

Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kendali Hybrid PID-Fuzzy

Felix Pasila, Thiang, Oscar Finaldi

Jurusan Teknik Elektro

Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya - Indonesia

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

ABSTRAK

Suatu sistem kendali yang baik harus mempunyai ketahanan terhadap disturbance dan mempunyai respon yang cepat dan akurat. Sering terjadi permasalahan dalam sistem kendali PID bila dibuat sangat sensitif, maka respon sistem terhadap disturbance menghasilkan overshoot/undershoot yang besar sehingga kemungkinan dapat terjadi osilasi semakin tinggi. Bila dibuat kurang sensitif memang akan menghasilkan overshoot/undershoot kecil, tetapi akibatnya akan memperpanjang recovery time. Untuk mengatasi hal ini, diterapkan sistem kendali hybrid yaitu sistem kendali PID yang akan dihybridkan dengan sistem kendali logika fuzzy.

Dalam sistem ini kendali utama adalah kendali PID sedangkan kendali logika fuzzy bekerja membantu untuk meminimalkan overshoot/undershoot yang terjadi dan juga meminimalkan recovery time dari respon sistem. Sistem kendali logika fuzzy yang didesain mempunyai 2 input yaitu error dan delta error dan output kecepatan motor. Besar output dari sistem kendali logika fuzzy hanya 50 % dari kendali PID. Hal ini dilakukan dengan membatasi semesta pembicaraan dari himpunan fuzzy untuk output. Dari desain sistem ini diharapkan sistem kendali secara keseluruhan yang merupakan hybrid antara PID dengan Kendali Logika Fuzzy dapat menghasilkan respon sistem yang lebih baik.

Kata kunci : hybrid pid - fuzzy, disturbance

1. Pendahuluan

Didalam suatu sistem kontrol kita mengenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral dan aksi kontrol derivative. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan risetime yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil error, dan aksi kontrol derivative mempunyai keunggulan untuk memperkecil derror atau meredam overshoot/undershoot. Untuk itu agar kita dapat menghasilkan output dengan risetime yang tinggi dan error yang kecil kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID, dan pada makalah ini sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali PID digital.

Di lain pihak juga berkembang suatu teknologi dimana kita tidak lagi memakai cara konvensional untuk mendapatkan suatu hasil yang kita inginkan dengan memakai persamaan matematika. Tetapi kita menerapkan suatu sistem

kemampuan manusia untuk mengendalikan sesuatu, yaitu dalam bentuk aturan-aturan. Jika – maka (If – Then Rules), sehingga proses pengendalian akan mengikuti pendekatan secara linguistik, sistem ini disebut dengan sistem kendali logika fuzzy, yang mana sistem kendali logika fuzzy ini tidak memiliki ketergantungan pada variabel – variabel proses kendali. Sistem ini dikembangkan dalam bidang teknik kontrol, terutama untuk sistem nonlinier dan dinamis.

Pada industri-industri yang membutuhkan suatu sistem kontrol dengan kecepatan tinggi dan keakuratan data output, maka pemakaian aksi kontrol PID mungkin masih dianggap kurang memuaskan. Sebab jika menggunakan aksi kendali PID didapatkan jika suatu kontroler di set sangat sensitif, maka overshoot/undershoot yang dihasilkan akan semakin peka, sehingga osilasi yang ditimbulkan akan lebih tinggi, sedangkan bila kontroler di set kurang peka maka terjadinya overshoot/undershoot dapat diperkecil, tetapi waktu yang dibutuhkan akan semakin lama, dan ini akan menjadikan suatu masalah dalam suatu proses industri.

PID Digital

PID Digital pada dasarnya merupakan suatu proses dari suatu program yang dijalankan/diexecute dengan menggunakan komputer, dimana kita memasukkan nilai Setting Point (SP) dan Present Value (PV), yang kemudian data yang didapatkan diproses sehingga error yang didapatkan sama dengan 0, atau nilai Setting Point = Present Value.

