
RESPON SISTEM DITINJAU DARI PARAMETER KONTROLER PID PADA KONTROL POSISI MOTOR DC

Dwiana Hendrawati

Prodi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, SH., Tembalang, Semarang
E-mail : d_hendrawati@yahoo.com

Abstrak

Aspek penting dalam penerapan kontroler PID ialah penentuan parameter kontroler PID supaya sistem closed loop mempunyai respon sistem yang baik (memenuhi kriteria performansi yang diinginkan). Untuk mendapatkan respon tersebut, dapat dilakukan dengan mengkaji secara eksperimental terhadap beberapa nilai parameter kontroler PID. Pada prinsipnya, penambahan kontroler PID akan menaikkan tipe sistem. Semakin tinggi tipe sistem, ESS (Error Steady State) sistem makin mendekati nol. Untuk itulah perlu dikaji penambahan kontroler PID dengan parameter yang tepat untuk mendapatkan sistem dengan ESS mendekati nol, dengan tidak mengesampingkan kestabilan sistem. Untuk mengetahui dampak perubahan parameter terhadap respon sistem inilah, diujikan pada kontrol posisi motor DC yang digunakan pada boiler mini (skala laboratorium). Respon sistem yang terbaik pada model plant tersebut ditentukan dengan Metode Ziegler-Nichols pada penerapan kontroler PID dengan $K_p = 6,84$; $T_i = 0,06$; dan $K_d = 0,015$

Kata kunci: respon, kontroler PID, kontrol posisi, motor DC

PENDAHULUAN

Pengendalian sistem selalu berupaya untuk mendapatkan hasil kerja sistem seperti yang diharapkan, dengan meminimalkan atau bahkan menghilangkan error. Disinilah peran Kontroler menjadi bagian utama keberhasilan pengendalian sistem. Kontroler menjalankan mekanisme mengatur kinerja *actuator* agar berjalan atau bekerja sesuai hasil isyarat yang diolahnya. Salah satu jenis controller dapat diaplikasikan untuk mengontrol bukaan *safety valve* boiler.. Kontroler ini menggunakan motor DC (*Direct Current*) sebagai media penerjemah sinyal elektrik dari controller menjadi suatu gerakan mekanis untuk membuka katup jika tekanan lebih dan akan menutup kembali setelah tekanan turun pada level aman.

Kontrol otomatis Sistem pengendali motor DC merupakan salah satu bentuk perancangan teknologi yang mengaplikasikan sistem kendali otomatis untuk mengarahkan posisi katup. Pengendalian posisi dapat dilakukan dengan pengendalian secara *On-Off* atau dengan menambahkan pengendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID). Dari kedua jenis kontroler konvensional ini, kontroler PID mempunyai performansi pengendalian yang lebih baik, dengan pemilihan konstanta PID yang tepat.

Untuk menerapkan sistem pengendalian dengan aksi kontrol PID, perlu penalaan konstanta PID, untuk mendapatkan respon yang terbaik. Untuk satu jenis (karakteristik) plant (obyek pengaturan) tertentu; perlu nilai penalaannya karena nilai-nilai ini sangat spesifik untuk tiap plant (*Ziegler, J.G dan Nichols, N.B; 1942*). Pengujian yang umumnya dilakukan adalah dengan mengamati perubahan tanggapan motor servo untuk kemudian dianalisis sehingga diperoleh sistem kendali motor servo dengan respon cepat dan tingkat kestabilan yang baik.

DASAR TEORI

Respon waktu yaitu karakteristik respon yang spesifikasi performansinya didasarkan pada pengamatan bentuk respon output sistem terhadap berubahnya waktu. Secara umum spesifikasi performansi respon waktu dapat dibagi atas dua tahapan pengamatan, yaitu;

1. Spesifikasi Respon *Transient*, adalah spesifikasi respon sistem yang diamati mulai saat terjadinya perubahan sinyal input/gangguan/beban sampai respon masuk dalam keadaan *steady state*.
2. Spesifikasi Respon *Steady State*, adalah spesifikasi respon sistem yang diamati mulai saat respon masuk dalam keadaan *steady state* sampai waktu tak terbatas (dalam praktek waktu

pengamatan dilakukan saat $T_s \leq t \leq 5T_s$). Tolok ukur yang digunakan untuk mengukur kualitas respon *steady state* ini antara lain; %error *steady state* baik untuk error posisi, error kecepatan maupun error percepatan.

