

# Implementasi Fuzzy Logic Pada Microcontroller Untuk Kendali Putaran Motor DC

Resmana, Hany Ferdinando, Thiang, Agus Suryo Widagdo

Jurusan Teknik Elektro – Universitas Kristen Petra, Surabaya

Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya, 60236, Indonesia

[resmana@petra.ac.id](mailto:resmana@petra.ac.id)

[hanyf@petra.ac.id](mailto:hanyf@petra.ac.id)

## Abstrak

Fuzzy Logic Controller merupakan alternatif sistem kendali modern yang mudah karena tidak perlu dicari model matematis dari suatu sistem, tetapi tetap efektif karena memiliki respon sistem yang stabil.

Alat pembuat gerabah yang direncanakan diputar oleh motor DC Servo yang dikontrol oleh mikrokontroler 8031 dan metode pengaturan yang digunakan adalah fuzzy logic. Fuzzy logic yang dirancang memiliki 2 input ( $Err$  &  $\Delta Err$ ) dan 1 output ( $\Delta output$ ). Masing-masing membership function memiliki 5 label. Disini digunakan 25 fuzzy if-then rule yang terdiri atas 9 rule pokok/utama, 10 rule tambahan dan 6 rule pelengkap. Sedangkan proses fuzzy logic terdiri dari fuzzifikasi, evaluasi rule dan yang terakhir defuzzifikasi. Penggerak motor (driver motor) menggunakan sistem PWM (Pulse Width Modulation). Input setting point dilakukan melalui pedal (foot switch) yang dikonversi ke tegangan dan kemudian oleh ADC 0808 diubah ke besaran digital. Input Setting Point dibatasi antara 0 sampai dengan 255 RPM sesuai dengan yang dibutuhkan.

Pengujian respon sistem dilakukan terhadap variasi setting point, variasi beban dan variasi rule. Dari data-data yang diperoleh menunjukkan bahwa respon sistem cukup cepat dalam mengejar nilai setting point baik dalam berbagai variasi yaitu setting point, beban dan rule.

Fuzzy logic merupakan salah satu sistem kontrol yang redundant atau fault tolerant yang artinya fuzzy logic controller masih dapat bekerja dengan adanya pengurangan beberapa rule, maupun jika terjadi kesalahan-kesalahan kecil dalam pemrogramannya, tanpa adanya perubahan yang signifikan.

KATA KUNCI : Kendali Fuzzy Logic, Microcontroller, Motor

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Mesin Pembuat Gerabah

Mesin pembuat gerabah yang digunakan di desa Nguri Kecamatan Lambeyan Kabupaten Magetan menggunakan alat yang masih sederhana yaitu pemutar gerabah dengan menggunakan bambu sebagai porosnya dan tali yang dililitkan dengan potongan bambu dan dililitkan di poros bambu sebagai penggerak untuk memutar poros bambu seperti memutar gangsing, dimana tali tersebut didorong oleh kaki untuk gerakan berlawanan arah jarum jam dan dengan memanfaatkan potongan bambu yang lentur untuk gerakan sebaliknya. Dengan alat tersebut maka para ibu yang membuat gerabah akan sangat terkurus tenaganya karena salah satu kakinya terus digunakan untuk menggenjot tali dan kedua tangannya digunakan untuk membentuk gerabah.

Berdasarkan masalah tersebut diatas maka kehadiran mesin pembuat gerabah sangatlah dibutuhkan guna membantu meningkatkan hasil industri rumah tangga pembuat gerabah di desa Nguri Kabupaten Magetan. Pada proses

pembuatan gerabah tidak diperlukan kecepatan putar alat pembuat gerabah yang terlalu tinggi, dan dari hasil pengamatan diperoleh bahwa kecepatan putaran alat pembuat gerabah diperkirakan antara 100 RPM hingga 250 RPM.

### 1.2 Motor DC Servo

DC servo motor yang digunakan dalam perencanaan ini adalah DC servo motor yang menggunakan permanen magnet. Alasan pemilihan DC servo motor tipe ini adalah kemudahan dalam pengontrolan dengan menggunakan pengaturan tegangan DC. Medan stator motor jenis ini dihasilkan oleh magnet permanen bukan elektromagnet. PM motor mempunyai kurva kecepatan torsi yang linier dalam jangka yang lebar. Penggunaan magnet permanen tidak membutuhkan daya listrik untuk menghasilkan medan stator, sehingga daya dan pendinginan yang diperlukan lebih rendah dibandingkan motor yang menggunakan elektromagnet. Perubahan kecepatan motor dapat dengan mudah diatur dengan cara mengubah ubah besarnya tegangan DC yang diberikan pada motor.

