

## **SISTEM PENGEMBANGAN KENDALI LOGIKA FUZZY BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER**

Thiang, Felix Pasila, Junaedi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya

Telp : (031) 8439040, 8494830-31 ext. 1354, 1361 Fax : (031) 8436418

Email : thiang@petra.ac.id, felix@petra.ac.id

### **Abstrak**

*Makalah ini menyajikan suatu sistem pengembangan kendali logika fuzzy yang berbasis pada PLC. Sistem ini dikembangkan dengan bantuan mikrokontroler MCS51 dan dapat diimplementasikan pada PLC Omron tipe C2xxH seperti C28H, C40H, C200H dan sebagainya.*

*Sistem ini terdiri dari perangkat lunak yang berjalan di personal komputer (PC) dan perangkat keras minimum sistem mikrokontroler MCS51 yang berfungsi membantu PLC melakukan proses fuzzy inference yang meliputi fuzzifikasi, evaluasi rule (fuzzy reasoning) dan defuzzifikasi. Mikrokontroler MCS51 mengambil parameter-parameter dari PLC, melakukan proses fuzzy inference kemudian mengirimkan kembali parameter-parameter output hasil fuzzy inference ke PLC. Fasilitas yang tersedia dalam perangkat lunak sistem meliputi perancangan sistem fuzzy (membership function dan fuzzy if-then rule), evaluasi kendali, download database dari sistem fuzzy.*

*Sistem ini telah diuji dengan menerapkan pada sebuah plant pengaturan kecepatan motor DC berbasis PLC. Dari hasil pengujian, sistem memberikan respon yang cukup baik dengan waktu akses untuk satu siklus lebih kurang 127,65ms. Sangat diharapkan sistem ini dapat memberikan kontribusi yang positif bagi pengembangan sistem kendali logika fuzzy berbasis PLC.*

*Kata Kunci : Programmable Logic Controller, Mikrokontroler MCS51, Fuzzy Inference*

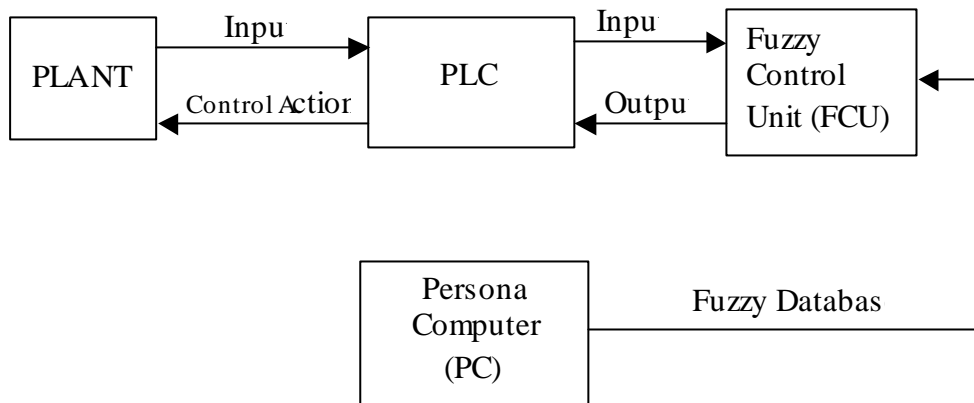
### **1. Pendahuluan**

Penggunaan programmable logic controller (PLC) telah demikian luas dalam industri dan sebagian besar digunakan untuk mengontrol proses-proses sekuensial. Implementasi metoda kontrol seperti PID, kendali logika fuzzy dan lain-lain pada PLC memerlukan modul-modul khusus dan itu menghabiskan biaya yang cukup banyak. Karena itu dalam makalah ini disajikan suatu sistem pengembangan kendali logika fuzzy berbasis PLC (PetraFuzPLC – Petra Fuzzy Development System for PLC) yang dikembangkan oleh laboratorium Sistem Kendali, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra. Sistem ini dikembangkan dengan bantuan mikrokontroler MCS51 sebagai Fuzzy Control Unit (FCU). FCU berfungsi membantu PLC melakukan proses fuzzy inference. Sistem ini sendiri merupakan pengembangan lanjutan dari sistem yang sama yang telah dikembangkan sebelumnya yaitu PetraFuz yang berbasis mikrokontroler MCS51.

