

## PERBANDINGAN TUNING PARAMETER KONTROLER PD MENGGUNAKAN METODE *TRIAL AND ERROR* DENGAN ANALISA GAIN PADA MOTOR SERVO AC

Abdul Hadi  
Politeknik Negeri Bengkalis  
Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau.  
Email : abdulhadi@polbeng.ac.id

### Abstrak

Kontroler PD membutuhkan parameter yang sesuai sehingga menghasilkan respon sistem yang diinginkan. Pencarian parameter kontroler PD menggunakan metode *trial and error* membutuhkan waktu yang lama, sehingga lebih baik menggunakan metode analisa gain because desain parameter sesuai spesifikasi desain yang diinginkan. Hasil penelitian diperoleh bahwa menggunakan metode analisa gain nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode *trial and error*. Namun, *settling time* menggunakan metode *trial and error* lebih cepat waktunya dibandingkan dengan metode analisa gain.

**Kata kunci** : Kontroler PD, Parameter Kontroler, *Trial and error*, Analisa Gain, RMSE, *Settling time*

### Abstract

*PD controller requires suitable parameters so as to produce the desired system response. The parameter of PD controller using trial and error method takes along time, so it is better to use gain analysis method because it is suitable with design specification. The result showed use analysis gain, RMSE smaller than trial and error method. However, the settling time use trial and error faster than gain analysis method.*

**Keywords** : PD Controller, Parameter Controller, Trial and Error Method, Gain Analysis Methode, RMSE, Settling Time

### PENDAHULUAN

Meluasnya penggunaan control Proportional Derivative (PD) pada industri menyebabkan *tuning* parameter kontroler PD membutuhkan metode yang lebih efisien. *Tuning* parameter merupakan hal yang sangat penting karena mempengaruhi respon *plant* yang diinginkan. Selain itu, penggunaan metode *tuning* parameter yang sesuai memudahkan pencarian parameter kontroler. Metode *trial and error* yaitu metode *tuning* parameter dengan menggunakan uji coba pemberian *gain* dan melihat respon *plant*. Metode analisa *gain* yaitu pencarian *tuning* parameter kontroler dengan menganalisa sesuai dengan respon *plant* yang diinginkan. Permasalahan yang dihadapi menggunakan metode *trial and error* membutuhkan waktu yang lama dalam memberikan *tuning* parameter karena melewati proses diuji coba untuk mendapatkan respon yang sesuai desain yang diinginkan. Dengan menggunakan

metode analisa *gain* maka dapat memperoleh parameter *tuning* yang sesuai dengan desain yang diinginkan bahkan membutuhkan waktu yang relatif singkat karena langsung mendapatkan parameter kontrolernya.

Penggunaan kontroler PD pada *plant* motor servo AC telah dilakukan oleh (Hafiz, 2016), (Sun, dkk, 2005), (Vijay dan Phaba, 2012) dan (Tunjung dan Iwan, 2010) dimana metode *tuning* parameter menggunakan *trial and error*. Selanjutnya penerapan metode *trial and error* untuk kontroler *tracking* mesin CNC 2 aksis (mesin bubut) menggunakan kontroler P-PI *cascade* (Safitri, 2012). Pada penelitian ini diperhitungkan besar *root means square error* (RMSE) hasil *tracking*. Semakin kecil RMSE berarti keluaran *plant* semakin akurat.

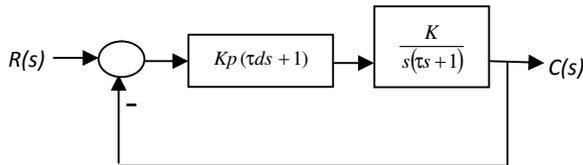
Penelitian ini yaitu membandingkan metode *tuning* parameter kontroler PD antara metode *trial and error* dengan metode analisa *gain*. Hasil dari *tuning* parameter diuji

dalam bentuk simulasi menggunakan *Simulink* MATLAB dengan *plant* motor servo AC seperti penelitian (Vijay dan Phaba, 2012). Tujuan dari penelitian ini untuk diterapkan dikontrol *tracking*. Untuk mendapat hasil yang akurat maka diperhitungkan besar RMSE hasil pengujian. Penelitian ini menganalisa *settling time* yang lebih cepat antara kedua metode *tuning* tersebut.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Desain *Tuning* Kontrol PD dengan Analisa Gain

Penerapan kontroler PD pada *plant* motor servo AC dapat dilihat pada diagram blok Gambar 1. Setelah dianalisa, penerapan kontroler PD untuk mengendalikan *plant* dengan fungsi transfer orde dua yang memiliki satu *pole* di titik nol (*origin*) diperoleh pada Persamaan (1).