DC servo motor memiliki beberapa keunggulan, yaitu :

- Bentuknya kompak, ringan dan berdaya kerja tinggi
- Dapat bekerja pada daerah atau tempat yang kurang baik
- Kecepatan maksimum yang sangat tinggi
- Biaya perawatan mudah

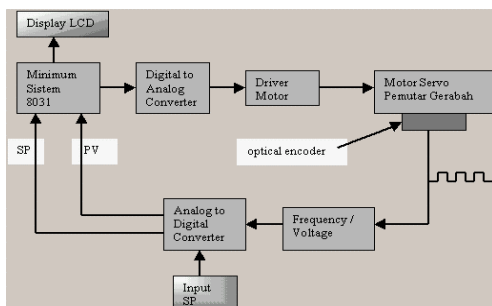
DC servo motor ini mempunyai fasilitas optical encoder yang menjadi satu dengan body motor dan ikut berputar pada saat motor berputar. Encoder ini berfungsi sebagai feedback untuk pengontrolan close loop.

## 2. Perencanaan Sistem

### 2.1 Perencanaan Perangkat Keras

Pada gambar 1 ditunjukkan blok diagram sistem dimana pada blok tersebut terdapat :

- Minimum Sistem 8031 dengan perangkat lunak fuzzy system.
- Rangkaian ADC yang berfungsi sebagai konverter dari besaran analog ke besaran digital, rangkaian ADC ini menerima input SP (Setting point) pada channel 0 dan PV (Present Value) pada channel 1. Rangkaian ADC ini dapat pada gambar 2.
- Rangkaian DAC yang mengkonverter besaran digital ke besaran analog. Gambar 3 merupakan rangkaian DAC yang dipakai dalam sistem ini.
- Rangkaian F/V (gambar 4) mengkonversi frekuensi output yang dihasilkan oleh tachometer dari motor Servo ke tegangan yang kemudian tegangan ini merupakan harga Present Value yang diterima ADC.

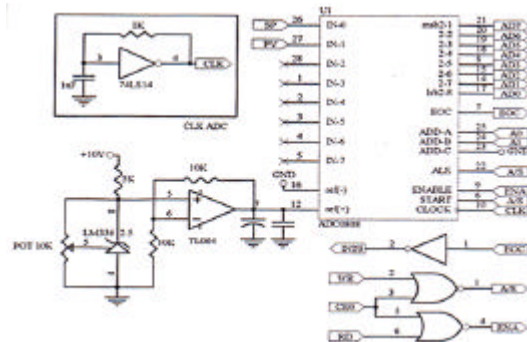


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

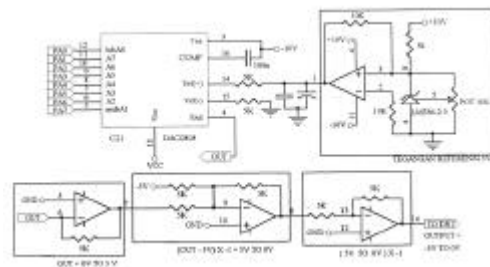
- Driver motor berfungsi untuk menjalankan motor servo yang kemudian motor ini memutar piringan pembuat gerabah melalui belt. Driver motor ini mendapat

input analog dari rangkaian DAC. Rangkaian driver motor ini dapat dilihat pada gambar 5.

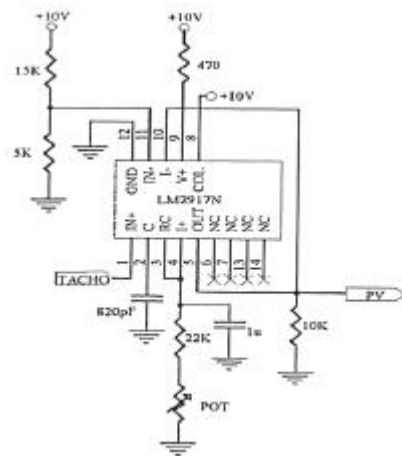
- Input SP berupa 2 pedal, yang berfungsi untuk menjalankan motor. pedal yang satu memutar potensiometer ke kiri dan yang satu lagi memutar ke kanan. Output dari potensiometer ini berupa tegangan yang merupakan input SP.
- Display LCD untuk menampilkan nilai SP dan PV.



