

Identifikasi Sistem *Governor Control Valve* Dalam Menjaga Kestabilan Putaran Turbin Uap PLTP Wayang Windu Unit 1

Sri Sadono¹, Sihana², Nazrul Effendy³
^{1,3}Jurusan Teknik Fisika FT UGM
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA
¹sri.sadono@mail.ugm.ac.id
²sihana@ugm.ac.id
³nazrul@gadjahmada.edu

Intisari— Salah satu komponen penting dalam sistem PLTP adalah sistem *Governor Katup Kontrol*. Pada sistem PLTP, katup kontrol digunakan untuk mengatur jumlah volume uap di dalam pipa sebelum menuju ke turbin uap. Untuk menentukan besar kecilnya bukaan katup, katup kontrol mendapatkan perintah dari suatu kontroler yang disebut *governor*. Turbin uap PLTP WW Unit 1 disetel agar selalu pada putaran 3000 rpm, untuk itu perlu dilakukan pengendalian katup kontrol agar aliran uap menuju turbin selalu stabil. Pada penelitian ini dibahas mengenai penyetelan ulang kontroler agar memiliki karakteristik respon sistem yang sesuai dengan tuntutan desain. Penyetelan ulang kontroler dilakukan dengan melakukan variasi *autotune*, yaitu metode *Robust Response Time*, *Integral absolute Error (IAE)*, *Integral Square Error (ISE)*, *Integral Time Absolute Error (ITAE)*, dan *Integral Time Square Error (ITSE)*. Dari berbagai metode yang diterapkan, terbukti bahwa penyetelan dengan metode ISE memiliki karakteristik yang paling baik dibandingkan dengan metode lain, yaitu menghasilkan kontroler jenis PI dengan $K_p = 5$ dan $\tau_i = 10$ dengan karakteristik sistem *overshoot* = 8,29% , *rise time* = 0,0431 s , *peak time* = 0,153 s dan *settling time* = 1,04. Hal ini menunjukkan perubahan yang signifikan karena sistem sebelumnya memiliki %OS 41,7% dan *settling time* sebesar 1,63 s dan *rise time* sebesar 0,138 s.

Kata kunci— *Governor control valve*, *volume uap*, karakteristik respon.

Abstract— One of most important components in geothermal power plant system is Governor Control Valve. Control valve is a tool that may be used to modify fluid flow. The opening valve is set by a Governor. Steam turbine in the geothermal power plant Unit 1 Wayang Windu should have rotation speed of 3000 rpm. The objective of this research is to tune the controller, so it has response characteristic which is appropriate with design demand. The Reverse, Semantic, Traceability, Robust Response Time, Integral absolute Error (IAE), Integral Square Error (ISE), Integral Time Absolute Error (ITAE), and Integral Time Square Error (ITSE) methods are used for tuning. The result show PI controller with $K_p = 5$ and $\tau_i = 10$ have response with *overshoot* = 8.29%, *rise time* = 0.0431 s, *peak time* = 0.153 s and *settling time* = 1.04. This results are better than existing value, which are %OS 41.7%, *settling time* are 1.63 s and *rise time* are 0.138 s.

Keywords— Governor Control valve, steam volume, response characteristic.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) merupakan pembangkit listrik dengan sumber daya panas bumi (geothermal) sebagai penyedia uap bertekanan dan bertemperatur tinggi yang digunakan untuk menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik. PLTP merupakan salah satu solusi dalam penyediaan listrik bagi Indonesia mengingat tingginya potensi sumber panas bumi yang ada di Indonesia. Panas Bumi sebagai salah satu sumber energi yang murah tersebar di banyak wilayah di Indonesia, karena wilayah Indonesia berada pada lokasi pertemuan lempengan-lempengan bumi yang saling bertumbukan. Indonesia memiliki potensi panas bumi sekitar 27.237 MW atau 40%

dari potensi panas bumi dunia [Saptadji & Nenny, 2008]. 20% dari total potensi panas bumi di Indonesia terletak di daerah Jawa Barat [Dzikrie, 2011].

PLTP Wayang Windu merupakan pembangkit listrik yang berada di wilayah Jawa Barat, tepatnya di Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung. Pembangkit ini memiliki 2 unit pembangkitan dengan kapasitas masing-masing unit sebesar 110 MW.

Salah satu komponen penting dalam sistem PLTP adalah adanya sistem *Governor Control Valve*. *Control Valve* adalah alat yang digunakan untuk memodifikasi aliran fluida atau laju tekanan pada sebuah sistem proses. Pada sistem PLTP, *control valve* digunakan untuk mengatur jumlah volume uap

di dalam pipa sebelum menuju ke turbin uap. Untuk menentukan besar kecilnya bukaan katup, *control valve* mendapatkan perintah dari *governor*. *Governor* berfungsi membaca parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan bukaan *control valve* yang bertujuan untuk mengatur dan menjaga kecepatan putaran turbin. Putaran turbin dijaga tetap pada nilai *setpoint* yang dikehendaki (3000rpm) agar listrik AC yang dihasilkan oleh generator tetap pada frekuensi tertentu, yaitu $\pm 50\text{Hz}$.

