

IMPLEMENTASI PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PENGENDALI FUZZY-PID MENGGUNAKAN REALTIME WINDOWS TARGET MATLAB 6.5

THE IMPLEMENTATION OF CONTROLLING DC MOTOR SPEED WITH FUZZI-PID CONTROLLER BY USING WINDOWS REALTIME MATLAB TARGET 6.5

Heru Supriyono dan Rochmad Roosyidi

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta
email: herusupriyono@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu metoda yang sudah dikembangkan dalam pengendalian kecepatan putaran motor DC adalah teknik fuzzy-PID, yang menggabungkan kesederhanaan pengendali PID dan kehandalan logika fuzzy (logika kabur). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan pengendali fuzzy-PID untuk mengatur kecepatan motor DC dengan berbasis Personal Computer (PC) dengan memanfaatkan fasilitas Real Time Windows Target pada MATLAB 6.5. Penelitian memanfaatkan motor DC berdaya rendah yang dihubungkan dengan PC melalui sebuah rangkaian perantara (interface) PPI 8255 pada slot ISA. Algoritma pengendali fuzzy-PID akan diimplementasikan dalam PC dengan menggunakan fasilitas Real Time Windows Target SIMULINK MATLAB 6.5 dan berperan sebagai “otak” sistem keseluruhan. Tanggapan keluaran kecepatan putar motor DC dapat dilihat dalam monitor computer sehingga dapat dilihat unjuk kerja dari pengendali yang sudah dibuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SIMULINK MATLAB 6.5 dengan Real Time Windows Target sukses mengimplementasikan pengendali fuzzy-PID untuk beban yang berubah secara lambat. Apabila sistem yang dikembangkan mendapatkan masukan yang berubah secara periodik misalnya gelombang kotak dan sinusoidal maka sistem hanya akan bekerja dengan baik untuk frekuensi masukan kurang dari 1 Hz saja. Pengembangan lebih lanjut dapat ditekankan pada implementasi algoritma yang sudah ada dalam sebuah sistem pengendali jarak jauh memanfaatkan protocol TCP/IP baik dengan jaringan kabel atau tanpa kabel (wireless).

Kata Kunci: fuzzy-PID, PC, pengendali

ABSTRACT

One of developed methods in DC motor's speed control is Fuzzy-PID technique, which tandem simplicity of PID control with reliability of fuzzy logic control. The objective of this research is to implement a fuzzy-PID controller to control DC motor's speed based on single Personal Computer (PC) by using Real Time Windows Target of SIMULINK MATLAB 6.5. In this research, a low-power was connected to PC interfaced by PPI 8255 on the ISA slot of the motherboard. The whole fuzzy-PID algorithm has been implemented by using SIMULINK MATLAB 6.5 and has role as central controller of whole systems. The DC motor's responses were displayed on the PC's monitor so that its performance can be viewed and analyzed easily. Test results show that SIMULINK MATLAB 6.5 with Real Time Windows Target is very successful controlling DC motor's speed steady state set point but failed for periodic change of set point. Next research should be addressed on the implementation of this method on programmable processors such as FPGA.

Keywords: fuzzy-PID, PC, controller

PENDAHULUAN

Menurut (Chen, 2004) tujuan utama dari setiap pengendalian adalah untuk mendapatkan nilai keluaran yang sedekat mungkin dengan nilai yang diinginkan atau dengan kata lain untuk membuat galat pengendalian (*error*) sekecil mungkin. Khusus untuk penengendalian motor DC sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan ini. Salah satunya adalah penelitian pengembangan algoritma fuzzy-PID .

Banyak penelitian yang sudah dilakukan oleh para peneliti dalam pengembangan pengendali hibrid fuzzy-PID. Kebanyakan pengendali yang sudah dikembangkan diuji dengan menggunakan beberapa model matematis yang mempunyai karakteristik yang berbeda-beda yang mendekati karakteristik beberapa sistem yang nyata kemudian melakukan analisis secara matematis dan melakukan simulasi dengan sebuah perangkat lunak (*software*).