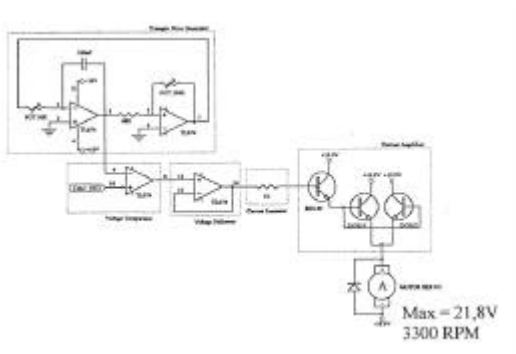
Gambar 2. Rangkaian ADC Dengan Menggunakan ADC0808



Gambar 3. Rangkaian DAC Dengan Menggunakan DAC0808



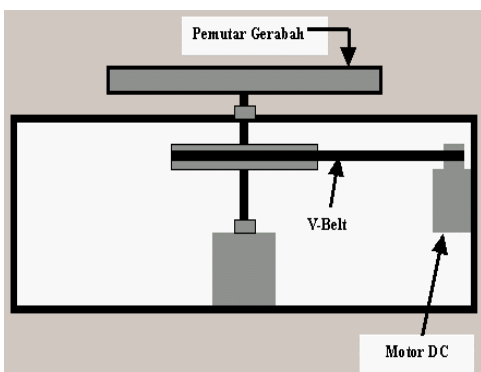
Gambar 4. Rangkaian Pengubah Frekuensi Ke Tegangan



Gambar 5. Rangkaian Driver Motor DC

Sistem mekanik yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 6, yang terdiri dari :

- Kerangka alat yaitu tempat pemegang poros dan motor yang terbuat dari besi siku dengan ukuran 3 X 3.
- Transmisi belt yaitu alat yang menghubungkan pulley motor DC dengan pulley pemutar gerabah.
- Motor penggerak yaitu menggunakan motor DC dengan kecepatannya yang dikontrol menggunakan sistem fuzzy logic.
- Pulley pemutar gerabah yaitu pulley yang mentransmisikan putaran dari pulley motor DC melalui belt ke piringan pembuat gerabah.
- Perbandingan jarijari antara pulley motor DC dengan poros pemutar adalah 1,5 : 8, sehingga reduksi putaran dari pulley ke poros pemutar adalah sebesar 81%.
- Piringan pemutar gerabah yang terbuat dari papan partikel yaitu sebagai tempat tanah liat diletakkan.



Gambar 6. Sket Sistem Mekanis

- Slot-slot pemiring yaitu untuk memberikan sudut kemiringan pada alat. Mekanisme pengubah kemiringan alat ini terletak dibawah kerangka alat.

## 2.2 Perencanaan Perangkat Lunak

Fungsi keanggotaan yang direncanakan untuk input Err dan  $\Delta Err$  (kesalahan dan perubahan kesalahan) terdiri dari 5 label yaitu NB (negative big), NS (negative small), ZE (zero), PS (positive small), dan PB (positive big). Dimana :

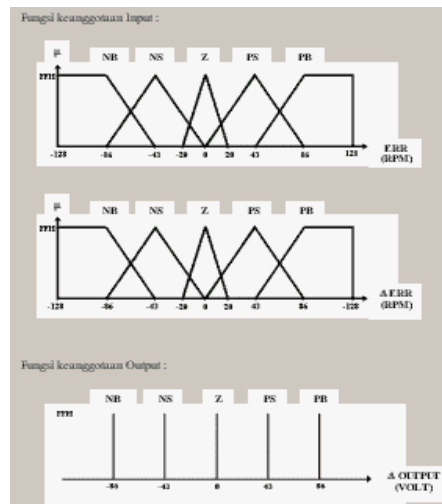
$$Err(n) = SP(n) - PV(n) \dots\dots\dots (1)$$

$$DErr(n) = Err(n) - Err(n-1) \dots\dots (2)$$

Sedangkan fungsi keanggotaan  $\Delta Output$  yang berupa garis vertikal (singleton) mempunyai label yang sama dengan Err dan  $\Delta Err$ .  $\Delta Output$  FLC menuju driver motor adalah :

