

## Design of Plantwide Control for Steam Power Plant Control System

Achmad Qomarul Mujahidin<sup>1,\*</sup>, Hendrik Elvian Gayuh Prasetya<sup>2</sup> dan Erik Tridianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Sistem Pembangkit Energi, Departemen Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

<sup>2</sup>Departemen Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

\*Korespondensi: ach.qomar.m@gmail.com

**Abstract.** Steam power plant (PLTU) is one of the power plants that have a big role in fulfilling the electricity needs of Indonesia. Thus, it takes a way to reduce errors that occur one of them is by doing control. However, it is not possible to control all operational units because it will increase the operating cost. Plcwide control is a control strategy used to determine the overall operation of a plant. The plantwide method used to optimize the system is top-down. The design of top-down method is done with several steps. First, determine the unit of operation used, specify the degree of freedom, determine the manipulated variable (MV), and finally unite the control placement. The operating units used are turbines, feedwater heater, condenser, and boiler consisting of steam drum, superheater, and economizer. The determination of the degree of freedom is used to determine the manipulated variable (MV) that affects the entire plant. The degree of freedom determination is done by reducing the number of variables by the number of equations. The degree of freedom score is 9. So there are 9 manipulated variables (MV) that affect the plant. The valve placement for control is placed in the flow on the turbine operating unit 1, superheater 1, economizer 1, dearator 2, steam drum 3, and deaerator 2. Thus, not all operating units are controlled. Furthermore, tuning to know the performance of control. In open loop testing is used to determine the parameter  $K_c$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_d$ . Close loop testing is done to determine the control response. From the result of close loop, obtained on instrument of turbine power control IC-100, settling time value 197.75, maximum overshoot 0, and IAE 335,7882.

**Abstrak.** Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah salah satu pembangkit yang memiliki peran besar dalam pemenuhan kebutuhan listrik Indonesia. Sehingga, diperlukan cara untuk mengurangi kesalahan yang terjadi, salah satunya adalah dengan melakukan pengendalian. Namun, pengendalian disemua unit operasi kurang efektif karena akan menambah biaya operasi. *Plantwide control* adalah satu strategi pengendalian yang digunakan untuk mengetahui keseluruhan operasi pada suatu *plant*. Metode *plantwide* yang digunakan untuk mengoptimalkan sistem adalah *top-down*. Perancangan metode *top-down* dilakukan dengan beberapa langkah. Pertama, menentukan unit operasi yang digunakan, menentukan *degree of freedom*, menentukan *manipulated variable* (MV), dan terakhir menentukan penempatan pengendalian. Unit operasi yang digunakan yaitu, turbin, *feedwater heater*, *condenser*, dan boiler yang terdiri dari *steam drum*, *superheater*, dan *economizer*. Penentuan nilai *degree of freedom* digunakan untuk menentukan *manipulated variable* (MV) yang berpengaruh pada keseluruhan *plant*. Penentuan *degree of freedom* dilakukan dengan pengurangan jumlah variabel dengan jumlah persamaan. Didapatkan nilai *degree of freedom* adalah 9. Sehingga terdapat 9 *manipulated variable* (MV) yang berpengaruh pada *plant*. Penempatan *valve* untuk pengendalian diletakan di aliran pada unit operasi turbin 1, *superheater* 1, *economizer* 1, *dearator* 2, *steam drum* 3, dan *deaerator* 2. Sehingga, tidak semua unit operasi yang dikendalikan. Selanjutnya, dilakukan *tuning* untuk mengetahui performa pengendalian. Pengujian dilakukan pengujian *open loop* dan *close loop*. Pada pengujian *open loop* digunakan untuk menentukan parameter  $K_c$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_d$ . Pengujian *close loop* dilakukan untuk mengetahui respon pengendalian. Dari hasil *close loop*, didapatkan pada instrumen pengendalian daya turbin IC-100, nilai *settling time* 197.75, *maximum overshoot* 0, dan IAE 335,7882.