Gambar 1. Diagram Blok Penerapan Kontroler PD

Diagram blok di atas menunjukkan penerapan kontroler PD pada fungsi transfer *plant* motor servo AC. Dengan menggunakan analisa diagram blok, diperoleh seperti pada Persamaan (1) yang menggambarkan hubungan fungsi transfer diagram blok Gambar 1.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{Kp(\tau ds + 1) \left( \frac{K}{s(\tau s + 1)} \right)}{1 + Kp(\tau ds + 1) \left( \frac{K}{s(\tau s + 1)} \right)}$$

Dengan pemilihan *tuning* parameter  $\tau d = \tau$  dimana  $\tau$  merupakan *time constant* yang menggambarkan waktu mencapai 63,5% dari *set point* yang diberikan. *Plant* dengan orde dua dengan satu *pole* di *origin* dikendalikan dengan kontroler PD dengan pemilihan *tun-*

*ing* parameter kontroler *derivative* yaitu  $\tau d = \tau$  tersebut akan menghasilkan sistem dengan orde satu seperti pada Persamaan (2). Dengan hasil analisa seperti ini berarti *plant* akan lebih mudah dikendalikan.

$\tau d = \tau$  ( $\tau = \text{time constant}$ )

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{Kp \frac{K}{s}}{1 + Kp \frac{K}{s}} = \frac{1}{\frac{1}{KpK} s + 1} = \frac{1}{\tau^* s + 1}$$

Sehingga diperoleh Persamaan (3) untuk mencari parameter  $Kp$ .

$$\frac{1}{KpK} = \tau^* \Rightarrow Kp = \frac{1}{\tau^* K}$$

Untuk *plant* yang digunakan yaitu motor servo AC dengan fungsi transfer  $G(s)$  dari penelitian Bhabakk (Vijay dan Phaba, 2012) yang ditunjukkan pada Persamaan (4).

$$G(s) = \frac{0,4}{s(2,7743 s + 1)}$$

Fungsi transfer pada Persamaan (4) ini memiliki akar persamaan karakteristik dengan salah satu akarnya (*pole*) berada pada titik *origin*. Oleh karena itu, *plant* motor servo AC ini sangat sesuai dikontrol dengan menggunakan kontroler PD.

Dari fungsi transfer Persamaan (4) akan diperoleh parameter kontroler Proporsional dan Derivatif. Untuk konstanta derivative diperoleh dari  $\tau d = \tau = 2,7763$ , dimana dipilih dari *pole* persamaan karakteristiknya. Sedangkan parameter  $Kp$  diperoleh dari Persamaan (3) dimana  $K = 0,4$  dari Persamaan (4).

Untuk mencari  $\tau^*$  dari Persamaan (3) harus ditentukan karakteristik desain respon yang diinginkan. Karakteristik tersebut berupa *settling time* serta persentase *error steady state* (Ess) dari *settling time* tersebut. Penelitian ini didesain Ess sebesar 2%, dari *settling time* dan *settling time* yaitu 0,5 detik, sehingga diperoleh ketentuan  $t_s(2\%) = 4\tau^*$ .

Dari desain dan ketentuan yang berlaku, akan diperoleh  $\tau^*$  yaitu seperti pada Persamaan (5).

$$\tau^* = \frac{t_s}{4} = \frac{0,5}{4} = 0,125$$

Dari Persamaan (5) dapat diperoleh parameter proporsional yaitu  $K_p = 20$ .

