

Pengendalian Kecepatan Motor Arus Searah Dengan Logika Fuzi

Abdul Haris¹, Syaiful Alam¹ dan Meisi Diana Sari²

1. Dosen Teknik Elektro, Universitas Lampung
2. Alumni Teknik Elektro, Universitas Lampung

aharis@unila.ac.id

Abstrak—Perancangan Pengendali Logika Fuzi (PLF) berbasis mikrokontroler AT89C52 mampu menstabilkan kecepatan motor DC sesuai dengan setpoint yang diinginkan dan juga menstabilkan kembali putaran motor bila dilakukan perubahan beban sebagai gangguan. Pengendalian kecepatan motor DC dilakukan dengan mengubah besar tegangan kumparan medan (V_f) menggunakan chopper DC (regulator buck) dengan metode penyaklaran modulasi lebar pulsa (PWM). Untuk mengatur kecepatan motor, digunakan dua masukan yaitu setpoint dan umpanbalik. Setiap masukan dikonversikan dalam bentuk digital pada ADC0809 dan diproses dengan logika fuzi sehingga menghasilkan keluaran berupa duty cycle untuk memicu regulator buck. Pengamatan dilakukan pada tanggapan kecepatan terhadap setpoint yang berbeda dan pemberian beban serta perbedaan besar tegangan jangkar (V_a). Hasil rancang bangun menunjukkan bahwa PLF dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor arus searah sesuai dengan setpoint dan mencapai steady state dalam waktu terkecil 2,52 detik dan terbesar 4,649 detik, dengan persentase kesalahan sebesar 0,83%.

Kata kunci: Pengendali Logika Fuzi, Kecepatan Motor DC, Mikrokontroler

Abstract—The system which implements Fuzzy Logic Controller (FLC) on AT89C52 for controlling the speed of DC motor is not only able to stabilize the motor speed according to desired setpoint but also stabilize it on variable loads. The speed control is performed by regulating field voltage V_f with regulator buck which using Pulse Width Modulation (PWM) switching. There are two inputs for controlling the speed; setpoint and feedback. Each input is digitalized using ADC0809 and is processed through FLC to have output as duty cycle which then becomes input for the regulator buck. Observation is performed to speed response to different setpoints and to variable loads and also to anchor voltage V_a . The result shows that

FLC can be used for regulating DC motor speed according to setpoint. The speed reaches steady state within 2.52 s – 4.65 s, with error rate 0.83 %.

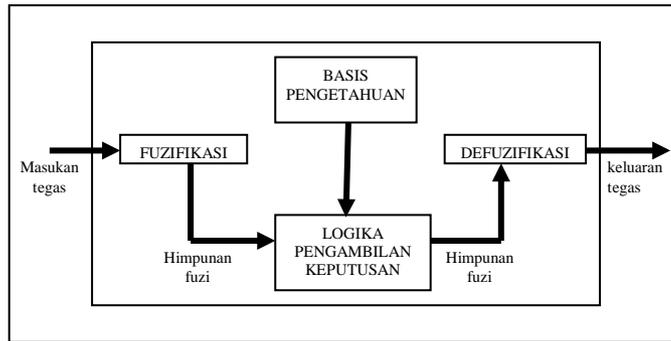
Keywords: Fuzzy Logic Controller, DC motor speed, Microcontroller

A. Pendahuluan

Motor dc merupakan suatu mesin listrik yang dapat mengubah daya masukan listrik arus searah menjadi daya keluar mekanik. Kecepatan motor dc ini dapat diatur dengan melakukan pengendalian pada tegangan terminal, dan pengendalian fluksi medan (arus medan), serta pengendalian pada tahanan rangkaian jangkar. Hal ini dapat dilakukan secara otomatis karena keberhasilan perkembangan mikroprosesor dan komputer. Logika fuzi mendasari pengendali fuzi dan dilengkapi dengan basis pengetahuan yang mengandung kaidah-kaidah kendali berupa pernyataan bersyarat dengan predikat-predikatnya dalam bentuk himpunan fuzi. Kaidah-kaidah kendali didasari oleh kaidah implikasi fuzi, kaidah komposisi serta operasi-operasi fuzi. Karena penalaran fuzi mempunyai kemiripan dengan mekanisme berfikir manusia, maka perancangan pengendali fuzi tidak memerlukan pemodelan secara matematis yang kompleks dari sistem.

