

---

# SIMULATOR RESPON SISTEM UNTUK MENENTUKAN KONSTANTA KONTROLER *PID* PADA MEKANISME PENGENDALIAN TEKANAN

**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

*Peralatan sistem kontrol untuk pengendalian system dapat diterapkan apabila respon sistemnya memenuhi kriteria (stabil dan error steady state terbatas). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tiap variasi nilai konstanta PID yang diterapkan pada kontroler PID, menunjukkan respon transien dan respon steady state yang spesifik, Dengan memanfaatkan simulator yang animatif dan interaktif, variasi nilai konstanta dapat dengan mudah diubah dan divariasi, untuk mendapatkan respon sistem yang paling baik. Berdasarkan kemudahan yang menjanjikan tersebut, Model Plant pengendalian tekanan (Model Boiler) dapat diperbaiki karakteristiknya dengan pengujian beberapa variasi konstanta PID, untuk mendapatkan respon sistem (stabil dan error steady state < 5 %).*

**Kata kunci:** *simulator, respon, kontroler PID, tekanan*

## PENDAHULUAN

Kontrol otomatis merupakan esensi dalam *numerical control* mesin-mesin presisi pada industri manufaktur, disain sistem auto pilot pada industri penerbangan, disain mobil dalam industri otomotif. Juga dapat diterapkan pada operasi-operasi industri seperti mengontrol tekanan, temperatur, kelembaban, viskositas, aliran dalam industri proses. Tujuan utama sistem kontrol adalah mengendalikan keluaran, perubahan keluaran hanya diperkenankan di dalam batas patokan atau sesuai dengan yang telah ditetapkan. Pada keadaan yang umum bila terjadi perubahan masukan pada sistem akan langsung diikuti oleh perubahan pada keluarannya (*Sulasno, 2009*) dengan aksi kontrol dari kontroler.

Aksi kontrol tersebut dikenal juga dengan sinyal kontrol yang beraksi berdasarkan error. Error yang menunjukkan keberadaan gangguan, menyebabkan output menyimpang dari input yang diinginkan. Aksi control akan berusaha mengantisipasi atau mereduksi error dan sistem akan dikembalikan ke keadaan set pointnya oleh pengontrol (kontroler). Kontroler memroses sinyal error dan menghasilkan sinyal aktuasi yang merupakan aksi control sebagai tanggapan dari error tadi. Aksi kontrol menggerakkan aktuator dan diterapkan pada plant sehingga dihasilkan output. Elemen sensor akan melihat atau mengukur hasil output dan mengkonversikannya ke variabel yang sesuai dengan input referensi. Kedua variabel ini dibandingkan dan menghasilkan sinyal error. Iterasi ini akan berlangsung terus sampai didapatkan kondisi output sudah sesuai dengan input referensi yang diinginkan, yang berarti error hilang atau dalam batas yang telah ditetapkan.

Dari berbagai jenis kontroler, jenis kontroler yang umum digunakan di industri adalah kontroler konvensional : on-off dan PID (*Proportional Integral Derivative*), karena sederhana pengoperasiannya tapi dapat menjamin performansi pengendalian. Dari kedua jenis kontroler konvensional ini, kontroler 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*).

Sejalan dengan perlunya penalaan tersebut, lebih mudah apabila memanfaatkan simulator, sebelum penerapan pada *HardWare*nya. Dengan teknologi ini, kita bisa belajar apa saja, kapan saja dan di mana saja. Simulator **pembelajaran** memungkinkan untuk mengoperasikan atau meningkatkan kinerja sistem real-nya tanpa mempengaruhi berlangsungnya pengoperasian sistem tersebut. Sehingga kerusakan atau terhentinya sistem pengoperasian real dapat dihindari. (*Setiyono, 2009*).