Beberapa peneliti juga sudah mencoba menyelidiki unjuk kerja teknik pengendalian yang ada dalam sebuah model atau prototype dengan menggunakan piranti-piranti elektronis diantaranya adalah mikrokontroler, *Digital Signal Processor* (DSP), dan *Programmable Logic Controller* (PLC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma fuzzy-PID mempunyai unjuk kerja yang cukup baik. Beberapa dari penelitian tersebut juga menggunakan *Personal*

Computer (PC) namun perannya hanya sebatas antarmuka visual saja bukan sebagai basis (otak) dari sistem secara keseluruhan.

Untuk pengendalian kecepatan motor DC ini sudah dilakukan penelitian oleh beberapa peneliti. Penelitian tentang implementasi logika kabur pada pengendalian motor DC pada sebuah mikrokontroler sudah dilakukan oleh Resmana dkk. (Resmana et. Al., 1999). Peneliti mengimplementasikan kendali logika kabur dalam sebuah mikrokontroler dan membuat kernel logika kabur dalam mikrokontroler tersebut yang disebut sebagai kit sistem minimal DT-51. Peneliti juga menggunakan PC sebagai perantara interaksi grafis dengan sistem yang dikendalikan.

Penelitian dengan menggabungkan algoritma PID dan fuzzy sudah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah oleh Jantzen (Janzent, 1998). Dalam penelitiannya Janzent menunjukkan cara lain membuat algoritma PID dalam suatu sistem logika kabur yang disebut sebagai “PID-like” sistem. Sistem yang diusulkan oleh Jantzen ini menawarkan kemudahan dalam implementasi komputasinya. Sistem yang dikembangkan kemudian disimulasikan untuk mengendalikan beberapa fungsi matematis yang mewakili beberapa karakteristik sistem.

Penelitian tentang penggunaan pengendali *hybrid* PID – Logika Fuzzy pada motor DC sudah pernah dilakukan oleh Pasila dkk. (Pasila et. Al., 2000). Pada penelitian ini peneliti menggunakan algoritma pengendali PID konvensional sebagai pengendali utamanya sedangkan logika kabur hanya digunakan untuk membantu mengurangi adanya lewatan (*overshoot*). Sistem ini diimplementasikan menggunakan mikrokontroler keluarga MCS51 yang berbentuk sistem minimal DT51. PC yang digunakan hanyalah sebagai monitor untuk menampilkan tanggapan motor bukan sebagai basis (otak) keseluruhan sistem.

Dalam penelitian ini akan dicoba implementasi algoritma fuzzy-PID untuk mengendalikan kecepatan sebuah motor DC berbasis *personal komputer* (PC)

Dari uraian latar belakang diatas maka dapat disimpulkan suatu permasalahan dalam pengendalian kecepatan motor DC yaitu bagaimana merancang dan mengimplementasikan sebuah pengendali *fuzzy* – PID yang diaplikasikan pada pengendalian motor DC dengan berbasis sebuah PC dengan menggunakan fasilitas Real Time Windows Target MATLAB 6.5. Selain itu juga akan diamati unjuk kerja sistem keseluruhan kaitannya dengan tanggapan frekuensinya.

