

Implementasi Kendali Logika Fuzzy pada Pengendalian Kecepatan Motor DC Berbasis Programmable Logic Controller

Thiang, Resmana, Fengky Setiono

Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya – Indonesia
Telp : (031) 8439040, fax : (031) 8436418
E-mail : thiang@petra.ac.id, resmana@petra.ac.id

Abstrak

Pada umumnya, sistem kendali logika fuzzy diimplementasikan dengan menggunakan komputer atau mikrokontroler. Pada makalah ini disajikan implementasi sistem kendali logika fuzzy dengan menggunakan programmable logic controller (PLC). Sistem yang akan dikendalikan adalah motor DC dan PLC yang digunakan adalah PLC Omron C200HG dengan tambahan spesial I/O unit yaitu Fuzzy Logic Unit FZ001 dan Analog I/O Unit.

Motor DC dikopelkan pada sebuah generator DC. Sebagai beban dan gangguan untuk generator digunakan bola lampu DC variabel. Ada dua hal yang dikendalikan secara fuzzy yaitu pengaturan kecepatan putaran motor dan pengaturan tegangan output generator. Untuk eksitasi tegangan jangkar motor DC digunakan teknik Pulse Width Modulation (PWM). Feedback untuk sistem kendali kecepatan putaran motor adalah frekuensi sinyal dari tachometer yang diubah menjadi tegangan. Feedback untuk sistem kendali tegangan generator diambil dari tegangan output generator.

Sinyal error dan perubahan error dipilih sebagai input dari sistem fuzzy, sedangkan output fuzzy adalah perubahan tegangan motor dc. Masing-masing membership function untuk input dan output fuzzy mempunyai 5 label dan jumlah fuzzy if-then rule yang digunakan sebanyak 25 buah. Desain membership function dan rule berdasarkan pada pendekatan respon sistem kontrol ber-feedback. Proses fuzzy inference dilakukan oleh Fuzzy Logic Unit FZ001.

Percobaan dilakukan dengan memberikan setting-point fungsi step untuk berbagai variasi beban serta pemberian gangguan. Pengujian dilakukan untuk melihat respons sistem pada pengendalian putaran motor maupun pada pengendalian tegangan output generator. Output respon sistem menunjukkan hasil yang cukup cepat dengan kehadiran gangguan. Pengembangan kendali fuzzy menggunakan PLC sangat cepat dan relatif mudah untuk dibuat karena modul fuzzy logic telah tersedia.

KATA KUNCI : Kendali Logika Fuzzy, Programmable Logic Controller (PLC), Motor-Generator

1. Pendahuluan

Penggunaan teknik kendali logika fuzzy telah cukup meluas pada berbagai aplikasi mulai dari kendali proses industri, kendali robot, elektronika rumah tangga, elektronika medika dan lain-lain. Tetapi sebagian besar implementasinya hanya terbatas pada komputer atau mikrokontroler. Karena itu dilakukan penelitian implementasi kendali logika fuzzy dengan menggunakan PLC. Sangat diharapkan melalui penelitian ini dapat diperkenalkan penggunaan teknik kendali logika fuzzy dalam sistem kendali di industri dengan berbasis PLC. Dalam makalah ini disajikan pengembangan sistem kendali logika fuzzy untuk pengendalian kecepatan putaran motor DC dengan berbasis PLC. Implementasi kendali logika fuzzy berbasis PLC menjadi mudah dilakukan dengan tersedianya modul-modul fuzzy bagi PLC dan modul-modul tersebut sangat membantu dalam mempersingkat waktu yang