Respon output sistem orde I dan orde II, untuk masukan fungsi Impulsa, step, ramp dan kuadratik memiliki bentuk yang khas sehingga mudah diukur kualitas responnya (menggunakan tolok ukur yang ada).

Tabel 1. Kesalahan keadaan tunak sistem untuk input step, ramp, dan parabola.

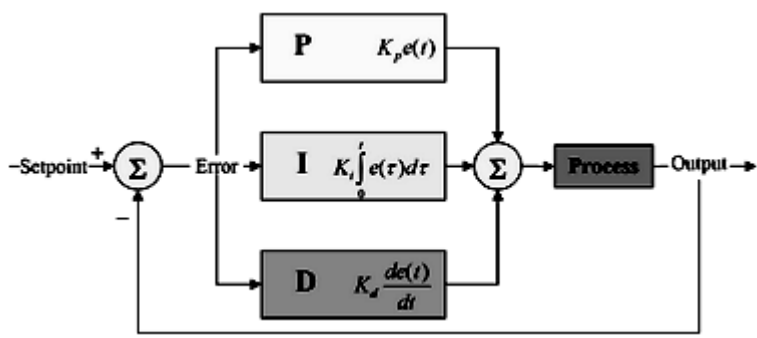
	Input Step	Input Ramp	Input Parabola
Sistem jenis 0	$1/(1+K)$	~	~
Sistem jenis 1	0	$1/K$	~
Sistem jenis 2	0	0	$1/K$

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk membangun sistem dengan respon waktu yang baik, khususnya besarnya *error steady state*; sistem yang baik apabila tipe sistemnya makin tinggi. Salah satu yang bisa diupayakan untuk mempertinggi tipe sistem adalah dengan menambahkan kontroler pada sistem (kontroler Integral). Hal ini didasarkan dari fungsi alih kontroler integral adalah $1/s$. Berbagai metode pengendali telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan, salah satunya adalah dengan menerapkan metode pengendali PID. Persamaan umum pengendali PID diperlihatkan pada Persamaan (1) dan (2).

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) \cdot d\tau \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + T_d \cdot s + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Blok diagram pengendali PID diperlihatkan dalam gambar 1, dengan $m(t)$ adalah sinyal kendali, K adalah penguatan, $e(t)$ adalah sinyal *error* yang diperoleh dari selisih antara nilai sinyal *output*–sinyal *setpoint* . Sinyal pengendali PID merupakan penjumlahan dari pengolahan ketiganya yaitu Proporsional, Integral, dan Derivatif/Turunan.



Gambar 1. Blok Diagram Pengendali PID

Parameter utama dari pengendali PID adalah penguatan proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d . Sinyal pengendali PID merupakan penjumlahan dari pengolahan ketiganya yaitu Proporsional (sebanding dengan perubahan *error*), Integral (sebanding dengan integral/penjumlahan *error*), dan Derivatif/Turunan (sebanding dengan kecepatan perubahan *error*). Sebuah kontroler proporsional (K_p) akan memiliki efek mengurangi waktu naik dan akan mengurangi, tetapi tidak pernah menghilangkan, kesalahan keadaan tunak.

Kontrolintegral (K_i) akan memiliki efek menghilangkan kesalahan keadaan tunak, tetapi dapat membuat respon buruk. Suatu pengendalian derivatif (K_d) akan memiliki efek

meningkatkan stabilitas sistem, mengurangi overshoot, dan memperbaiki respontransien. Efek dari masing-masing kontroler Kp, Kd, dan Ki pada sistem loop tertutupdirangkum dalam tabel 2.