Untuk dapat mengimplementasikan sistem kendali PID pada komputer, PID harus diubah ke dalam persamaan diskrit :

$$V_o = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (1)$$

kemudian diturunkan

$$\frac{dV_o}{dt} = K_p \frac{de}{dt} + K_i \frac{d}{dt} \left(\int e dt \right) + K_d \frac{d^2 e}{dt^2} \quad (2)$$

$$\frac{dV_o}{dt} = K_p \frac{de}{dt} + K_i e + K_d \frac{d}{dt} \left(\frac{de}{dt} \right) \quad (3)$$

dikali dengan Ts, sehingga

$$\frac{\Delta V_o}{T_s} = K_p \frac{\Delta e}{T_s} + K_i e + K_d \frac{\Delta}{T_s} \left(\frac{\Delta e}{T_s} \right) \quad (4)$$

$$\Delta V_o = K_p \Delta e + K_i e T_s + K_d \Delta \left(\frac{\Delta e}{T_s} \right) \quad (5)$$

Harga ΔV_o merupakan harga perubahan output yang didapat dari output sekarang dikurangi dengan output sebelumnya.

$$\Delta V_o = V_{on} - V_{on-1} \quad (6)$$

begitu juga pada perubahan error

$$\Delta e = e_n - e_{n-1} \quad (7)$$

Sehingga persamaannya menjadi :

$$V_o - V_{on-1} = K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n T_s + \frac{K_d}{T_s} (\Delta e_n - \Delta e_{n-1}) \quad (8)$$

Pada kondisi akhir, perubahan Δ pada error sebelumnya dapat didistribusikan menjadi :

$$\begin{aligned} \Delta e_n &= e_n - e_{n-1} \\ \Delta e_{n-1} &= e_{n-1} - e_{n-2} \end{aligned} \quad (9)$$

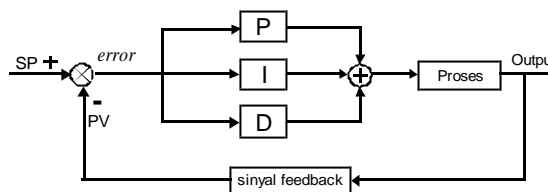
Kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan, menjadi :

$$V_o - V_{on-1} = K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n T_s + \frac{K_d}{T_s} [(e_n - e_{n-1}) - (e_{n-1} - e_{n-2})] \quad (10)$$

Hasil akhir dari persamaan PID yaitu :

$$V_o = V_{on-1} + K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n T_s + \frac{K_d}{T_s} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \quad (11)$$

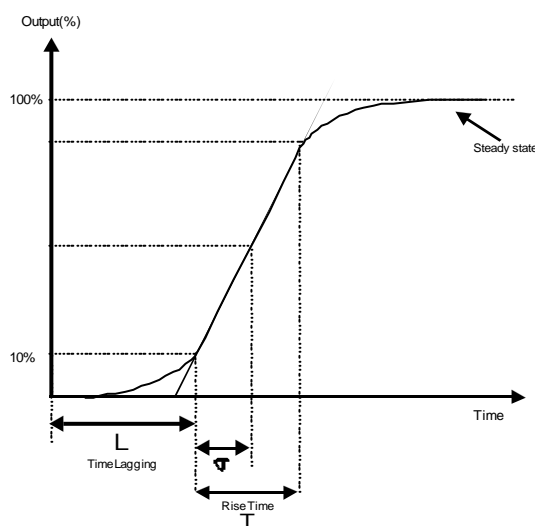
Dimana : V_o = Output
 V_{on-1} = Output sebelumnya
 K_p = Konstanta Proporsional
 K_i = Konstanta Integral
 K_d = Konstanta derivative
 e_n = Error sekarang
 e_{n-1} = Error 1 kali sebelumnya
 e_{n-2} = Error 2 kali sebelumnya
 T_s = Time Sampling



Gambar 1 Blok Diagram Kendali PID

Untuk mendapatkan harga-harga K_p , $T_i (=1/K_i)$, $T_d (=K_d)$ menurut Ziegler nichols ditentukan oleh kurva proses reaksi, dimana sistem dijalankan secara open loop.

L = Time lagging
 T = Time konstan



Gambar 2 Kurva Proses Respon Motor

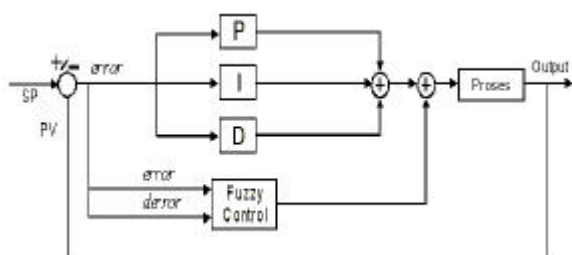
Perhitungan auto tuning PID menurut Ziegler Nichols dapat dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} K_p &= 1.2 \frac{T}{L} \\ K_i &= \frac{1}{T_i} = 2L \\ K_d &= T_d = \frac{L}{2} \end{aligned} \quad (12)$$