Dengan menggunakan  $K_p = 20$  dan  $\tau_d = 2,7763$  kita akan menguji kontroler PD yang diterapkan pada *plant* motor Servo AC. Dari respon keluaran sistem akan dianalisa berdasarkan nilai RMSE dan *settling time*. Perhitungan RMSE dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (6).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N (E)^2}$$

RMSE dihitung dengan menggunakan respon frekuensi berdasarkan dari referensi sinusoidal. Kesalahan dianalisa dengan melihat rata-rata error terhadap referensi yang diberikan.

## HASIL PENELITIAN

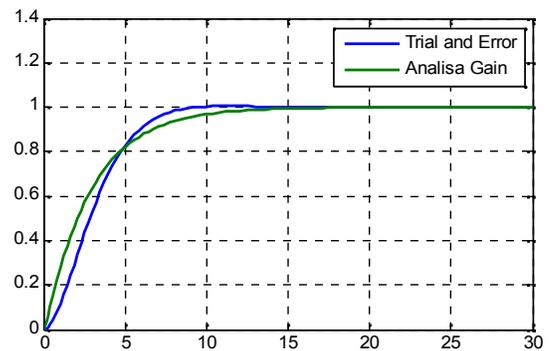
### Analisa Respondan RMSE

*Tuning* parameter kontroler merupakan metode untuk mendapatkan parameter kontroler yang sesuai dengan respon yang diinginkan. Dengan menggunakan metode tertentu diharapkan respon sesuai dengan yang diinginkan dan mendapatkan hasil *tuning* melalui proses yang cepat. Untuk mengetahui perbandingan *settling time* antara metode *trial and error* dan analisa gain, system diberi masukan step. Masukan step inisebesar 1 meter dengan waktu simulasi selama 50 detik. Hasil step respon ini yang menggambarkan *settling time* yang lebih cepat. Jika mendapatkan respon sistem yang memiliki *settling time* lebih cepat maka kontroler tersebut lebih baik.

Selanjutnya RMSE dihitung karena kontroler ini diterapkan untuk control *tracking*. Jika nilai RMSE lebih kecil maka kontroler tersebut semakin baik. Untuk mendapatkan

nilai RMSE, sistem diuji dengan masukan sinusoidal. Masukan sinusoidal yang diberikan memiliki frekuensi 0.08Hz (0,5 rad/s) dan amplitude sebesar 1 meter.

Respon keluaran *plant* saat diberi masukan step atau disebut juga dengan nama *step response* dapat dilihat pada Gambar 2. pada Gambar 2 ini memperlihatkan perbandingan respon step antara metode *trial and error* dengan metode analisa gain.

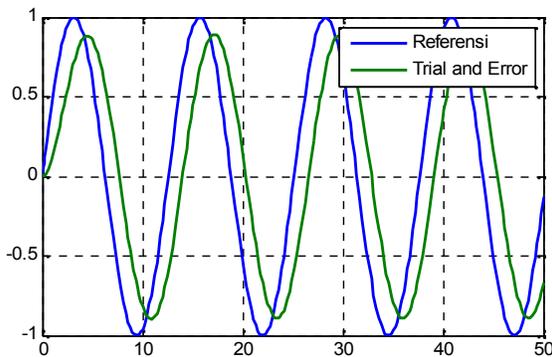


Gambar 2. Perbandingan Respon Step Metode *Tuning Trial and error* Dengan Analisa Gain

Dari Gambar 2 di atas terlihat *settling time* untuk metode *trial and error* lebih cepat dibandingkan dengan metode analisa gain. Dari bentuk respon step Gambar 2 tidak terdapat *overshoot*. Ini membuktikan kedua metode tidak menghasilkan kesalahan melebihi masukan yang diberikan. Dengan bentuk respon seperti Gambar 2 itu menggambarkan respon orde satu, sehingga ini juga membuktikan hasil dari Persamaan (2) yaitu *plant* orde dua dengan satu *pole* di *origin* dikendalikan dengan kontroler PD dengan pemilihan *tuning* parameter kontroler derivative yaitu  $\tau_d = \tau$  tersebut akan menghasilkan sistem dengan orde satu.