**Kata kunci:** pembangkit listrik tenaga uap, plantwide, top-down

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) sangat berperan vital dalam pemenuhan listrik. Menurut Rancangan Usaha pengembangan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN 2015-2024, pembangunan PLTU batu bara di Jawa adalah 27 GW [1]. Sehingga, untuk mencapai target yang diinginkan maka dibu-

tuhkan suatu tindakan. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan yaitu dengan pengendalian sistem kerja. Pengendalian akan mengurangi kesalahan kerja pada sistem. Pengendalian diberikan agar output yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan. Namun, pengendalian pada setiap unit akan memperbanyak biaya operasi. Untuk mengatasi

permasalahan tersebut, dibutuhkan pengendalian yang efektif dimana tidak semua unit operasi dikendalikan, namun memiliki pengaruh ke unit operasi yang lain. Metode *plantwide control* adalah salah satu metode pengendalian yang berfungsi untuk mengetahui keseluruhan operasi pada suatu unit yang ada *plant* [2]. Tujuan dari sistem *plantwide control* yang efektif antara lain, proses yang lebih aman dan lancar, *control* yang sangat ketat dalam menghadapi disturbance, sistem yang otomatis sehingga membutuhkan perhatian yang minimal, dan laju yang tepat. Terdapat dua jenis metode yang ada pada *plantwide* yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Metode *top-down* digunakan untuk mengoptimalkan sistem pada keseluruhan plant sedangkan *bottom-up* adalah metode yang digunakan untuk mendesain sistem kontrol yang berada pada setiap unit, untuk sistem kontrol yang digunakan pada keseluruhan plant tidak cocok [3]. Berdasarkan hal ini, metode yang akan digunakan adalah *top-down* karena dilakukan pada keseluruhan plant.

Diharapkan dengan metode *top-down plantwide* ini dapat membantu meningkatkan respon dinamik secara kualitas dan kuantitas kinerja dari PLTU. Sehingga dengan metode ini error yang terjadi di plant menurun. Serta dapat meningkatkan keamanan karena antara unit operasi terhubung sehingga ketika terjadi masalah dapat segera teratasi.

**Metode Penelitian**

Perancangan sistem disesuaikan dengan unit operasi yang digunakan. Unit operasi yang digunakan adalah unit operasi yang ada di PLTU secara umum.

Sistem dirancang pada dua keadan yaitu kondisi *steady state dan dynamic*. Perancangan pada kondisi *steady state* digunakan untuk melihat aliran proses yang terjadi perancangan pada *dynamic* digunakan untuk melihat aliran proses yang terjadi secara berkelanjutan seiring perubahan waktu.

Proses *tunning* dilakukan dengan cara mengambil parameter *first order plus dead time* (FOPDT). Untuk mengambil parameter FOPDT dilakukan saat kondisi *open loop* yaitu mengkondisikan *valve* pada manual, kemudian dilakukan perubahan *opening valve* untuk mendapatkan perubahan pada output. Pada saat *open loop* parameter yang diambil yaitu *K, t<sub>63</sub>, t<sub>28</sub>, τ, θ* [4].

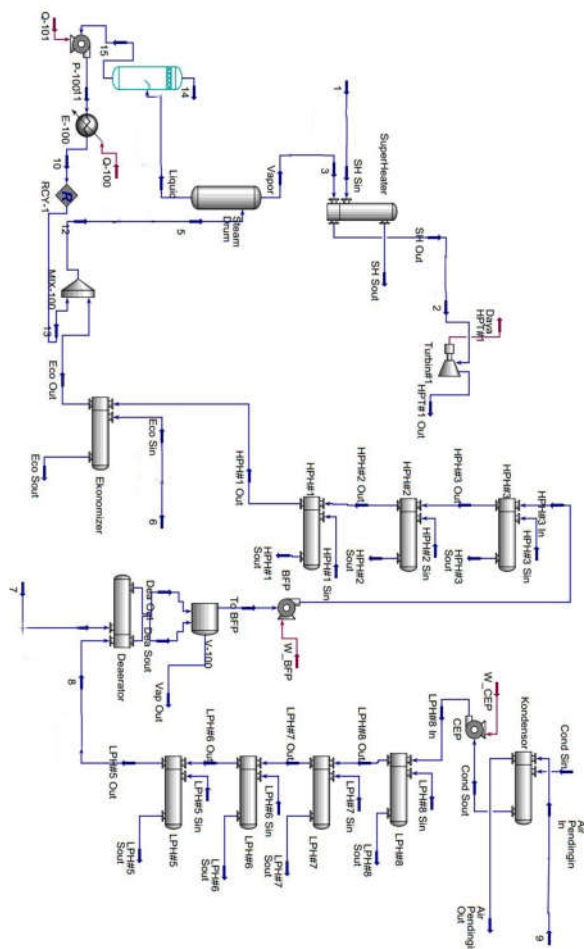
Dari parameter diatas digunakan untuk menghitung parameter *Kc, τi, τd* menggunakan metode IMC-PID [5].

