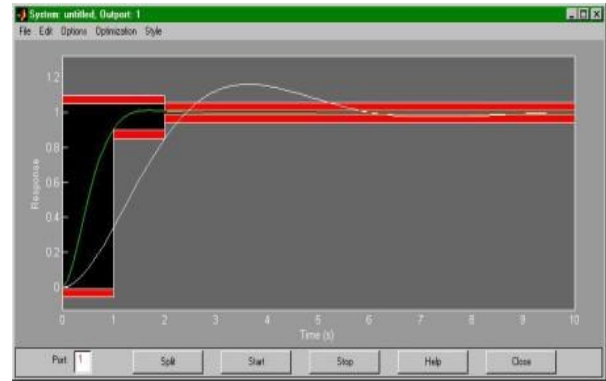
Dimana:

- ω = kecepatan angular motor
- V_t = tegangan terminal
- I_a = arus jangkar
- Φ = fluks magnet
- K = merupakan konstanta motor.



Gambar 2.2 Skema kontrol DC drive

Gambar 1.2 menunjukkan DC drive dengan dua pengendali PID. Parameter dari pengendali arus diturunkan dari parameter model dengan menggunakan aturan modul dan kesimetrian. Blockset Nonlinear Control Design dari Matlab/Simulink digunakan untuk *tuning parameter* secara otomatis (Gambar 1.3), sehingga dapat memperkecil transient overshoot.



Gambar 2.3 Grafik respon transient

Konverter/rectifier dideskripsikan sebagai fungsi kelembaman orde pertama:

$$G_{conv} = \frac{Kp(s)}{T_{mp} \cdot s + 1} \tag{2}$$

Dimana :

- Kp** = gain dari konverter/rectifier
- Tmp** = ratan dead time untuk konverter/rectifier.

Dead time **Tmp** nilainya dapat bervariasi mulai dari nol sampai setengah dari periode tegangan sumber AC (0,01 untuk frekuensi 60 Hz). Pada simulasi ini digunakan $T_{mp}=1,67$ ms, sesuai dengan rata-rata dead time untuk konverter yang menggunakan thyristor 6-phase. Model fungsi alih dari arus dan tegangan motor diberikan oleh persamaan:

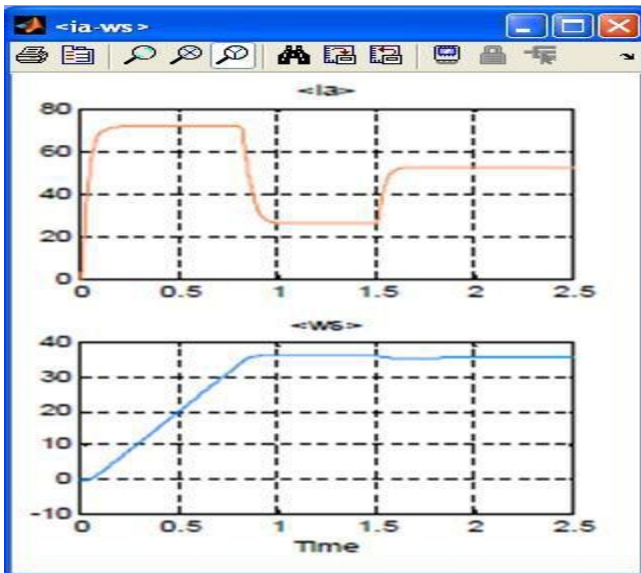
$$G_{mot} = \frac{k_{ia}}{T_a s + 1} \tag{3}$$

Dimana :

- Kia** = gain dari motor DC
- Ta** = time constant untuk rangkaian jangkar.

Cara yang sama digunakan untuk menemukan parameter pengendali kecepatan. Hasil simulasi (arus dan kecepatan DC motor vs. waktu) ditunjukkan pada gambar 2.4.

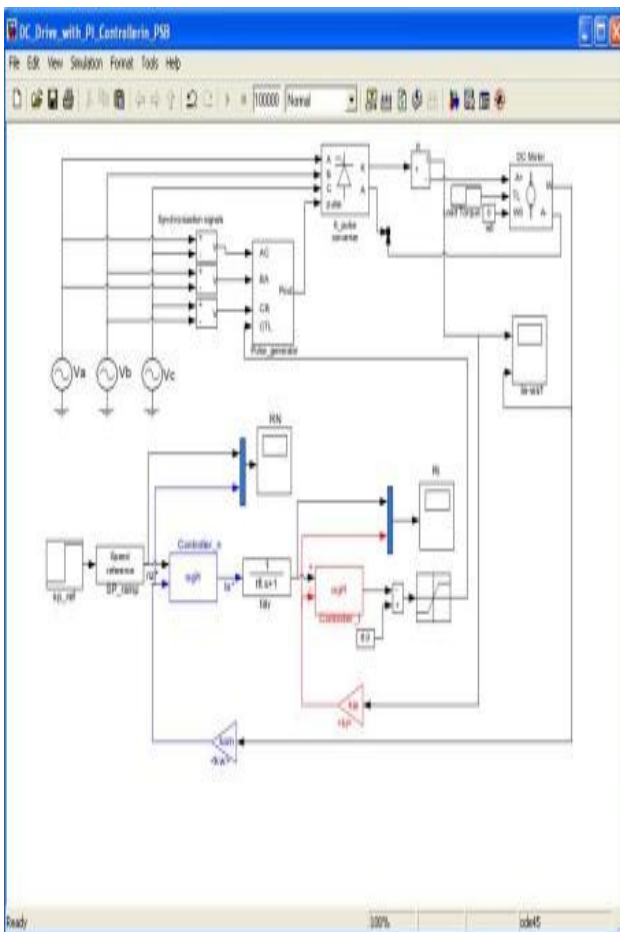
Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa sebagai model linear masih kasar dan masih mempunyai beberapa granula. Komponen arus AC dan arus switching pada jembatan thyristor diabaikan. Hanya envelope transient yang dapat dilihat pada output simulasi.



