

# Simulasi Sistem Kontrol Suhu di *Reheater* pada *Boiler* di PLTU Paiton Unit 7 & 8

Reza Muhammad Najmul Falah<sup>1)</sup>      Paulus Sesetyo Wardana<sup>2)</sup>      Hariyanto<sup>3)</sup>  
*Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*  
*Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya*  
<sup>1</sup>rezamnf@gmail.com  
<sup>2</sup>wardana@eepis-its.edu  
<sup>3</sup>hariyanto.paiton@gmail.com

**Abstrak**— PLTU Paiton Unit 7 & 8 yang dioperasikan oleh PT. IPMOMI (*Internasional Power Mitsui Operation and Maintenance Indonesia*) menggunakan sistem kontrol DCS (*Distributed Control System*). DCS mengintegrasikan semua sistem kontrol yang ada di PLTU Paiton Unit 7 & 8 termasuk di antaranya adalah sistem kontrol suhu pada *reheater*. *Reheater* adalah salah satu komponen dari PLTU yang berfungsi untuk menaikkan suhu *steam* yang telah digunakan untuk memutar sudu-sudu *HP Turbine* (*High Pressure Turbine*). Setelah itu *steam* digunakan untuk memutar kembali sudu-sudu turbin yaitu di *IP Turbine* (*Intermediate Turbine*) dan *LP Turbine* (*Low Pressure Turbine*). Suhu *steam* yang disiapkan untuk memutar IP Turbine dan LP Turbine harus berada pada range suhu yang diijinkan. Jika suhu terlalu tinggi melewati batas set point-nya maka suhu *steam* harus diturunkan dengan cara menyemprotkan air ke jalur *steam* sebelum memasuki *reheater*. Peralatan yang digunakan untuk menyemprotkan air ini dinamakan *desuperheater*. Sebuah simulasi yang dibangun dengan software Visual Basic 6.0 merupakan hasil dari proyek akhir “Simulasi Sistem Kontrol Suhu di *Reheater* pada *Boiler* di PLTU Paiton Unit 7 & 8”. Simulasi tersebut dijalankan secara *software* tanpa terhubung dengan peralatan kontrol dari luar serta dilengkapi dengan sketsa *reheater* dan grafik seperti pada simulator yang dimiliki PLTU Paiton Unit 7 & 8 yang juga dijalankan secara *software*.

**Kata kunci**—PLTU, *Reheater*, *Desuperheater*, *Simulator*

## I. PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan teknologi semakin meningkat. Berbagai industri berat telah menggunakan peralatan-peralatan modern yang menerapkan sistem kontrol otomatis. PLTU Paiton Unit 7 & 8 yang dioperasikan oleh PT. IPMOMI (*Internasional Power Mitsui Operation and Maintenance Indonesia*) adalah salah satu perusahaan yang menggunakan teknologi modern di mana sistem kontrolnya menggunakan Mark-V TMR, DCS (*Distributed Control System*), dan PLC (*Programmable Logic Control*). Semuanya dikendalikan oleh DCS, sehingga apa yang dikontrol PLC dan Mark-V TMR akan dapat diamati oleh DCS.

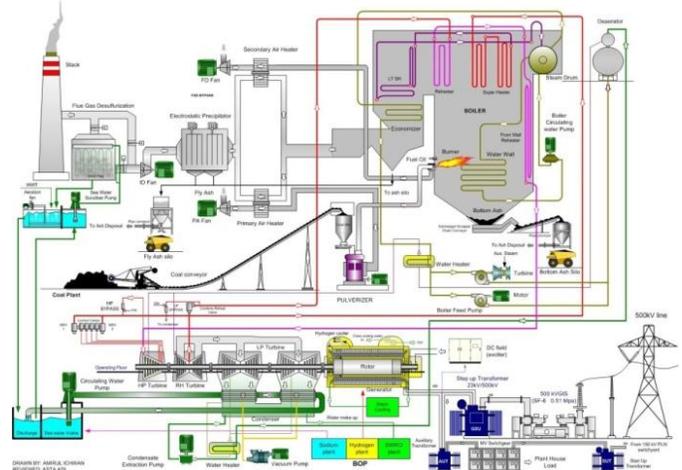
Keterbatasan dunia pendidikan dalam penyediaan fasilitas pendukung sebagai media pembelajaran di bidang sistem kontrol yang sesuai dengan zaman modern ini membuat mahasiswa memiliki rasa ingin tahu yang besar. Oleh karena itu pembelajaran secara langsung baik teori maupun praktek sangat diperlukan terlebih lagi jika dilakukan di tempat dan kondisi yang sebenarnya. Pengetahuan tentang cara pengoperasian PLTU Paiton Unit 7 & 8 didukung dengan adanya peralatan simulator yang dirancang untuk pelatihan bagi operator sebelum secara langsung mengoperasikan