Hybrid Kendali PID – Logika Fuzzy

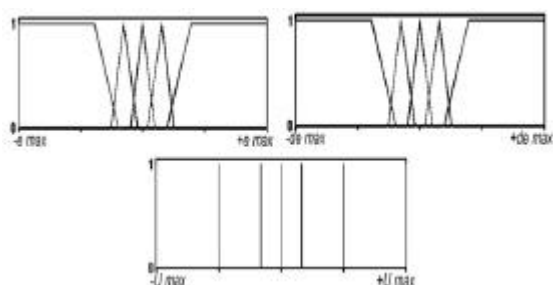
System hybrid kendali PID - logika fuzzy ini dikembangkan oleh OMRON's Industrial temperature regulator. Kemudian penulis mencoba untuk mengimplementasikannya pada sistem untuk mengendalikan kecepatan motor dengan sistem pengereman sebagai disturbance-nya.

Sistem utama adalah kendali PID, sedangkan logika fuzzy disini berfungsi untuk memperbaiki respon dan recovery time terhadap disturbance. Output dari fuzzy kontrol unit yang dihasilkan mempunyai beban lebih kecil dari kendali PID, artinya range dari output membership function telah ditetapkan yaitu +U max dan -U max, dimana harga U max lebih kecil dari harga kendali PID, pada makalah ini dicoba untuk memberikan beban sebesar 50% dari kendali PID.



Gambar 3 Hybrid Kendali PID- Logika Fuzzy

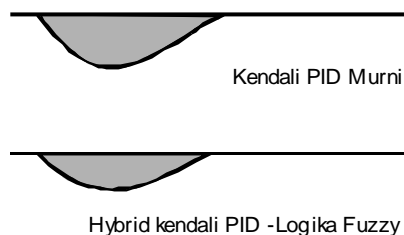
Sehingga apabila range dari PID adalah 0-255, maka beban output pada logika fuzzy yaitu 0-128. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4 Membership Function Crisp Input dan Output

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, maka kita dapat men-tuning parameter fuzzy kontrol tersebut dengan cara *try and error* yaitu mengatur

(adjust) membership function (range *e-max* dan *de-max*) serta rules-rules yang ada.

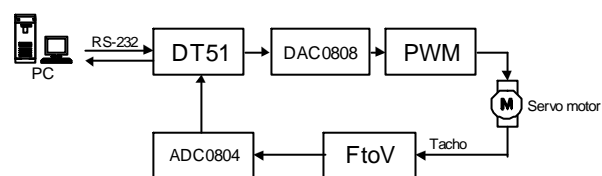


Gambar 5 Respon Hybrid PID – Fuzzy

2. Desain Sistem

2.1 Perencanaan Plant

Plant dari sistem pengereman motor ini menggunakan servo motor DC yang juga dapat berfungsi sebagai generator, memiliki tegangan kerja 24V dan kecepatan maksimal 3000 rpm. Bagian dasarnya berfungsi sebagai tumpuan motor yang terbuat dari kayu dengan ukuran 14x14 cm, dan tinggi konstruksi 17 cm. Kemudian sebagai penyangga dipakai 4 buah besi yang dipasang pada masing-masing sudut konstruksi, yang kemudian diberi pegas sebagai penyangga dari papan yang berfungsi sebagai media untuk pemberian disturbance.

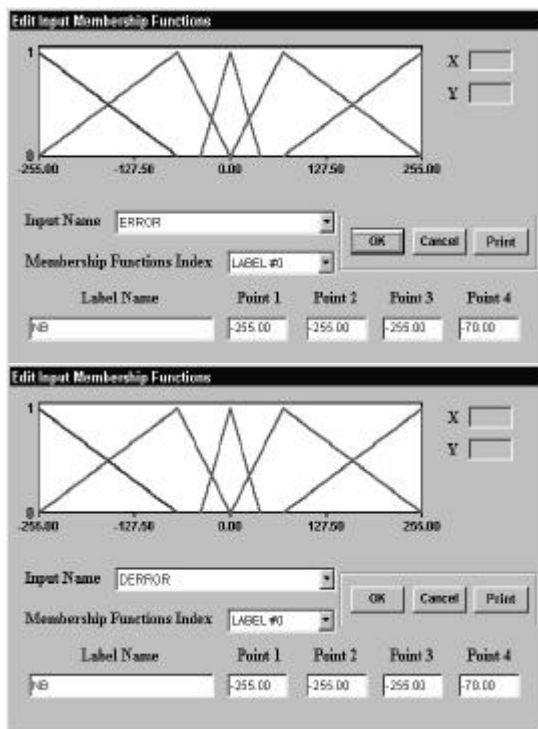


Gambar 6. Blok perencanaan Perangkat Keras
 Pada bagian rotor diberi suatu piringan yang berfungsi sebagai media pengereman.

