

IMPLEMENTASI KONTROL PID DAN FUZZY LOGIC UNTUK SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR DC SEBAGAI APLIKASI PRAKTIKUM KONTROL DIGITAL

IMPLEMENTATION OF PID AND FUZZY LOGIC CONTROL TO DC MOTOR SPEED CONTROL SYSTEM AS DIGITAL CONTROL PRACTICUM APPLICATION

Andriana Febiyanti¹, Dr. Ir. Basuki Rahmat, M.T², Agung Surya Wibowo, S.T., M.T³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹andriana.iowo@gmail.com, ²basukir3@gmail.com, ³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Proses di Industri yang semakin rumit menjadi alasan dibutuhkan peningkatkan dan perbaikan kinerja sistem untuk mendukung proses tersebut berjalan dengan baik. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem kontrol saling terintegrasi dan dikontrol oleh komputer dengan tujuan keluaran (output) sistem sesuai dengan rencana dan keinginan. Untuk mempelajari sistem kontrol yang handal dalam skala kecil, maka diimplementasikanlah kontrol PID dan fuzzy logic untuk sistem kontrol kecepatan motor DC. Komunikasi modul motor DC dengan arduino mega adalah komunikasi serial, sedangkan komunikasi arduino mega dengan PC dengan jaringan ethernet (LAN). Arduino mega dijadikan sebagai pengumpul data yang dikirimkan dari modul motor DC untuk dikirimkan ke PC. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan memasukkan nilai *setpoint*, nilai K_p , K_i , K_d yang berubah-ubah dan dapat diatur melalui PC.

Kata kunci : PID, fuzzy logic, modul motor DC, arduino mega.

Abstract

The industry process now is more complicated so that become of the reason need for increased and improved system performance to support that process goes well. Therefore, the required control systems are integrated and controlled by computer with output destination system in accordance with the plan and desire. To learn about reliable control systems on a small scale, then implemented of PID and fuzzy logic control for DC motor speed control system. Media of communication DC motor module with arduino mega use the ethernet network. Arduino Mega used as data gatherer of transmitted data of DC motor module to be sent to PC. Testing carried out in this research was by inserting setpoint, K_p , K_i , and K_d value a changeable and can be set through PC.

Keywords: PID, fuzzy logic, DC motor module, arduino mega.

1. Pendahuluan

Proses di Industri yang semakin rumit menjadi alasan dasar dibutuhkan peningkatkan dan perbaikan kinerja sistem untuk mendukung proses tersebut berjalan dengan baik. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem kontrol yang dapat saling terintegrasi dan dikontrol oleh PC dengan tujuan keluaran (output) sistem sesuai dengan rencana dan keinginan. Untuk mempelajari sistem kontrol yang handal dalam skala kecil, maka diimplementasikanlah kontrol PID dan fuzzy logic untuk sistem kontrol kecepatan motor DC. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat respon sistem kontrol kecepatan motor DC.

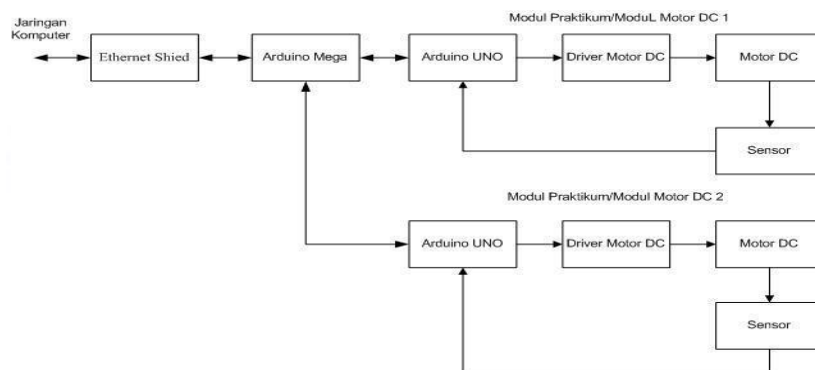
Implementasi kontrol PID dan *fuzzy logic* menggunakan modul motor DC merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya tentang aplikasi data akuisisi untuk modul kecepatan motor DC menggunakan data logger yang terkoneksi dengan jaringan. Kontroler yang digunakan dalam penelitian sebelumnya menggunakan PID dan hanya terdapat satu modul motor DC. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tidak hanya menggunakan kontrol

PID, tetapi juga menggunakan kontrol fuzzy logic untuk mengontrol kecepatan motor DC. Selain penambahan kontroler, dalam penelitian ini terdapat dua modul motor DC.

