

---

---

# PENALAAN KENDALI PID UNTUK PENGENDALI PROSES

Radita Arindya <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Satyagama, Jl. Kamal Raya No. 2A Jakarta Barat,  
email : raditatech@yahoo.com

**Abstrak** - Penalaan parameter kontroller PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (Plant). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu plant, perilaku plant tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik plant tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi plant yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu model matematik perilaku plant tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, penalaan kontroller PID telah dapat dilakukan. Penalaan bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan

**Kata Kunci** : Simulasi; Tuning PID; PID Controller; Pengendali Proses

## 1. Pendahuluan

Elemen-elemen sistem pengendalian otomatis adalah sebagai berikut :

- **Controller** : Elemen yang membandingkan sinyal *feedback* dengan *set point* dan memeberikan sinyal koreksi ke elemen *final control element*
- **Final control element** : Elemen yang merubah besarnya nilai *measurement variable* dengan memanipulasi *manipulated variable* berdasarkan sinyal koreksi dari *controller*
- **Plant** : Elemen yang dikendalikan kondisinya
- **Feedback** : Elemen umpan balik terdiri dari elemen sensing, transmitter, dsb

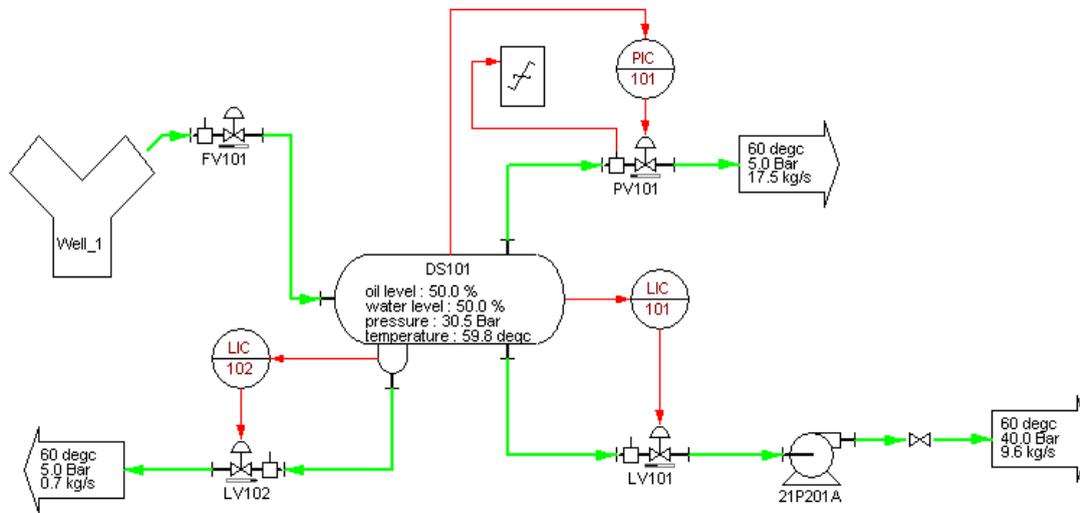
Salah satu tugas komponen kontroler adalah mereduksi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara sinyal setting dan sinyal aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol adalah mendapatkan sinyal aktual senantiasa (diinginkan) sama dengan sinyal setting. Semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktual dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Apabila perbedaan antara nilai setting dengan nilai keluaran relatif besar, maka kontroler yang baik seharusnya mampu mengamati perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi plant. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran plant sampai diperoleh selisih antara setting dengan besaran yang diatur sekecil mungkin.

Elemen yang dikendalikan kondisinya (Plant) adalah berupa Separator 3 fasa. Fungsi utama separator adalah :

- a. Unit pemisahan utama antara cairan dan gas
- b. Melanjutkan proses dengan memisahkan gas ikutan dari cairan
- c. Untuk mengontrol penghentian kemungkinan pelepasan gas dari cairan
- d. Memberikan waktu yang cukup pemisahan antara minyak dan air yang ikut terproduksi

Separator menurut jenisnya dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Separator dua fasa :  
Memisahkan fluida formasi menjadi cairan dan gas, gas keluar dari bagian atas sedangkan cairan keluar dari bagian bawah.
2. Separator Tiga Fasa :  
Memisahkan fluida formasi menjadi minyak, air dan gas. Gas keluar di bagian atas, minyak di tengah dan air di bagian bawah.