Penelitian ini menggunakan PLF tersebut pada sistem pengendalian kecepatan motor arus searah dengan tegangan masukan yang lebih sebesar yaitu sebesar 220 V dengan pengaturan di tegangan medan. Pengendalian kecepatan motor yang digunakan adalah dengan metode chopper

Naskah ini diterima pada tanggal 4 Februari 2008, direvisi pada tanggal 10 Maret 2008 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 20 April 2008



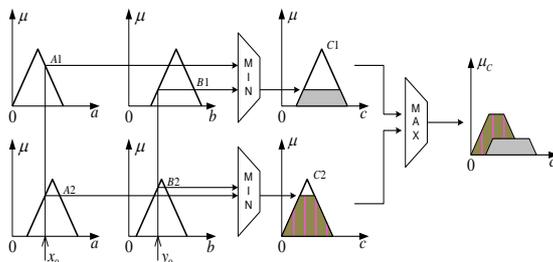
Gambar 1. Konfigurasi dasar Pengendali Logika Fuzi

B. Landasan Teori Pengendali Logika Fuzi

Fuzifikasi mentransformasikan sebuah pengukuran ke dalam penaksiran dari nilai subyektif atau pemetaan dari ruang masukan ke himpunan fuzzy dalam semesta pembicaraan masukan nyata. Basis pengetahuan terdiri dari basis data dan basis kaidah kendali linguistik, yang berfungsi sebagai berikut:

- a. Basis data, menyediakan definisi yang diperlukan untuk mendefinisikan kaidah kendali linguistik dan memanipulasi data fuzzy dalam sebuah PLF.
- b. Basis kaidah, mengkarakterisasi tujuan dan aturan pengendalian dari pakar dengan memakai sebuah himpunan kaidah kendali linguistik.

Metode penalaran yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah penalaran *Maximum-Minimum Mamdani*.



Gambar 2. Contoh operasi penalaran *Max-Min Mamdani*

Proses defusifikasi mengubah informasi dalam logika fuzzy menjadi nilai tegas supaya dapat digunakan untuk mengendalikan suatu proses. Adapun metode yang digunakan adalah metode Titik Pusat / Titik Berat (COA/COG) dengan rumus:

$$z_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_z(w_j) \cdot w_j}{\sum_{j=1}^n \mu_z(w_j)} \tag{1}$$

Motor DC

Motor dc merupakan suatu mesin listrik yang dapat mengubah daya masukan listrik arus searah menjadi daya keluar mekanik. Motor DC dapat diatur kecepatan berdasarkan persamaan sbb :

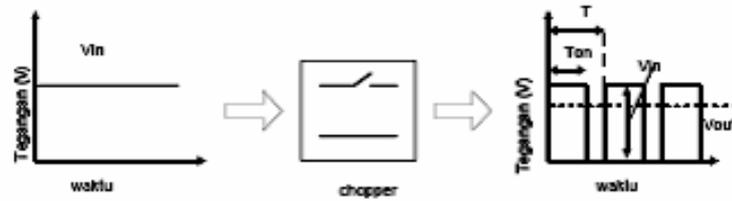
$$N = \frac{V - IaRa}{K\Phi} \tag{2}$$

Berdasar persamaan tersebut, kecepatan putar motor dc dapat diatur dengan mengubah fluks (kendali fluks) dengan mengubah tegangan medan, resistans jangkar (kendali rheostatik) atau tegangan terminal (kendali tegangan). Perubahan tegangan medan dapat mengubah kecepatan motor dc dan berbanding terbalik dengan tegangan terminal.

Chopper Arus Searah

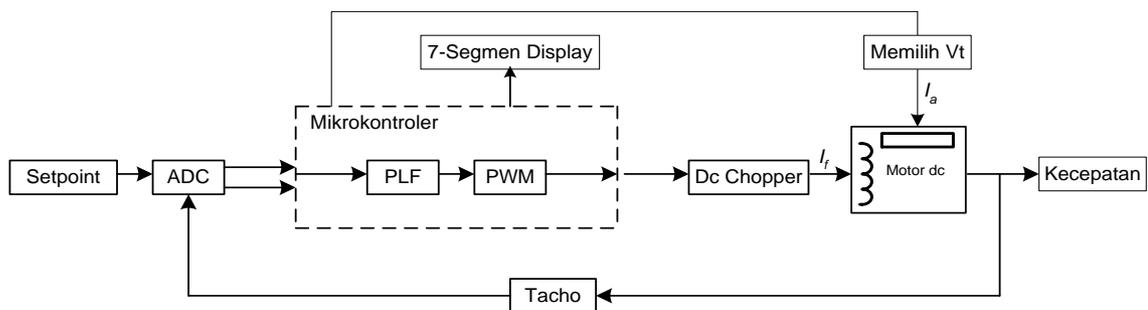
Chopper diperlukan untuk mengubah sumber tegangan dc tetap menjadi sumber tegangan dc yang bersifat variabel.