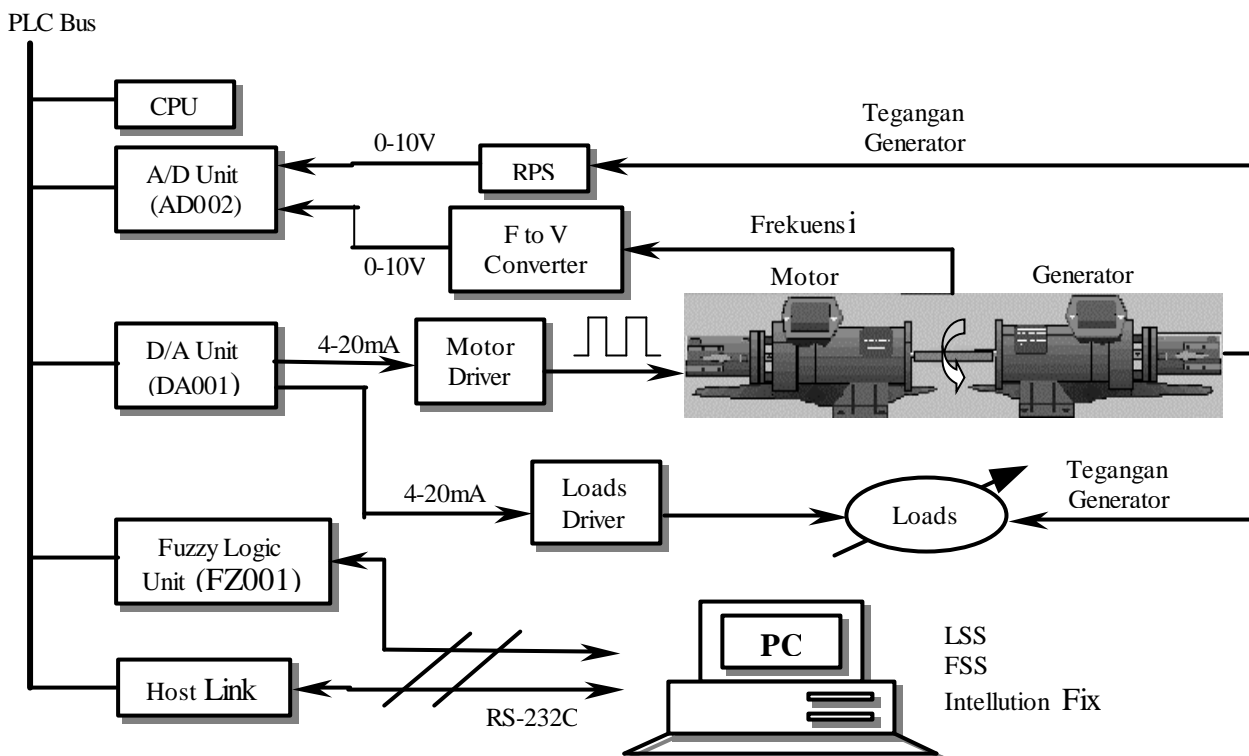
diperlukan untuk pengembangan sistem kendali logika fuzzy berbasis PLC

2. Deskripsi Sistem Kendali

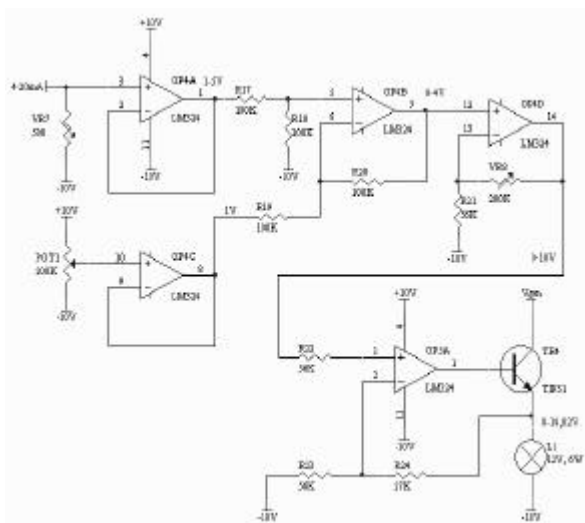
Perancangan sistem kendali kecepatan putaran motor DC ini dibagi atas dua bagian yang saling berkaitan satu dengan lainnya, yaitu perencanaan perangkat keras dan perencanaan kendali logika fuzzy. Gambar 1 memperlihatkan blok diagram sistem kendali kecepatan putaran motor servo DC.