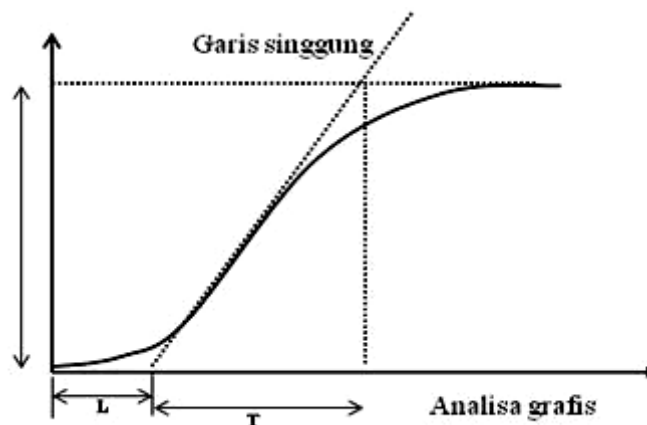
Tabel 2. Pengaruh penambahan kontroler terhadap respon *transient* dan *steady state* sistem

Controller	RISE TIME	OVERSHOOT	SETTLING TIME	S-S ERROR
Kp	Decrease	Increase	Small Change	Decrease
Ki	Decrease	Increase	Increase	Eliminate
Kd	Small Change	Decrease	Decrease	Small Change

Metode penalaan PID *Ziegler-Nichols* merupakan cara populer untuk menyelesaikan permasalahan dalam merancang kontroler PID yaitu menentukan parameter Kp, Kd, dan Ki. Etode ini dapat dilakukan berdasarkan model sistem lup terbuka dan lup tertutup (Metode penalaan PID *Ziegler-Nichols* 1 dan 2). Metode penalaan PID *Ziegler-Nichols* 1 dilakukan berdasarkan eksperimen dengan memberikan input step pada sistem dan mengamati hasilnya. Pada metode ini, sistem harus mempunyai respon terhadap step berbentuk kurva S. Prosedur praktis metode ini adalah member input step ke sistem, mendapat kurva S, dan menentukan nilai L dan T untuk mendapatkan nilai parameter kontroler. Penentuan parameter sesuai dengan tabel 3.

Tabel 3. Penentuan parameter PID *Ziegler-Nichols*

Type Pengendali	Kp	Ti	Td
P	T/L	∞	0
PI	0.9 T/L	L/0.3	0
PID	1.2 T/L	2L	0.5L



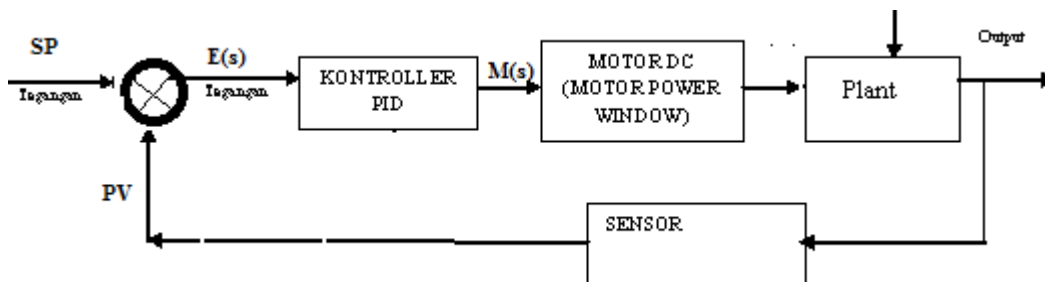
Gambar 2. Kurva S analisa Grafis *Ziegler-Nichols*

Metode penalaan PID *Ziegler-Nichols* 2 berguna untuk sistem yang mungkin mempunyai respon step yang berosilasi secara terus menerus dengan teratur (sistem dengan integrator). Metode ini dilakukan dengan eksperimen yaitu dengan menambahkan kontroler P pada sistem closed loop dengan plant terpasang, Kemudian nilai Kp ditambahkan sampai sistem berosilasi terus menerus dengan teratur. Nilai Kp saat itu disebut penguatan kritis (Kcr) dan periode saat itu disebut periode kritis (Pcr).

