

## **SIMULASI TERHADAP SISTEM INSTRUMENTASI DAN KONTROL BERBASIS *SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM (SIS)* YANG TELAH DI-UPGRADE PADA FASILITAS PEMURNIAN UAP *GEOTHERMAL POWER PLANT***

*Arief Goeritno*<sup>1</sup>, *Yuggo Aprianto*<sup>2</sup>, *Dudi Nurmansyah*<sup>3</sup>, *Muhidin*<sup>4</sup>, *Dian Anwar*<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Jurusan/Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ibn Khaldun Bogor*

<sup>2</sup> *Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor*

<sup>3</sup> *PT Chevron Geothermal Salak*

<sup>4</sup> *Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Jurusan/Program Studi Teknik Elektro Fakultas  
Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor*

*Jl. K.H. Sholeh Iskandar km.2, Kedung Badak, Tanah Sareal, Kota Bogor 16162*

<sup>5</sup> *Politeknik Logistik Elektronika APP, Jl. Timbul Jagakarsa, Depok, Jawa Barat*

*Email: [arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id](mailto:arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id)*

**Abstrak.** Telah dilakukan simulasi terhadap sistem instrumentasi dan control berbasis *Safety Instrumented System (SIS)* yang telah di-upgrade pada fasilitas pemurnian uap di *geothermal power plant*, melalui perancangan *SIS* dan simulasi berbantuan program aplikasi *PLC Simulator ZelioSoft 2*. Rancangan *SIS* dalam bentuk *drawing* berupa pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol melalui diagram blok, agar fungsi *SIS* sebagai sistem proteksi terhadap keselamatan personal, lingkungan, dan fasilitas operasi, disamping untuk publikasi reputasi perusahaan. Simulasi terhadap rancangan hasil pengembangan berupa pengkondisian terhadap operasi katup pembuangan darurat untuk perolehan kepastian, bahwa katup akan terbuka ketika sinyal dari *Level Switch High (LSH)* diterima dan katup akan tertutup kembali setelah penerimaan sinyal dari *Level Switch Low*, sehingga katup dapat beroperasi sesuai dengan operasi logika tersebut.

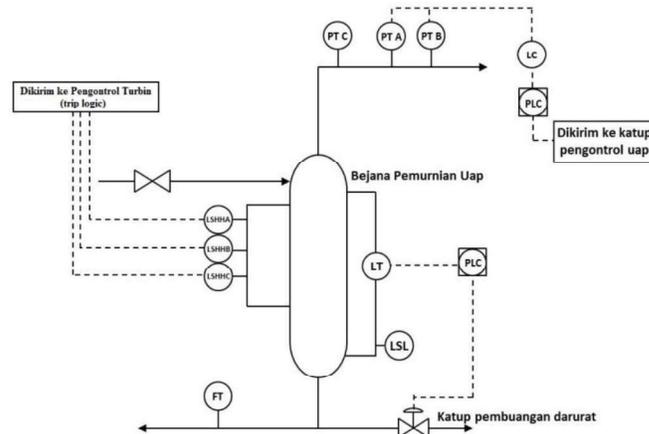
**Kata kunci:** *Safety Instrumented System (SIS)*; Fasilitas Pemurnian Uap; *Geothermal Power Plant*.

### **1. Pendahuluan**

Sistem instrumentasi dan kontrol berbasis Sistem Terinstrumentasi untuk Keselamatan (*Safety Instrumented System* atau lebih dikenal dengan singkatan *SIS* [1,2] untuk fasilitas pemurnian uap pada *Geothermal Power Plant* (Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi) berupa peranti ukur *Flow Transmitter (FT)* dan *Pressure Transmitter (PT)*. Peranan *SIS* begitu kritikal, karena *SIS* dipasang pada fasilitas terakhir dari sistem pemurnian uap pada *Geothermal Power Plant* sebagai pemasok uap ke turbin. Sistem pemurnian uap merupakan salah satu proses utama dalam sistem produksi uap. Kondisi uap dengan persyaratan baik dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak harus dipenuhi. Salah satu aspek penting yang harus dilakukan untuk pencapaian kondisi tersebut, dilakukan melalui kepastian sistem instrumentasi dan kontrol dapat beroperasi dengan baik dan diminimasi semua potensi gangguan yang diakibatkan oleh kegagalan fungsi dari sistem kontrol tersebut [3].