PLTU. Setelah memahami seluk beluk sistem kontrol di PLTU Paiton Unit 7 & 8 mahasiswa diharapkan mampu membuat sebuah simulasi mengenai salah satu sistem kontrol di PLTU Paiton Unit 7 & 8 sebagai proyek akhir dari mahasiswa Diploma III Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Proyek akhir tersebut berjudul “Simulasi Sistem Kontrol Suhu di *Reheater* pada *Boiler* di PLTU Paiton Unit 7 & 8” dan dikerjakan menggunakan software Visual Basic 6.0.

## II. DASAR TEORI

### A. PLTU Paiton Unit 7 & 8

Prinsip kerja PLTU Paiton unit 7 & 8 secara umum adalah pembakaran batu bara pada *boiler* untuk memanaskan air dan merubah air tersebut menjadi uap dengan suhu dan tekanan yang sudah ditentukan yang digunakan untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan tenaga listrik dari kumparan medan magnet di generator. Proses alir PLTU Paiton Unit 7 & 8 terdapat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Proses Alir PLTU Paiton Unit 7 & 8 [6].

Batu bara dari *stock pile* melewati konveyor berjalan dimasukkan ke dalam *boiler* untuk dibakar. Batubara tersebut harus digiling terlebih dahulu dengan *pulverizer* menjadi serbuk dengan spesifikasi tertentu sebelum masuk ke *boiler*. Pembakaran yang sempurna harus memenuhi syarat *three angle fire* yaitu, bahan bakar (batu bara), udara (O<sub>2</sub>) dan percikan api. Udara ditiup ke *boiler* dengan menggunakan *force draft fan* (FD Fan). Agar api tidak keluar dari *boiler*

maka diusahakan ruang bakar bertekanan sedikit di bawah tekanan atmosfer. Oleh karena itu digunakan *induce draft fan (ID Fan)* yang ditempatkan pada jalur gas buang boiler. Untuk memenuhi persyaratan lingkungan maka digunakan alat penangkap debu atau lebih dikenal dengan sebutan *electrostatic precipitator (ESP)*. Debu berterbangan yang merupakan sisa dari gas buang boiler bermuatan negatif sedangkan di sisi-sisi ESP diberi muatan positif sehingga debu tersebut akan menempel ke sisi-sisi ESP. Selanjutnya debu yang sudah menempel dikeluarkan untuk dikumpulkan di fly ash silo. Dari ESP gas buang masuk ke *flue gas desulphurization (FGD)* untuk menghilangkan kandungan SO<sub>2</sub> dari sisa-sisa pembakaran. Walaupun demikian *stack* tetap diperlukan untuk memastikan polusi udara menyebar dengan rata. PT. IPMOMI mempunyai standar yang sangat ketat terhadap lingkungan, tidak hanya menerapkan AMDAL tetapi juga mengikuti standar lingkungan dari USA.