$$Kc = \frac{(\tau + 0.5\theta)}{K(\lambda + 0.5\theta)} \tag{1}$$

$$\tau i = \tau + 0.5\theta \tag{2}$$

$$\tau d = \frac{\tau\theta}{2\tau + \theta} \tag{3}$$

dengan nilai  $\lambda = 1$ .



Gambar 1. Rancangan sistem

**Hasil dan Pembahasan**

**a. Perancangan *plantwide control***

Perancangan *plantwide* metode *top-down* terdapat 4 tahap [6], yaitu :

- a. Menentukan unit operasi yang digunakan  
Unit operasi yang digunakan pada penelitian ini adalah unit operasi yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap yang disesuaikan dengan kondisi real. Unit yang digunakan adalah *condenser, feedwater heater, turbin* dan *boiler* yang terdiri dari *superheater, economizer, dan steam drum*.

- b. Menentukan *degree of freedom*  
Untuk menentukan nilai dari *degree of freedom* (DOF) yaitu dengan pengurangan jumlah variable dengan jumlah persamaan [2]. Jumlah variable yang setiap unit operasi ditam-pilkan pada Tabel 1.

**Table 1.** Jumlah variable

Unit Operasi	Variable	Jml
Kondensor	Mass balance flow rate	1

	Energy Balance	1
	Component	1
Low Pressure heater #8	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Low Pressure heater #7	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Low Pressure heater #6	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Low Pressure heater #5	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Deaerator	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
High Pressure heater #3	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
High Pressure heater #2	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
High Pressure heater #1	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Economizer	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Super heater	Mass balance flow rate	1
	Energy Balance	1
	Component	1
Steam Drum	Liquid fraction	1
	Vapor Fraction	1
	Mass Flow rate	1
Turbin	Mass balance	1
	Energy Balance	1
Jumlah		38

**Table 2.** Jumlah persamaan

Name of equation	Component	Jml
Component balance	Steam drum	1
	Kondensor	1
Mass balance	Low Pressure heater #8	1
	Low Pressure heater #7	1
	Low Pressure heater #6	1
	Low Pressure heater #5	1
	Deaerator	1
	High Pressure heater #3	1
	High Pressure heater #2	1

	High Pressure heater #1	1
	Economizer	1
	Super heater	1
	Turbin	1
Vapor Liquid Equilibrium		4
	Kondensor	1
Low Pressure heater #8		1
	Low Pressure heater #7	1
Low Pressure heater #6		1
	Low Pressure heater #5	1
Energy balance	Deaerator	1
	High Pressure heater #3	1
High Pressure heater #2	High Pressure heater #2	1
	High Pressure heater #1	1
High Pressure heater #1	Economizer	1
	Super heater	1
	Turbin	1
Jumlah		29

Jumlah persamaan pada unit operasi yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2. Dari Tabel 1 dan 2 diperoleh nilai DOF adalah 9.

c. Menentukan *manipulated variable*

Dari hasil DOF diperoleh 9, sehingga terdapat 9 *manipulated variable* (MV), sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 3.