Gambar 2.4 arus dan kecepatan DC motor vs Waktu

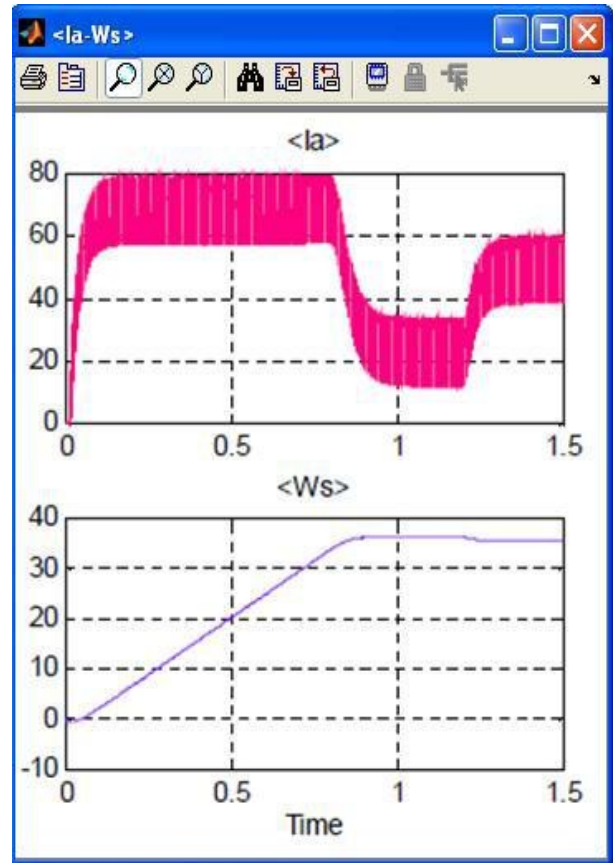
Penggunaan Power system Blockset pada peemodelan DC Drive

Power System Blockset terdiri dari himpunan lanjut untuk block linear dan nonlinear. Terdapat tiga sumber AC, konverter 3-phase 6-pulsa, pulse generator dan motor DC yang diambil dari library. Komponen tersebut digunakan untuk mendapatkan model DC drive dengan kualitas tinggi



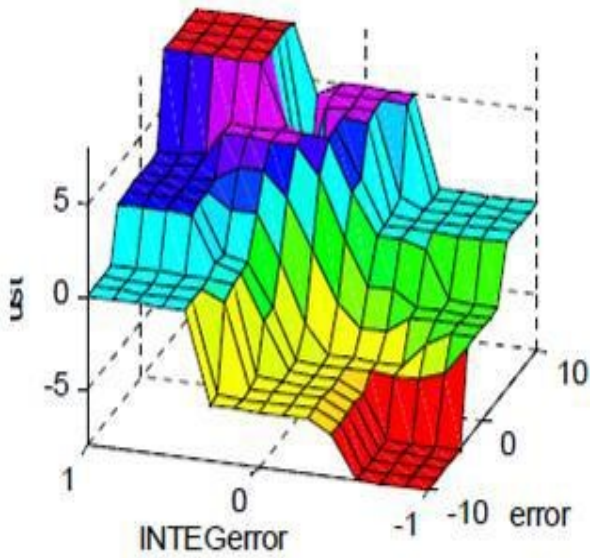
Gambar 2.5 Model DC Drive

Jembatan konverter 3-phase paling banyak digunakan dalam sistem pengendali motor. Dua dari 6 thyristor akan bekerja bersamaan dan *gating* (penggerbangan) dari setiap transistor akan membangkitkan pulsa dari arus beban; dengan demikian 6-pulsa ini akan mengontrol rectifier. Rectifier 3-phase 6-pulsa juga mempunyai kemampuan operasi inverter pada 4 kuadran. Hasil simulasi secara tepat ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Simulasi arus dan tegangan terhadap waktu

Membership function yang digunakan adalah *pimf* dan *gausmf*. Rule didesain dengan menggunakan tool perancangan yang dapat memberikan surface dan property model pengendalian. Pada gambar 2.7 diperlihatkan surface kendali yang diperoleh dari 25 rule yang telah disebutkan.