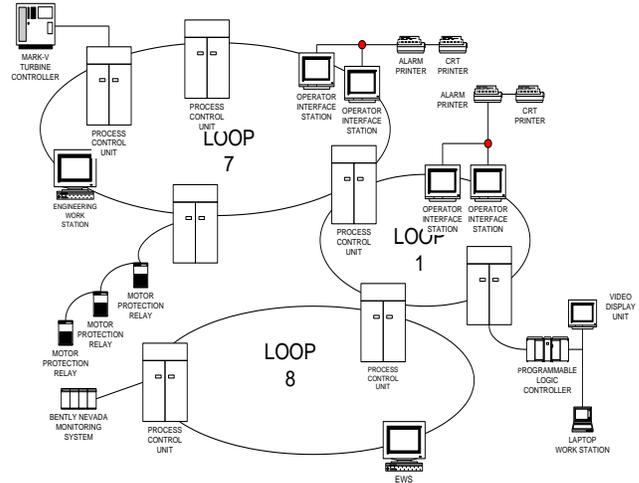
Siklus air tawar berawal dari *condenser* yang berupa tangki penyimpanan air. Selanjutnya air dari *condenser* dipompa melalui dua tahap yaitu menggunakan *condensate extraction pump* dan *feedwater pump*. Beberapa *feedwater heater* digunakan untuk meningkatkan efisiensi dari keseluruhan sistem. Selanjutnya air keluaran dari *feedwater pump* setelah dimasukkan ke *feedwater heater* diumpankan ke boiler. Pertama kali menuju *economizer* selanjutnya ke *steam drum*. Di *steam drum* air berubah fase menjadi *saturated steam* (uap air jenuh). *Saturated steam* yang keluar dari *steam drum* selanjutnya menuju *superheater*. *Superheater* merupakan kumpulan pipa yang terletak di jalur aliran gas panas hasil pembakaran. Panas dari gas ini dipindahkan ke *saturated steam* yang ada dalam pipa *superheater* sehingga berubah menjadi *superheated steam*. *Superheated steam* akan dialirkan untuk memutar *high pressure turbine (HP Turbine)*. Setelah melewati *HP Turbine* suhu dan tekanan *steam* turun.

Selanjutnya *steam* tersebut dikembalikan ke boiler untuk pemanasan ulang oleh *reheater* yang merupakan pipa boiler yang mendapat panas dari gas panas seperti *superheater*. Jadi *reheater* berfungsi untuk menaikkan suhu *steam* tanpa mempengaruhi tekanannya. *Reheat steam* selanjutnya dikembalikan untuk memutar *intermediate pressure turbine (IP)* dan *low pressure turbine (LP)*.

Turbin dihubungkan dengan generator sehingga rotor generator ikut berputar. Kecepatan putaran rotor generator adalah 3000 rpm untuk menghasilkan frekuensi 50Hz sehingga proses konversi energi mekanik ke energi listrik terjadi.

### B. Sistem Kontrol PLTU Paiton Unit 7 & 8

Sistem kontrol pada PLTU Paiton Unit 7 & 8 menggunakan Mark-V TMR, *Distributed Control System (DCS)*, dan *Programmable Logic Control (PLC)*. Semua kontroler itu dikendalikan oleh DCS, sehingga apa yang dikontrol PLC dan Mark-V akan dapat dimonitor oleh DCS. Sistem kontrol pada PLTU Paiton Unit 7 & 8 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem Kontrol di PLTU Paiton Unit 7 & 8 [3].

Secara umum sistem kontrol yang terdapat di PLTU Paiton Unit 7 & 8 terdiri dari 3 loop (konfigurasi komputer dalam satu kesatuan) yaitu:

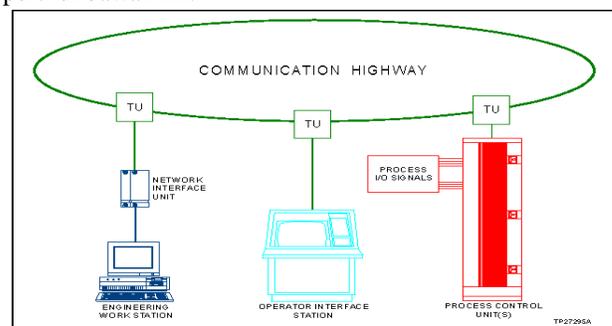
- loop 1 yang merupakan kesatuan komputer pengontrol untuk *common facility* dan terdiri dari 6 PCU (*Process Control Unit*), 2 OIS (*Operator Interface Station*), 1 EWS (*Engineering Work Station*), 2 *Logging & Report Printer* serta 1 *Screen Printer*.
- loop 7 yang merupakan kesatuan komputer pengontrol untuk unit 7 (*Boiler, Turbin* dan aksesori-nya) dan terdiri dari 14 PCU, 4 OIS, 1 EWS, 3 *Logging & Report Printer* serta 1 *Screen Printer*.
- loop 8 yang merupakan kesatuan komputer pengontrol untuk unit 8 dan komponennya sama dengan unit 7.

Sistem yang dibangun mendukung konfigurasi *open system* sehingga bisa berkomunikasi dengan dunia luar yakni SMS (*Station Management System*) dan loop yang lain.

Komunikasi tiap loop dikendalikan oleh tiga komponen yaitu:

- OIS (*Operator Interface Station*)
- PCU (*Process Control Unit*)
- EWS (*Engineering Work Station*)

Secara umum komunikasi tiap loop dapat digambarkan seperti di bawah ini:



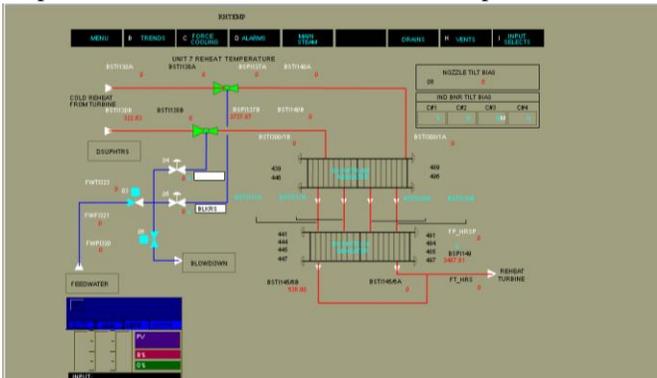
Gambar 3. Komunikasi Tiap Loop [3].

### C. Simulator PLTU Paiton Unit 7 & 8

PT. IPMOMI mempunyai peralatan simulator PLTU Paiton Unit 7 & 8. Simulator tersebut didesain seperti kondisi di *Main Control Room* di mana operator PLTU melakukan pengoperasian PLTU. Meskipun tidak berhubungan dengan

peralatan-peralatan besar seperti *boiler*, simulator tersebut dapat bekerja seolah-olah mengoperasikan PLTU sebenarnya karena simulator tersebut dibangun secara *software*. Prosedur pengoperasian simulator dan pengoperasian PLTU di *Main Control Room* adalah sama baik prosedur pengoperasian pada saat *Hot Unit Start Up*, *Cold Unit Start Up*, *Unit Shut Down*, dan lain-lain.

Simulator tersebut mencakup keseluruhan sistem kontrol yang ada di PLTU Paiton Unit 7 & 8 seperti sistem kontrol suhu, tekanan, demand, aliran dan sebagainya. Dalam proyek akhir ini dibuat simulator sederhana yaitu simulasi sistem kontrol suhu di *reheater*. Sebagai perbandingan dengan simulator PLTU Paiton Unit 7 & 8, simulasi yang dibuat di dalam proyek akhir ini menyajikan sketsa, tombol-tombol kontrol, monitoring berupa angka dan grafik. Gambar 4 adalah tampilan monitor di *Main Control Room* maupun di simulator.



Gambar 4. Tampilan Monitoring Berupa Sketsa.

#### D. Sistem Kontrol Suhu di Reheater

*Reheater* didesain untuk meningkatkan efisiensi PLTU di mana panas yang dihasilkan ketika proses pembakaran tidak terbuang ke atmosfer dengan sia-sia. Pemanfaatan *reheater* adalah untuk memanaskan *steam* yang keluar dari *HP Turbine* sehingga mencapai suhu  $540^{\circ}\text{C}$ . Reheat *steam* (*steam* yang keluar dari *reheater*) selanjutnya digunakan untuk memutar sudu-sudu *IP Turbine* dan *LP Turbine A* dan *LP Turbine B*.