Perencanaan perangkat keras meliputi Rangkaian minimum sistem DT51 buatan IE (innovative Electronics), yang dilengkapi dengan mikrokontroler AT89C51, EEPROM AT28C64 sebesar 8 Kbyte, PPI 8255, serta sebuah serial port RS-232, kemudian rangkaian DAC0808, rangkaian PWM (Pulse Width Modulation), rangkaian FtoV (Frekwensi to Voltage), dan rangkaian ADC0804

2.2 Perencanaan Software

Dalam Perencanaan kendali Hybrid PID - logika fuzzy, sistem utama tetap menggunakan kendali PID, sedangkan logika fuzzy disini berfungsi untuk memperbaiki respon, dan mempercepat recovery time terhadap disturbance.



Gambar 7 Membership Function Error & DError untuk Hybrid

Sistem kendali ini merupakan gabungan/ hasil penjumlahan dari output yang dihasilkan oleh kendali PID dengan kendali logika fuzzy. Perbedaan yang ada disini yaitu terletak pada rule logika fuzzy dan bentuk membership functionnya, dimana rule ini tidak seperti pada rule-rule fuzzy pada umumnya. Bentuk membership function pada sistem hybrid lebih lebar dari pada bentuk membership function pada logika fuzzy dengan tujuan supaya dapat meredam disturbance dengan cepat. Sedangkan membership outputnya sama seperti membership function pada logika fuzzy.

| | | Error | | | | |
|--------|----|-------|----|----|----|----|
| | | NB | NS | Z | PS | PB |
| dError | NB | NB | NB | NM | NB | NM |
| | NS | NB | NB | NS | Z | NM |
| | Z | NS | Z | Z | Z | PS |
| | PS | PM | Z | PS | PB | PB |
| | PB | PB | PB | PM | PB | PB |
| | | | | | | |

Gambar 8 Rules untuk kendali Hybrid PID – Logika Fuzzy

3 Hasil Pengujian

Pengujian Sistem dengan Variasi Seting Point

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan suatu nilai setting point pada motor dengan beban kosong. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar. Dari hasil pengujian dengan memberikan variasi setting point, antara sistem kendali PID dengan sistem kendali hybrid, menunjukkan hasil yang tidak terlalu berbeda, hal ini dikarenakan sistem kendali logika fuzzy yang dicangkokkan pada sistem kendali PID tidak memberikan pengaruh yang besar pada keadaan tanpa disturbance/beban kosong, sehingga sistem yang berperan penting adalah sistem kendali PID.

Pengujian Sistem dengan Variasi setting point

Pada Variasi Setting point ini di berikan nilai 200, kemudian diturunkan menjadi 150 , dan diturunkan lagi menjadi 100

Gambar 10 menunjukkan hasil yang tidak terlalu berbeda, hal ini dikarenakan sistem kendali logika fuzzy yang dicangkokkan pada sistem kendali PID tidak memberikan pengaruh yang besar pada keadaan tanpa disturbance/beban kosong, sehingga sistem yang berperan penting adalah sistem kendali PID.