$$Output(n) = Output(n-1) + DOutput \dots\dots (3)$$

Fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada



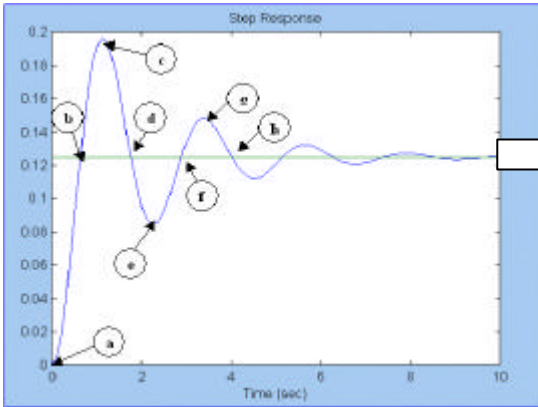
Gambar 7. Fungsi Keanggotaan

Rule yang direncanakan terdiri dari 9 rule dasar, 10 rule tambahan dan 6 pelengkap. Jadi totalnya ada 25 rule. 9 rule dasar diperoleh dari poin-poin acuan (poin ah) yang ada pada gambar 8, yang menunjukkan respon tipikal dari suatu sistem dan pembagian divisinya, 10 rule berikutnya merupakan rules tambahan untuk memperhalus respon sistem tipikal dan 6 rule pelengkap akan digunakan pada kondisi ekstrim. Tiap-tiap rule pada rule tambahan ini diperoleh dari poin-poin yang berada diantara 2 poin acuan. 9 rule fuzzy control dasar disajikan pada tabel 1, 10 rule fuzzy control tambahan disajikan pada tabel 2, sedangkan 6 rule terakhir disajikan pada tabel 3.

Derajat dari masing-masing rule diperoleh dari nilai minimum antara label Err atau label  $\Delta Err$ . Nilai minimum diambil karena bagian kondisi dihubungkan dengan logika 'AND'

sehingga semua bagian harus terpenuhi secara digunakan 25, yaitu 9 rule dasar, 10 rule serentak. Untuk proses rule evaluation digunakan tambahan, dan 6 rule pelengkap dengan beban 10 metode maksimum inference, artinya diambil Kg.

nilai terbesar diantara rule dengan label yang sama.



Gambar 8. Respon Sistem Tipikal dan Pembagian Daerahnya

Tabel 1  
 Rule-rule Fuzzy Control Dasar

| Rule No. | Error | $\Delta$ Error | Result | Ref. Point |
|----------|-------|----------------|--------|------------|
| 1        | PB    | Z              | PB     | A          |
| 2        | Z     | NB             | NB     | B          |
| 3        | NB    | Z              | NB     | C          |
| 4        | Z     | PB             | PB     | D          |
| 5        | PS    | Z              | PS     | E          |
| 6        | Z     | NS             | NS     | F          |
| 7        | NS    | Z              | NS     | G          |
| 8        | Z     | PS             | PS     | H          |
| 9        | Z     | Z              | Z      | Set-point  |

Tabel 2  
 Rule-rule Fuzzy Control Tambahan

| Rule No. | Error | $\Delta$ Error | Result | Ref. Point |
|----------|-------|----------------|--------|------------|
| 10       | PB    | NS             | PS     | a-b        |
| 11       | PB    | NB             | Z      | a-b        |
| 12       | PS    | NB             | NS     | a-b        |
| 13       | NS    | NS             | NS     | b-c        |
| 14       | NB    | PS             | NS     | c-d        |
| 15       | NB    | PB             | Z      | c-d        |
| 16       | NS    | PS             | Z      | c-d        |
| 17       | NS    | PB             | PS     | c-d        |
| 18       | PS    | PS             | PS     | d-e        |
| 19       | PS    | NS             | Z      | e-f        |

### 3. Pengujian dan Analisa Sistem

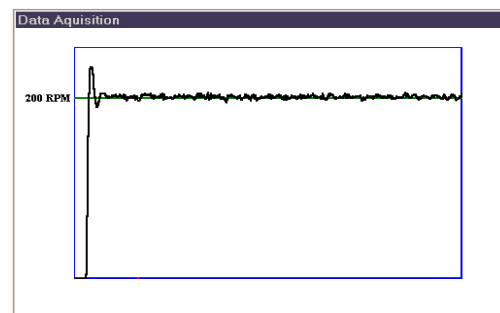
#### 3.1 Respon Sistem Dengan 25 Rule

Respon sistem terhadap setting point tetap, ditunjukkan pada gambar 9. Jumlah rules yang

Dari gambar dapat dilihat bahwa respon sistem mempunyai waktu rise time yang sangat cepat kira-kira 3-4 detik dengan overshoot kira-kira 5 - 10 RPM. Steady State Error respon sistem juga sangat kecil  $\pm$  1 RPM. Gambar 10 menunjukkan respon sistem terhadap variasi setting point. Setting point berubah mulai dari 200 RPM kemudian diturunkan menjadi 150 RPM, 100 RPM, dan yang terakhir 50 RPM. Sebaliknya pada gambar 11 ditunjukkan respon sistem terhadap kenaikan Setting Point.