2. Perancangan Sistem

2.1 Perancangan Perangkat Keras

Input dari PC, yaitu berupa nilai setpoint, k_p , k_i , dan k_d akan diterima oleh arduino mega melalui jaringan ethernet. Input yang diterima oleh arduino mega (berupa setpoint, k_p , k_i , dan k_d) diteruskan pada modul motor DC 1, di mana modul motor DC 1 menggunakan kontroler PID. Untuk modul motor DC 2 yang menggunakan kontroler fuzzy logic, arduino mega hanya mengirimkan setpoint saja. Pada modul motor DC 1, arduino UNO akan menerima input dari arduino mega. Di dalam Arduino UNO terdapat kontroler dan sinyal PWM. Kontroler akan memberikan instruksi dalam bentuk PWM kepada motor DC, sehingga motor DC dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Sensor akan mengukur RPM output yang keluar dari motor DC kemudian diumpankan ke kontroler untuk mengoreksi kesalahan dan membawa output sistem kepada nilai yang diinginkan. Arduino UNO akan mengirimkan data berupa RPM output ke arduino mega. Fungsi arduino mega adalah sebagai pengumpul data. Setelah nilai output dari modul motor DC 1 dan motor DC 2 diterima oleh arduino mega, maka selanjutnya nilai output tersebut diteruskan ke PC untuk ditampilkan output respon sistem kontrol. Masing-masing modul praktikum atau modul motor DC memiliki diagram blok yang sama.



Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras

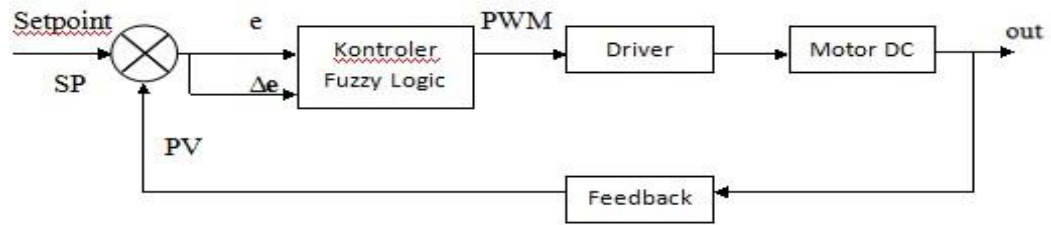
2.2 Perancangan PID^[1]

Dalam perancangan kontroler PID ini dilakukan dengan metode tuning manual atau *trial and error*. Keunggulan menggunakan metode ini adalah tidak perlu mengidentifikasi *plant*, membuat model matematis *plant*, menentukan parameter *plant* dengan grafis ataupun analitis. Metode manual atau *trial and error* adalah suatu metode dengan cara memasukkan nilai K_p , K_i , dan K_d pada formula PID sampai diperoleh hasil yang diinginkan. Langkah metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kontrol proporsional terlebih dahulu, dengan $K_i=0$, $K_d=0$. Tambahkan terus konstanta proporsional sampai keadaan stabil namun masih berosilasi, lalu set menjadi setengahnya.
2. Menentukan konstanta *derivative* untuk meredam osilasi akibat dari konstanta proporsional.
3. Tingkatkan konstanta *integrative* sampai mencapai hasil yang lebih baik, tetapi nilai K_i yang terlalu besar menyebabkan sistem tidak stabil.
4. Nilai setpoint kecepatan dan nilai batas bawah/atas/atas memberikan patokan kecepatan motor.
5. Nilai *sampling time* mempengaruhi pada perhitungan PID, terutama pada penggunaan K_i dan K_d .
6. Periksa kembali performa sistem sampai mendapatkan hasil yang diinginkan.