Pengujian Sistem dengan Variasi Beban

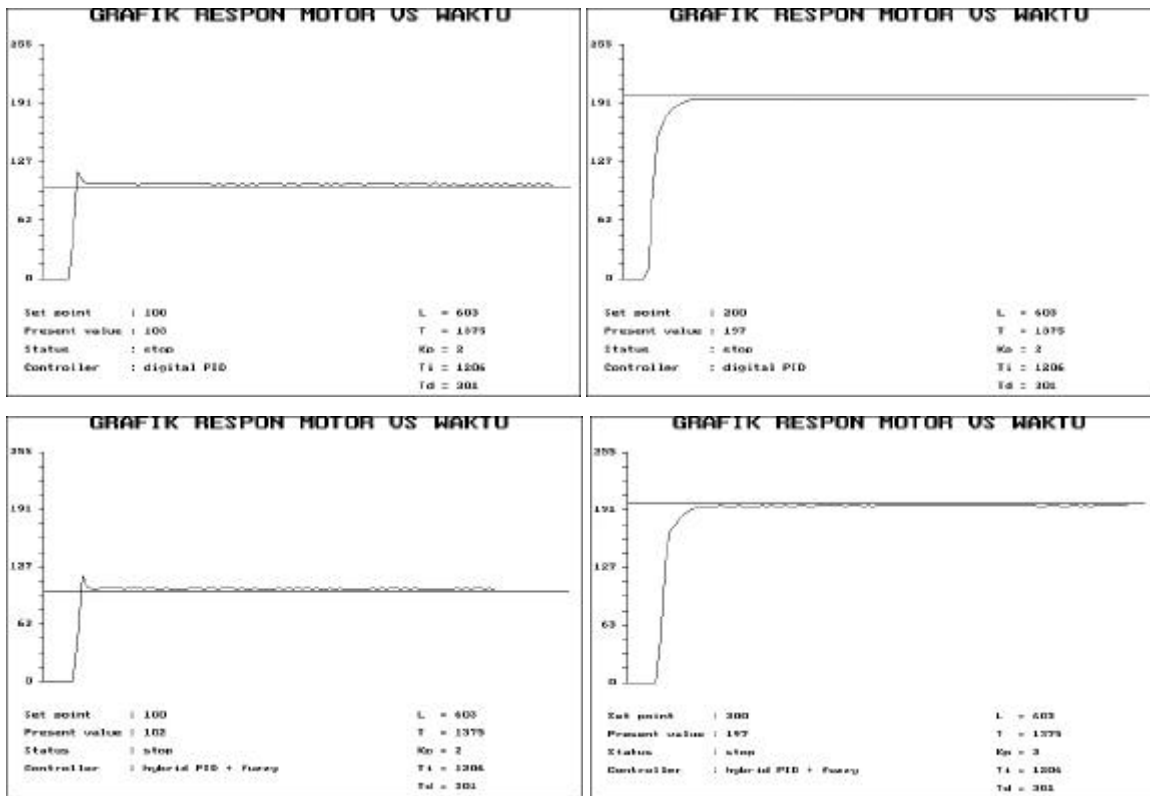
Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan beban terlebih dahulu pada motor dalam kondisi diam, kemudian motor dijalankan sesuai dengan setting point yang telah diatur. Grafik perbandingan antara kendali PID dan Hybrid dapat dilihat pada gambar 11. Terlihat bahwa kendali hybrid memberikan respon yang lebih baik.

Pengujian Sistem dengan Disturbance

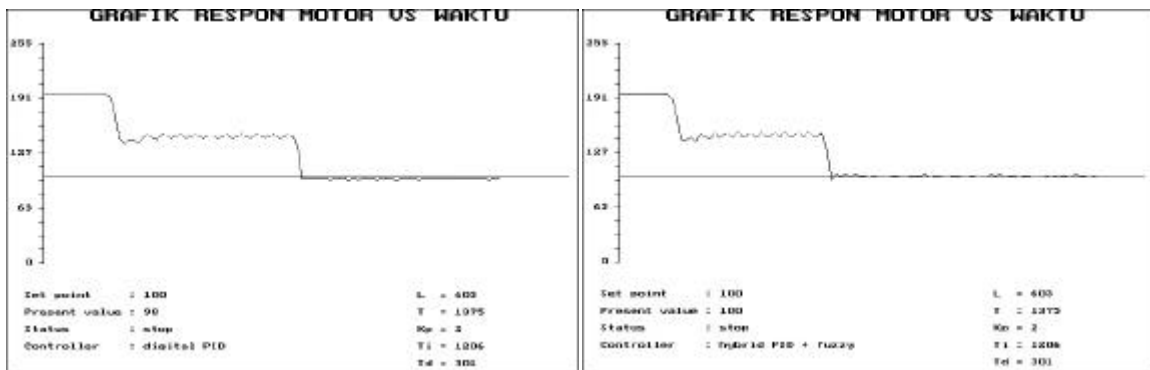
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon dari sistem apabila diberikan suatu disturbance/gangguan, sehingga dapat dilihat recovery time yang dihasilkan oleh sistem.