*Flow Transmitter* berfungsi untuk pembacaan nilai aliran kondesat yang dikeluarkan dari bejana pemurnian ke tempat penampungan lain. Sinyal keluaran *FT* berupa sinyal analog 4-20 mA yang dikirim ke *PLC* untuk diproses dan dikirim ke ruang kontrol dalam bentuk sinyal analog keluaran (*output analog signal, OAS*), sedangkan *Pressure Transmitter (PT)* digunakan untuk pengukuran tekanan uap pada bejana pemurnian uap. Terdapat tiga buah *PT*, yaitu *PT-A*, *PT-B*, dan *PT-C*. Sinyal dari *PT-A* dan *PT-B* diterima oleh *Programmable Logic Controller (PLC)* untuk pengontrolan nilai tekanan berdasarkan target tekanan yang diinginkan, sedangkan *PT-C* hanya digunakan untuk pembacaan tekanan saja. Semua indikasi dari ketiga *PT* tersebut dikirim ke ruang kontrol untuk pemantauan. Keberadaan *PLC* merk Modicon Quantum sebagai sistem kontrol pada *Basic Process Control System (BPCS)*, dipasang secara *redundant* atau dua sistem, artinya hanya satu unit *PLC* yang beroperasi atau *onduty* dan satunya lagi dalam kondisi siap siaga atau *hot standby* yang siap ambil alih fungsi kontrol apabila *PLC on duty* bermasalah [4-8]. Semua sistem instrumentasi dan kontrol pada sistem pemurnian uap, digunakan *BPCS* [3].

Diagram skematis *BPCS* pada fasilitas pemurnian uap [9], seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram skematis BPCS pada fasilitas pemurnian uap

Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan, bahwa penerapan sistem proteksi pada sistem pemurnian uap bertumpu kepada tiga buah *Level Switch (LS)* yang dipasang secara seri atau bertingkat. Fungsi dan cara kerja ketiga *Level Switch (LS)* tersebut, berupa pendeteksian keberadaan kenaikan kondensat atau air lainnya, sebelum dialirkan ke turbin dengan tipe 2003, artinya jika dua dari tiga *Level Switch* tersebut aktif atau terjadi pendeteksian keberadaan air, maka sinyal dikirim ke sistem kontrol pembangkit untuk penonaktifan turbin [9].

Ketinggian air kondensat di dalam bejana, dideteksi oleh sebuah alat ukur *Level Transmitter (LT)* tipe *differential pressure* atau d/p dengan batasan pembacaan dari 0 sampai 100%. Kondisi normal operasi, ketinggian kondensat di dalam bejana dipertahankan di bawah 10%. Hasil pendeteksian *LT* berupa sinyal analog 4-20 mA yang dikirim ke alat kontrol BPCS, yaitu *PLC*, sehingga sinyal masukan tersebut diproses *PLC* menjadi dua sinyal keluaran. Sinyal pertama berupa sinyal analog keluaran (*output analog signal, OAS*) yang dikirim ke ruang kontrol untuk pembacaan secara *remote* oleh operator, satu sinyal lagi dalam bentuk digital keluaran (*output digital signal, ODS*) berupa kode 1 atau 0 yang dikirim ke katup pembuangan darurat. Jenis penggerak pada katup digunakan pneumatik atau udara tekan (*compressed air*) dan akan terbuka, jika *PLC* kirim kode 1 pada saat ketinggian air kondensat dibaca oleh *LT* pada nilai 20%. Penutupan kembali katup tersebut hanya dapat dilakukan dengan bantuan operator melalui kontrol *interface* yang terdapat pada ruang kontrol. Perintah dari *interface* tersebut dikirim balik ke *PLC*, kemudian kirim sinyal tersebut dalam bentuk kode 0 ke katup untuk penutupan [4-9].