Chopper dapat digunakan sebagai regulator mode pensaklaran untuk mengubah tegangan dc, yang biasanya tidak teregulasi, menjadi tegangan keluaran dc yang teregulasi

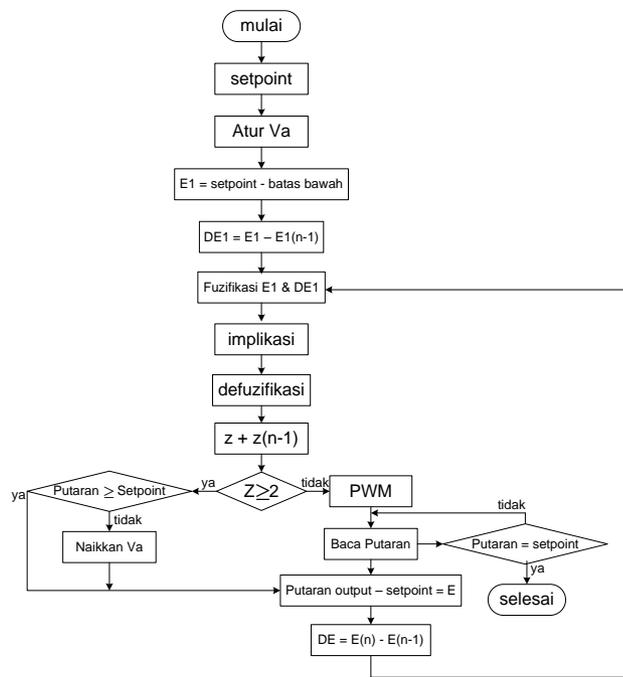


Gambar 3. Proses Perubahan Tegangan DC ke DC Dengan Metode Chopper

C. Metode Penelitian



Gambar 4. Diagram Blok Sistem



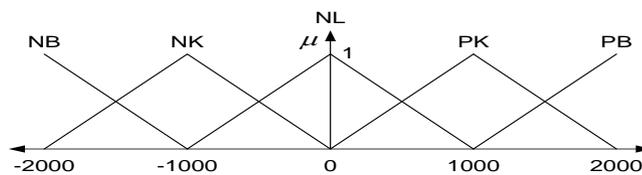
Gambar 4. Diagram Alir Proses Secara Keseluruhan

Sistem Pengendali Logika Fuzi (PLF) digunakan dalam pengaturan lebar pulsa PWM yang kemudian akan mengatur tegangan medan (V_f) di motor arus searah. Sebelum masuk dalam PLF, mikrokontroler melakukan pemilihan tegangan pada sumber tegangan jangkar (V_a), pada tugas akhir ini pembagian

tegangan masukan untuk V_a yang digunakan yaitu 75 V, 100V, 125 V, 150 V untuk putaran 1000 sampai dengan 3000 rpm. Semesta pembicaraan variabel bahasa masukan dan keluaran dibagi atas lima set fuzi. Tiap set fuzi dicirikan atas satu fungsi keanggotaan, yaitu

Tabel 1. Batas-batas Fungsi Keanggotaan Kecepatan Masukan

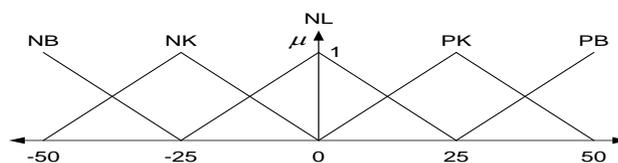
| Batas Keanggotaan dalam Analog | Transformasi Digital | Kategori Keanggotaan |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| -2000 s.d. -1000 | 25 s.d. 75 | Negatif Besar (NB) |
| -20 s.d. 0 | 25 s.d. 125 | Negatif Kecil (NK) |
| -1000 s.d. 1000 | 75 s.d. 175 | Normal (NL) |
| 0 s.d. 2000 | 125 s.d. 225 | Positif Kecil (PK) |
| 1000 s.d. 2000 | 175 s.d. 225 | Positif Besar (PB) |