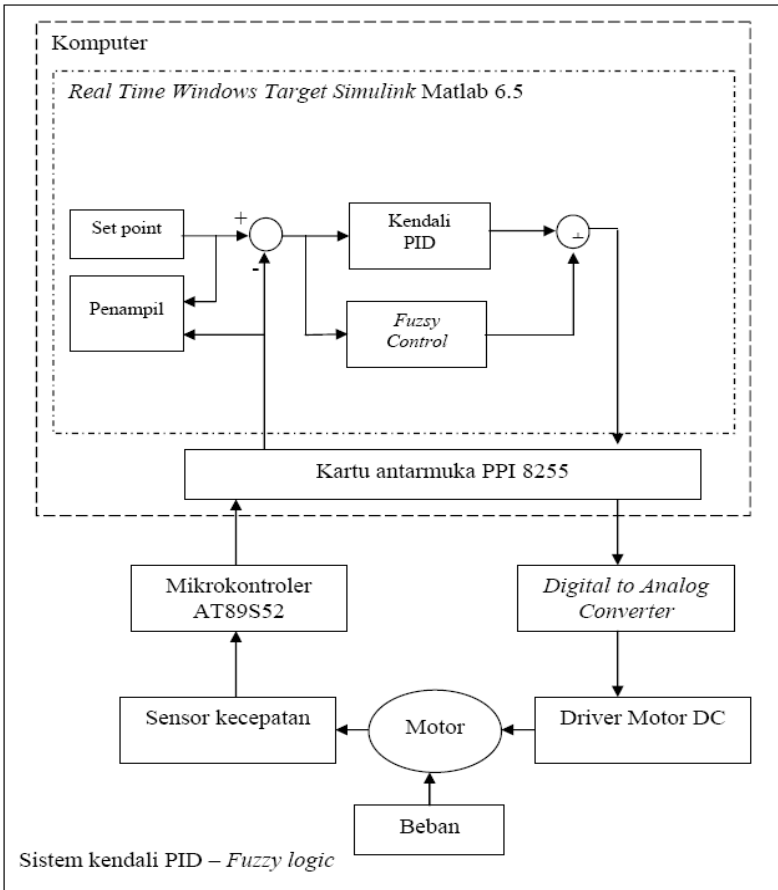
Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan sistem kendali *Fuzzy* – PID pada sistem berbasis PC dengan memanfaatkan fasilitas Real Time Windows Target MATLAB 6.5 dan kemudian untuk melakukan pengujian pada sistem yang sudah dibuat terutama pada unjuk kerja PC yang digunakan sebagai basis (otak) dari keseluruhan sistem dan pengendali fuzzy-PID itu sendiri dalam mengendalikan sebuah motor DC.

Manfaat yang dapat diperoleh dengan dilakukannya penelitian ini adalah untuk lebih meningkatkan kegiatan penelitian dan iklim akademik (*academic atmosphere*) serta didapatkannya hasil kajian akademik mengenai teknik-teknik pengendalian motor DC dan implementasinya dengan teknologi yang ada sehingga dapat diaplikasikan dalam dunia nyata baik dalam bidang industri, perkantoran, maupun rumah tangga.

METODE PENELITIAN

Perancangan dan Implementasi model.

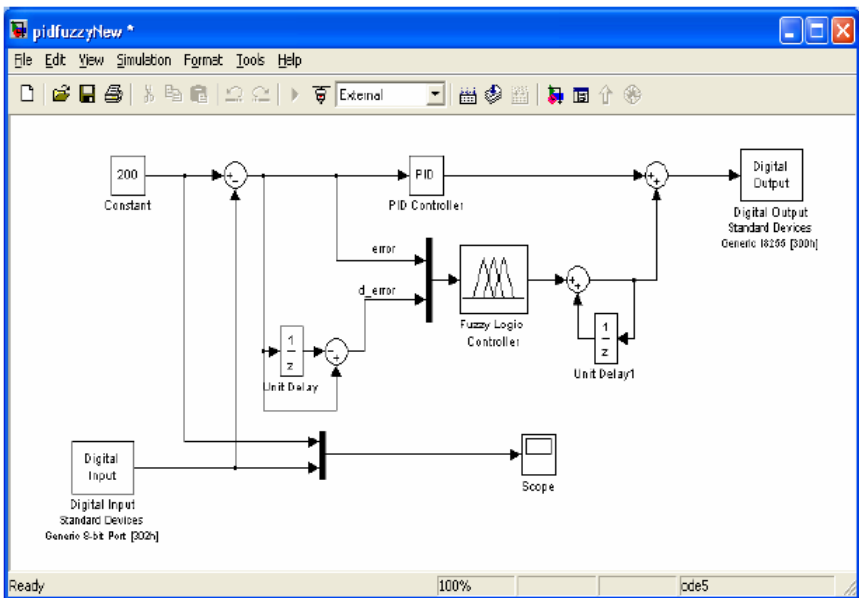
Secara grafis, sistem pengendalian yang akan diimplementasikan dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kendali Keseluruhan