Pembuatan sistem ini bertujuan untuk menyediakan modul pengembangan kendali logika fuzzy berbasis PLC. Tetapi sistem ini masih terbatas hanya pada PLC Omron dengan tipe C2xxH seperti C20H, C28H, C40H, C60H, C200H. Keterbatasan ini disebabkan karena adanya perbedaan protokol komunikasi. Tentunya sangat diharapkan sistem ini dapat memberikan kontribusi positif bagi masyarakat sistem kendali untuk mengembangkan berbagai aplikasi kendali logika fuzzy berbasis PLC.

### **2. Deskripsi Sistem PetraFuzPLC**

Inti dari sistem ini adalah FCU yang bertugas untuk membantu PLC melakukan proses fuzzy inference dan sistem program PetraFuz51 yang beroperasi di komputer (PC). Blok diagram secara keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Dalam FCU tersedia suatu routine fuzzy kernel yang akan mengambil parameter dari PLC, melakukan proses fuzzy inference meliputi fuzzifikasi, evaluasi rule (fuzzy reasoning), defuzzifikasi kemudian mengirimkan kembali parameter output hasil fuzzy inference ke PLC.

Komunikasi antara FCU dengan PLC dan FCU dengan PC dilakukan melalui komunikasi serial RS232 yang tersedia di PLC dan PC. Protokol komunikasi yang digunakan untuk FCU dengan PLC adalah protokol host link unit PLC. FCU dibangun menggunakan dua mikrokontroler yaitu AT89C51 dan AT89C2051. Sebagai mikrokontroler utama adalah AT89C51 sedangkan mikrokontroler AT89C2051 digunakan untuk membangun serial port yang kedua karena FCU membutuhkan dua serial port sedangkan mikrokontroler AT89C51 hanya mempunyai satu serial port.

Program PetraFuz51 pada PC menyediakan beberapa fasilitas yaitu perancangan input dan output membership function (MF), perancangan fuzzy rule, fuzzy logic evaluator, fasilitas untuk download fuzzy database berupa membership function dan fuzzy rule ke FCU. Program PetraFuz51 dibuat dengan bahasa program Delphi V.3 berbasis windows dengan kemampuan user interface secara grafis.

Secara umum penggunaan PetraFuzPLC dapat dibagi atas tahap-tahap berikut yaitu tahap pertama mendisain fuzzy knowledge base meliputi perancangan input dan output fuzzy (maksimum 5 input dan 3 output) beserta membership functionnya dan perancangan fuzzy files. Tahap kedua download fuzzy database ke FCU. Tahap ketiga membuat user program untuk PLC dalam bentuk ladder diagram. Program ini adalah program untuk akses data dari I/O interface baik analog maupun digital sesuai dengan sistem kendali yang dirancang, menghitung nilai crisp input, menjalankan routine program untuk proses fuzzy inference dengan cara memberikan flag start bit, mengambil data hasil fuzzy inference. Pembuatan user program harus memperhatikan penggunaan lokasi memori dalam PLC oleh routine fuzzy kernel. Tabel 1 menunjukkan lokasi memori yang digunakan dalam routine fuzzy kernel. Nilai n adalah nomor mesin dari FCU. Nomor mesin ini dapat diset pada FCU dengan mengubah dip switch yang ada di FCU. Contoh perhitungan, bila  $n = 2$  maka lokasi memori yang digunakan adalah IR 120 dan IR 121. IR 120 berisikan alamat awal dari data input dan output bagi proses fuzzy inference.