Penentuan perintah *governor* berdasarkan tiga jenis sinyal yang masuk, yaitu *speed*, *load*, dan *valve limiter*. Ketiga sinyal tersebut dilewatkan menuju *Low Signal Selector (LSS)* untuk menentukan perintah apa yang harus diberikan kepada *control valve*. *LSS* digunakan untuk menyeleksi ketiga sinyal tersebut karena *governor* hanya dapat memberikan satu jenis perintah. Pemilihan sinyal adalah dengan menentukan sinyal terendah yang masuk pada *governor* untuk kemudian memerintahkan *actuator (control valve)* melakukan aksi yang diperlukan.

Penelitian ini nantinya akan memberikan gambaran mengenai bagaimana karakteristik respon dari sistem *governor control valve* dan penyetelan ulang desain kendali untuk kemudian dijadikan acuan agar menghasilkan karakteristik respon sistem yang lebih baik dan sesuai dengan *requirement* perusahaan.

II. STUDI PUSTAKA

Penelitian mengenai *governor* sebelumnya telah dilakukan oleh Patriandari [10] di PLTU Gresik untuk mengetahui kinerja *governor* pada PLTU tersebut berdasarkan variasi *speed droop governor* yang digunakan. *Speed droop* menentukan hubungan antara sinyal pengaturan putaran (*governor*) dengan *output* beban yang dibangkitkan oleh Generator.

Speed Droop merupakan perbandingan beban dengan frekuensi. Semakin kecil nilai prosentase *speed droop*, maka semakin peka terhadap perubahan frekuensi. Demikian pula sebaliknya, semakin besar nilai prosentase *speed droop*, maka semakin lambat merespon perubahan frekuensi. Dengan memvariasikan nilai *speed droop governor* maka akan diketahui seberapa besar prosentase *speed droop* yang paling baik untuk diterapkan dalam sebuah sistem PLTU.

Protus Pieter Kalatiku dan Deny Wiria Nugraha [7] melakukan penelitian yang bertujuan untuk merancang pengendali steam turbin berbasis kendali PID menggunakan perangkat lunak.

Pengendali digital PID (*Proportional Integral Differensial*) adalah pengendali yang banyak digunakan pada sistem pengendalian proses industri. Pengendali ini memiliki struktur yang sederhana tetapi memiliki aplikasi yang luas. Pengendali ini dapat diturunkan menjadi pengendali PI (*proportional integral*) dan PD (*proportional differensial*). Suatu pengendali digital mengukur variabel proses yang akan

dikendalikan pada setiap selang waktu yang spesifik yang disebut waktu sampling.

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB 7.0.4 untuk mengetahui respon dari sistem integrasi antara *steam turbin* dengan *governor*. Pengendalian dispesifikasikan menjadi *single variable input* dan *single output*.

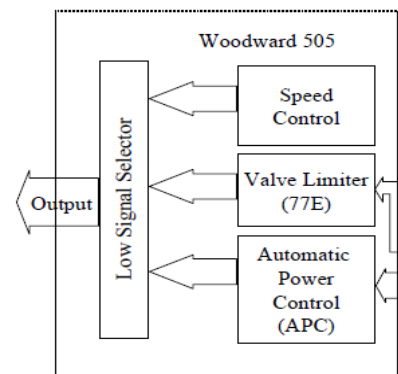
III. DASAR TEORI

A. Governor

Governor adalah sebuah peralatan mekanis yang berfungsi untuk mengatur putaran dari sebuah mesin (turbin, mesin diesel), yaitu dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran fluida, baik itu gas, uap, maupun cair ke turbin ataupun ruang bakar.

Pada dasarnya cara kerja sebuah *governor* itu sederhana, hanya mengandalkan kecepatan putaran mesin itu sendiri. Sebuah *governor* terhubung dengan poros yang berputar. Sepasang bandul dihubungkan pada poros, bandul tersebut berputar seiring dengan adanya perputaran poros. Gaya sentrifugal yang terjadi akibat adanya putaran menyebabkan bandul terlempar. Bandul tersebut dihubungkan ke *collar* yang terdapat pada poros, *collar* akan naik sesuai dengan pergerakan keluar dari gaya berat pada bandul dan jika bandul bergerak turun maka *collar* akan bergerak turun. Pergerakan *collar* ini digunakan untuk mengoperasikan atau mengatur tuas bahan bakar (pada mesin diesel) atau aliran fluida (pada turbin gas atau uap).

Di Wayang Windu Nusantara pengaturan tekanan ke turbin dilengkapi dengan Woodward 505 *Governor* yang diprogram dengan mikroprosesor 32 bit dengan menset parameter dari konfigurasi Woodward *Governor* itu sendiri yang berfungsi sebagai kontrol turbin dan proteksi keamanan turbin. Woodward 505 menggunakan digital bus *Low Signal Selector (LSS)* untuk menyeleksi sinyal terendah dari tiga sinyal *input* untuk menentukan posisi katup turbin. Ketiga sinyal yang mengontrol posisi katup *governor* adalah *output* dari blok Speed PID Controller atau Primary Controller, *output* dari auxiliary PID Controller dan *output* blok valve limiter.