Otak dari sistem kendali adalah berupa program yang diimplementasikan dengan Real time windows target Simulink MATLAB 6.5 pada komputer yang dipakai. Sinyal kendali, yang berupa sinyal digital, yang dihasilkan akan dikirimkan ke motor DC melalui rangkaian perantara (*interface*) berupa PPI 8255 yang terhubung ke computer melalui slot ISA. Kemudian sinyal kendali ini di ubah menjadi sinyal analog dengan menggunakan *Digital to Analogue Converter* (DAC) 8 bit untuk memicu driver motor menggerakkan motor DC sehingga mencapai kecepatan yang ditentukan (*set-point*). Kecepatan nyata (*actual*) dari motor DC diukur dengan menggunakan sensor kecepatan optic yaitu berupa *rotary encoder* kemudian dikirimkan ke komputer melalui mikrokontroler AT89S52 sebelum masuk ke PPI 8255. Kemudian komputer akan menghitung galat (*error*) yaitu selisih antara kecepatan yang diinginkan (*set point*) dengan kecepatan putar motor DC sesungguhnya. Dalam penelitian ini komputer yang digunakan mempunyai spesifikasi prosesor Intel Pentium III 500 MHz RAM 256 MB Sistem Operasi Microsoft Windows XP SP2.

Pengendali PID-fuzzy yang digunakan didalam penelitian ini terdiri dari dari dua buah pengendali yaitu pengendali PID dan fuzzy (logika kabur) yang diimplemetasikan dengan menggunakan software simulink Matlab 6.5 seperti dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi Pengendali Fuzzy-PID dalam Simulink Matlab 6.5

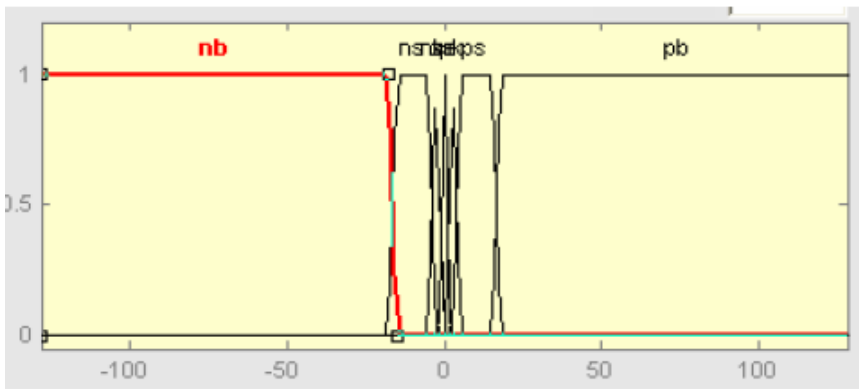
Dalam sistem kendali ini, yang berfungsi sebagai pengendali utama adalah pengendali PID sedangkan pengendali *fuzzy* (logika kabur) berfungsi untuk meminimalisir terjadinya lewatan (*over shoot*). Dalam simulink, kecepatan yang diinginkan (*set point*) akan dimasukkan melalui komponen konstanta. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai kecepatan sesungguhnya yang akan menghasilkan galat (*error*). Masukan untuk pengendali PID adalah berupa nilai *error* ini sedangkan masukan bagi pengendali fuzzy (logika kabur) ada dua yaitu *error* dan *derror* (selisih antara *error* sekarang dengan *error* sebelumnya). Pada penelitian ini kendali fuzzy yang digunakan diimplementasikan dengan menggunakan Fuzzy Tool Box dalam Matlab 6.5 dengan metode fuzzifikasi yang digunakan adalah Max-min sedangkan metode de-fuzzifikasi *mean of maximum*.

Pada pengendali PID, penentuan koefisien pengendalinya (nilai K_p , K_i , K_d) dilakukan dengan cara coba-coba tidak menggunakan metode ziegler-Nichols. Setelah beberapa kali melakukan pengesetan (tuning) maka nilai koefisien yang dipakai adalah $K_p = 1$, $K_i = 1.85$, $K_d = 0.0008$. Untuk perancangan kendali logika kabur digunakan komponen *Graphical User Interface* (GUI) FIS viewer pada MATLAB 6.5. Kendali logika kabur mempunyai 7 buah fungsi keang-gotaan (*membership function*) dengan bentuk segitiga dan trapesium baik untuk *error*, *derror* maupun untuk output seperti yang dapat dilihat dalam gambar 3.