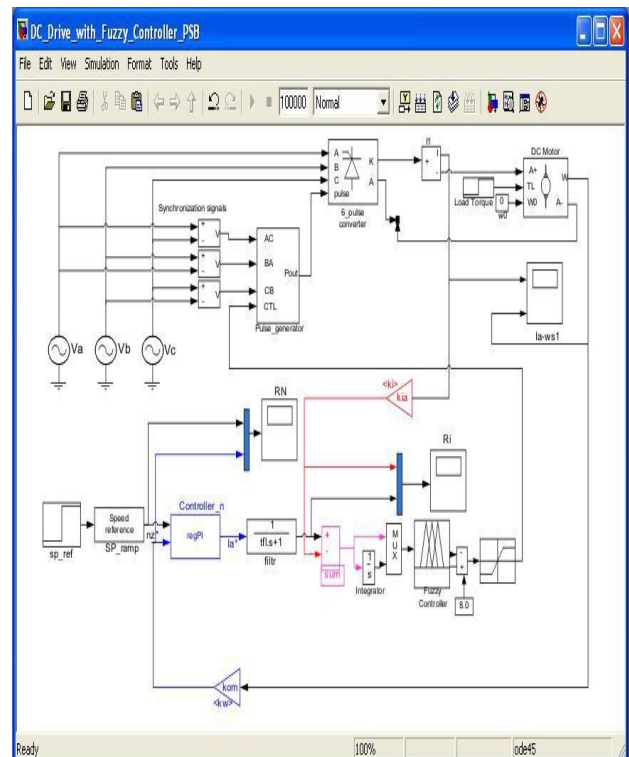


Gambar 2.7 Surface kendali

Pengendali fuzzy yang digunakan dipresentasikan pada gambar 2.8. Pengendali fuzzy ini menggunakan model lanjut dari Power System Blockset. Model fungsi alih juga dapat digunakan untuk tuning awal parameter model. Terdapat dua variabel fuzzy (error dan INTEG error) dan 7 variabel (dari big negative sampai big positif). Attribute dari pengendali fuzzy adalah sebagai berikut:

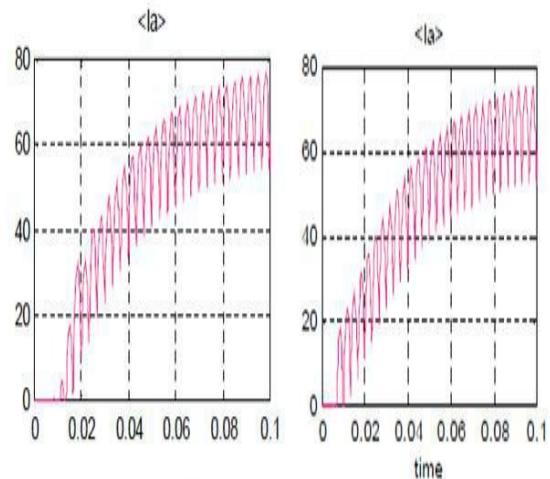
```

type : 'mamdani'
andMethod: 'prod'
orMethod: 'max'
defuzzMethod: 'centroid'
impMethod: 'prod'
aggMethod: 'max'
input: [1x2 struct]
output: [1x1 struct]
rule: [1x25 struct]
    
```



Gambar 2.8 Simulasi DC drive

Hasil pengendalian dengan menggunakan fuzzy kontroler ditunjukkan pada gambar 9. Dengan demikian terlihat bahwa pengendalian DC drive dengan menggunakan pengendali fuzzy memiliki performansi yang lebih cepat.



(a) Pengendali PID

(b) Pengendali Fuzzy

Gambar 9 Hasil Pengendalian DC Drive

Gambar 2.9 Grafik Pengendali PID dan Fuzzy

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian estimasi kecepatan kendaraan menggunakan Kalman *filter* diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Keluaran simulasi pengendali fuzzy memiliki performansi yang lebih

baik dibandingkan dengan pengendali PID seperti yang terlihat pada gambar 2.9.

2. Pengendali fuzzy lebih tahan terhadap gangguan luar.
3. Pengendali fuzzy lebih akurat dan lebih cepat bila dibandingkan dengan pengendali PID.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bogumila Mrozek, Zbigniew Mrozek, “Modelling and Fuzzy Control of DC Drive”, Cracow University of Technology: Krakow:2000
- [2] Sivanandam S.N, S. Sumanthi, S.N Deepa,”Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB”, Springer: Heidelberg.2007
- [3] “Fuzzy Logic.” Online posting. 1-11-2015. <<https://tanotocentre.wordpress.com/2009/06/07/dc-drive-fuzzy-controller/>>
- [4] "Fuzzy Logic." Online postin. 1-11-2015. <<http://astaripramuwardhani.blogspot.co.id/2014/01/Fuzzy-Logic-Menggunakan-Matlab.html>.>
- [5] "Fuzzy Logic.” Online posting. 1-11-2015. <<http://techno.ump.ac.id/index.php/Vol13No1/article/view/57/51>>
- [6] Fahmizal_note “Fuzzy Logic.” Online posting. 1-11-2015. <<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/logika-fuzzy-adalah-suatu-proses/>>