Gambar 1. Diagram Blok *Governor* Woodward 505

Dari *manual book* di perusahaan Star Energy Wayang Windu, didapatkan bahwa kombinasi konstanta PID dalam keadaan *offline* dan *online* memiliki konstanta yang berbeda, yaitu :

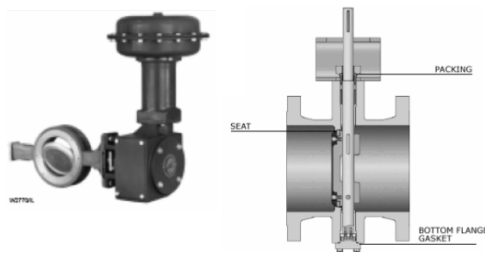
Tabel 1. Konstanta PID *governor* PLTP Wayang Windu

KONSTANTA	OFFLINE	ONLINE
K _p	0.20083	0.08514
T _I	0.05	0.05
T _D	0.061	0.36

B. Control Valve

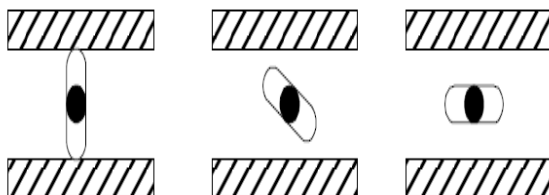
Control valve adalah alat yang digunakan untuk memodifikasi aliran fluida atau laju tekanan pada sebuah sistem proses dengan menggunakan daya untuk operasinya.

Control valve yang digunakan pada PLTP WW Unit 1 merupakan jenis *Butterfly Valve*. *Butterfly Valves* terbentuk dari cakram yang berputar di jalur aliran untuk mengatur laju aliran. Porosnya ini berpusat pada sumbu pipa. Piringan cakram menarik bagian yang sempit pipa saluran. Lubang ini meminimalkan keausan dan mengurangi gesekan. Pengendalian katup pada posisi tertutup bisa menyulitkan aliran karena diperlukan torsi untuk keluaran untuk menarik katup keluar dari dudukannya. Cara kerjanya mirip sayap kupu-kupu, yaitu sebuah *disc* yang berotasi untuk mengatur hambatan aliran.



Gambar 2. *Butterfly Valve* [12]

Keuntungan dari tipe *butterfly valves* ini yaitu antara lain kapasitasnya besar, kehilangan tekanan rendah, dan dapat diaplikasikan untuk *slurry*. Namun kerugiannya *torque* (tenaga putaran) besar, mempengaruhi aliran dengan kisaran terbatas (0-60%), *shut-off* yang rapat membutuhkan material *seat* yang khusus.

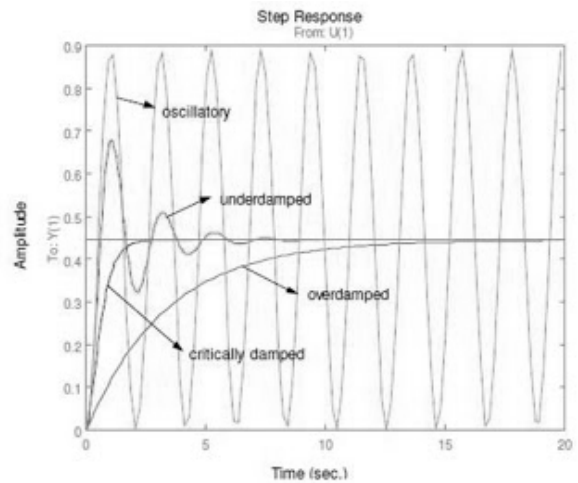


Gambar 3. Penampang *Butterfly Valve* Tampak Atas

C. Sistem Kontrol PID

Dalam mendesain dan menganalisa sistem pengendalian, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik sistem. Analisa tentang desain kontrol yang telah dirancang dapat diketahui dengan melakukan simulasi terhadap sistem yang ada.

Performansi sistem pengendalian tersebut dapat diketahui dengan mengamati respon sistem terhadap sinyal uji (sinyal masukan). Terdapat beberapa jenis sinyal masukan, yaitu sinyal *Impuls, step, ramp, parabolic* dan *sinusoidal*. Akan tetapi, sinyal yang paling sering digunakan untuk melakukan pengujian pada simulasi adalah sinyal *step, ramp, dan parabolic*



Gambar 4. Jenis-Jenis Respon Sistem [6]

Sistem dapat dikatakan stabil apabila respon sistem mendekati nilai *set-point*, walaupun diperlukan waktu untuk itu. Pada respon *underdamped*, respon melesat di atas harga *set-point* kemudian berosilasi yang pada akhirnya tercapai kondisi *steady state*. Pada respon *overdamped*, walaupun respon tidak pernah melesat di atas *set-point* diperlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai kondisi *steady state*. Sedangkan pada respon *critically damped*, respon tidak pernah melesat di atas *set-point* dan dapat mencapai kondisi *steady state* dalam waktu singkat.