METODOLOGI

Untuk menentukan besarnya parameter PID pada servo posisi motor DC tersebut dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Menentukan fungsi alih sistem pengaturan lup terbuka



Gambar 3. Blok diagram sistem kontrol

Fungsi alih motor DC (servo posisi motor)

$$\frac{\theta}{\bar{V}} = \frac{K}{s((Js + b)(Ls + R) + K^2)} \tag{3}$$

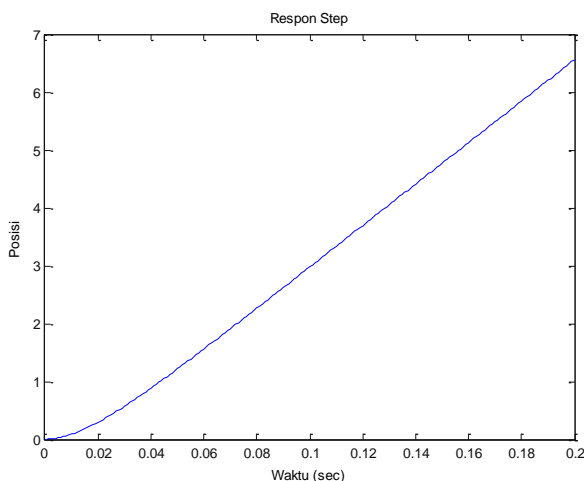
Konstanta yang belum diketahui bisa diperoleh dari percobaan identifikasi plant, yaitu momen inersia rotor (J), damping rasio sistem mekanik (b), Konstanta ggl ($K=K_b=K_a$), resistansi (R), induktansi (L)

- b. Menggambarkan kurva S untuk menentukan nilai L dan T
- c. Menentukan besarnya parameter PID dengan dasar tabel 3.
- d. Analisa dan kesimpulan

Dari pengamatan keluaran (respon) dengan bantuan Matlab sesuai parameter yang ditentukan sebelumnya, serta dengan membandingkan respon penambahan kontroler P, PI, PD, dan PID dapat ditunjukkan respon yang lebih baik dengan penambahan kontroler tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- a. Dengan memasukkan nilai konstanta pada fungsi alih motor DC (persamaan 3), diperoleh respon sistem dengan input step (gambar 4).



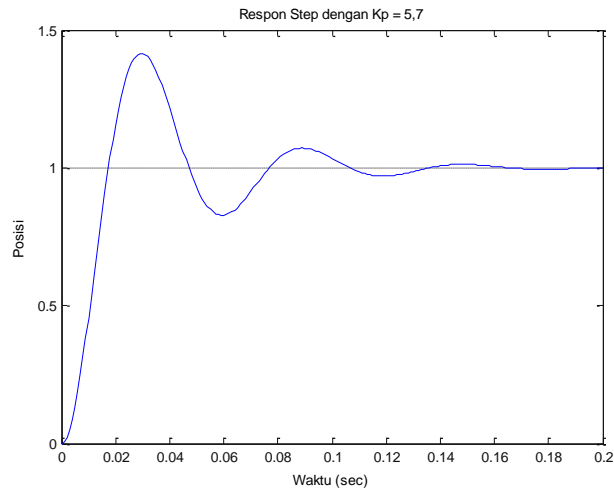
Gambar 4. Respon step sistem

- b. Dengan dasar gambar 4 diperoleh nilai $L = 0,17$ dan $T = 0,03$, sehingga berdasar tabel 3 didapatkan nilai parameter PID seperti tertuang dalam tabel 4.