Metode penalaan parameter **kontroler PID** (*Proportional Integral Derivative*) selalu didasari atas tinjauan karakteristik Plant untuk segala tugas pengaturan. Untuk mengetahui respon plant terhadap penerapan kontroler PID dengan penalaan parameternya, perlu dibuat model

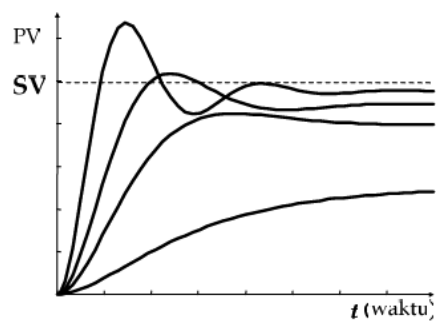
matematik plant tersebut. Simulasi menggunakan program *Matlab* dengan variasi parameter kontroler PI pada suatu model matematik, menunjukkan berkurangnya fluktuasi rata-rata  $\pm 50\%$  untuk contoh model sistem pengaturan yang dibuat. Simulasi menggunakan *Matlab* menunjukkan bahwa pengendalian tekanan dan temperatur pada boiler menunjukkan hasil yang terbaik pada nilai parameter Proporsional ( $K_p = 1$ ) dan parameter Integral ( $K_i = 2$ ) (Shankar, 2008). Performansi yang lebih baik dengan penerapan kontroler PID dengan konstanta yang tepat, tidak terkecuali juga berlaku untuk pengendalian tekanan pada model boiler (Dwiana, 2009).

Berbagai simulator dikembangkan untuk pembelajaran perancangan, tidak terkecuali untuk simulator system control, yang semakin animatif dan interaktif, diantaranya yang berbasis *spreadsheet*. (Budi, 2006)

## DASAR TEORI

### Kontroler

Dalam sistem kontrol, salah satu masalah mendasar adalah penalaan, yaitu menemukan nilai konstanta yang tepat agar PV (*Process Variable*) dapat cepat dan mulus mengejar harga SV (*Setting Variable*).



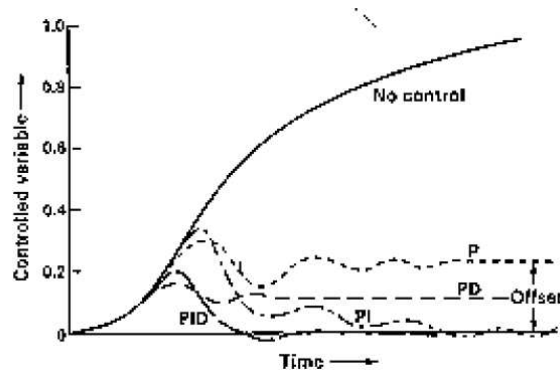
Gambar 1. Respon sistem saat terjadi perubahan SV

Penambahan kontroler akan memperbaiki performansi sistem pengendalian. Pada aksi control Proporsional (P), proportional mempunyai arti bahwa besarnya aksi kontrol sesuai dengan besarnya error dengan faktor pengali tertentu. Kelemahan dari aksi kontrol ini adalah terdapatnya steady state error yaitu output mempunyai selisih terdapat set point.

Aksi kontrol integral (I) akan menghilangkan steady state error, artinya output sistem akan selalu mengejar set point sedekat mungkin. Aksi kontrol integral sering disebut automatic reset control. Kelemahan dari aksi kontrol ini adalah terjadi osilasi sehingga mengurangi kestabilan sistem.

Aksi kontrol (D) sering disebut rate control karena kecepatan perubahan error sebanding dengan sinyal kontrol. Artinya, apabila ada perubahan error, maka sinyal kontrol beraksi. Aksi kontrol ini memberikan respon terhadap perubahan sinyal error dan mampu mengoreksinya sebelum error bertambah besar. Aksi kontrol ini mampu mengantisipasi error, mempercepat respon sistem dan meningkatkan stabilitas sistem. Kelemahan dari aksi ini adalah terdapat steady state error karena error yang konstan tidak akan menghasilkan sinyal kontrol (sistem yang sudah steady tidak menghasilkan aksi kontrol walaupun jauh dari set point).