Analisis berbasis *Safety Integrity Level (SIL)* pada fasilitas pemurnian uap di *Geothermal Power Plant* dengan contoh kasus pada PT Chevron Geothermal Salak, telah diperoleh sejumlah potensi bahaya berupa jenis bahaya, penyebab, konsekuensi, probabilitas, dan nilai *SIL* [9]. Hasil analisis berbasis *SIL* untuk fasilitas pemurnian uap, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil analisis berbasis *SIL* untuk fasilitas pemurnian uap

No.	Jenis Bahaya	Penyebab	Konsekuensi (nilai kerugian)		Probabilitas (kemungkinan) terjadi	Nilai <i>SIL</i>
1	Air kondensat masuk ke turbin	<i>Level Transmitter</i> , katup pembuangan darurat, dan <i>Level Switch</i> tidak beroperasi	Turbin rusak (< US\$1,5M)	<i>Med</i>	<i>Low</i> (belum pernah terjadi)	2
2	Penurunan tekanan uap	<i>PLC</i> bermasalah	Kehilangan produksi listrik (< US\$ 100k)	<i>Low</i>	<i>High</i> (terjadi 2 kali)	2
3	Kehilangan indikasi laju aliran	<i>Flow Transmitter</i> tidak beroperasi	Tidak terdapat potensi kerugian dan bahaya yang ditimbulkan			

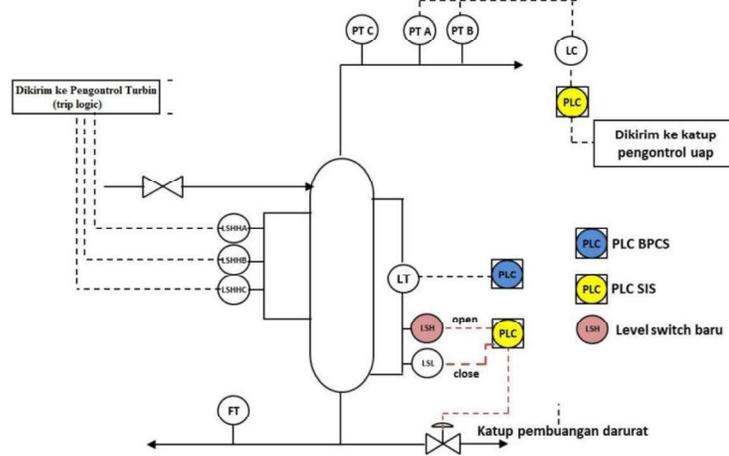
Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan, teridentifikasi 2 potensi bahaya tingkat 2 atau medium, yaitu: a) air kondensat masuk ke turbin yang akan merusak turbin, jika semua alat instrumentasi pendeteksi level mengalami gangguan. Usulan perbaikan yang perlu dilakukan adalah menambah satu *level switch high (LSH)* baru dengan jenis pelampung yang akan memberikan sinyal ke *PLC safety* untuk pembukaan katup darurat, sedangkan untuk penutupan kembali katup tersebut melalui pengaktifan *level switch low (LSL)* yang sudah ada. Sinyal dari *LSH* dan *LSL* terlebih dahulu dikirim ke *PLC-safety* dan kelak *PLC* memberi perintah kepada katup untuk pembukaan atau penutupan [9]. Penurunan tekanan uap karena kegagalan fungsi *PLC*, merupakan gangguan yang berdampak kepada produksi listrik. Perbaikan dengan pemasangan satu unit *PLC* tambahan, terpisah dari *PLC-BPCS* yang sudah terpasang, yaitu tipe *PLC Safety* yang khusus untuk keperluan *SIS* [4-9].

Berdasarkan uraian tersebut, digunakan untuk perolehan tujuan penelitian, berupa: a) rancangan *SIS* yang diimplementasikan secara detail dalam bentuk *drawing* dan b) hasil simulasi keberadaan pengembangan terhadap sistem instrumentasi dan kontrol. Metode penelitian yang dilakukan berupa tahapan-tahapan untuk pencapaian dan sesuai dengan tujuan penelitaian. Rancangan *SIS* yang diimplementasikan secara detail dalam bentuk *drawing* merupakan hasil yang didasarkan kepada analisis berbasis *SIL* berupa penilaian potensi jenis bahaya yang ada, penyebab kondisi bahaya tersebut, potensi nilai kerugian, dan tingkat keseringan. Perolehan nilai *SIL* untuk masing-masing sistem instrumentasi dan kontrol pada sistem pemurnian uap, selanjutnya dilakukan penentuan jenis dan konfigurasi komponen *SIS* yang akan dilaksanakan. Berpedoman kepada spesifikasi komponen, maka diperlukan satu atau beberapa buah komponen baru yang dipasang di posisi tertentu yang kelak dapat beroperasi melalui pemberian sinyal berdasarkan pantauan terhadap kondisi bejana pemurnian uap. Hasil rancangan *SIS* yang diimplementasikan secara detail dalam bentuk *drawing*, disimulasikan dengan program aplikasi *PLC Simulator ZelioSoft 2*. Berkenaan dengan simulasi, berupa pengkondisian katup pembuangan darurat, yaitu kepastian kondisi katup akan terbuka ketika sinyal dari *Level Switch High (LSH)* diterima dan katup akan tertutup kembali setelah penerimaan sinyal dari *Level Switch Low (LSL)*.