Tabel 1. Alokasi memori PLC untuk Fuzzy kernel

IR Word	Bit	Fungsi
In0	00 – 11	Awal alamat data input dan out, terdiri dari 3 digit BCD pada daerah DM.
	12 – 14	Tidak digunakan
	15	Start bit proses
In1	00	Flag perhitungan Fuzzy telah selesai
	01 – 15	Tidak digunakan

Bila diinginkan alamat awal data ada di DM1000 maka IR120 harus disikan dengan data 1000. Dengan demikian maka crisp input pertama di lokasi DM1000, crisp input kedua di lokasi DM1001, crisp input ketiga di lokasi DM1002 dan seterusnya. Crisp output pertama di DM1005, crisp output kedua di DM1006 dan seterusnya. Bit 15 pada IR120 merupakan flag untuk start proses fuzzy inference sedangkan bit 0 pada IR121 merupakan flag proses fuzzy inference telah selesai.

Pengujian kecepatan proses juga telah dilakukan dan tabel hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2. Percobaan dilakukan 10 kali dan didapatkan rata-rata satu siklus proses membutuhkan waktu 127,65 ms. Waktu ini cukup besar tetapi sesungguhnya sebagian besar waktu ini digunakan komunikasi dan transfer data. Waktu sesungguhnya untuk satu kali proses fuzzy inference adalah 7 ms.

Tabel 2. Percobaan Pengujian Waktu Akses

Percobaan	DM0001	Waktu satu siklus
1	257	128,5 ms
2	255	127,5 ms
3	252	126 ms
4	258	129 ms
5	255	127,5 ms
6	257	128,5 ms
7	252	126 ms
8	254	127 ms
9	255	127,5 ms
10	258	129 ms

Secara umum kemampuan sistem adalah sebagai berikut:

- Max. 5 Input
- Max. 3 Output
- 8 Membership Functions per Input
- 8 Membership Functions per Output
- 1024 if-then Rule

### 3. Implementasi PetraFuzPLC pada pengaturan kecepatan motor DC

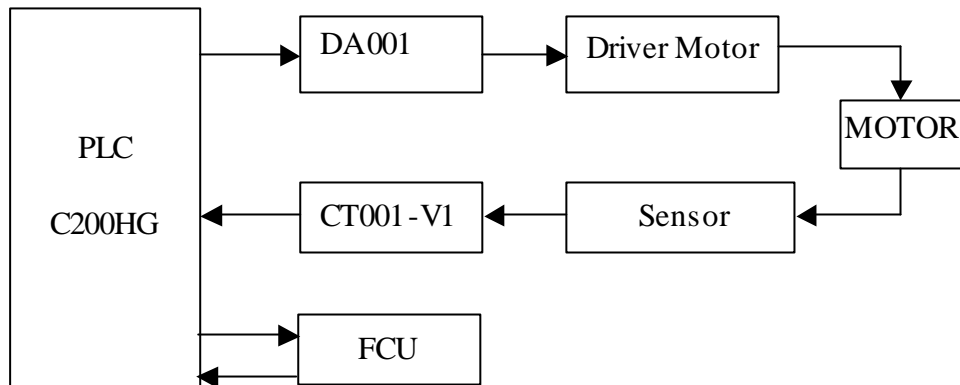
Sebagai contoh penggunaan sistem PetraFuzPLC maka dicoba mengimplementasikan sistem ini pada pengaturan kecepatan motor DC. Dipilihnya plant ini karena plant ini membutuhkan respon yang cukup cepat.