*Reheater* terdiri dari empat bagian yaitu *RH vertical platen* bagian depan, *RH vertical* bagian belakang, *RH radiant wall* bagian depan dan *RH radiant wall* bagian samping.

Beberapa cara yang digunakan untuk mengontrol suhu *steam* pada *boiler* meliputi *desuperheater*, *burner tilting*, *gas bypass* dan *gas recirculation*, dan *sootblowing*.

Sistem kontrol suhu di *boiler* menggunakan *desuperheater* menurunkan suhu sesuai dengan set point. *Desuperheater* tersebut menghasilkan air yang suhunya lebih rendah dari set point yaitu sebesar  $\pm 130^{\circ}\text{C}$ . Sistem ini disebut *feedwater system* di mana proses dari sistem tersebut menggunakan *control valve* berjenis *globe valve*, *motor valve*, *solenoid valve*, *electric valve*, *pneumatic valve*, dan *manual valve*.

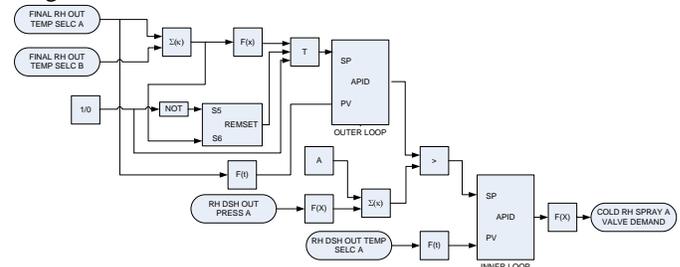
Alur proses dari *feedwater system* pada *reheater* yaitu air masuk melalui pipa berukuran 3 inci kemudian menuju ke *valve* dengan serial 7FW-FV-324 (*flow control valve*) yang terdiri dua buah *valve* yaitu : *valve* besar (*single action silinder*) dan *valve* kecil (*solenoid valve*). Setelah itu *feedwater* dibagi menjadi dua aliran, yaitu aliran yang mengalir menuju ke *valve* dengan serial 7FW-TV-325A dan menuju ke *valve*

dengan serial 7FW-TV-325B. Kedua *valve* tersebut merupakan *temperature control valve* berjenis *electric valve* karena sinyal masukan untuk mengoperasikan *valve* tersebut merupakan sinyal listrik sebesar 4-20mA. Pada *control valve* ini pembukaan *valve*-nya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan melalui DCS (*Distributed Control System*). Selanjutnya dari *valve* 7FW-TV-325A mengalir menuju *valve* 7FW-ISV-325A dan dari *valve* 7FW-TV 325B mengalir menuju *valve* 7FW-ISV-325B. *Valve* 7FW-ISV-325A dan *valve* 7FW-ISV-325B merupakan *isolation control valve*. *Valve* ini digunakan sebagai *safety valve* di mana dalam keadaan normal *valve*-nya membuka (*normally open*) sedangkan bila terjadi kerusakan atau kesalahan pada *valve* 7FW-TV-325A dan *valve* 7FW-TV-325B maka *valve* ini akan bekerja dengan cara menutup *valve*-nya sehingga air tidak dapat mengalir melalui pipa dan *desuperheater* pun tidak bekerja. Beberapa *valve* yang digunakan pada sistem kontrol suhu di *reheater* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Dari Kiri *Valve* 7FW-ISV-325B, 7FW-TV-325B, 7FW-FV-324, 7FW-TV-325A, dan 7FW-ISV-325A.