Setting Point 100

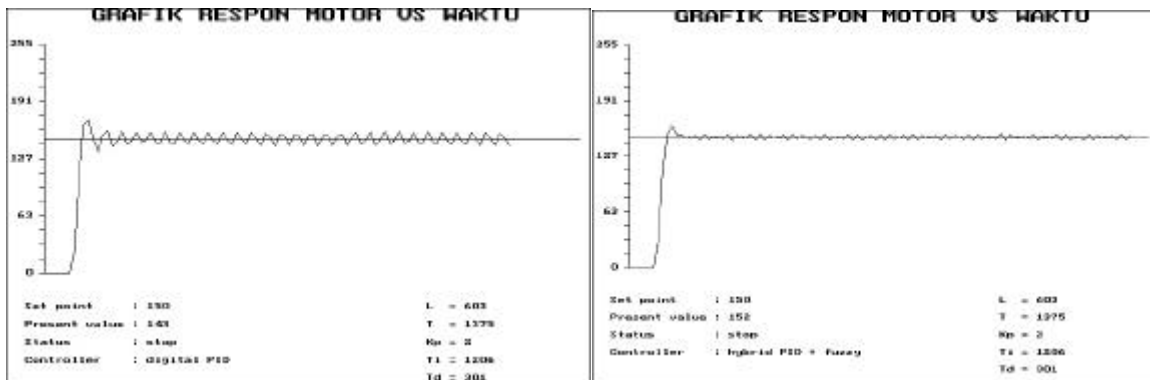
Setting Point 200



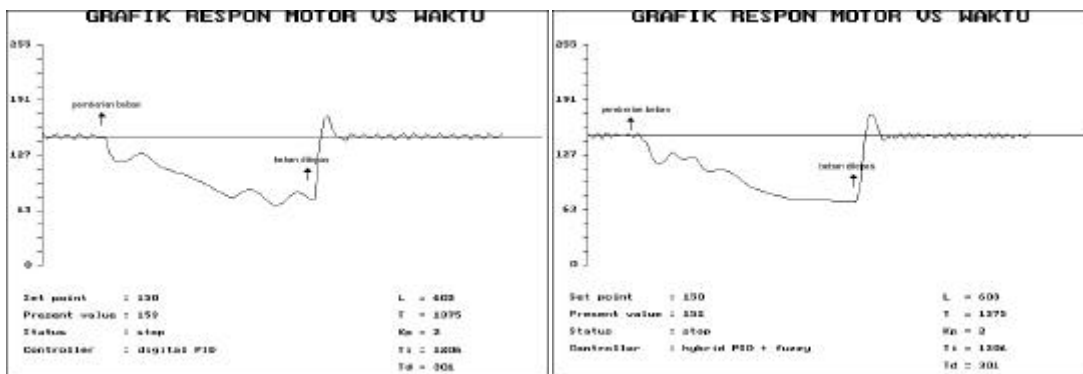
Gambar 9 Respon Motor dengan Kendali PID & Hybrid



Gambar 10 Perbandingan kendali PID dan Hybrid dengan Variasi SP



Gambar 11 Perbandingan Kendali PID dan Hybrid untuk SP 150 dan Beban 200 gr



Gambar 12 Perbandingan Kendali PID dan Hybrid dengan Disturbance, Beban 600 gr

Tabel 1 Perbandingan respon yang dilakukan oleh PID dan Hybrid

| Respon | SP100 | SP200 | MP200 | Disturbance 600gr ; 7,7s |
|---------------|-------|-------|-------|-----------------------------|
| PID | 1,54s | 2,31s | 15 % | 55%; 1,29s |
| HYBRID | 1,54s | 2,31s | 9% | 49,5%; 1,03s |

4. Kesimpulan

- ❖ Sistem kendali hybrid mampu menghasilkan respon dan recovery time yang lebih baik dan tahan terhadap disturbance, ini terbukti dari hasil pengujian sistem dengan pemberian disturbance, terjadinya undershoot dan overshoot dari pemberian beban lebih baik dibanding PID
- ❖ Untuk mendapatkan respon yang baik pada sistem kendali hybrid, dilakukan tuning evaluasi rules serta membership function dengan cara memperlebar nilai crisp input, dengan tujuan untuk meredam overshoot.

Daftar Pustaka

1. Katsuhiko Ogata, "Teknik Kontrol Automatik," Erlangga Jakarta, 1985
2. G. J. Klir and B. Yuan, "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic-Theory and Application," Prentice-Hall Inc, New York, 1995.
3. J. M. Jacob, "Industrial Control Electronics Application and Design," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988
4. J. Van De Vegte, "Feedback Control System," Prentice-Hall International, Inc, 1994.