#### 3.1 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

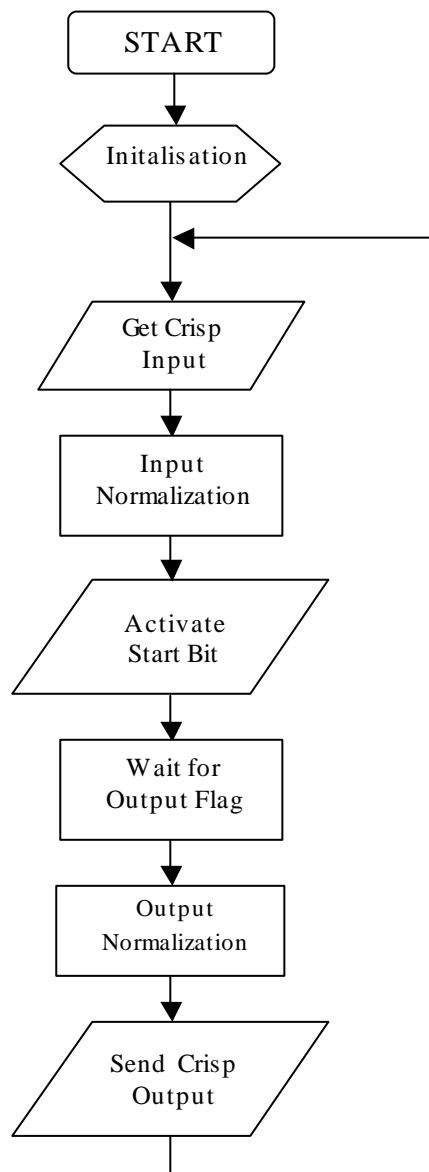
Blok diagram pengaturan kecepatan motor DC dapat dilihat pada gambar 2. Motor yang digunakan adalah motor DC 6 volt. PLC yang digunakan adalah PLC C200HG. Sebagai sensor kecepatan motor digunakan encoder yang outputnya berupa pulsa dengan jumlah pulsa yang konstan per putaran. Output encoder diteruskan ke high speed counter unit dari PLC yang akan menghitung kecepatan motor. Data ini akan diolah oleh PLC dengan bantuan FCU sehingga didapatkan output untuk mengatur kecepatan motor. Pengaturan kecepatan motor dilakukan dengan sederhana yaitu dengan mengatur tegangan dari motor DC.

Diagram alir user program ladder PLC dapat dilihat pada gambar 3. Langkah pertama dalam user program adalah menghitung nilai crisp input sekaligus menormalisasi nilai tersebut menjadi data 8 bit. Hal ini perlu dilakukan karena FCU bekerja dalam format data 8 bit sedangkan PLC dalam format data 16 bit. Data crisp input ini akan disimpan pada lokasi memori DM sesuai dengan setting yang telah ditentukan. Selanjutnya user program akan mengaktifkan flag untuk start bit agar FCU segera melakukan proses fuzzy inference. Setelah mendapatkan flag dari FCU yang menyatakan

proses fuzzy inference telah selesai, maka user program mengambil data output hasil fuzzy inference kemudian menormalisasikan kembali ke format data 16 bit. Data ini kemudian akan dioutputkan ke interface yang mengatur kecepatan motor.



Gambar 2. Blok Diagram Pengaturan Kecepatan Motor DC



Gambar 3. Diagram Alir User Program Ladder PLC

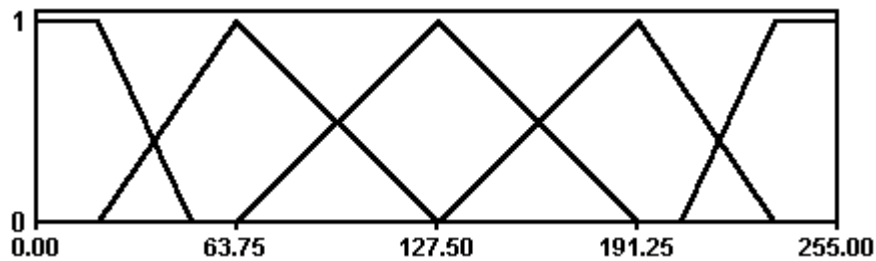
### 3.2 Disain Sistem Kendali Logika Fuzzy

Dalam sistem ini, sebagai crisp input dari sistem adalah error kecepatan motor DC dan delta\_error kecepatan motor DC. Error dan delta\_error kecepatan motor DC didefinisikan dengan perumusan berikut :