2.1 Perangkat Keras Sistem

Plant sistem terdiri dari sebuah motor servo DC yang dikopelkan langsung ke sebuah generator DC. Putaran motor menyebabkan timbul tegangan pada generator. Sebagai beban untuk generat or digunakan 6 buah lampu DC 12V/6W.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali Kecepatan Motor Servo DC

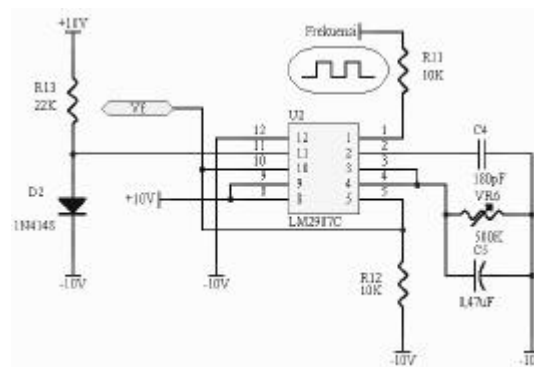


Gambar 2. Rangkaian Driver Beban

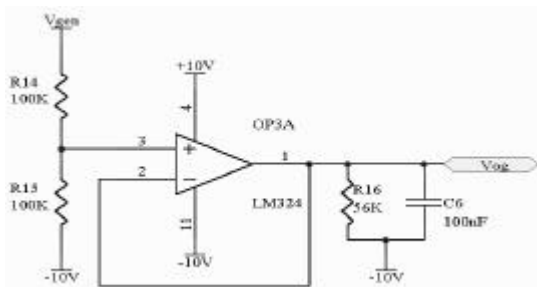
Besar tegangan lampu DC diatur melalui suatu rangkaian driver sehingga menghasilkan beban yang variabel bagi generator. Gambar 2 menunjukkan rangkaian driver beban. Rangkaian ini mendapat input dari PLC melalui Analog Output Unit (DA001).

Dalam sistem ini ada dua hal yang dikendalikan yaitu kendali kecepatan motor dan kendali tegangan output generator, sehingga ada dua parameter yang digunakan sebagai input feedback pada PLC. Parameter pertama adalah

frekuensi sinyal dari tachometer yang menunjukkan kecepatan motor. Besaran frekuensi ini diubah menjadi tegangan dengan menggunakan rangkaian pengubah frekuensi ke tegangan kemudian diinputkan pada PLC melalui Analog Input Unit (AD002 unit). Rangkaian pengubah frekuensi menjadi tegangan dapat dilihat pada gambar 3. Parameter kedua adalah tegangan output generator. Suatu rangkaian pengkondisi sinyal ditambahkan untuk menurunkan tegangan output generator agar sesuai dengan range tegangan Analog input. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.

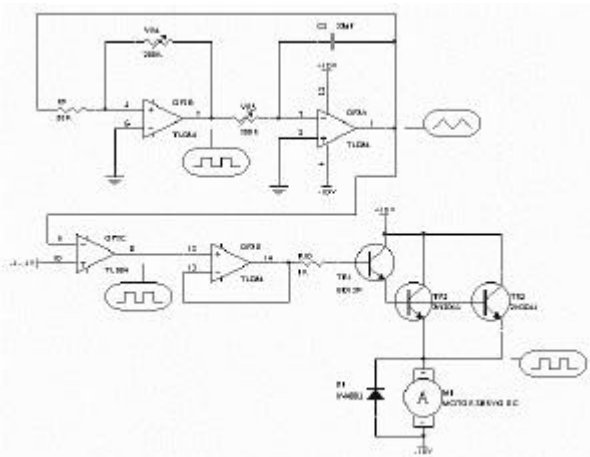


Gambar 3. Rangkaian Pengubah Frekuensi Menjadi Tegangan



Gambar 4. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Tegangan Generator

Gambar 5 menunjukkan rangkaian driver motor. Rangkaian ini dibuat dengan metode *Pulse Width Modulation* (PWM), yaitu dengan mengatur *duty cycle* dari pulsa yang diberikan ke motor. Semakin besar *duty cycle* pulsa yang diberikan ke motor maka semakin cepat putaran motor. Suatu rangkaian ditambahkan untuk mengubah output analog PLC (DA001 unit) yang berupa arus 4 – 20 mA menjadi tegangan -5 - 5 volt. Tegangan ini yang menjadi input bagi rangkaian driver motor.