Terdapat beberapa spesifikasi yang muncul ketika kita melakukan suatu desain sistem kontrol dan melakukan pengujian terhadapnya, yaitu antara lain *overshoot, peak time, rise time, error steady state, settling time, dan delay time*. Ilustrasi dari spesifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Maximum Overshoot (OS)* adalah nilai puncak kurva respon diukur dari satuan. Apabila nilai akhir keadaan tunak responnya jauh dari satu, maka biasa digunakan persen *overshoot maksimum*, dan didefinisikan oleh

$$\text{Maksimum (persen) overshoot} = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\%$$

2. *Peak Time* (t_p) , waktu puncak adalah waktu yang diperlukan respon untuk mencapai puncak pertama *overshoot*. Kriteria 2 % atau 5 %
3. *Rise Time* (t_r), waktu naik adalah waktu yang dibutuhkan oleh respon untuk naik dari 5% ke 95% atau 10% ke 90% dari nilai *steady state*.
4. *Error Steady State* (Ess) adalah Besarnya kesalahan pada keadaan tunak .
5. *Settling Time* (t_s), waktu tunak adalah waktu yang dibutuhkan respon untuk mencapai keadaan stabil (keadaan tunak) atau dianggap stabil.
6. *Delay Time* (t_d), waktu tunda adalah waktu yang diperlukan oleh respon untuk mencapai setengah dari nilai *steady state* tunak untuk waktu pertama.

Pengontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan salah satu jenis pengontrol yang paling banyak digunakan di industri sekarang ini. Pengontrol PID terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen Proporsional (P), komponen Integral (I) dan komponen Derivatif (D). Ketiga komponen ini saling melengkapi satu sama lain, sehingga kelemahan-kelemahan pada salah satu komponen dapat ditutupi oleh komponen yang lain. Komponen I dan D tidak dapat berdiri sendiri dan selalu dikombinasikan dengan komponen P, menjadi pengontrol PI atau PID. Pengontrol PID akan mengeluarkan aksi kontrol dengan membandingkan kesalahan atau *error* yang merupakan selisih dari process variable dan *setpoint*, yang akan digunakan sebagai masukan pengontrol untuk mengeluarkan sinyal kontrol ($u(t)$).

Secara umum bentuk persamaan pengontrol PID dapat dinyatakan seperti pada Persamaan (3.1).

$$mv(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{\partial e(t)}{\partial t} \right)$$

- $mv(t)$ = manipulated variable
- K_p = penguatan proporsional
- T_i = waktu integral
- T_d = waktu derivatif
- $e(t)$ = error = setpoint – keluaran

D. Persamaan Reverse, Semantic, Traceability (RST)

Di dalam dunia industri, RST digunakan sebagai metode pengendalian kualitas yang memungkinkan meminimalkan konsistensi antara *input* dan *output* dari suatu proses. RST akan menghasilkan suatu model dengan fungsi alih diskrit.

Persamaan RST dapat ditulis sebagai berikut :

$$T_{(z)} = K [(b + b_i)z^2 - (b + b_d + b_i a_d)z + b a_d]$$

dengan :

$$a_d = \frac{\tau_d}{\tau_d + NT}$$

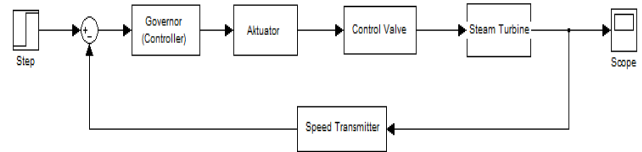
$$b_d = N a_d$$

$$b_i = \frac{T}{\tau_i}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

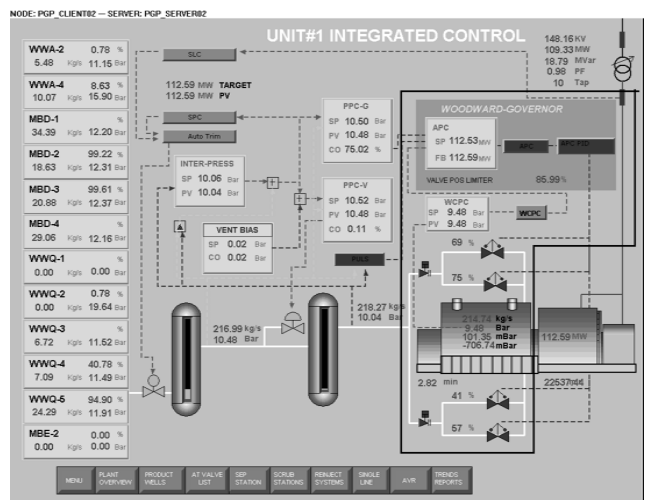
A. Pembatasan Kajian Sistem

Penelitian ini hanya terbatas pada sistem *governor control valve* yang terdiri dari *governor*, aktuator, *control valve*, turbin uap, dan speed transmitter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Blok Diagram Sistem Governor Control Valve

Pendekatan masalah dilakukan dengan menganalisis secara khusus cakupan sistem *control valve* yang terintegrasi dengan *governor*. Parameter aktual di lapangan berupa data PID, prosentase bukaan katup, dan data kecepatan turbin berguna untuk menentukan fungsi alih dari sistem untuk memudahkan penulis dalam melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab R2010a. Setelah diketahui respon sistem aktual pada simulasi, kemudian akan dilakukan variasi pengendalian PID untuk menghasilkan suatu sistem yang lebih baik.