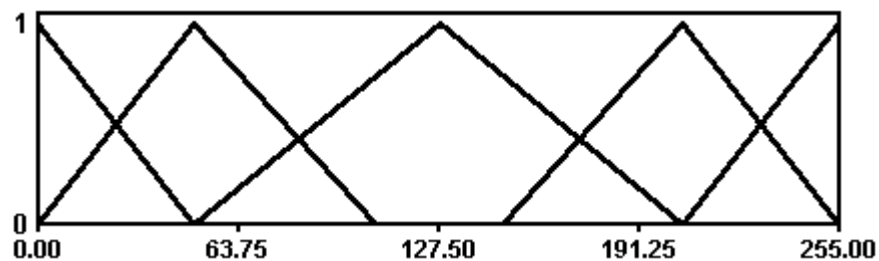
$$Error = PV - SP \quad (1)$$

$$Delta\_error = Error(n) - Error(n-1) \quad (2)$$

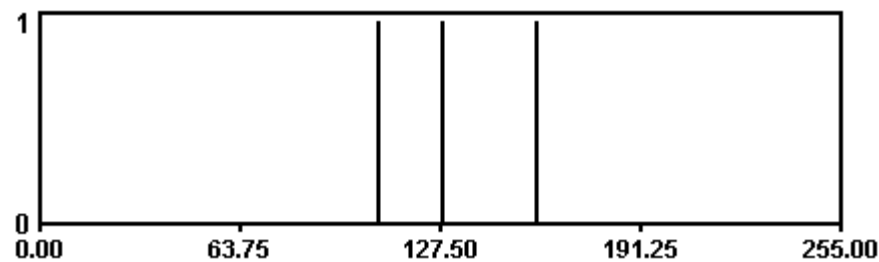
Error didefinisikan sebagai perbedaan kecepatan motor yang diinginkan dengan kecepatan motor aktual yang didapatkan dengan mengurangi set point (SP) dengan present value (PV). Nilai e positif berarti kecepatan motor aktual kurang dari kecepatan motor yang diinginkan. Nilai error negatif berarti kecepatan motor aktual lebih dari kecepatan motor yang diinginkan. Delta\_error didefinisikan sebagai selisih antara error sekarang (Error(n)) dan error sebelumnya (Error(n-1)).



Gambar 4. Membership Function Input Error



Gambar 5. Membership Function Input Delta\_error



Gambar 6. Membership Function Output Perubahan Kecepatan Motor

Sebagai crisp output adalah perubahan kecepatan motor. Bila output bernilai positif maka kecepatan motor akan ditambah, bila output bernilai negatif maka kecepatan motor akan dikurangi.

Membership function untuk masing-masing crisp input dan crisp output dapat dilihat pada gambar 4 sampai gambar 6. Membership function untuk input error, input delta\_error dan output perubahan kecepatan motor mempunyai 5 label yaitu negative big (NB), negative small (NS), zero (Z), positive small (PS) dan positive big (PB).

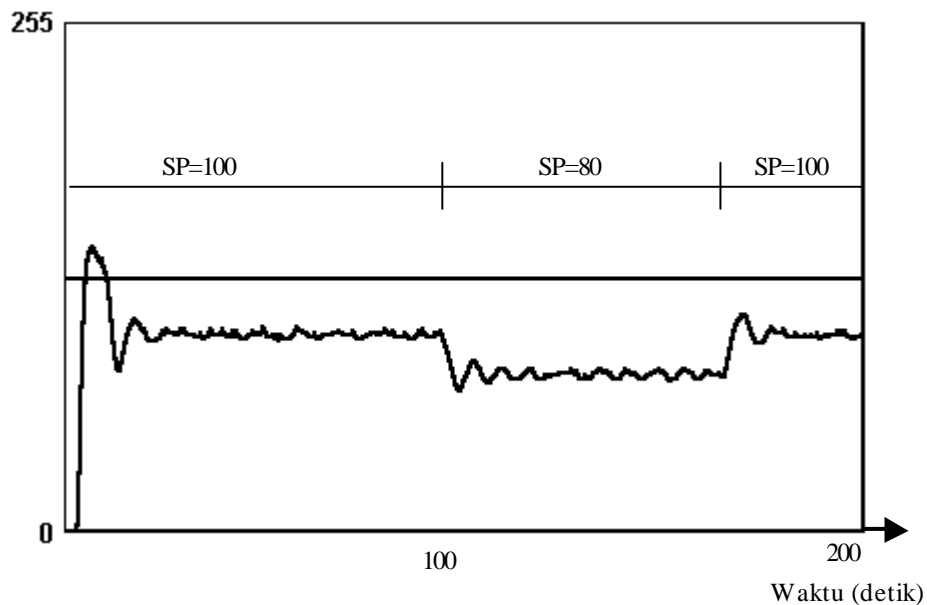
Fuzzy ifthen rule yang digunakan berjumlah 25 rule yang diekstrak dari pengetahuan operator bila mengontrol secara manual. Rule yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Fuzzy Ifthen Rule yang digunakan