Gambar 5. Rangkaian Driver Motor

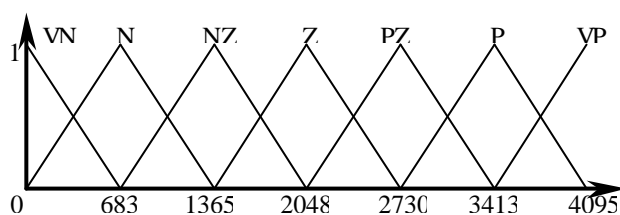
2.2 Desain Kendali Logika Fuzzy

Pertama akan didesain *knowledge base* yaitu input dan output membership function serta fuzzy if-then rule untuk fuzzy logic unit. Pembuatan *knowledge base* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak yaitu Fuzzy Support Software (FSS). Perangkat lunak ini dioperasikan pada PC dan kemudian ditransfer ke Fuzzy Logic Unit melalui COM1 dengan *baud rate* 9.600 bps.

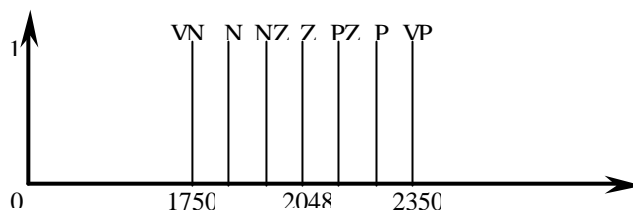
Pada sistem ini ditentukan dua crisp input yaitu error dan perubahan error baik untuk kendali kecepatan motor maupun kendali tegangan generator. Sedangkan crisp output

adalah perubahan level *duty cycle* PWM. Bentuk input dan output membership function untuk kendali kecepatan motor dan kendali tegangan output generator dibuat sama. Gambar 6 dan 7 menunjukkan membership function untuk input dan output yang didesain. Pada desain awal ini masing-masing membership function mempunyai 7 label.

Pembuatan fuzzy if-then rule diekstrak berdasarkan kemampuan manusia dalam mengendalikan suatu sistem kendali dengan pendekatan unjuk kerja kendali ber-feedback. Fuzzy if-then rule untuk kendali kecepatan motor dan kendali tegangan output generator dibuat sama dan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 6. Membership Function untuk Input Error dan Input Perubahan Error



Gambar 7. Membership Function untuk Output Perubahan Level Duty Cycle

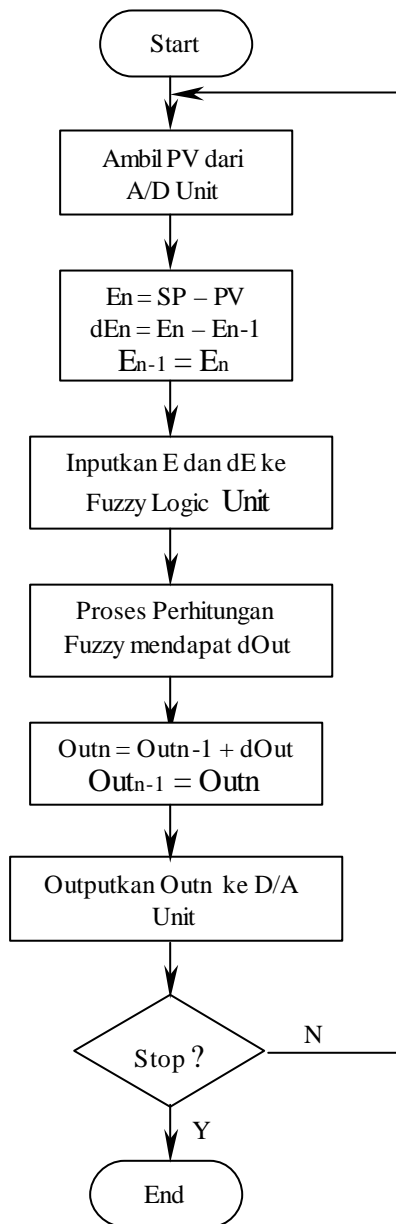
| | | Err | | | | | | |
|------------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| | | VN | N | NZ | Z | PZ | P | VP |
| DE _{xx} | VN | VN | VN | VN | VN | N | NZ | Z |
| | N | VN | VN | VN | N | NZ | Z | PZ |
| | NZ | VN | VN | N | NZ | Z | PZ | P |
| | Z | VN | N | NZ | Z | PZ | P | VP |
| | PZ | N | NZ | Z | PZ | P | VP | VP |
| | P | NZ | Z | PZ | P | VP | VP | VP |
| | VP | Z | PZ | P | VP | VP | VP | VP |

Gambar 8. Matrik Fuzzy If -Then Rule

Algoritma kendali logika fuzzy untuk kendali kecepatan motor dan kendali tegangan generator dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Mengambil data pembacaan dari sensor melalui A/D Unit (AD002).
- Menghitung crisp input error dan perubahan error dimana error adalah selisih setting point dengan nilai aktual dan perubahan error adalah selisih error sekarang dengan error sebelumnya.