Aksi kontrol PID merupakan gabungan aksi control dengan penambahan kontroler Proporsional, Integral, dan Diferensial secara bersamaan, yang menghasilkan performansi serta keuntungan gabungan ketiganya. PID mempunyai karakteristik *reset control* dan *rate control* yaitu meningkatkan respon dan stabilitas sistem serta mengeliminasi steady state error.



Gambar 2. Controlled variable vs. time

Tabel 1. Pengaruh Penambahan Kontroler terhadap parameter respon system

| Kontroler | Parameter  |           |               |                      |
|-----------|------------|-----------|---------------|----------------------|
|           | Rise time  | Overshoot | Settling time | Error at equilibrium |
| $K_p$     | Decrease   | Increase  | Small change  | Decrease             |
| $K_i$     | Decrease   | Increase  | Increase      | Eliminate            |
| $K_d$     | Indefinite | Decrease  | Increase      | None                 |

Persamaan aksi control PID adalah :

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Dalam bentuk fungsi alih :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \dots\dots\dots (2)$$

**Simulator**

Simulator yang diharapkan adalah:

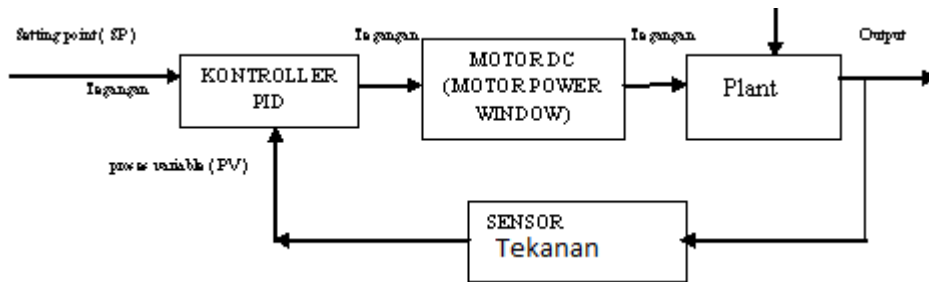
- Ramah pemakai: mudah digunakan.
  - Animatif: memiliki tampilan indah dan hidup.
  - Interaktif: selama simulasi, program dapat menerima masukan dan menanggapi.
- Mereka yang membangun atau memodifikasi simulator tersebut, untuk berbagai kasus sistem control sehingga siap digunakan sebagai alat bantu ajar dan simulator ini haruslah:
- Fleksibel: Menyediakan berbagai modul dasar yang dapat dirangkai dengan mudah untuk berbagai konfigurasi sistem.
  - Tingkat tinggi: mudah diprogram, bahkan kalau perlu tanpa pemrograman sama sekali.

Salah satu simulator yang dikembangkan untuk simulator sistem kontrol adalah berbasis *spreadsheet*. Simulator ini termasuk simulator yang animatif dan interaktif. Animatif maksudnya, simulator dapat menampilkan hasil simulasi dengan grafik yang hidup. Sementara itu interaktif berarti pemakai dapat memberi masukan selama simulator bekerja. Simulator ini mudah dibuat, serta praktis digunakan karena perangkat lunak spreadsheet sudah luas dikenal khalayak umum. Tanpa pemrograman yang rumit, perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menghitung dan menampilkan grafik sistem orde 1 atau orde 2 dengan pengontrol PID.