Gambar 5 Batasan Kajian Sistem (garis hitam) [2]

B. Menentukan Fungsi Alih Sistem

Dari persamaan awal, maka persamaan RST dapat dituliskan seperti pada Persamaan.

$$R_{(z)} = z^2 - \left(1 + \frac{\tau d}{\tau d + NT}\right)z + \frac{\tau d}{\tau d + NT}$$

$$S_{(z)} = K \left[\left(1 + \frac{T}{\tau_i} + N \frac{\tau d}{\tau d + NT}\right)z^2 - \left(1 + \frac{\tau d}{\tau d + NT} + \frac{T}{\tau_i} \cdot \frac{\tau d}{\tau d + NT} + 2N \frac{\tau d}{\tau d + NT}\right)z + \left(\frac{\tau d}{\tau d + NT} + N \frac{\tau d}{\tau d + NT}\right) \right]$$

$$T_{(z)} = K \left[\left(b + \frac{T}{\tau_i}\right)z^2 - \left(b + N \frac{\tau d}{\tau d + NT} + \frac{T}{\tau_i} \cdot \frac{\tau d}{\tau d + NT}\right)z + b \frac{\tau d}{\tau d + NT} \right]$$

dimana :

- b = bagian proporsional [0,1]
- N = [3,20]
- T = Sampling time dari data yang diambil (1 s)
- K = Konstanta P (0,20)
- τ_i = Konstanta I (0,05)
- τ_d = Konstanta D (0,061)

maka diperoleh :

1. $R_{(z)} = z^2 - 1,0203 z + 0,0203$ maka matriksnya [1 -1,0203 0,0203]
2. $S_{(z)} = 4,213 z^2 - 0,30962 z + 0,01624$ maka matriksnya [4,213 -0,30962 0,01624]
3. $T_{(z)} = 4 z^2 - 0,4669 z$ maka matriksnya [4 -0,4669 0]

Untuk mendapatkan model diskrit sistem digunakan fungsi CLOE pada Matlab. Fungsi cloe digunakan untuk melakukan identifikasi pada model diskrit plant yang beroperasi secara closed loop dengan basis RST Controller. Fungsi cloe dapat dituliskan seperti pada persamaan berikut.

$$[B, A] = \text{cloe}(y, r, na, nb, d, R, S, T, Fin, lam1, lam0)$$

dengan :

- B, A= Numerator dan denumerator fungsi alih diskrit
- y = Output sistem diimpor dari file .xls (kecepatan turbin)
- r = Input sistem diimpor daari file .xls (prosentase bukaan katup)
- na, nb= Orde sistem
- d = default 0
- RST = matriks dari persamaan RST
- F_{in} = initial gain (default=1000)
- lam1, lam0= default 1

Validasi Model dan Fungsi Alih Kontinyu

Data input dan output menggunakan data operasi dari DCS pada tanggal 30 Januari 2013 pada pukul 00:00:00 hingga pukul 00:08:19 sehingga didapatkan masing-masing 500 data setiap input dan output. Dilakukan variasi terhadap fungsi na dan nb untuk mendapatkan sistem yang paling mendekati keadaan sistem yang sesungguhnya. Penentuan

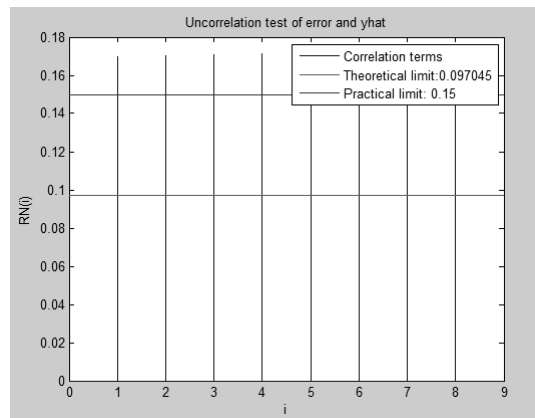
orde sistem dilakukan dengan melihat rentang antara Theoretical Limit dan Practical Limit serta nilai Loss Function yang dihasilkan oleh fungsi clvalid pada Matlab. Fungsi clvalid dapat dituliskan sebagai berikut :

```
[lossf, gap, Pcal, Piden, yhat] = clvalid(B, A, R, S, T, y, r, pcl)
```

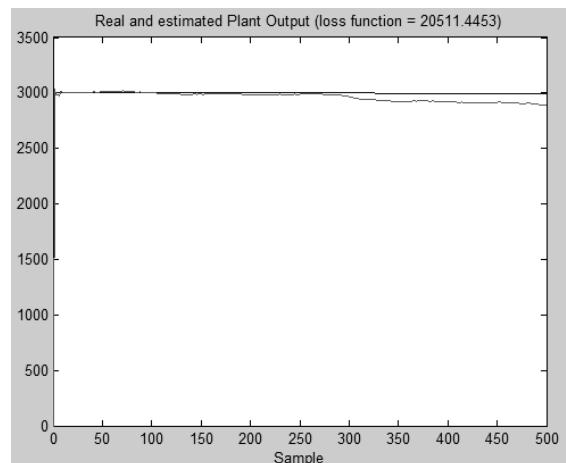
dimana :