- Memasukkan harga error dan perubahan error sebagai input proses perhitungan fuzzy.
- Menjalankan proses perhitungan fuzzy.
- Mengambil output dari perhitungan fuzzy kemudian dioutputkan ke D/A Unit (DA001).
 Diagram alir dari Algoritma tersebut dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Kendali Logika Fuzzy dengan Fuzzy Logic Unit (FZ001)

3. Hasil-hasil Percobaan

Ada 3 macam pengujian yang dilakukan untuk menguji sistem yang telah didesain yaitu :

1. Pengujian sistem terhadap variasi setting point (SP).
2. Pengujian sistem terhadap variasi beban.

3. Pengujian sistem terhadap gangguan (disturbance).

Data hasil pengujian diambil dengan bantuan software SCADA yaitu *Intellution Fix Software* ini berjalan di personal computer dan berkomunikasi dengan PLC melalui serial port.

3.1 Pengujian Sistem terhadap Variasi Setting Point.

Dalam pengujian ini, untuk kendali kecepatan motor diambil 3 macam variasi *setting point* (SP) yaitu 300 rpm, 400 rpm dan 500 rpm. Sedangkan untuk kendali tegangan output generator diambil setting point 6V, 7V dan 8V. Gambar 10 dan 11 menunjukkan respon sistem terhadap variasi setting point. 300 rpm, 400 rpm, 500 rpm.

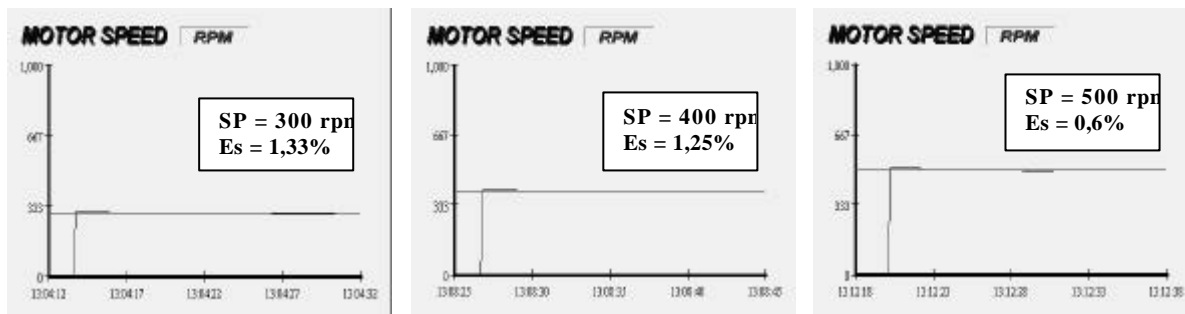
Baik untuk sistem kendali kecepatan motor dan kendali tegangan output generator, grafik respon sistem menunjukkan bahwa *settling time* (ts) untuk setiap SP sama cepat karena tidak ada perbedaan yang menyolok dan *steady state error* (Es) untuk setiap SP juga tidak jauh berbeda antara satu dengan yang lainnya.