Sistem kontrol suhu pada *reheater* dapat diketahui lebih jelas pada *P & I Diagram* dan *logic diagram*. *P & I Diagram* terdiri dari beberapa komponen dalam sistem kontrol serta jalur-jalur yang menghubungkan satu komponen dengan komponen lainnya. *P & I Diagram* menunjukkan bagaimana komponen-komponen tersebut bekerja dalam suatu sistem kontrol. Sementara *logic diagram* berisi beberapa blok fungsi yang digunakan pada suatu sistem. Blok fungsi tersebut mendapatkan masukan dari transmitter yang terhubung pada suatu komponen dan memproses masukan tersebut untuk menggerakkan aktuator. Gambar 6 adalah ringkasan dari *logic diagram* sistem kontrol suhu di *reheater*.

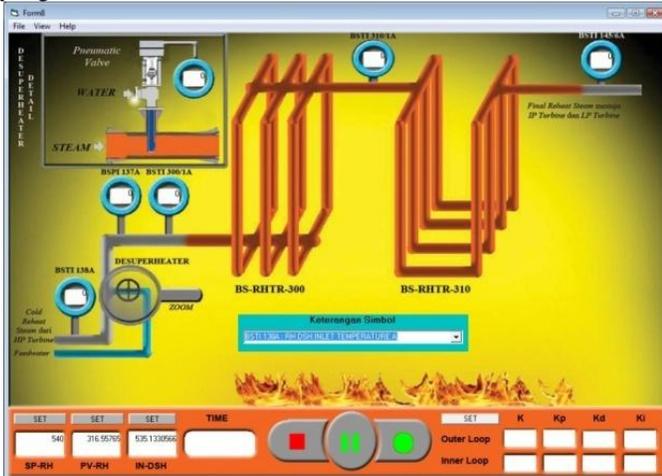


Gambar 6. Logic Diagram Sistem Kontrol Suhu pada *Reheater*.

### III. METODE

Dalam pembuatan simulasi ini dilakukan beberapa tahapan penyelesaian yang meliputi perancangan tampilan simulasi, pembuatan tampilan simulasi, dan penyusunan algoritma pemrograman.

Perancangan tampilan simulasi dilakukan dengan membandingkan tampilan pada simulator PLTU Paiton Unit 7 & 8 atau tampilan pada monitor di *Main Control Room* PLTU Paiton Unit 7 & 8. Di bawah ini adalah salah satu tampilan yang telah dibuat.



Gambar 7. Tampilan Simulasi Sistem Kontrol Suhu Pada Reheater.

Penyusunan algoritma pemrograman dilakukan dengan mengacu pada *logic diagram* sistem kontrol suhu pada reheater seperti pada gambar 6.

### IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada sistem kontrol suhu di reheater terdapat dua buah *PID controller* yaitu *outer loop PID* dan *inner loop PID*. *Outer loop PID* mengambil nilai pada suhu keluaran reheater sedangkan *inner loop PID* mengambil nilai pada suhu keluaran desuperheater. *Control output* dari *outer loop PID* akan menjadi set point dari *inner loop PID*. Sedangkan *control output* dari *inner loop PID* keluar sebagai prosentase pembukaan valve untuk desuperheater.

Simulasi yang telah dibuat diuji dengan cara *open loop* dan *close loop*. Pada pengujian *open loop* dihasilkan beberapa persamaan yang digunakan sebagai feedback pada pengujian *close loop*. Beberapa persamaan yang diperoleh dari uji coba sistem *open loop* dan identifikasi data rekaman plant adalah

$$PID\_paramD(15) = Jumlah - prev\_Jumlah \quad [3.1]$$

$$PID\_paramR(0) = PID\_paramR(0) - 0.604 \times PID\_paramD(15) \quad [3.2]$$

$$PID\_paramD(0) = PID\_paramD(0) - 0.604 \times PID\_paramD(15) \quad [3.3]$$

keterangan:

$PID\_paramD(15)$  : selisih antara output PID sekarang dengan output PID sebelumnya (hasil penjumlahan nilai *proportional* ditambah *integral* dan dikurangi *derivative* sebelum masuk blok *limiter* pada *outer loop PID*),

$PID\_paramR(0)$  : process variable dari outer loop PID yaitu suhu outlet reheater,

$PID\_paramD(0)$  : process variable dari inner loop PID yaitu suhu outlet desuperheater.