## 2. Pembahasan

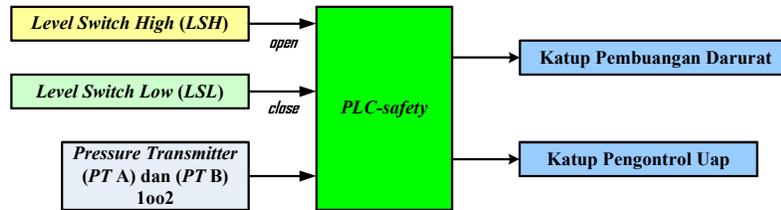
### 2.1. Rancangan *SIS* yang diimplementasikan secara detail dalam bentuk *drawing*

Berpedoman kepada spesifikasi komponen, maka diperlukan satu buah *level switch* baru yang dipasang di posisi level 20%, dimana kelak akan memberikan sinyal kepada katup pembuangan darurat untuk pembukaan, jika terdeteksi terdapat kenaikan level kondensat di bejana pemurnian uap. Untuk penutupan kembali katup tersebut dilakukan dengan pengaktifan *Level Switch Low (LSL)* yang sebelumnya telah terdapat pada sistem. Sinyal dikirim *LSL* untuk penutupan katup ketika level kondensat sudah rendah atau di bawah posisi *LSL*. Sementara satu usulan lagi berupa penambahan satu unit *PLC* tipe *safety* yang digunakan untuk fungsi proteksi oleh *SIS*. Pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol untuk fasilitas pemurnian uap, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol untuk fasilitas pemurnian uap

Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan, bahwa pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol sistem pemurnian uap dibuat dalam bentuk diagram blok. Diagram blok pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol pada sistem pemurnian uap, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

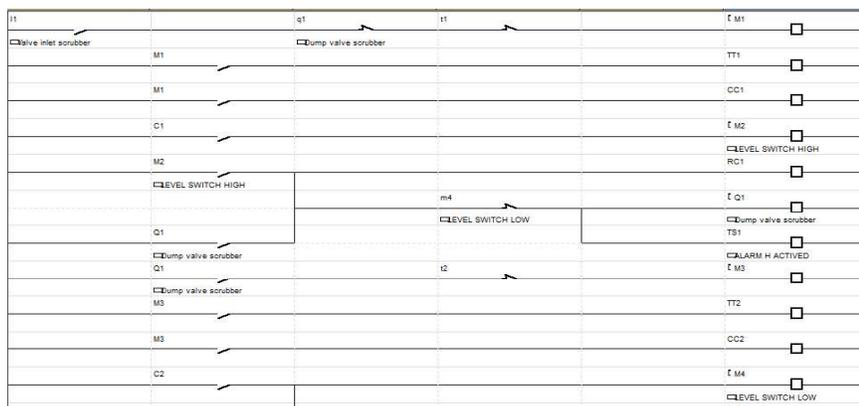


Gambar 3 Diagram blok pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol pada sistem pemurnian uap

Tahap lanjutan setelah dibuat rancangan *SIS* secara keseluruhan, sehingga standar yang digunakan untuk kepastian *Safety Instrumented System (SIS)* yang akan dipasang dapat dicapai tingkat performa minimum tertentu yang dibutuhkan untuk kepastian, bahwa keberadaan proteksi yang ada dapat melindungi semua aspek yang diperlukan.