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Kecepatan Masukan

Tabel 3. Batas-batas Fungsi Keanggotaan Kecepatan Keluaran

| Batas Keanggotaan dalam Analog | Transformasi Digital | Kategori Keanggotaan |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| -50 s.d. -25 | 0 s.d. 25 | Negatif Besar (NB) |
| -50 s.d. 0 | 0 s.d. 50 | Negatif Kecil (NK) |
| -25 s.d. 25 | 25 s.d. 75 | Normal (NL) |
| 0 s.d. 50 | 50 s.d. 100 | Positif Kecil (PK) |
| 25 s.d. 50 | 50 s.d. 100 | Positif Besar (PB) |

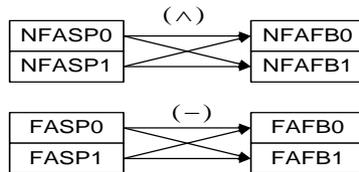


Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Kecepatan Keluaran

Tabel 4. Tabel Kaidah Kendali Fuzi

| | | MASUKAN-1 (SETPOINT) | | | | |
|---------------------------|----|-------------------------|----|----|----|----|
| | | NB | NK | NL | PK | PB |
| MASUKAN 2 (UMPANBALIK) | NB | NB | NB | NB | NK | NL |
| | NK | NB | NB | NK | NL | PK |
| | NL | NB | NK | NL | PK | PB |
| | PK | NK | NL | PK | PB | PB |
| | PB | NL | PK | PB | PB | PB |

Penalaran Fuzi yang digunakan adalah kaidah operasi max-min. Operasi minimum dilakukan antara maksimal dua nilai fungsi keanggotaan *set point* dengan maksimal dua nilai fungsi anggota umpan balik. Sehingga maksimal dilakukan empat kali operasi minimum, yaitu:

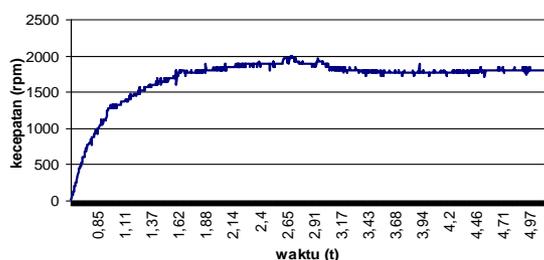


Gambar 7. Relasi Fuzi Pada Program

Untuk mendapatkan sinyal keluaran nyata digunakan metoda defuzzifikasi titik pusat / titik berat (COA/COG). Metoda ini memperhitungkan sinyal keluaran. Setelah didapatkan nilai tegas hasil proses logika fuzi, nilai tersebut dijadikan sebagai masukan bagi PWM sebagai penghasil pulsa untuk dc chopper yang menggerakkan motor dc hingga didapatkan kecepatan yang diinginkan.

D. Hasil Dan Pembahasan Hasil Pengujian PLF *Setpoint* Tanpa Beban

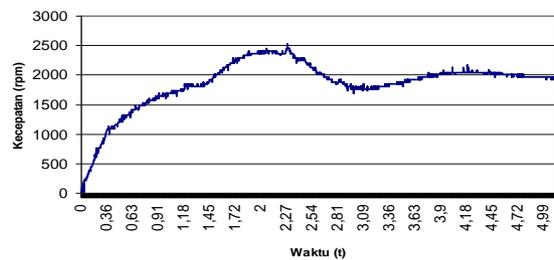
a. *Setpoint* 1800 rpm.



Gambar 8. Grafik Tanggapan Motor Pada *Setpoint* 1800 rpm.

Keadaan *steady state* motor berkisar pada kecepatan 1800 rpm, waktu untuk mencapai *steady state* sebesar 2,52 detik dengan *rise time* selama 0,74 detik, dan terjadi *overshoot* sebesar 200 rpm

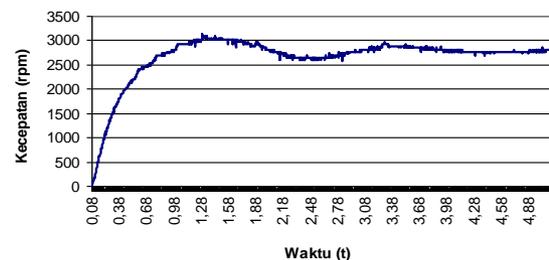
b. *Setpoint* 2000 rpm.



Gambar 9. Grafik Tanggapan Motor pada *Setpoint* 2000 rpm.