Pengujian secara *close loop* dengan menggunakan rumus untuk feedback seperti di atas dilakukan pada reheater desuperheater outlet temperature 7BSTI300/1A (sebagai process variable pada inner loop PID controller), reheater outlet temperature 7BSTI145/6A (sebagai process variable pada outer loop PID), dan spray water valve demand 7FWZI325A (sebagai keluaran inner loop PID). Beberapa tabel berikut menunjukkan hasil perbandingan antara data sebenarnya di PLTU dan data hasil pengujian simulasi.

Tabel 1. Data Reheater Outlet Temperature

Data PLTU ( $^{\circ}C$ )	Hasil Pengujian ( $^{\circ}C$ )	Prosentase Kesalahan (%)
535.5679932	535.5679932	0
535.604187	535.6555669	0.009593
535.6404419	535.8210121	0.033711
535.6766968	536.0568838	0.070973
535.7129517	536.3551927	0.119885
535.7492065	536.7071751	0.178809
535.7854004	537.1034968	0.246012
535.8216553	537.5344579	0.319659
535.8579102	537.9901936	0.39792
535.894165	538.460869	0.478957
535.9304199	538.9368624	0.560976
535.9666138	539.4089361	0.642264
536.0028687	539.8683912	0.721176
536.0391235	540.3072044	0.796226
536.0753784	540.7181451	0.866066
536.1116333	541.0948719	0.929515
536.1478271	541.4320072	0.985583
536.184082	541.7251902	1.033434
536.2203369	541.9711078	1.072464

Tabel 2. Data Reheater Desuperheater Outlet Temperature

Data PLTU ( $^{\circ}C$ )	Hasil Pengujian ( $^{\circ}C$ )	Prosentase Kesalahan (%)
310.5740356	310.5740356	0
310.5643311	310.5505908	0.004424
310.5545959	310.5062986	0.015552
310.5448914	310.4431522	0.032762
310.5351868	310.3632903	0.055355
310.5254822	310.2690593	0.082577
310.5157776	310.1629579	0.113624
310.506073	310.0475831	0.147659
310.4963684	309.9255757	0.183832
310.4866638	309.7995687	0.221296
310.4769592	309.672138	0.259221
310.4672241	309.5457567	0.2968
310.4575195	309.4227536	0.333304
310.4478149	309.3052766	0.368029
310.4381104	309.1952615	0.400353
310.4284058	309.094406	0.429729
310.4187012	309.0041497	0.455691
310.4089966	308.9256602	0.477865

310.399292	308.8598243	0.495964
------------	-------------	----------

Tabel 3. Data Reheater Spray Water Valve Demand

Data PLTU (%)	Hasil Pengujian (%)	Selisih Pembukaan Valve (%)
2.17926025	2.179292	0.00003175
0.69055945	2.031466	1.34090655
0.31773099	1.755507	1.43777601
1.32030022	1.363155	0.04285478
1.8522284	0.867664	0.9845644
0.76400179	0.283559	0.48044279
0.68520886	0	0.68520886
0.60641593	0	0.60641593
0.527623	0	0.527623
0.44883007	0	0.44883007
0.37003714	0	0.37003714
0.29124421	0	0.29124421
0.21245128	0	0.21245128
0.13365835	0	0.13365835
0.05486542	0	0.05486542
1.42731798	0	1.42731798
0.24619322	0	0.24619322
0.17963332	0	0.17963332
0.11307344	0	0.11307344

Pada tabel 1 dan tabel 2 tampak bahwa prosentase kesalahan sangat kecil di mana pada tabel 1 rata-rata prosentase kesalahannya adalah 0.49 % dan pada tabel 2 rata-rata prosentase kesalahannya adalah 0.23 %.

Dengan prosentase kesalahan yang kecil maka pengujian terhadap *spray water valve demand* menghasilkan nilai selisih yang kecil pula antara nilai sebenarnya dan nilai pengujian seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 dengan rata-rata selisih sebesar 0.5 %.