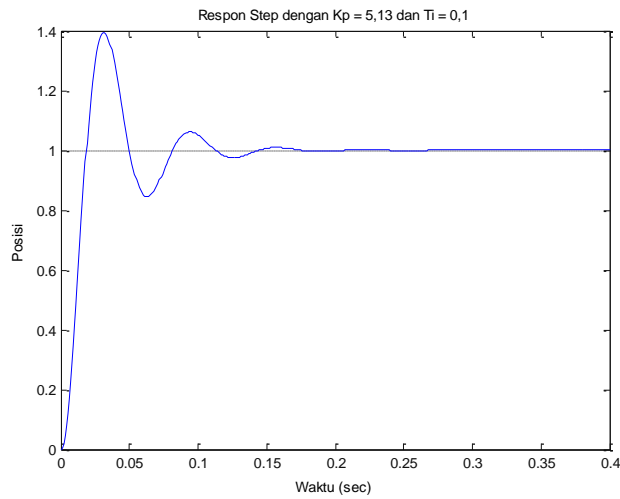
Tabel 4. Nilai parameter PID sesuai dengan Metode *Ziegler-Nichols*

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	5,7	∞	0
PI	5,13	0,1	0
PID	6,84	0,06	0,015

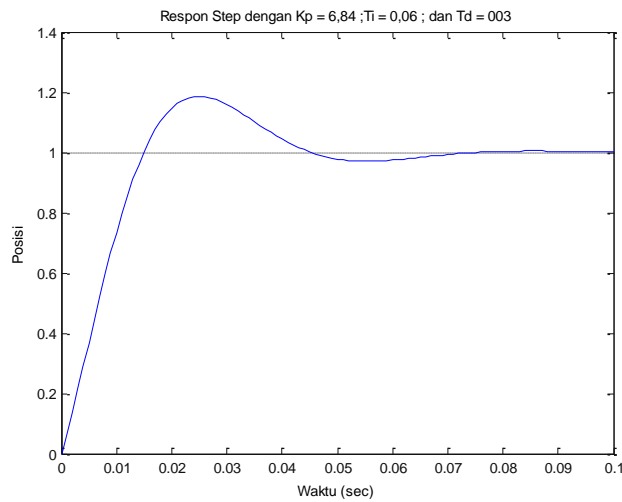
- c. Hasil respon sistem dengan input step dengan nilai parameter seperti dalam tabel 4 ditunjukkan dalam gambar 5, 6, dan 7



Gambar 5. Respon step sistem dengan penambahan kontroler Proporsional



Gambar 6. Respon step sistem dengan penambahan kontroler Proporsional Integral



Gambar 7. Respon step sistem dengan penambahan kontroler Proporsional Integral Derivatif

KESIMPULAN

1. Penambahan kontroler dalam pengendalian posisi motor DC dapat memperbaiki respon waktu sistem, baik respon *transient* maupun *Steady State*
2. Penambahan kontroler Integral terutama sangat bermanfaat untuk menghilangkan ESS (*Error Steady State*)
3. Penambahan kontroler Proporsional dan Derivatif terutama bermanfaat untuk memperbaiki respon *transient* sistem

DAFTAR PUSTAKA

- Dwiana Hendrawati, 2009, *Perbaikan Karakteristik Kontroler Tekanan dengan menggunakan Metode Kontroler PID*, Laporan Penelitian Pengembangan, Polines 2009
- Lettu Lek Ardhimas Wimbo Wasisto, I. Gde Permana, 2011, *Implementasi Motor DC Pengendali PID sebagai Aktuator Sistem Penjejak Obyek Berbasis Warna*, AAU Journal of Defense Science and Technology Volume 2, number 1
- Wawan Ismanto, 2010, *Perancangan dan Simulasi Sistem Kontrol Posisi Pada Panel Surya dengan Menggunakan Metode Fuzzy Sliding Mode Control (FSMC)*, Tugas Akhir ITS Surabaya
- Ziegler, J. G. dan N.B. Nichols, 1942, *Optimum Setting for Automatic Controllers*, Tans. ASME, vol. 64, pp. 759-768
-, 2002, *Getting Started with Matlab Version 6*, The Math Works, Inc, 3, Apple Hill Drive Natick, MA