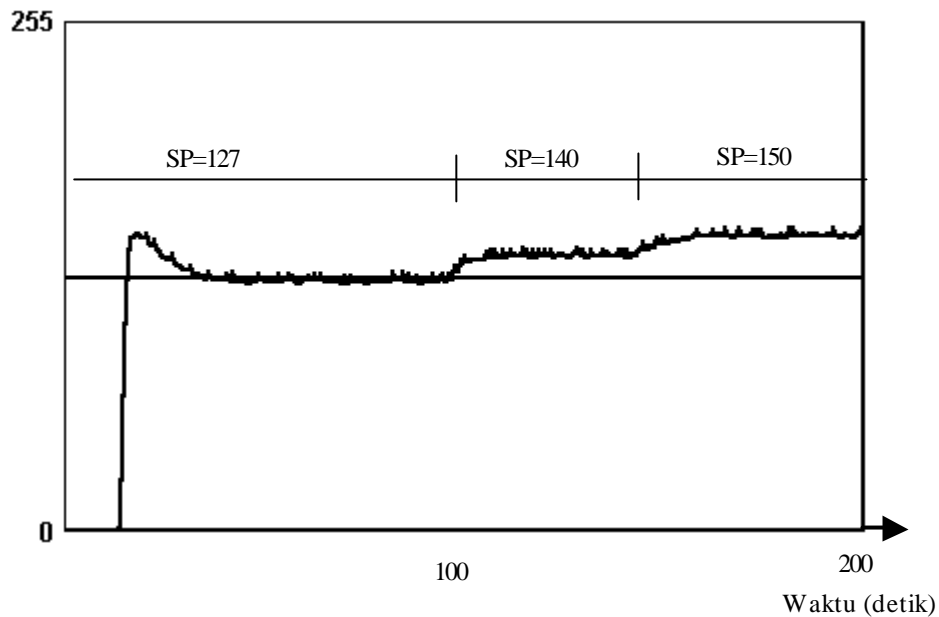
Crisp Input		Crisp Output
Error	Derror	
NB	Z	NB
NB	PS	NS
NB	PB	Z
NS	NS	NS
NS	Z	NS
NS	PS	Z
NS	PB	PS
Z	NB	NB
Z	NS	NS
Z	Z	Z
Z	PS	PS
Z	PB	PB
PS	NB	NS
PS	NS	Z
PS	Z	PS
PS	PS	PS
PB	NB	Z
PB	NS	PS
PB	Z	PB

### 3.3 Hasil Pengujian

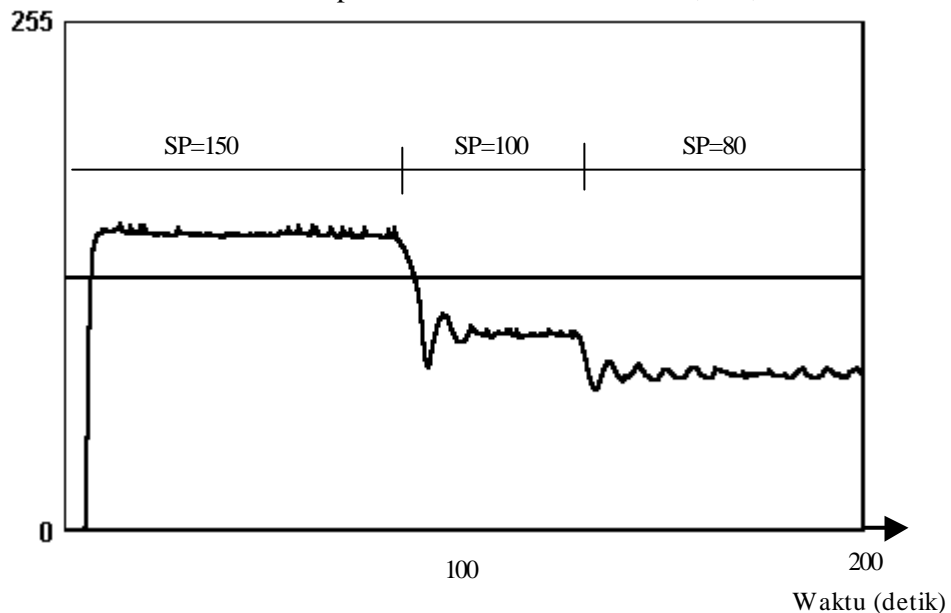
Pengujian terhadap sistem pengaturan kecepatan motor DC dengan menggunakan sistem PetraFuzPLC telah dilakukan. Kecepatan maksimum dari motor yang dapat dicapai adalah 150 rps. Pengujian sistem dilakukan dengan mengubah set point yang bervariasi. Grafik respon sistem dapat dilihat pada gambar 7, 8 dan 9.