- Lossf, gap, Pcal, Piden, yhat = Grafik yang dihasilkan
- B = Numerator fungsi alih
- A = Denominator fungsi alih
- RST = Matriks dari persamaan RST
- y = Output sistem diimpor dari file .xls (kecepatan turbin)
- r = Input sistem diimpor dari file .xls (prosentase bukaan katup)
- pcl = validasi default 0 (pendekatan ARMAX)

Untuk melakukan validasi, digunakan data input dan output yang berbeda dari fungsi cloe , yaitu data pada tanggal yang sama namun pada pukul 00:08:20 sampai 00:16:39 sehingga masing-masing didapatkan 500 data input dan output. Grafik dari fungsi clvalid untuk orde 3 ditunjukkan oleh Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Unccorrelation Test



Gambar 7. Loss Function

Hasil dari variasi orde untuk validasi *clvalid* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Hasil Variasi Orde

Orde	Theoretical Limit	Practical Limit	Loss Function
1	0,097045	0,15	1237462,5725
2	0,097045	0,15	35978,4476
3	0,097045	0,15	22507,9837
4	0,097045	0,15	20511,4453
5	0,097045	0,15	22615,8151
6	0,097045	0,15	23149,3347

Dari tabel tersebut dapat dikatakan bahwa sistem orde 4 memiliki pendekatan sistem yang paling baik karena memiliki nilai *loss function* yang paling kecil.

Dari fungsi CLOE, fungsi alihdiskrit dengan *sampling time* 1 detik dari sistem (untuk sistem orde 5) adalah :

$$\frac{48,28 z^3 - 61,87 z^2 + 15,93 z - 0,8302}{z^4 - 12,77 z^3 + 25,9 z^2 - 17,1 z + 3}$$

Fungsi alih diskrit tersebut perlu dirubah menjadi persamaan kontinyu untuk melakukan *setting* ulang PID.

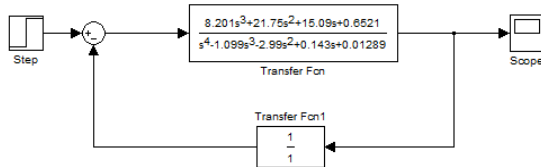
Untuk merubahnya digunakan fungsi *d2c* pada Matlab sehingga didapatkan fungsi alih sistem sebagai berikut :

$$\frac{8,201 s^3 + 21,75 s^2 + 15,09 s + 0,6521}{s^4 - 1,099 s^3 - 2,99 s^2 + 0,143 s + 0,01289}$$

C. Respon Sistem Aktual

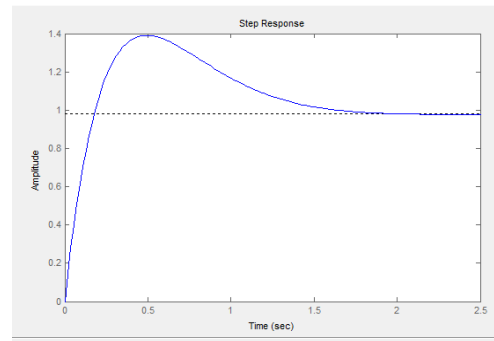
Fungsi alih pada persamaan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan karakteristik respon aktual dari sistem dengan konstanta P,I,D yang terdapat di lapangan.

Karakteristik sistem pada kondisi aktual didapatkan dengan cara melakukan uji sinyal undak pada fungsi alih sistem yang diimplementasikan pada simulasi sistem menggunakan fungsi *sisotool* pada MATLAB.



Gambar 8 Blok Diagram Sistem Aktual

Dengan melakukan simulasi dengan uji step maka dihasilkan karakteristik sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Karakteristik Respon Sistem Aktual

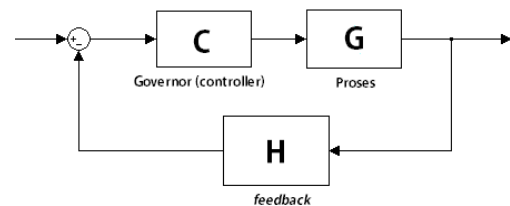
Karakteristik respon sistem aktual menunjukkan bahwa sistem ini memiliki % *overshoot* lebih besar dari 41,7 % dan memiliki *settling time* sebesar 1,63 s. Respon menunjukkan perlunya tuning ulang kontroler agar sistem dapat memenuhi *requirement* perusahaan yaitu %OS tidak melebihi 11%.