Tabel 3  
 Rule-rule Fuzzy Control Pelengkap

| Rule No. | Error | $\Delta$ Error | Result | Ref. Point |
|----------|-------|----------------|--------|------------|
| 20       | NB    | NB             | NB     | b-c        |
| 21       | NB    | NS             | NB     | b-c        |
| 22       | PS    | PB             | NB     | d-e        |
| 23       | PB    | PB             | PB     | d-e        |
| 24       | PB    | PS             | PB     | d-e        |
| 25       | NS    | NB             | PB     | f-g        |

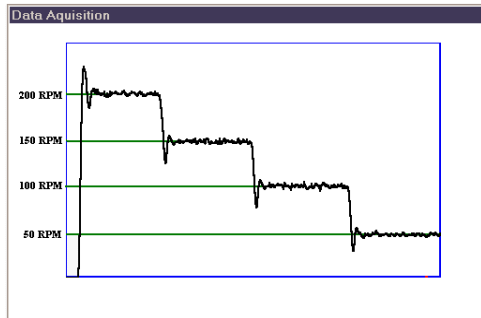


Gambar 9. Respon Sistem Terhadap Setting Point Tetap

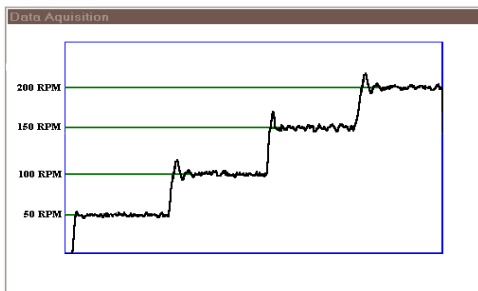
Dari gambar dapat dilihat bahwa dibutuhkan waktu  $\pm$  2 detik untuk mencapai setiap perubahan Setting Point. Dengan overshoot mencapai-50 RPM.

Beban diberikan bertahap, pertama 5 Kg dan kemudian ditambah lagi 5 Kg. Rule yang digunakan adalah rule dasar, rule tambahan dan rule pelengkap dengan jumlah total 25 rule.

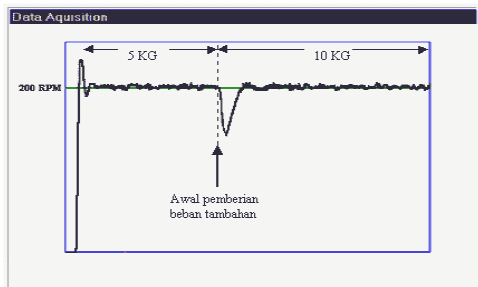
Dari gambar terlihat bahwa respon fuzzy logic controller sangat cepat, terhadap perubahan beban. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setting point setelah mengalami penambahan beban antara 1-2 detik.