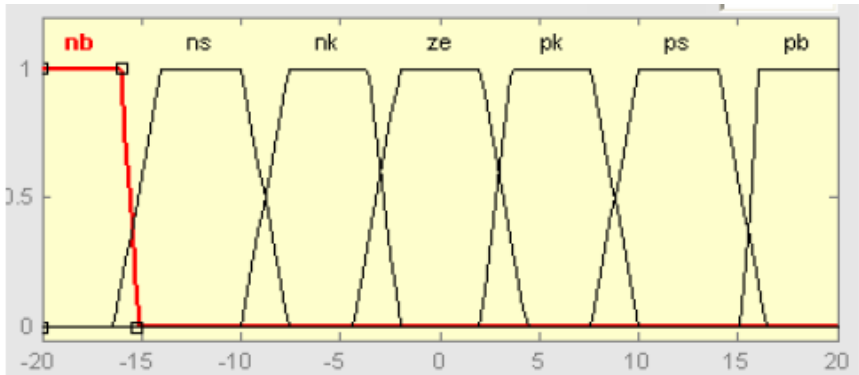
Jumlah aturan (*rule*) yang digunakan dalam kendali logika kabur ada 49 aturan (*rule*) yang selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Tabel Aturan (*Rule*) yang Digunakan dalam Perancangan Kendali Logika Kabur

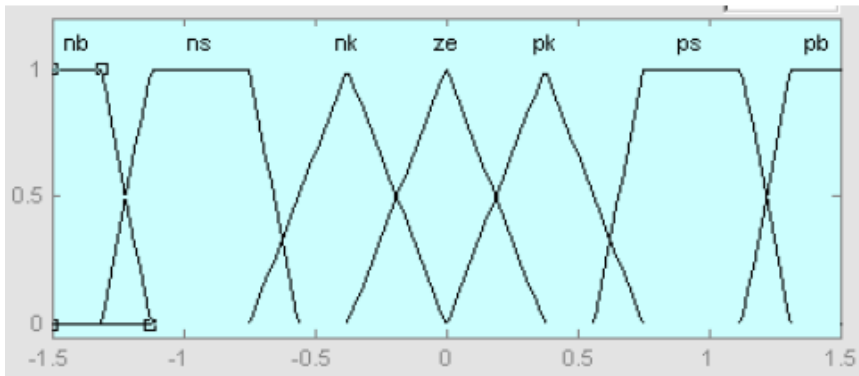
		<i>DERROR</i>						
		NB	NS	NK	ZE	PK	PS	PB
<i>E</i>	NB	NB	NB	NB	NB	NS	NK	ZE
	NS	NB	NB	NB	NS	NK	ZE	PK
<i>R</i>	NK	NB	NB	NS	NK	ZE	PK	PS
<i>R</i>	ZE	NB	NS	NK	ZE	PK	PS	PB
<i>O</i>	PK	NS	NK	ZE	PK	PS	PB	PB
<i>R</i>	PS	NK	ZE	PK	PS	PB	PB	PB
	PB	ZE	PK	PS	PB	PB	PB	PB