Gambar 1. Instalasi Sumur gas bumi

## 1. Pengendalian PID

### 1.1. Kontroler Proporsional (P)

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, pita proporsional (*proportional band*) dan konstanta proporsional. Daerah kerja kontroler efektif dicerminkan oleh Pita proporsional, sedangkan konstanta proporsional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan,  $K_p$ . Hubungan antara pita proporsional (PB) dengan konstanta proporsional ( $K_p$ ) ditunjukkan secara prosentasi oleh persamaan berikut:

$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

Gambar 1 menunjukkan grafik hubungan antara PB, keluaran kontroler dan kesalahan yang merupakan masukan kontroler. Ketika konstanta proporsional bertambah semakin tinggi, pita proporsional menunjukkan penurunan yang semakin kecil, sehingga lingkup kerja yang dikuatkan akan semakin sempit. Ciri-ciri kontroler proporsional harus diperhatikan ketika kontroler tersebut diterapkan pada suatu sistem. Secara

eksperimen, pengguna kontroler proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

1. Kalau nilai  $K_p$  kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Kalau nilai  $K_p$  dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantabnya.
3. Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan beresilasi.

### 1.2 Kontroler Integral (I)

Kontroler integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ( $1/s$ ), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantabnya nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol. Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan

menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Sinyal keluaran kontroler integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan penggerak- lihat konsep numerik. Sinyal keluaran akan berharga sama dengan harga sebelumnya ketika sinyal kesalahan berharga nol. ilai laju perubahan keluaran kontroler berubah menjadi dua kali dari semula. Jika nilai konstanta integrator berubah menjadi lebih besar, sinyal kesalahan yang relatif kecil dapat mengakibatkan laju keluaran menjadi besar. Ketika digunakan, kontroler integral mempunyai beberapa karakteristik berikut ini:

1. Keluaran kontroler membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga kontroler integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran kontroler akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai  $K_i$ .
4. Konstanta integral  $K_i$  yang berharga besar akan mempercepat hilangnya *offset*. Tetapi semakin besar nilai konstanta  $K_i$  akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroler.

### 1.3 Kontroler Diferensial (D)

Keluaran kontroler diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran kontroler juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi *step*), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi *ramp*), keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar magnitudnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan faktor konstanta diferensialnya  $T_d$ .

Karakteristik kontroler diferensial adalah sebagai berikut:

1. Kontroler ini tidak dapat menghasilkan keluaran bila tidak ada perubahan pada masukannya (berupa sinyal kesalahan).

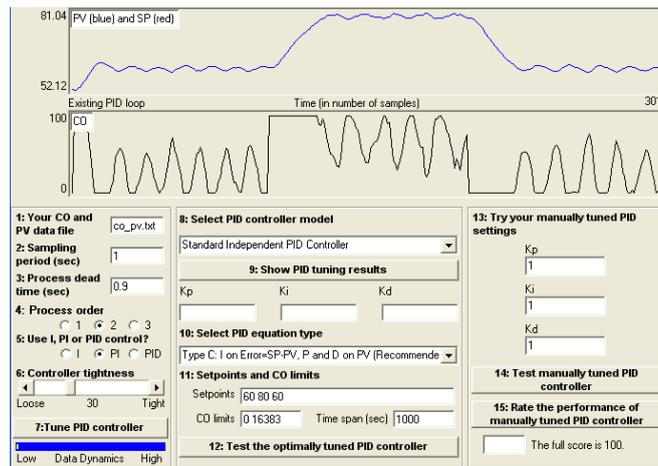
2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan kontroler tergantung pada nilai  $T_d$  dan laju perubahan sinyal kesalahan.
3. Kontroler diferensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga kontroler ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi kontroler diferensial dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif, dan cenderung meningkatkan stabilitas sistem.

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler diferensial hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler diferensial tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lain sebuah sistem.

### 1.4 Kontroler PID

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proposional plus integral plus diferensial (kontroler PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Berikut ini gambar blok diagram kontroler PID. Keluaran kontroler PID merupakan jumlahan dari keluaran kontroler proporsional, keluaran kontroler integral. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan. Pada aplikasi dilapangan kontroler PID dapat kita identikan dengan : P : gain (pertambahan / pencapaian), I : reset ,D : rate (laju / kecepatan).