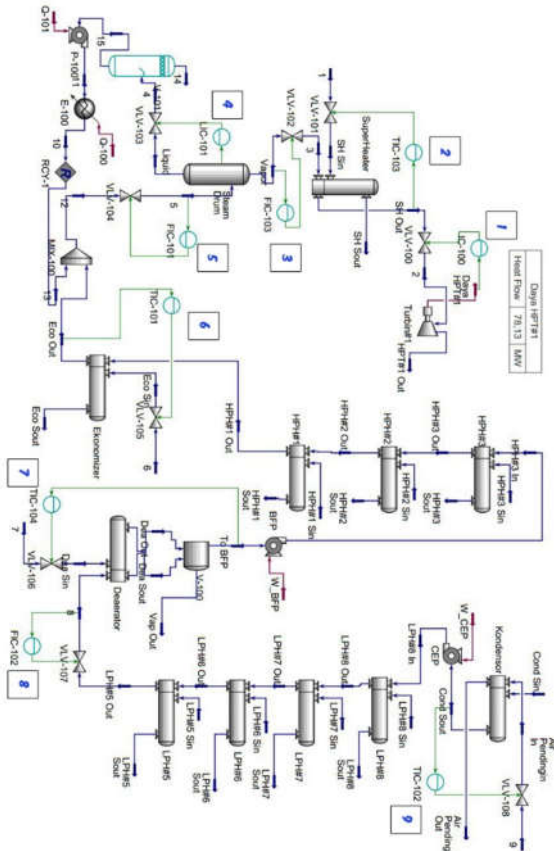
**Table 3.** Manipulated Variable

Valve	PV	MV
Vlv-100	Daya HPT#1	Shin
Vlv-101	Shout	1
Vlv-102	Steam drum	Vlv-102
Vlv-103	Steam drum	Vlv-103
Vlv-104	5	Vlv-104
Vlv-105	Eco out	6
Vlv-106	To BFP	7
Vlv-107	To BFP	LPH#5 Out
Vlv-108	Cond Sout	9

d. Menentukan pengendalian

Setelah diketahui semua MV maka ditentukan pengendalian yang digunakan. Penentuan jenis pengendalian yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan. Pada unit operasi *superheater*, *economizer*, *condensor*, dan *deaerator* dilakukan pengendalian temperatur. Pada unit operasi *steam drum* dilakukan pengendalian *flow*, baik *flow in* dan *flow out*, serta diberikan pengendalian level. Pada dea-

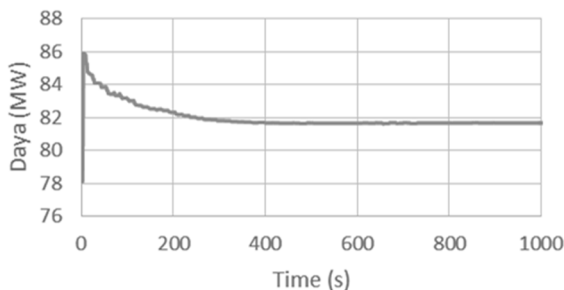
erator juga diberikan pengendalian *flow*. Pada turbin dilakukan pengendalian output daya turbin. Hasil perancangan *plantwide* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan *plantwide*

**b. Hasil *open loop***

Pengujian *open loop* digunakan untuk mendapatkan parameter *first order plus dead time* (FOPDT). Parameter FOPDT yang dicari yaitu K,  $\tau$ ,  $\theta$ ,  $t_{63}$ ,  $t_{28}$ . Parameter tersebut nantinya digunakan untuk menentukan parameter  $K_c$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_d$  dengan metode IMC-PID. Pengujian *open loop* dilakukan di semua pengendalian. Berikut hasil *open loop* pada IC 100.



Gambar 3. Hasil *open loop* IC-100

Pengujian *open loop* dilakukan di semua unit operasi yang digunakan. Langkah dalam menentukan parameter yaitu:

- Perubahan *steady state* ( $\Delta P_v$ )  
 $85.095 - 81.6739 = 4.2356 \text{ MW}$

- *Gain steady state* (K)  
 $K = \frac{4.2356}{20\%} = 21.178$

- Nilai  $t_{63\%}$   
 Nilai  $t_{63}$  adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 63% dari titik *steady*. Untuk mendapatkan waktu  $t_{63}$ , diperlukan nilai saat 63% dari titik awal, sehingga diperoleh:  $t_{63} = 83.24107 \text{ s}$ . Setelah diketahui nilainya dilakukan interpolasi untuk mendapatkan waktu saat 63%. Waktu saat nilai 83.24107 adalah 87.6606 s.