3.2 Pengujian Sistem terhadap Variasi Beban.

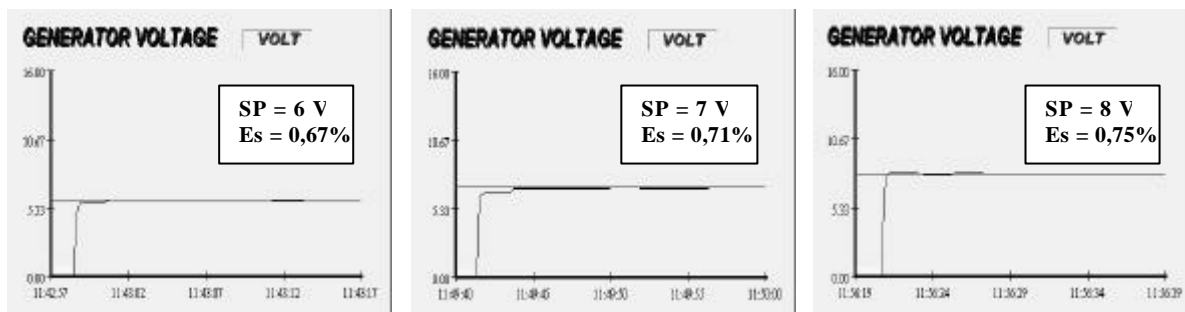
Dalam pengujian ini, untuk kendali kecepatan motor diambil 3 macam beban yang diberikan kepada sistem dan dilihat respon sistem dengan SP yang sama terhadap pembebanan tersebut. Beban yang diberikan berupa sejumlah lampu yang menyala dengan tegangan tertentu yang dibebankan ke generator. Dengan bertambahnya beban yang ada maka torsi untuk pemutaran motor menjadi bertambah besar. Gambar 12 menunjukkan grafik-grafik respon sistem terhadap pembebanan yang diberikan.

Grafik-grafik respon sistem terhadap pembebanan menunjukkan bahwa *Settling Time* (ts) untuk pengujian dengan variasi beban (1 lampu, 2 lampu, 3 lampu) hampir sama cepatnya. *Steady state error* (Es) untuk setiap beban yang diberikan tidaklah jauh berbeda atau hampir sama. Sehingga dapat dikatakan sistem kendali memiliki respon yang baik.

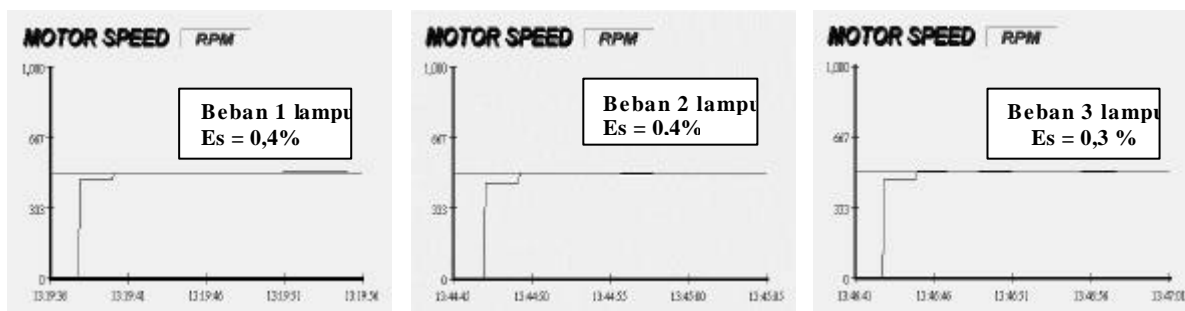
Untuk kendali tegangan output generator, 3 macam beban diujikan pada sistem yaitu 1 lampu, 2 lampu dan 3 lampu dengan SP untuk setiap pengujian adalah sama yaitu 8V. Grafik-grafik hasil pengujian terhadap variasi beban dapat dilihat pada gambar 13.



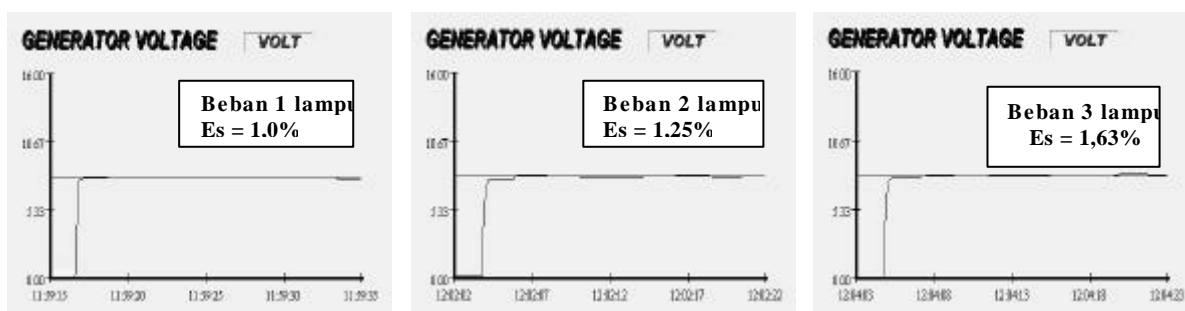
Gambar 10. Respon Sistem Kendali Kecepatan Motor terhadap Variasi Setting Point