2.3 Perancangan Fuzzy Logic

Kontroler *fuzzy logic* dalam penelitian ini dipasang pada modul praktikum yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC. Diagram blok sistem kontrol menggunakan *fuzzy logic* secara umum dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

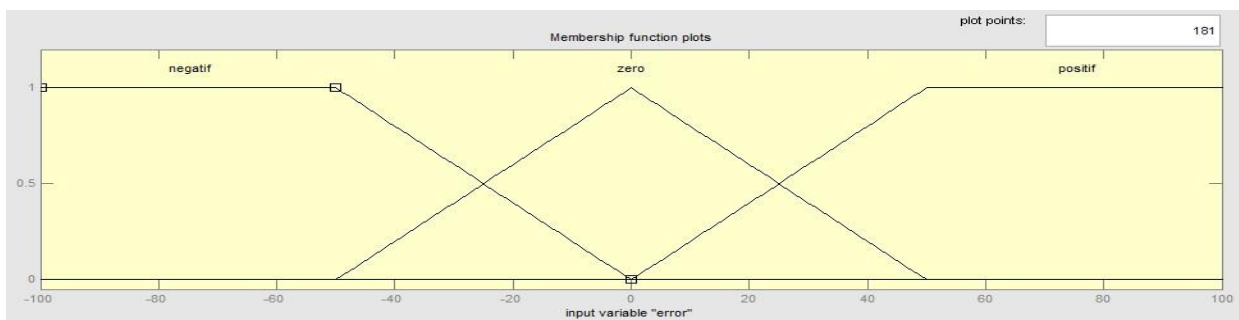


Gambar 3. Diagram Blok Sistem Kontrol dengan Fuzzy Logic

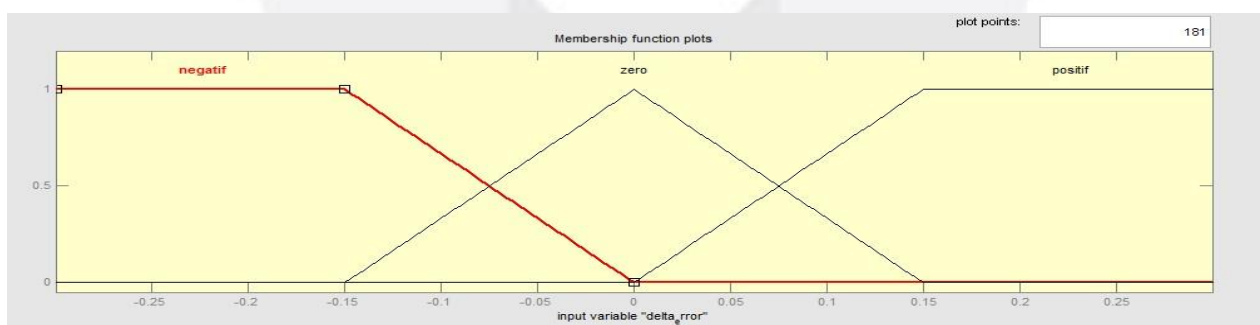
Masukan kontroler *fuzzy logic* berupa *error* (e) yang diperoleh dari hasil selisih antara set point (SP) dengan *output* kecepatan sistem (PV). Nilai delta *error* (Δe) diperoleh dari selisih antara *error* saat ini (e_2) dengan *error* sebelumnya (e_1). Sebuah output berupa nilai PWM akan mengatur pergerakan motor DC[2].

A. Fuzzifikasi

Langkah yang dilakukan pada proses *fuzzifikasi* adalah menentukan *membership function* untuk masing-masing masukan *error* dan delta *error*. Dalam *membership function*, masukan *error* dan delta *error* dibagi kedalam tiga subset yaitu N (*negative*), Z (*zero*), dan P (*positive*).

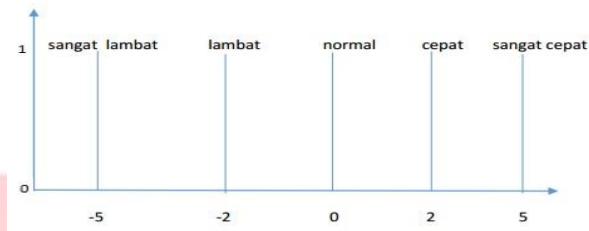


Gambar 4. Membership Function Error



Gambar 5. Membership Function Delta Error

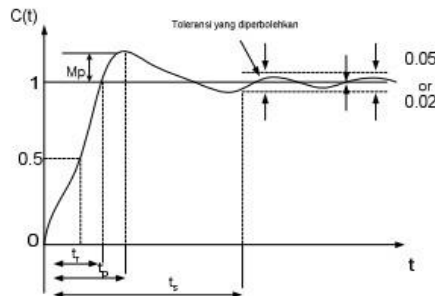
Pada penelitian ini model yang digunakan pada *membership function output* adalah model sugeno. Dengan menggunakan model sugeno, output sistem berupa single tone yang terdiri dari 5 variabel linguistik yaitu sangat lambat, lambat, normal, cepat, dan sangat cepat. Membership function output dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Membership Function Output

B. Fuzzy Inference

Fuzzy inference adalah pemetaan *membership function input* ke *membership function output*. Pemetaan ini membutuhkan sebuah *rules* atau aturan yang akan digunakan dalam mengambil keputusan. Respon transien sebagai acuan yang digunakan dalam menentukan *rule base* atau aturan *fuzzy*.