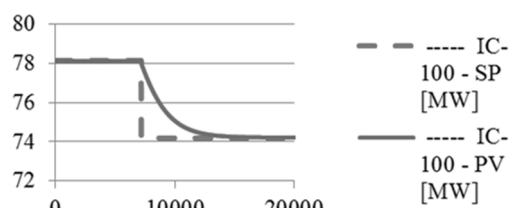
- Nilai  $t_{28\%}$   
 Untuk mendapatkan nilai  $t_{28}$  dilakukan dengan cara untuk mendapat nilai  $t_{63}$ , sehingga diperoleh  $t_{28}$  adalah 15,87206s

- Nilai *time constant* ( $\tau$ )  
 Untuk mendapatkan nilai *time constant* digunakan  
 $\tau = 1,5(t_{63} - t_{28}) = 107.6827s$   
 $= 1.794712 \text{ menit}$

- Nilai *deadtime* ( $\theta$ )  
 Nilai *deadtime* pada grafik diatas adalah 3s. dikarenakan pada waktu tersebut masih belum *steady*.

**c. Hasil *close loop***

Pengujian *close loop* digunakan untuk melihat hasil respon pengendalian yang digunakan. Hasil *close loop* direpresantasikan dengan *settling time*, *integral absolut error* (IAE) dan *maximum overshoot*. Pengujian *close loop* dilakukan dengan melakukan perubahan set point.



Gambar 4. *Close loop* IC-100

Gambar 4 menunjukkan perubahan daya pada instrumen IC 100 ketika diberikan perubahan set point 5%. Analisa performansi pengendalian dilakukan dengan tiga parameter yaitu *settling time*, *maximum overshoot*, dan *integral absolut error* (IAE). pada IC 100 diperoleh performansi ingindaliannya yaitu, *settling time* pengendalian yaitu 197.75 menit, *maximum overshoot* 0 dan IAEnya 335.7882. Dengan cara yang sama pada pengendalian di unit yang lain, sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 4.

**Table 4.** Hasil *close loop*

	Max Os	Settling Time (menit)	IAE
IC 100	0	197.5	335.7882
TIC 101	0	668.85	3181.299
FIC 101	0	49530.08	2.98E+09
TIC 102	0	2677.85	2491.574
FIC 103	0	8048167	17279335
TIC 103	0	308	9240.19
TIC 104	0	6719.65	29033.31
FIC 102	0	4272250	11329351

Pada pengendalian level tidak dapat diambil respon pengendalian dikarenakan pada pengendalian level *process variable (PV)* tidak dapat mengikuti *set point*. Hal ini dikarenakan pembacaan fraksi yang kurang sesuai yang menyebabkan PV tidak dapat mengikuti set point yang ditentukan.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *plantwide control top-down* dapat digunakan untuk menentukan unit operasi yang dikendalikan sehingga tidak semua unit operasi yang dikendalikan.
2. Hasil perancangan *plantwide* penempatan valve pengendalian ditempatkan pada 1 di turbin, 1 di superheater, 3 di steam drum, 1 di ekonimizer, 2 di deaerator dan 1 di kondensor.
3. Hasil pengujian *close loop* didapatkan *settling time* pada pengendalian daya (IC 100) adalah 197.75 menit, *maximum overshoot* 0, dan IAE 335.7882.

### Referensi

- [1] *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (PERSERO)*. 2015, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral: Jakarta.
- [2] Biyanto, T.R., Prasetya, Hendrik Elvian Gayuh, Bayuaji, Ridho, Nugroho, Gunawan, Soehartanto, Totok, *Design Plant-wide Control to Waste Heat Recovery Generation on Cement Industry Based HYSYS*. *Procedia Computer Science*, 2015. **72**: p. 170-177.
- [3] Häggblom, K.-E., *Plantwide Control*, A.A. University, Editor.
- [4] Wahid, A. and R. Gunawan. *Metode Korelasi Baru Pada Penyetelan Pengendali PID dengan Pendekatan Model Empirik FOPDT*. in *Proceeding of National Seminar of Chemical Process Technology VII 2005*. 2005.
- [5] Kadu, C. and B. Parvat, *IMC-PID Controller Designing for FOPDT & SOPDT Systems*.

- [6] Skogestad, S., *Plantwide Control: Towards a systematic procedure*, in *Department of Chemical Engineering*. 2002, Norwegian University of Science and Technology (NTNU): Escape'12.