Gambar 7. Grafik Respon Sistem dari Set Point 100, 80, 100



Gambar 8. Grafik Respon Sistem dari Set Point 127, 140, 150



Gambar 9. Grafik Respon Sistem dari Set Point 150, 100, 80

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan percobaan terhadap sistem PetraFuzPLC maka dapat diambil kesimpulan berikut:

- Sistem pengembangan kendali logika Fuzzy berbasis  $PID$  dengan bantuan mikrokontroler keluarga MCS-51 melalui komunikasi dengan Host Link telah berhasil dikembangkan. Dengan demikian diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif bagi masyarakat sistem kendali dalam mengembangkan sistem kendali logika fuzzy berbasis PLC.
- Unit Kendali Fuzzy (FCU) ini hanya dapat bekerja dengan PLC OMRON C2xxHx, karena perbedaan dalam protokol komunikasi. Untuk pengembangan selanjutnya dapat dikembangkan pada PLC yang lainnya.

- Waktu yang diperlukan untuk satu siklus proses fuzzy inference adalah 127,65 ms. Sebagian besar waktu siklus dipergunakan untuk transfer data, hal ini karena keterbatasan pada kecepatan komunikasi serial melalui Host Link . Untuk pengembangan selanjutnya, kecepatan ini dapat diperkecil lagi dengan mengubah sistem komunikasi melalui paralel port.

### Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada asisten laboratorium Sistem Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra atas dukungan dan kerja samanya selama proyek ini dikerjakan sehingga proyek ini bisa diselesaikan. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada laboran laboratorium Sistem Kendali, bapak Heri Soehartono atas dukungan dan bantuan yang diberikan selama pengerjaan proyek ini. Serta terima kasih kami sampaikan kepada teman-teman dosen Jurusan Teknik Elektro atas dukungan membangun sehingga proyek ini terlaksana.

### Daftar Pustaka

- [1] Advanced Micro Device, "Microcontrollers Handbook", California : Advanced Micro Device, 1988.
- [2] Klir, George J, "Fuzzy Sets and Fuzzy Logics : Theory and Applications", NJ : Prentice Hall, 1995.
- [3] SYSMAC C200H CT001-VI/CT002 High-Speed Counters Operation Manual, Omron Co., Ltd., September 1989.
- [4] SYSMAC C200H/C200HS C200H Host Link Unit Operation Manual, Omron Co., Ltd., September 1995.
- [5] SYSMAC C200H/C200HS C200H-AD001/DA001 Analog I/O Units Operation Guide, Omron Co., Ltd., Februari 1993.
- [6] SYSMAC Programmable Controllers C200HG Operation Manual, Omron Co., Ltd., September 1994
- [7] Thiang, Anies Hannawati, Resman, "Pembuatan Program Kernel Fuzzy Logic PetraFuz untuk Microcontroller MCS51", Technical Report Control System Laboratory, Petra Christian University, 1998.
- [8] Wang, Paul P. & Dai, Jing, "Design of Fuzzy Controller According to the Parameters of A Feedback System", Technical Report Electrical Engineering Department, Duke University, 1994.