Gambar 7 Acuan Pembentukan Rule Base atau Fuzzy Rule^[3]

Acuan pembentukan rule base dari respon transien pada Gambar 3.12 dibagi ke dalam 9 area, yaitu dimulai dari R1 sampai R9. Berikut adalah aturan atau rule base yang dibuat dalam bentuk Tabel 1[4].

Tabel 1 Fuzzy Rule

Error / Δ Error	N	Z	P
N	NB	NS	PS
Z	NB	Z	PB
P	NS	PS	PB

Aturan yang terdapat pada Tabel 1 tersebut jika dijabarkan menjadi:

1. R1: if (error is P) and (delta error is N) then (OUTPUT is PS)
2. R2: if (error is N) and (delta error is N) then (OUTPUT is NB)
3. R3: if (error is N) and (delta error is P) then (OUTPUT is NS)
4. R4: if (error is Z) and (delta error is P) then (OUTPUT is PS)
5. R5: if (error is P) and (delta error is P) then (OUTPUT is PB)
6. R6: if (error is P) and (delta error is Z) then (OUTPUT is PB)
7. R7: if (error is N) and (delta error is Z) then (OUTPUT is NB)
8. R8: if (error is Z) and (delta error is N) then (OUTPUT is NS)
9. R9: if (error is Z) and (delta error is Z) then (OUTPUT is Z)

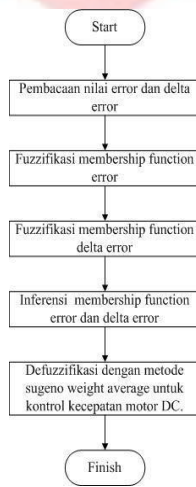
Operasi himpunan *fuzzy* dibutuhkan untuk proses inferensi. Dalam proses inferensi, yang dioperasikan adalah derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan yang didapatkan dari hasil operasi dua buah himpunan *fuzzy*. Dalam menentukan besar derajat keanggotaan pada keluaran, digunakan operasi AND untuk memilih derajat keanggotaan minimum dan operasi OR untuk memilih derajat keanggotaan maksimum.

C. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tegas berdasarkan *membership function* yang telah ditentukan. Metode *defuzzifikasi* yang digunakan adalah *metode sugeno weight average*.

$$\text{Output} = \frac{\sum_i(\text{keluaran fuzzy}) \times (\text{nilai parameter sumbu } z_i)}{\sum_i(\text{keluaran fuzzy})} \quad (1)$$

Output pada proses *defuzzifikasi* adalah hasil dari proses kontrol *fuzzy* secara keseluruhan. *Output* berupa himpunan *crisp* yang akan mengontrol system[6].

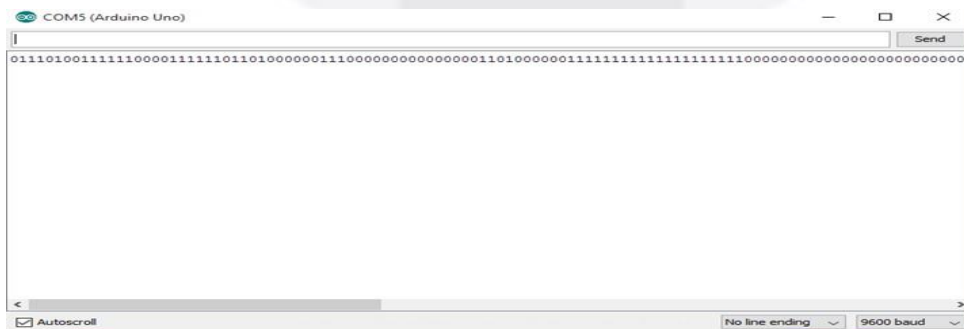


Gambar 8. Flowchart *Fuzzy Logic*

3. Pengujian Sistem dan Analisis

3.1 Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor optik pada saat membaca piringan lubang yang sudah dikopel dengan poros motor DC. Pengujian pada rotary encoder yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pada saat pembacaan optocoupler terhadap piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan.