## V. KESIMPULAN

Prinsip kerja dari *reheater* adalah meningkatkan suhu *steam* sehingga suhu pada *reheater outlet* mencapai *set point*-nya. Dalam perubahan mencapai *set point* suhu *reheater inlet* juga diatur pada *set point* tertentu supaya suhu yang masuk *reheater* tidak terlalu tinggi yang menyebabkan suhu pada *reheater outlet* juga meningkat terlalu tinggi karena pemanasan di *reheater* melebihi batas *set point* dari suhu *reheater outlet*. Oleh karena itu pada jalur *reheater inlet* diberi peralatan *desuperheater* untuk mengkondisikan suhu yang masuk ke *reheater* sesuai *set point*-nya. *Desuperheater* tersebut akan menyemprotkan sejumlah air pada jalur *steam* untuk menurunkan suhu *steam* jika suhu melebihi *set point*-nya. Jadi, dalam sistem kontrol suhu pada *reheater* ini melibatkan dua *PID controller* untuk pengaturan suhu pada *reheater outlet* (dinamakan *outer loop PID controller*) dan pengaturan suhu pada *reheater inlet* (dinamakan *inner loop PID controller*). Keduanya saling mempengaruhi di mana *control output* dari *outer loop PID controller* akan menjadi *set point* pada *inner loop PID controller* sehingga terhitung jumlah air yang akan disemprotkan pada jalur *steam*

berdasarkan kondisi suhu baik pada *reheater outlet* maupun *reheater inlet*.

Penyusunan simulasi beserta algoritma pemrograman pada sistem kontrol ini mengacu pada *P & I Diagram* dan *logic diagram* sistem kontrol suhu pada *reheater*. Uji coba simulasi ini secara *open loop* sudah membuktikan bahwa sistem kontrol yang digunakan sudah baik untuk kontrol suhu di *reheater* karena selisih pembukaan *valve* sebesar 0.00003175. Uji coba simulasi secara *close loop* juga sudah cukup baik sebagai implementasi sistem kontrol suhu di *reheater* terbukti dengan nilai prosentase kesalahan pada nilai-nilai *process variable* pada *outer loop PID controller* rata-rata sebesar 0.49 % sedangkan nilai prosentase kesalahan pada nilai-nilai *process variable* pada *inner loop PID controller* rata-rata sebesar 0.23 %. Begitu pembukaan *valve* selisihnya kecil dengan rata-rata sebesar 0.5 %. Jadi, dapat disimpulkan bahwa simulasi ini sudah mendekati kondisi sebenarnya.

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik maka disarankan agar mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan suhu di *reheater* baik pada bagian *outlet* maupun *inlet*-nya. Selanjutnya faktor-faktor yang mempengaruhi suhu di *reheater* tersebut diintegrasikan ke dalam simulasi ini.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] \_\_\_\_\_, 1995, *Bailey Infi 90 Instruction Function Code Application Manual*, USA, Elsag Bailey Process Automation
- [2] \_\_\_\_\_, 1983, *Boilers*, USA, NUS Training Corporation
- [3] Anggraini, Windi, Damayanti, Rissa, 2008, *KETERAMPILAN PENGOPERASIAN DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM) PADA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR, TEKANAN DAN LAJU ALIRAN BAHAN BAKAR PADA BOILER*, Surabaya, Kerja Praktek Jurusan Teknik Fisika ITS
- [4] Operation and Maintenance Training Department, 1997, *Boiler Operations Training Module Volume 1 for Paiton Private Power Project Units 7 and 8*, ABB C-E Services, Inc
- [5] Tantiyono, Agus Dharmes, "Power Plant Paiton" dipresentasikan di pelatihan Enrichment Program PT. IPMOMI, Surabaya, 2010
- [6] Widjanarko, "Boiler Generic Training", dipresentasikan di Generic Training PT. IPMOMI, Paiton, 2010
- [7] <http://www.spiraxsarco.com> diakses pada 28 Mei 2010