## 2. Simulasi dengan BESTune



Gambar 2. Standard Independent PID Controller

**Metoda Standard Independent PID Controller**

Untuk aplikasi ini kita memilih tipe / model kontroler : *Standard Independent PID Controller*

3 persamaan untuk perhitungan independent PID control adalah sebagai berikut:

$$\text{Type A: } CO = K_p e + K_i \int edt + K_d \frac{de}{dt}$$

$$\text{Type B: } CO = K_p e + K_i \int edt + K_d \frac{d(-PV)}{dt}$$

$$\text{Type C: } CO = K_p (-PV) + K_i \int edt + K_d \frac{d(-PV)}{dt}$$

Kita merekomendasikan untuk menggunakan tipe C (sebagian besar industri menggunakan

perhitungan salah satu dari tipe A atau tipe B)

Tipe A : Semua batas P, I dan D membuat error =  $SP - PV$

Tipe B : P&I membuat error =  $SP - PV$ , Batas D pada PV

Tipe C : I pada error =  $SP - PV$ , P dan D pada PV

Persamaan diferensiasi dari perhitungan tipe C adalah sbb :

$$dCO = K_i edt - K_p dPV - K_d \frac{d^2 PV}{dt}$$

Persamaan diskrit dari persamaan diatas dengan waktu sampling  $T_s$  untuk dapat dipergunakan dalam computer digital

$$CO(k) = CO(k-1) + K_i e(k)T_s - K_p [PV(k) - PV(k-1)] - \frac{K_d}{T_s} [PV(k) - 2PV(k-1) + PV(k-2)]$$

dimana

- Ts: Sampling period seconds
- Kp: Proportional gain No unit
- Ki: Integral grain (1/second)
- Kd: Derivative gain seconds

Hal yang perlu diperhatikan walau sering diabaikan :

Ketika  $CO(k) > CO$ , kita harus memberi nilai  $CO(k) = CO's$  ;

dan Ketika  $CO(k) <$ , Kita harus membuat  $CO(k) = CO's$ .

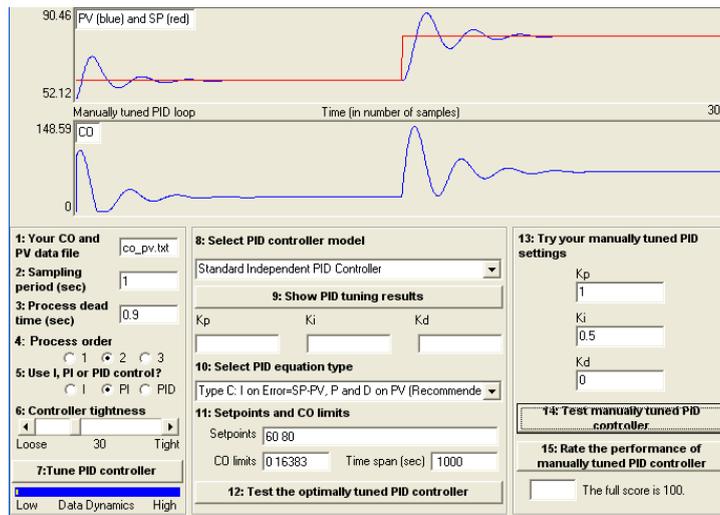
Set Point (berwarna merah) harus sama dengan proses variabel (berwarna biru).

Sebagai contoh, jika  $CO(k) = 100$  menandakan control valve (proses variabel) 100% open dan  $CO = 10$  menandakan control valve (proses variabel) masih tertutup, kemudian nilai  $CO(k)$  dihitung dengan persamaan PID lebih besar 100, kita harus mengganti nilai  $CO(k) = 100$  dan ketika nilai  $CO(k)$  dihitung persamaan PID kurang dari 10, kita harus memberi nilai  $CO(k) = 10$ .

Dari percobaan Tuning PID yang telah dilakukan dengan menggunakan software BESTune dengan memasukan nilai:

- Kp : 1
- Ki : 0.5
- Kd : 0

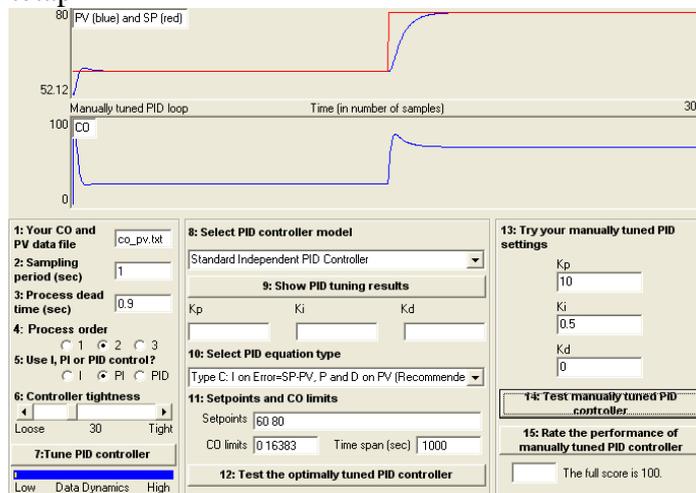
didapatkan data yang direpresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Pengendali Proporsional (P) dan Integral (I)