D. Desain Ulang Sistem Kendali

Untuk menentukan nilai konstanta PID yang sesuai dilakukan tuning PID menggunakan berbagai macam metode yang bertujuan untuk mendapatkan nilai konstanta PID yang paling sesuai. Beberapa metode yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah :

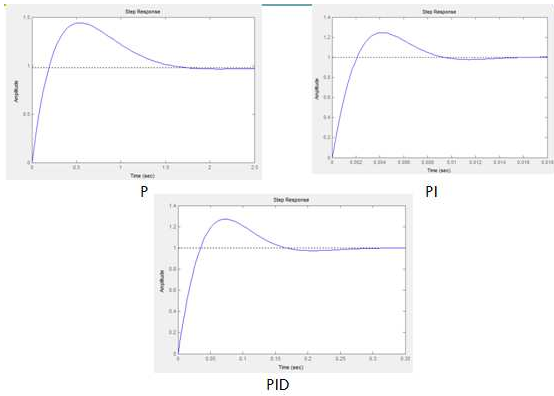
1. *Robust Response Time*
2. Metode *Singular Frequency Based Tuning*
3. *Integral absolute Error (IAE)*
4. *Integral Square Error (ISE)*
5. *Integral Time Absolute Error (ITAE)*
6. *Integral Time Square Error (ITSE)*

Metode tuning ini terdapat pada fungsi *sisotool*. Di dalam *sisotool*, plant dimodelkan dengan melakukan simplifikasi model, yaitu penggabungan antara *control valve* dan turbin uap menjadi satu proses (G). Hal ini dilakukan karena kedua sub sistem tersebut sudah dimasukkan sebagai fungsi *input* dan *output* pada fungsi *cloe* dan *clvalid* sebagai konstanta y dan r. Pengendali PID, dalam sistem ini adalah suatu *governor* dilambangkan (C) dan *feedback* berupa kecepatan turbin (rpm) dilambangkan (H).



Gambar 10 Blok Diagram Simplifikasi Model

1. Robust response Time

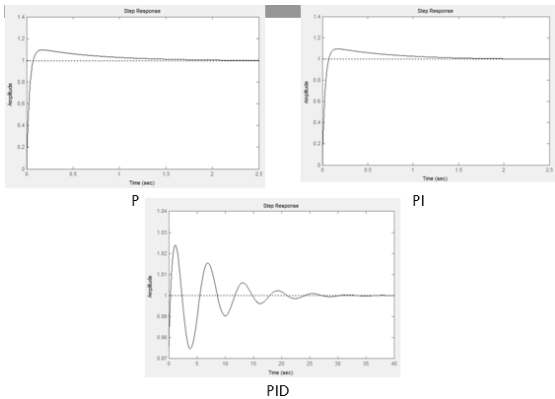


Gambar 10 Karakteristik Respon RRT

Tabel 3. Konstanta RRT

	K_p	τ_i	τ_d	%OS	T_p (s)	T_r (s)	T_s (s)
P	0,884	-	-	47,4	0,527	0,149	1,58
PI	80,8	0,000028	-	24,5	0,00421	0,00161	0,0122
PID	4,98594	0,0092	0	27,2	0,0267	0,0267	0,239

2. IAE

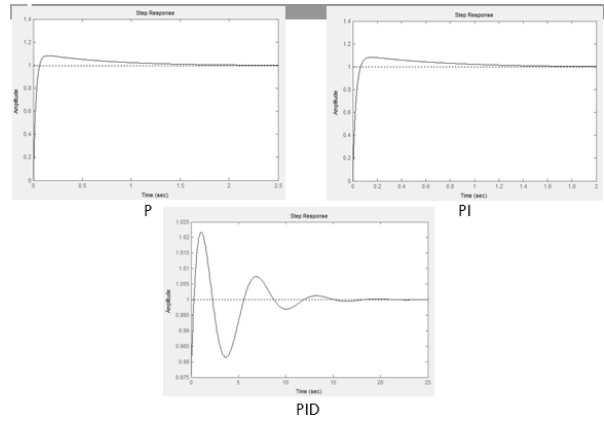


Gambar 11 Karakteristik Respon IAE

Tabel 4. Konstanta IAE

	K_p	τ_i	τ_d	%OS	T_p (s)	T_r (s)	T_s (s)
P	4,3359	-	-	10	0,172	0,0482	1,28
PI	4,4	10	-	9,47	0,171	0,0484	1,12
PID	1,65	0,2	4,95	2,4	1,16	0,242	29,1

3. ISE

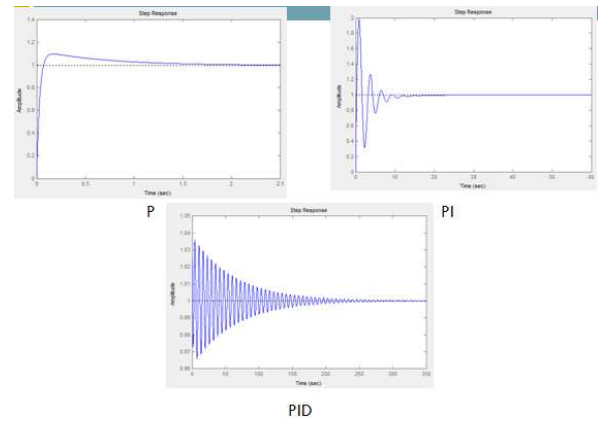


Gambar 12 Karakteristik Respon ISE

Tabel 5. Konstanta ISE

	K_p	τ_i	τ_d	%OS	T_p (s)	T_r (s)	T_s (s)
P	5,0304	-	-	8,68	0,154	0,0427	1,18
PI	5	10	-	8,29	0,153	0,0431	1,04
PID	2,85	0,2	4,95	2,16	1,08	0,233	16,7