**METODOLOGI**

Untuk mewujudkan simulator, tahapan-tahapan yang dilakukan adalah

- a. Menentukan fungsi alih system pengaturan, yang blok diagramnya seperti gambar 3



Gambar 3. Blok diagram sistem kontrol tekanan

Fungsi alih motor DC

$$\frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{s^2LJ + s(JR + Lb) + bR + K^2} \dots\dots\dots(3)$$

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

- b. Mensimulasikan fungsi alih system tersebut, dengan mengubah besarnya konstanta PID
- c. Analisa dan kesimpulan

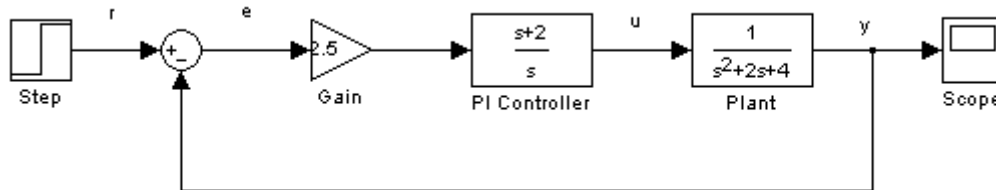
Dari pengamatan keluaran (respon) dapat diketahui berapa lama respon transien sistem untuk tiap-tiap nilai konstanta; dan juga dapat ditentukan nilai kesalahan keadaan mantapnya. Kesimpulan respon yang terbaik yaitu nilai respon transien tercepat dengan kesalahan keadaan mantap terkecil.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

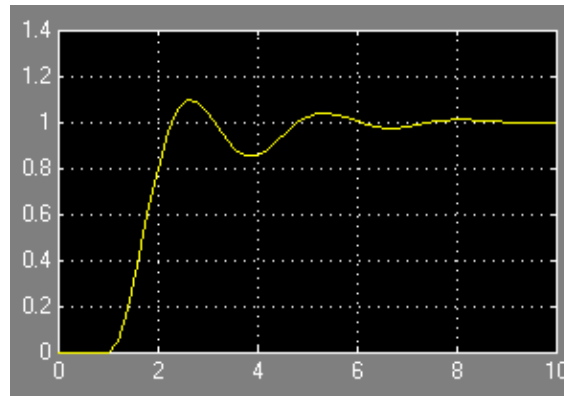
- a. Dengan memasukkan nilai konstanta pada fungsi alih motor DC (persamaan 3), diperoleh

$$\frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{1}{s^2 + 2s + 4}$$

- b. Menambahkan nilai konstanta kontroler pada simulasi, diperoleh :



- c. Hasil simulasi, yang berupa gambar respon sistem memperlihatkan kestabilan sistem dan kesalahan karena adanya gangguan pada sistem



Gambar 4. Respon sistem dengan input berupa step satuan

Gambar 4 menunjukkan, respon PV menuju SV sehingga dapat dinyatakan bahwa sistem stabil dan *error steady statenya* mendekati nol

### KESIMPULAN

1. Sistem pengaturan tekanan dengan hasil respon yang terbaik, dapat lebih mudah direalisasikan dengan perancangan melalui simulasi
2. Simulator sangat bermanfaat untuk menunjukkan respon system secara interaktif dan menarik
3. Dengan memvariasi nilai konstanta PID, terbukti bahwa penambahan kontroler PID dengan nilai konstanta yang spesifik, dihasilkan system yang stabil dan kesalahan keadaan tunak mendekati nol.

### DAFTAR PUSTAKA

- Eko Mursito Budi, 2006, *Simulator Untuk Pengajaran Sistem Kontrol*, prosiding semiloka teknologi simulasi dan komputasi serta aplikasi
- Dwiana Hendrawati, 2009, *Perbaikan Karakteristik Kontroler Tekanan dengan menggunakan Metode Kontroler PID*, Laporan Penelitian Pengembangan, Polines 2009
- Setiyono, Dwi Bambang, 2008, *Pengembangan Pembelajaran dengan menggunakan Media Interaktif untuk Pembelajaran yang Berkualitas*, <http://luarsekolah.blogspot.com>
- Ziegler, J. G. dan N.B. Nichols, 1942, *Optimum Setting for Automatic Controllers*, Tans. ASME, vol. 64, pp. 759-768