a



b



c

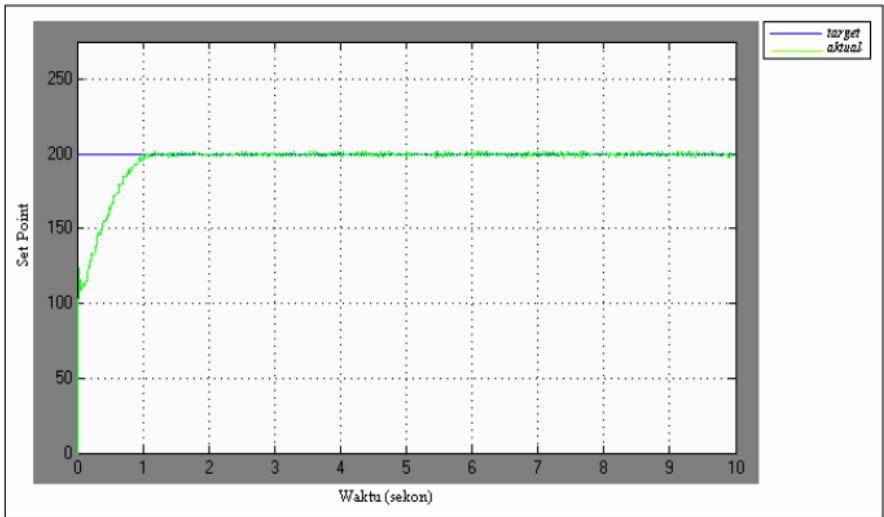
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan a) Untuk Error, b) Untuk Derror dan c) Untuk Output (NB= Negative Besar, NS = Negative Sedang, NK = Negatif Kecil, ZE = Zero, PK = Positif Kecil, PS = Positif Sedang, PB = Positif Besar)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, tampilan grafik keluaran kecepatan motor DC dapat diamati dari tampilan komponen penampil *Scope* dalam SIMULINK. Dalam tampilan masukan akan diskala dari 0 -255 yang akan mewakili kecepatan antara 0 – 1460 rpm. Penyekalaan ini dilakukan untuk mempermudah perancangan. Pengujian akan dilakukan dengan dua kondisi yaitu motor DC tanpa diberi beban dan yang kedua adalah dengan memberi beban seberat 1 Kg kepada motor DC.

Pengujian Tanpa Beban

Tanggapan keluaran kecepatan putar motor DC tanpa beban untuk semua nilai masukan (set point) dalam pengujian mempunyai karakteristik yang hampir sama. Untuk mewakilinya gambar tanggapan keluaran kecepatan putar motor DC untuk skala 200 (1035 rpm) dapat dilihat dalam Gambar 4.

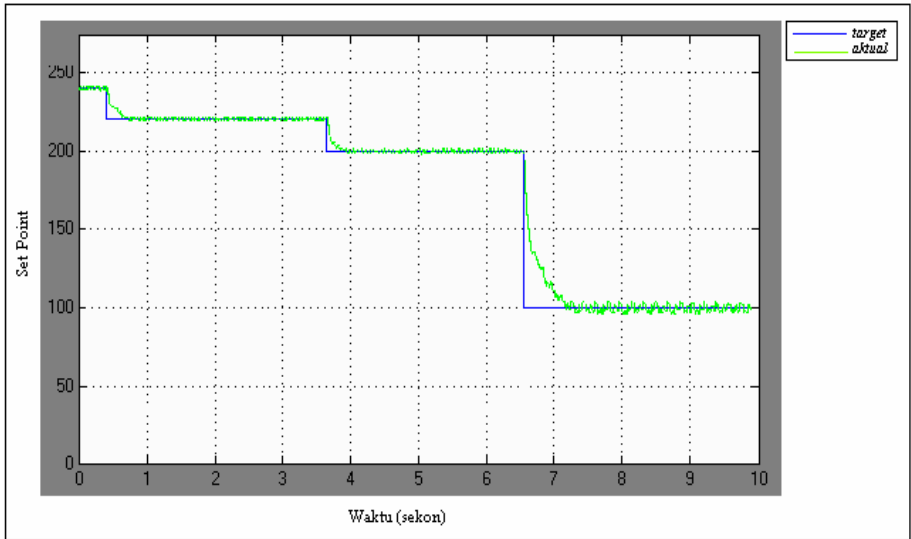


Gambar 4. Tanggapan Keluaran Motor DC Tanpa Beban untuk Nilai Masukan Skala 200 (1035 rpm)

Tanggapan motor DC diatas menunjukkan hasil yang cukup optimal dilihat dari parameter-parameter waktu naik (Rise time / T_r) 1 sekon (detik), Waktu penyetoran (*settling time* / T_s) 1.25 sekon (detik), Lewatan (*overshoot* / M_p) 0.1 %, dan galat pada keadaan tunak (*steady state error*) sebesar 0.96 %. Grafik tanggapan tersebut mempunyai garis yang cukup lembut (tidak patah-

patah) menunjukkan kalau komputer dan rangkaian perantara mampu mengakuisisi data secara optimal.