4. ITAE

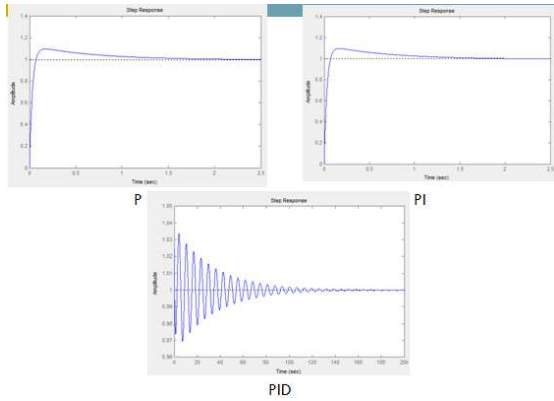


Gambar 13. Karakteristik Respon ITAE

Tabel 6. Konstanta ITAE

	K_p	τ_i	τ_d	%OS	T_p (s)	T_r (s)	T_s (s)
P	4,3359	-	-	10	0,172	0,0482	1,28
PI	0,425	12,5	-	98,8	0,863	0,232	11,4
PID	-0,0051	-0,18834	-5,15	3,61	4,01	0,249	253

5. ITSE



Gambar14 Karakteristik Respon ITSE

Tabel 6. Konstanta ITSE

	K_p	τ_i	τ_d	%OS	T_p (s)	T_r (s)	T_s (s)
P	4,3359	-	-	10	0,172	0,0482	1,28
PI	-4,4	10	-	9,47	0,171	0,0484	1,12
PID	-0,15	-0,2	-5	3,38	4,09	0,249	133

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah dari hasil desain ulang kendali sistem melalui *auto tune* pada Matlab R2010a dengan fungsi *sisotool* maka didapatkan jenis kontroler yang paling sesuai adalah jenis PI dengan $K_p = 5$ dan $\tau_i = 10$ dengan karakteristik sistem *overshoot* = 8,29% , *rise time* = 0,0431 detik, *peak time* = 0,153 detik dan *settling time* = 1,04 detik melalui metode *Integral Square Error* (ISE) .

Dengan karakteristik sistem tersebut, maka desain ulang kendali dengan ISE lebih baik dari sistem sebelumnya yang

memiliki % OS 41,7% dan *settling time* sebesar 1,63 detik dan *rise time* sebesar 0,138 detik.

Hasil dari desain ulang sistem kendali turbin dan *control valve* telah memenuhi tuntutan desain dari perusahaan, yaitu *overshoot* tidak melebihi 11% dan terbukti memiliki karakteristik respon yang lebih baik daripada sistem sebelumnya.

REFERENSI

- [1] Messrs. MAGMA NUSANTARA LIMITED WAYANG WINDU GEOTHERMAL PROJECT (O/S No. E69011) As-Built Documentation Unit 1 & Common Equipment Fuji Electric Co.,Ltd.
- [2] Messrs. MAGMA NUSANTARA LIMITED WAYANG WINDU GEOTHERMAL PROJECT (O/S No. E69011) Operation & Maintenance Manual
- [3] Process Instruments And Control Hand Book 3rd Edition . Douglas M Considine
- [4] Process/Industrial Instrument And Controls Handbook. Gregory K.Mc Millan.Mc Graw-Hill Handbook
- [5] Sigit Wisnu Habsoro. Sistem Control Valve Pada *Aftercooler* (E-103) Di PT Geodipa Energi Unit Dieng. 2011
- [6] Ariyanto, Ir Syamsul Arifin, MT , Ir. M Ilyas Hs. Perancangan Sistem Pengendalian Deaerator Menggunakan Fuzzy Gain Scheduling PI Di PT Petrowidada. 2010
- [7] Protus Pieter Kalatiku, Deny Wiria Nugraha. Sistem Pengendalian PID Yang Diaplikasikan Pada Sistem Pengendalian Steam Turbine Dengan Single Variable Input Dan Single Output.2011
- [8] Faridah. Handout Kontrol Otomatis. 2011
- [9] Ali Chaibakhsh , Ali Ghaffari. Simulation Modelling Practice And Theory Steam Turbine.2008
- [10] Zhixin Sun. Modelling Of Primary Frequency Control And Effect Analyses Of Governing System Parameters On The Grid Frequency.
- [11] Patriandari. Analisis Pengoperasian Speed Drop *Governor* Sebagai Pengaturan Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik.2011
- [12] Achmad Fauzan. Analisis *Governor* Pada Pengaturan Frekwensi PLTGU Di PT Indonesia Power UBP Priok.2011.
- [13] Izzad Abidy. Identifikasi Sistem Kendali PID Stop/Speed Ratio Valve Pada Suplai Gas Bahan Bakar Turbin Gas GE MS5001LA.2012
- [14] Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering 4th Edition.2002.