Gambar 9. Hasil Pengujian Sensor Rotary Encoder

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Rotary Encoder

Kondisi Celah Sensor Terhalang	Kondisi Celah Sensor Tanpa Halangan
0	1

Hasil pembacaan *rotary encoder* sudah akurat. Pada saat LED sensor rotary encoder menembakkan cahaya ke piringan yang tidak berlubang, maka menghasilkan nilai 0 yang direpresentasikan sebagai 0V. Artinya phototransistor tidak menerima cahaya optik dari LED sehingga tidak ada tegangan yang menjadi inputan untuk arduino. Sedangkan pada saat LED sensor *rotary encoder* menembakkan cahaya pada lubang piringan, maka menghasilkan nilai 1 yang direpresentasikan sebagai 5V. Artinya phototransistor menerima cahaya optik dari LED.

3.2 Pengujian Motor dan Driver Motor DC

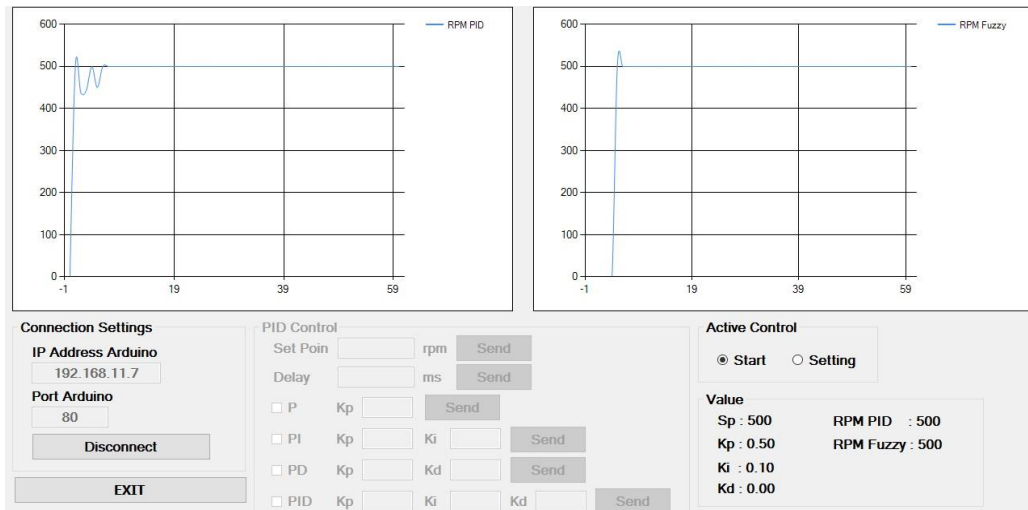
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kecepatan (RPM) output motor DC ketika diberikan nilai PWM yang berbeda-beda. Prosedur pengujian dilakukan dengan memasukkan program ke dalam arduino. Selanjutnya menghubungkan modul motor DC dengan PC

Tabel 3 Hasil Pengujian PWM

No	PWM	RPM
1	0	0
2	20	413
3	170	1196
4	200	1258
5	255	1355

3.3 Pengujian Respon Kontrol PID dan Fuzzy Logic

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui output respon sistem dengan kontrol PID dan fuzzy logic. Sistem dengan kontrol PID dan *fuzzy logic*. Prosedur pengujian dilakukan dengan memasukkan program ke dalam arduino dan visual basic.net.



Gambar 10. Hasil Output Respon dengan $K_p = 0.5$, $K_i = 0.1$, $K_d = 0$, Setpoint = 500, Delay = 1000 ms