Gambar 10. Respon Sistem Terhadap Variasi SP, Beban 10 Kg

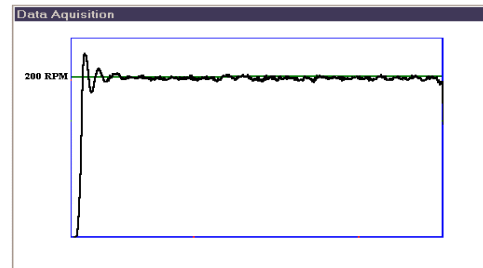


Gambar 11. Respon Sistem Terhadap Variasi SP, Beban 10 Kg

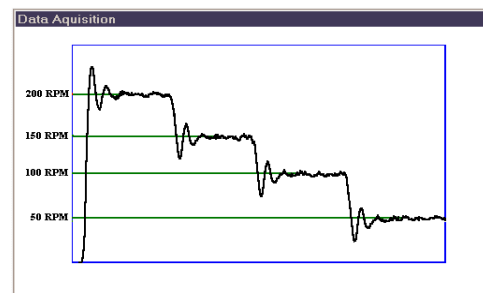


Gambar 12. Respon Sistem Terhadap Variasi Beban

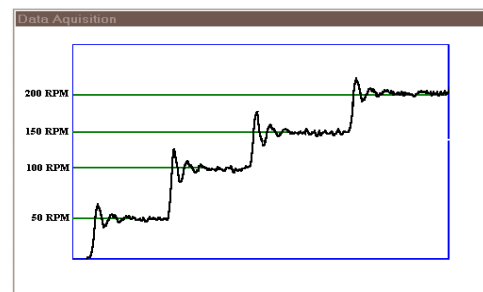
meskipun untuk mencapai setting point yang diinginkan terjadi perlambatan sekitar 1 detik. Untuk Steady State Error dari masing-masing gambar sama dengan Steady State Error pada respon sistem dengan jumlah rule 25.



Gambar 13. Respon Sistem dengan 19 Rule, SP = 200 rpm, Beban 10 kg



Gambar 14. Respon Sistem dengan 19 Rule terhadap Variasi SP, Beban 10 kg



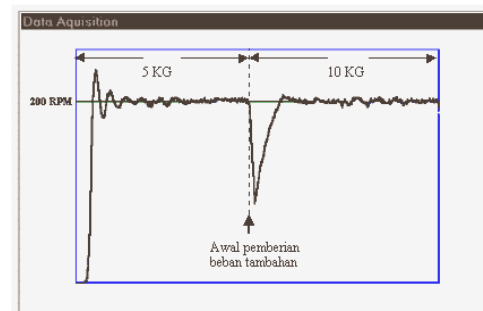
Gambar 15. Respon Sistem dengan 19 Rule terhadap Variasi SP, Beban 10 kg

### 3.2 Respon Sistem Dengan 19 Rule

Gambar 13 menunjukkan respon sistem dengan jumlah rule hanya 19, rule ini merupakan rules dasar / basic ditambah dengan rule tambahan. Beban yang digunakan 10 Kg.

Dari Gambar dapat dilihat bahwa dengan pengurangan rules tidak mempengaruhi respon sistem secara signifikan. Gambar 14 dan gambar 15 menunjukkan respon sistem terhadap variasi setting point.

Dari gambar 14, gambar 15 dan gambar 16 dapat dilihat bahwa pada respon sistem dengan variasi Setting Point dan variasi beban dengan rule dasar dan rule tambahan yang berjumlah 19, tidak terdapat perubahan secara signifikan,



Gambar 16. Respon Sistem dengan 19 Rule terhadap Variasi Beban, SP = 200 rpm

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa data yang telah diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- Fuzzy Logic Controller merupakan suatu sistem kendali yang jauh lebih mudah penerapannya dibandingkan kendali konvensional, karena tidak perlu mencari model matematis dari sistem.
- Pada plant ini 9 rules dasar (basic rules) merupakan rule pokok yang digunakan pada titik-titik klimaks, 10 rule tambahan digunakan untuk memperhalus respon sistem dan 6 rule pelengkap yang digunakan bila sistem mengalami kondisi ekstrim, yaitu berpagangguan dari luar.
- Fuzzy Logic Controller adalah suatu sistem kontrol yang redundant atau fault tolerant artinya tidak akan terjadi perubahan yang signifikan pada respon sistem dengan adanya pengurangan rules, diluar rule dasar dan rule tambahan.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Jamsihidi, M. "Fuzzy Logic and Control", New Jersey: Prentice-Hall, 1993.
- [2] Malvino, Albert Paul. "Electronics Principles", New York: Mc Graw-Hill, 1984.
- [3] Ogata, Katsuhiko. "Modern Control Engineering", New Delhi: PrenticeHall of India Private Ltd., 1991.
- [4] Murakami, S. and Maeda, M "Automobile speed control system using a fuzzy logic controller", Amsterdam: NorthHolland, 1985.
- [5] Dai, Jing and Wang, Paul P. "Design of Fuzzy Controller According to the Parameters of A Feedback System", Durham: Duke University.
- [6] Thiang, Hanawati, A., and Resmana. "Petrafuz : Sistem Pengembangan Kendali Fuzzy Logic berbasis Mikrokontroler Keluarga MCS51", Prosiding Seminar Nasional Penerapan Teknologi Kendali dan Instrumentasi pada Pertanian, BPPTJakarta. Oktober, 1998