Keadaan *steady state* motor berkisar pada kecepatan 1960 rpm, waktu untuk mencapai *steady state* sebesar 4,649 detik dengan *rise time* 1,068 detik, dan terjadi *overshoot* sebesar 480 rpm. Lamanya motor mencapai *steady state* karena pemilih menaikkan tegangan V_a dari 75 V menjadi 100 V. Kenaikan V_a ini karena *setpoint* 2000 rpm berada pada dua buah *range* V_a , yaitu 75 V dan 100 V dan penentuan mana V_a yang digunakan tergantung mikrokontroler itu sendiri.

c. *Setpoint* 2800 rpm.

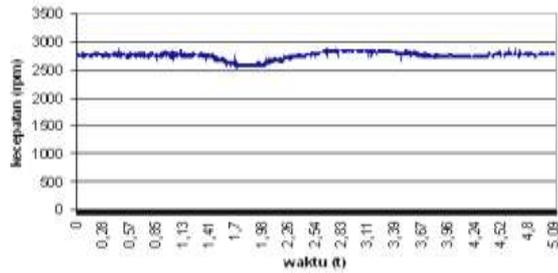


Gambar 10. Grafik Tanggapan Motor pada *Setpoint* 2800 rpm.

Keadaan *steady state* motor berkisar pada kecepatan 2800 rpm, waktu untuk mencapai *steady state* sebesar 3,668 detik dengan *rise time* 0,593 detik, dan terjadi *overshoot* sebesar 320 rpm .

Hasil Pengujian PLF *Setpoint* dengan Beban

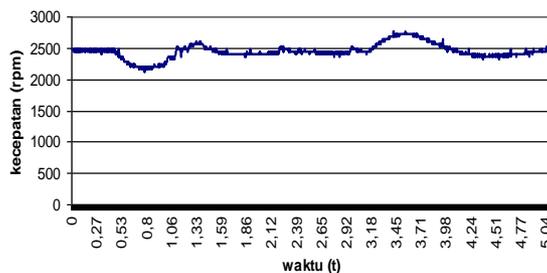
a. *Beban* 40 W



Gambar 11. Tanggapan Motor arus searah pada *Setpoint* 2760 rpm dengan Beban 40 W

Saat beban sebesar 40 W diberikan putaran turun sebesar 200 rpm pengendali mampu memperbaiki kestabilan putaran sesuai dengan *setpoint* dalam waktu sekitar 2,055 detik.

b. Beban 60W



Gambar 12. Tanggapan Motor arus searah pada *Setpoint* 2480 rpm dengan Beban 60 W

Saat diberikan beban sebesar 60 W putaran turun sebesar 320 rpm, pengendali mampu memperbaiki kestabilan putaran sesuai dengan *setpoint* dalam waktu sekitar 1,768 detik. Setelah beban dilepas terjadi *overshoot* sebesar 240 rpm. Kemudian pengendali dapat memperbaiki kestabilan putaran kembali sesuai dengan *setpoint* dalam waktu sekitar 1,79 detik.

E. Simpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengendalian Logika Fuzi (PLF) dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor arus searah.
2. Waktu yang digunakan untuk mencapai *steady state* terkecil 2,52 detik (*setpoint* 1800 rpm), waktu mencapai *steady state* terbesar 4,649 detik (*setpoint* 2000 rpm).
3. Saat diberi beban sebesar 40 W (*setpoint* 2760 rpm) PLF mampu memperbaiki kestabilan putaran sesuai dengan *setpoint* dalam waktu sekitar 2,055 detik. Dan saat diberikan beban sebesar 60 W (*setpoint* 2480 rpm) pengendali mampu memperbaiki kestabilan dalam waktu sekitar 1,768 detik.

Daftar Pustaka

- [1]. Srikusuma, 2003, "Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2]. Patyra, M. J and Mlynek, D. M. (1997), "Fuzzy Logic Implementation and Application", Wiley Teubner
- [3]. Mohammad Jamshidi, 1993, "Fuzzy Logic and Control". Prentice Hall International Inc.
- [4]. Jun Yan, Michael Ryan, James Power, 1993, "Using Fuzzy Logic Towards Intelligent Systems", Prentice Hall.
- [5]. Ibrahim, Ahmad M., 1999, "Introduction to Applied Fuzzy Electronics", Prentice Hall of India, New Delhi.
- [6]. Mazidi, Muhammad Ali and Janice Gillispie Mazidi, 1997, "The 8051 Microcontroller and Embedded System", Prentice Hall. Ohio.
- [7]. Lister, 1993, "Mesin dan Rangkaian Listrik", Erlangga. Jakarta