ID	Time_Stamp	PID	Fuzzy	Setpoint	Kp	Ki	Kd	Click to Add
19177	22/08/2016 23.26.37	500	0	500	0,5	0,1	0	
19178	22/08/2016 23.26.40	438	1	500	0,5	0,1	0	
19179	22/08/2016 23.26.43	443	0	500	0,5	0,1	0	
19180	22/08/2016 23.26.46	500	0	500	0,5	0,1	0	
19181	22/08/2016 23.26.49	450	500	500	0,5	0,1	0	
19182	22/08/2016 23.26.52	500	500	500	0,5	0,1	0	
19183	22/08/2016 23.26.55	500	500	500	0,5	0,1	0	
19184	22/08/2016 23.26.58	500	500	500	0,5	0,1	0	
19185	22/08/2016 23.27.01	500	500	500	0,5	0,1	0	
19186	22/08/2016 23.27.04	500	500	500	0,5	0,1	0	
19187	22/08/2016 23.27.07	500	500	500	0,5	0,1	0	
19188	22/08/2016 23.27.10	500	500	500	0,5	0,1	0	
19189	22/08/2016 23.27.13	500	500	500	0,5	0,1	0	
19190	22/08/2016 23.27.16	500	500	500	0,5	0,1	0	
19191	22/08/2016 23.27.19	500	500	500	0,5	0,1	0	
19192	22/08/2016 23.27.22	500	500	500	0,5	0,1	0	
19193	22/08/2016 23.27.25	500	500	500	0,5	0,1	0	
19194	22/08/2016 23.27.28	500	500	500	0,5	0,1	0	
19195	22/08/2016 23.27.31	500	500	500	0,5	0,1	0	
19196	22/08/2016 23.27.34	500	500	500	0,5	0,1	0	
19197	22/08/2016 23.27.37	500	500	500	0,5	0,1	0	
19198	22/08/2016 23.27.40	500	500	500	0,5	0,1	0	
19199	22/08/2016 23.27.43	500	500	500	0,5	0,1	0	
19200	22/08/2016 23.27.46	500	500	500	0,5	0,1	0	
19201	22/08/2016 23.27.49	500	500	500	0,5	0,1	0	

Gambar 11. Database Pengujian dengan $K_p = 0.5$, $K_i = 0.1$, $K_d = 0$, Setpoint = 500, Delay = 1000 ms

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa saat diberikan setpoint sebesar 500, respon output PID mengalami osilasi sebelum mencapai stabil. Pada Respon output yang PID sangat cepat untuk mencapai stabil yaitu 500 RPM. Sedangkan pada respon output *fuzzy logic* baru mencapai stabil pada detik ke-15 yaitu 500 RPM.

4 Kesimpulan

1. Dengan memberi nilai $K_p = 0.5$, $K_i = 0.1$, dan $K_d = 0$ sudah mampu membuat respon output PID cepat untuk mencapai kestabilan dibandingkan respon output *fuzzy logic*.
2. Dari pengujian sensor rotary encoder, ketepatan sensor optik pada saat membaca piringan lubang sudah akurat.
3. Dengan penentuan *rule base* yang dibagi ke dalam 9 area dan output yang dibagi ke dalam 5 variabel linguistik pada *fuzzy logic* sudah mampu untuk mencapai output respon yang stabil (sesuai dengan setpoint yang diberikan)

4. Pengiriman data antara modul motor DC dengan arduino mega sudah berhasil. Hal ini dibuktikan dengan data output (RPM) dari masing-masing modul motor DC sudah terbaca di PC yang direpresentasikan dalam bentuk grafik.

Daftar Pustaka:

- [1] Fahmizal. *Robot Wall Follower dengan Kendali PID*. [Online] available at: <http://fahmizaleeits.wordpress.com/category/kuliah-kontrol/pid-kontrol/> [Accessed 15 December 2015]
- [2] Tianur. Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Metode PID-Fuzzy, PENS.
- [3] Christianto, Peter. Makalah Seminar Tugas Akhir. Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Adaptive Fuzzy Logic Controller Metode Tuning Output. Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [4] Jamaluddin, S, dan Aries, S. Disain dan Implementasi Pengendali Fuzzy Berbasis Diagram Ladder PLC Mitsubishi Q02HCPU pada Sistem Motor Induksi. <http://www.ee.ui.ac.id/online/semntafull/20120710150308-sm7723-tp4-SyarifJama-JOURNAL.pdf>, Departemen Elektro-Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [5] Febrianto, Vincentius Nyorendra. Aplikasi Kontrol PID untuk Pengaturan Putaran Motor DC pada Alat Pengepres Adonan Roti (Screw Conveyor). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [6] Wahyudi., Iwan Setiawan & Martina, N. (2007). Aplikasi FIS Model Sugeno pada Pengendalian Valve untuk Mengatur Tinggi Level Air. Vol 28, No 2, <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/2144>