Terlihat pada grafik bahwa sebelum harga PV menyesuaikan SP, terjadi overshoot (lonjakan) dengan waktu tunda . Kita coba menaikkan nilai Kp menjadi 10, nilai Ki dan Kd tetap

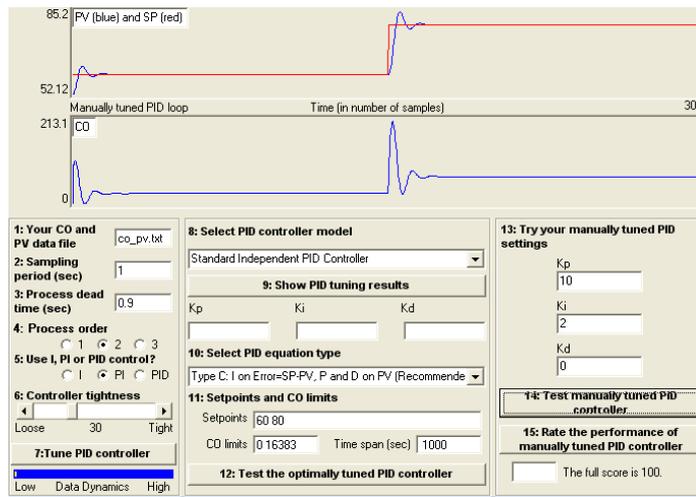
Kp : 10  
Ki : 0.5  
Kd : 0



Gambar 4. Grafik Pengendali Proporsional (P) dan Integral (I)

Terlihat pada grafik bahwa sebelum harga PV menyesuaikan SP, tidak terjadi overshoot (lonjakan) dan waktu tunda (Td) lebih cepat dibandingkan percobaan pertama.

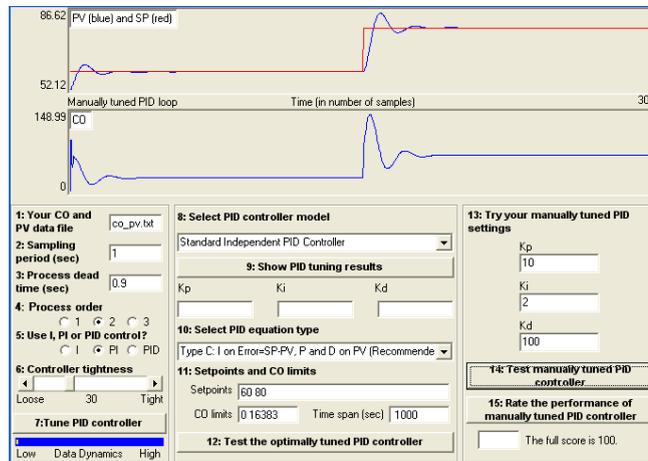
Kita coba menaikkan nilai Ki menjadi 2  
Kp : 10  
Ki : 2  
Kd : 0



Gambar 5. Grafik Pengendali Proporsional (P) dan Integral (I)

Terlihat pada grafik bahwa sebelum harga PV menyesuaikan SP, terjadi *overshoot* (lonjakan) dan waktu tunda ( $T_d$ ) lebih cepat dibandingkan percobaan kedua. Kita coba memberi nilai  $K_d$  menjadi 100

$K_p$  : 10  
 $K_i$  : 2  
 $K_d$  : 100



Gambar 6. Grafik Pengendali Proporsional (P) dan Integral (I)

Terlihat bahwa terjadi overshoot dan respon PV menjadi lebih lambat. Penilaian untuk karakteristik pengendalian disini didasarkan atas nilai Maksimum Overshoot ( $M_p$ ) dan Time Settling ( $T_s$ ). Hal ini dikarenakan kedua nilai parameter tersebut mempunyai pengaruh yang sangat signifikan sekali dalam grafik

osilasi PID. Dengan mengetahui Maksimum Overshoot dan Time Settling, maka kita dapat menentukan respon dari pengendalian yang terbaik dari masing-masing percobaan. Secara teori Maksimum Overshoot dan Settling Time mempunyai hubungan yang bertolak belakang. Artinya, ketika suatu

pengendalian mempunyai Maksimum Overshoot yang tinggi maka pengendalian tersebut biasanya mempunyai *settling time* yang pendek, begitu juga dengan sebaliknya. Pada bagian ini kita akan mencoba menerangkan pengaruh dari masing-masing parameter PID yaitu Kp, Ti, Td pada respon pengendalian secara utuh.