Untuk perubahan nilai masukan, jika perubahannya terjadi tidak secara periodik maka sistem kendali yang dibangun juga mampu mengikuti perubahan nilai seperti yang dapat dilihat dalam Gambar 5.



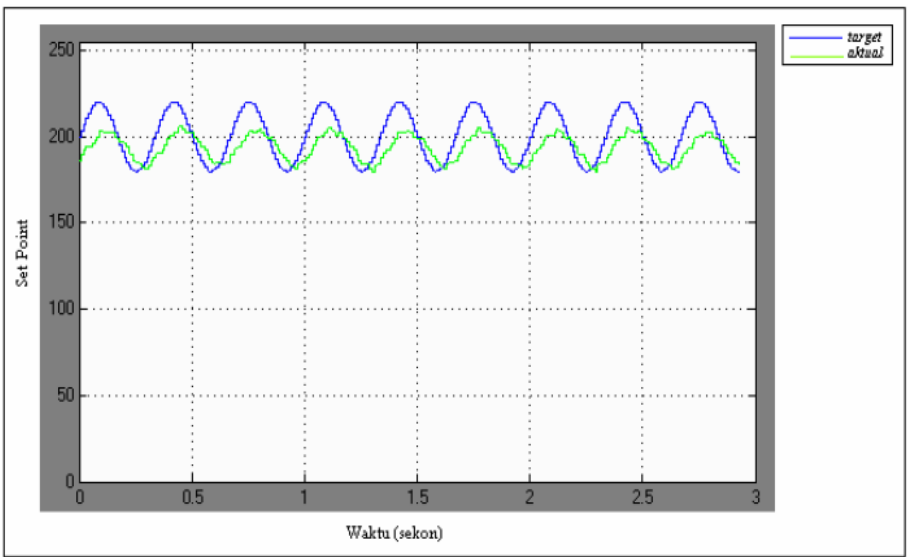
Gambar 5. Tanggapan Motor DC dengan Perubahan Nilai Masukan

Sedangkan jika perubahan nilai masukan itu dilakukan secara periodik (misalnya secara sinusoidal atau gelombang kotak) maka tanggapan sistem hanya mampu mengikuti perubahan nilai tersebut untuk frekuensi yang sangat rendah yaitu dibawah 1 Hz sedangkan untuk frekuensi diatas 1 Hz sistem tidak mampu mengikutinya seperti dapat dilihat pada Gambar 6.

Dalam gambar diatas dapat dilihat bahwa keluaran tida dapat mengikuti irama sinyal masukan yang sinusoidal. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengambilan data dan pengolahan data oleh komputer dan rangkaian perantara yang dipakai dalam penelitian ini jauh di bawah fekuensi sinyal masukan.

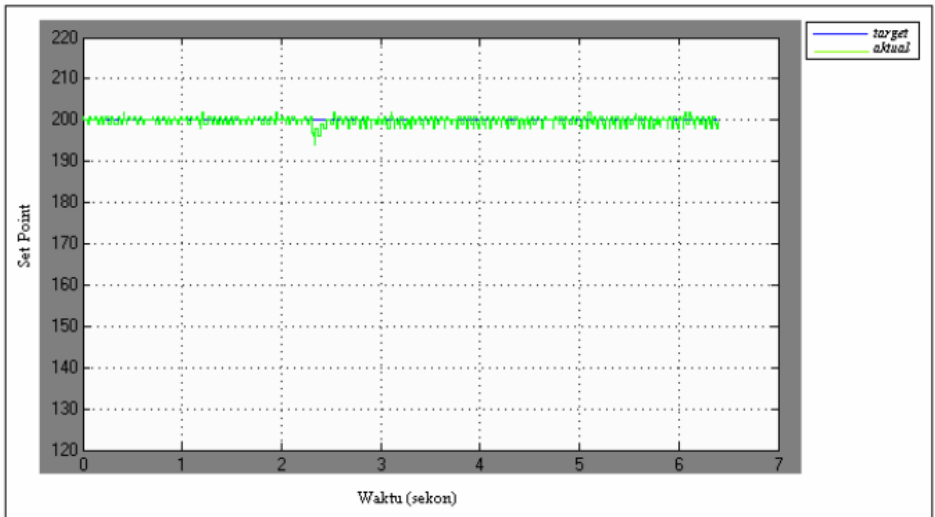
Pengujian dengan Pembebanan 1 Kg

Pada kondisi biasa, penambahan beban pada motor DC akan menyebabkan efek perlambatan (pengereman) pada motor sehingga akan menyebabkan kecepatan putar motor akan turun dibawah nilai yang diinginkan.