Gambar 11. Respon Sistem Kendali Tegangan Output Generator terhadap Variasi Setting Point



Gambar 12. Respon Sistem Kendali Kecepatan Motor terhadap Variasi Beban Lampu

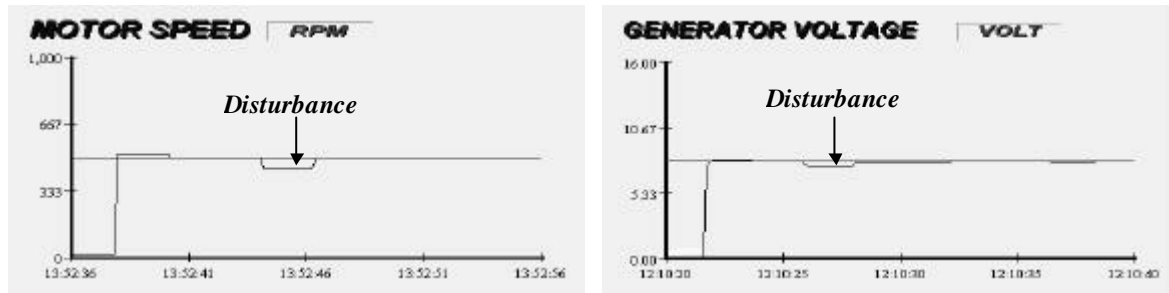


Gambar 13. Respon Sistem Kendali Tegangan Output Generator terhadap Variasi Beban

Dari grafik -grafik respon sistem terhadap variasi pembebanan tersebut menunjukkan bahwa *Settling time* (ts) untuk setiap pembebanan yang diberikan hampir sama cepatnya. *Steady state error* (Es) untuk setiap penambahan beban bertambah besar namun masih tetap relatif kecil.

3.3 Pengujian Sistem terhadap Gangguan (Disturbance)

Pemberian gangguan (disturbance) dilakukan dengan jalan memberikan beban secara tiba-tiba pada waktu sistem telah mencapai keadaan *steady state*.



Gambar 14. Respon Sistem terhadap Pemberian Gangguan

Respon sistem terhadap pemberian gangguan dapat dilihat pada gambar 14. Terlihat bahwa sistem baik sistem kendali kecepatan motor maupun sistem kendali tegangan output generator mempunyai respon cukup baik dalam mengatasi gangguan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan percobaan yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu dicatat dan diambil sebagai kesimpulan antara lain :

- Implementasi teknik kendali logika fuzzy dengan menggunakan PLC relatif mudah dilakukan dengan bantuan modul -modul fuzzy dan modul tersebut sangat membantu dalam mempersingkat waktu perancangan sistem kendali.
- Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kendali logika fuzzy mampu mengatasi gangguan dengan baik dan mempunyai respon yang cepat.
- Dari penelitian dan eksperimen dilakukan, penggunaan PLC dalam industri tidak terbatas pada proses-proses sekuensial tetapi dapat dikembangkan sampai penerapan sistem

kendali yang lebih kompleks khususnya kendali logika fuzzy.

5. Daftar Pustaka

- [1] Klir, George J, "Fuzzy Sets and Fuzzy Logics: Theory and Applications", NJ: Prentice Hall, 1995.
- [2] Jamsihidi, M., "Fuzzy Logic and Control", New Jersey: Prentice -Hall, 1993.
- [3] "C200HG Operation Manual", Omron Co., Ltd., Juni 1996.
- [4] "SYSMAC C200H-FZ001 Fuzzy Logic Unit Operation Manual", Omron Co., Ltd., Juni 1993.
- [5] "SYSMAC C200H/C200HS C200H AD002/DA002 Analog I/O Units Operation Guide", Omron Co., Ltd., September 1995.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada rekan-rekan laboratorium Sistem Kontrol dan teman-teman dosen Jurusan Teknik Elektro atas dukungan yang telah diberikan sehingga penelitian ini bisa terlaksana.