Parameter Kp identik sekali dengan pengendalian Proporsional. Nilai Kp ini sangat berpengaruh kepada sensitifitas dari kontroler, artinya semakin besar nilai Kp maka kontroler akan semakin sensitif, begitu juga dengan sebaliknya. Parameter Ti identik sekali dengan pengendalian Integral. Pengendalian Integral ini mempunyai sifat dapat mengeluarkan output pada saat input sama dengan nol. Jika nilai Ti mempunyai harga yang besar maka reaksi pengendali akan semakin cepat atau pengendali semakin sensitif, begitu juga dengan sebaliknya. Parameter Td identik sekali dengan Pengendalian Diferensial. Pengendalian Diferensial ini mempunyai sifat yang tidak dapat mengeluarkan output jika tidak terdapat perubahan input. Nilai output berbanding lurus dengan nilai Td, artinya semakin besar nilai Td maka akan semakin besar pula nilai output yang dihasilkan. Jadi parameter Kp, Ti, Td pada respon pengendalian yang menggunakan PID adalah saling memberikan aksi yang dapat mengatasi kekurangan dari masing – masing pengendali P, I, dan D. Unsur P, I, dan D masing-masing berguna untuk mempercepat reaksi sistem, menghilangkan offset, dan mendapatkan energi ekstra disaat-saat awal perubahan load atau set point. Sayangnya semua kelebihan pada pengendali PID tidak dapat dipakai untuk mengendalikan semua *process variable*. Hanya *Process Variable* yang tidak mengandung riak saja yang boleh dikendalikan dengan unsur D. Oleh

karena itu, pengendali PID biasanya hanya dipakai untuk pengendalian temperatur. Penyetelan salah satu dari Kp, Ti, Td dapat dibuat lebih menonjol daripada yang lain. Unsur yang menonjol itulah yang kemudian akan membawa pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

### 3. Kesimpulan

1. Parameter Kp identik sekali dengan pengendalian Proporsional. Nilai Kp ini sangat berpengaruh kepada sensitifitas dari kontroler, artinya semakin besar nilai Kp maka kontroler akan semakin sensitif, begitu juga dengan sebaliknya.
2. Parameter Ti identik sekali dengan pengendalian Integral. Pengendalian Integral ini mempunyai sifat dapat mengeluarkan output pada saat input sama dengan nol. Jika nilai Ti mempunyai harga yang besar maka reaksi pengendali akan semakin cepat atau pengendali semakin sensitif, begitu juga dengan sebaliknya.
3. Parameter Td identik sekali dengan Pengendalian Diferensial. Pengendalian Diferensial ini mempunyai sifat yang tidak dapat mengeluarkan output jika tidak terdapat perubahan input. Nilai output berbanding lurus dengan nilai Td, artinya semakin besar nilai Td maka akan semakin besar pula nilai output yang dihasilkan.
4. Parameter Kp, Ti, Td pada respon pengendalian yang menggunakan PID adalah saling memberikan aksi yang dapat mengatasi kekurangan dari masing – masing pengendali P, I, dan D. Unsur P, I, dan D masing-masing berguna untuk mempercepat reaksi sistem,

menghilangkan offset, dan mendapatkan energi ekstra disaat-saat awal perubahan load atau set point

#### **4. Daftar Pustaka**

1. George.Ellis, *Control System Design Guide* , 3<sup>rd</sup> edition, Elsevier Academic Press, 2004
2. John A.Shaw, *The PID Control algorithm : How it works and how to tune it*, Process Control Solutions, November 7, 2001
3. Katsuhiko Ogata, *Modern Control Engineering* ,3<sup>rd</sup> edition, Prentice Hall, 1997.
4. Radita Arindya, *Instrumentasi dan Kontrol Proses*, Penerbit Graha Ilmu, 2014.