Gambar 6. Tanggapan Sistem Kendali untuk Frekuensi 3 Hz Tanpa Beban

Namun kendali PID-fuzzy mampu meredam efek penambahan beban tersebut sehingga kecepatan motor tetap sesuai dengan nilai yang diinginkan dengan sedikit osilasi disekitar nilai target seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tanggapan Keluaran Motor DC Saat Dibebani 1 Kg

Dari gambar 7 dilihat bahwa pada awalnya, sesaat setelah mendapatkan pembebanan, kecepatan motor DC akan turun (bagian dalam lingkaran) namun mampu kembali ke nilai yang diinginkan.

SIMPULAN

Dari penelitian dan pengujian yang sudah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu fasilitas Real Time Windows Target SIMULINK dalam MATLAB 6.5 mampu digunakan untuk mengimplementasikan pengendali PID-fuzzy dengan baik hal ini dapat dilihat dari tanggapan keluaran dari sistem secara keseluruhan. Namun sistem yang dibangun mengalami kegagalan dalam menerima masukan nilai yang berulang secara periodic, misalnya sinyal sinusoidal yaitu kecepatan actual motor DC hanya bias mengikuti nilai yang diinginkan untuk frekuensi kurang dari 1 Hz saja. Kegagalan tidak disebabkan oleh kinerja algoritma pengendali namun karena spek PC dan kartu PPI yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, B.M. 2005. *Lecture notes: SC01 Control Sitem*s. Singapore: Department of Electrical and Computer Engineering, National University of Singapore.
- Hamdan, Majed; Gao, Zhiqiang. 2005. *A Novel PID Controller for Pneumatic Proportional Valves with Hysteresis*. USA: Department of Electrical Engineering, Cleveland State University.
- Jantzen, Jan. 1998. *Tuning of PID Controllers*. Denmark: Technical University of Denmark, Department of Automation.
- Karaskal, Onur., Yesil, Engin., Guzelkaya, Mujde., Eksin, Ibrahim. 2005. "Implementation of a New Self-Tuning Fuzzy PID Controller on PLC, *Turk J Elec Engin*, Vol 13, No.2, 2005.
- Lin, F; R. Brandt, G. Saikalis. 2000. "Self-Tuning of PID Controllers by Adaptive Interaction". *Proceeding of the American Control Conference*. Chicago, Illinois, June, 2000.
- Malki, Heidar A., Chen, G. Ron, Feigenpan, Denny. 1996. "Adaptive fuzzy PID controller for environmental pollution control". Environmental Institue of Houston Annual Report.

- Mann, G. K. I, Hu B-G, Gosine, R.G. 1999. "Analysis of Direct Action Fuzzy PID Controller Structure. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics Part – B : Cybernetics*, Vol. 29, No. 3, June, 1999.
- Ogata, Katsuhiko. 2002. *Teknik Kontrol Otomatik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Pasila, F; Thiang; Finaldi, O. 2000. "Sistem Kendali Hybrid PID – Logika Fuzzy Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC", *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMMIT2000)*, Auditorium Universitas Gunadarma, Jakarta, 23 – 24 Agustus 2000.
- Resmana; Thiang; Fengky, Hannawati, A. 2004. "Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Menggunakan Fuzzy Logic Controller Berbasis PLC". *Skripsi*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.
- Resmana; Ferdinando, H.; Thiang, Widagdo, A. S. 1999. "Implementasi Fuzzy Logic Pada Microcontroller Untuk Kendali Putaran Motor DC, Proceeding". *Industrial Electronics Seminar 1999 (IES'99)*. Graha Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, October 27 – 28, 1999.
- Ziegler, J.G.; N.B. Nichols. 1942. "Optimum Setting for Automatic Controllers". *Trans. ASME*, Vol 64, pp.759-768