Respon keluaran control *tracking* motor servo AC dengan kontroler PD dapat dilihat pada Gambar (3) dan (4) berikut ini. Gambar (3) menggambarkan grafik perbandingan respon keluaran motor servo AC terhadap referensi yang dikontrol PD untuk parameter

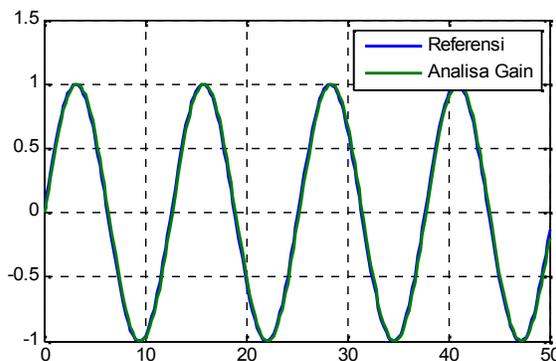
kontroler di-*tuning* menggunakan metode *trial and error*.



Gambar 3. Respon *Plant* dengan metode *Tuning Trial and error* dengan referensi

Dari respon keluaran *plant* motor servo AC dan referensi yang terdapat pada gambar 3 memiliki RMSE sebesar 6,44. Rata-rata kesalahan ini merupakan selisih antara referensi yang diberikan dengan respon *plant*.

Respon keluaran *plant* dengan metode *tuning* analisa gain dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini. Dari perbandingan respon keluaran dengan referensi pada Gambar 4 ini dapat dihitung RMSE yaitu sebesar 0,6266.



Gambar 4. Respon *Plant* dengan metode *Tuning analisa Gain* dengan referensi

Dari hasil RMSE dua metode di atas, dapat diperhatikan nilai RMSE untuk metode *trial and error* lebih besar dibandingkan menggunakan metode analisa gain. Ini membuktikan bahwa, *tuning* parameter kontroler

PD untuk control *tracking* menggunakan metode analisa gain lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode *trial and error*. Selain itu, pencarian parameter kontroler menggunakan metode analisa gain lebih mudah karena hanya berdasarkan karakteristik desain yang diinginkan. Metode *trial and error* membutuhkan waktu yang lama dalam mencari parameter kontroler PD karena hanya dengan diuji coba dan dilihat respon keluaran. Jika respon keluaran belum sesuai dengan yang diinginkan maka akan dilakukan *tuning* parameter ulang. Hal ini dilakukan berkali-kali agar mendapatkan respon yang diinginkan dan tentu saja dengan menginginkan nilai *error* yang lebih kecil.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dan berdasarkan pembuktian secara simulasi menggunakan Simulink MATLAB, maka dapat diberikan kesimpulan untuk melakukan *tuning* parameter kontroler PD pada control *tracking* metode analisa gain lebih baik dibandingkan metode *trial and error*. Hal ini dibuktikan dengan nilai RMSE metode analisa gain lebih kecil dibandingkan nilai RMSE metode *trial and error*. Namun, untuk *settling time* metode *trial and error* lebih baik. Kecepatan mencapai setpoint dalam kondisi praktis untuk control *tracking* tidak terlalu mempengaruhi hasil. Hal ini dikarenakan tujuan utama yaitu keluaran *plant* harus mengikuti referensi yang diberikan bukan kecepatan mencapai titik awal *tracking*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hafiz, M., dan Agustinah, T, (2016) Perancangan Kontroler Fuzzy PD untuk Kontrol Toleransi Kesalahan Senso, *ejournal ITS*.
- Sun, D, dkk (2005) A Model-Free Cross-Coupled Control for Position Synchronization of Multi-Axis Motion Theory and Experiment". *IFAC*.

- Vijay danPhaba (2012) Position tracking performance of AC servomotor based on new modified repetitive control strategy”. *IJRRAS\_10\_1\_16*, Vol 10 Issue 1.
- Safitri, E, B, dkk (2012) “Implementasi Kontroler P-PI Kaskade untuk Meningkatkan Keakuratan Mesin Bubut CNC ”. *JURNAL TEKNIK ITS Vol 1*.F75-F80.
- Tunjung, I., dan Iwan (2010) Pengontrolan Suhu Menggunakan Metode FUZZY – PID pada Model Sistem Hipertermia. *ejournalundip*. Hal 21-26.