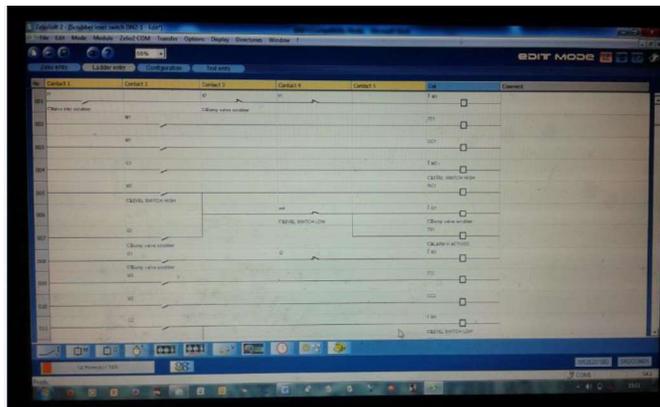
## 2.2. Simulasi kinerja sistem instrumentasi dan kontrol hasil pengembangan

Simulasi berupa pengkondisian terhadap operasi katup pembuangan darurat yang dilakukan dengan bantuan program aplikasi *PLC Simulator ZelioSoft 2*. Tampilan diagram tangga untuk proses simulasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan diagram tangga untuk simulasi

Proses simulasi berbasis program aplikasi *PLC Simulator ZelioSoft 2*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

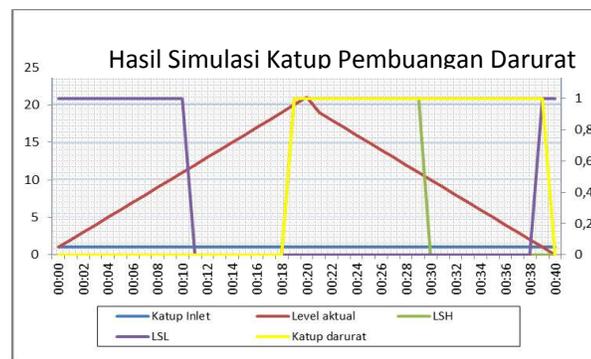


Gambar 5 Proses simulasi berbasis program aplikasi *PLC Simulator ZelioSoft 2*

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa hasil simulasi pengkondisian terhadap operasi katup pembuangan darurat dijelaskan, bahwa:

- 1 Kondisi awal level di dalam bejana kosong, sehingga *level low* alarm aktif;
- 2 Ketika katup *inlet* mulai terbuka, maka level aktual di dalam bejana diasumsikan mulai terbentuk;
- 3 Hitungan kenaikan level digunakan *timer* dengan rentang waktu per detik; .
- 4 Ketika level tercapai 10 detik atau asumsi 10%, alarm *level low* mulai reset atau hilang;
- 5 Level terus naik sampai capaian 20%, alarm *level high* dan katup mulai membuka sampai ke pembukaan maksimum;
- 6 Berdasarkan pembukaan katup, maka level menjadi turun dan alarm untuk level *high* alarm mulai reset atau hilang;
- 7 Katup akan kembali tertutup, apabila alarm untuk level *low* mulai aktif kembali.

Hasil simulasi pengkondisian terhadap operasi katup pembuangan darurat, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil simulasi pengkondisian terhadap operasi katup pembuangan darurat

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa simulasi dilakukan terhadap operasi katup pembuangan darurat untuk perolehan kepastian, dimana katup akan terbuka ketika sinyal dari *level switch high (LSH)* diterima dan katup akan tertutup kembali setelah penerimaan sinyal dari *level switch low*. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh, bahwa katup dapat beroperasi sesuai dengan operasi logika tersebut. Hasil simulasi tersebut dapat dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan uji validasi pada kondisi sebenarnya, ketika *PLC* pada *SIS* hasil pengembangan sudah dioperasikan.

### 3. Simpulan

Berdasarkan pembahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian. Rancangan *SIS* secara keseluruhan dalam bentuk *drawing* berupa pengembangan sistem instrumentasi dan kontrol melalui diagram blok, agar fungsi minimalis *SIS* sebagai sistem proteksi terhadap keselamatan personal, lingkungan, dan fasilitas operasi. Berdasarkan standar yang digunakan, bahwa *Safety Instrumented System (SIS)* yang dipasang sesuai pengembangan dapat dicapai tingkat performa minimum tertentu yang dibutuhkan untuk kepastian, bahwa keberadaan proteksi yang ada dapat melindungi semua aspek yang diperlukan. Simulasi terhadap rancangan hasil pengembangan berupa pengkondisian terhadap operasi katup pembuangan darurat untuk perolehan kepastian, bahwa katup akan terbuka ketika sinyal dari *Level Switch High (LSH)* diterima dan katup akan tertutup kembali setelah penerimaan sinyal dari *Level Switch Low*, sehingga katup dapat beroperasi sesuai dengan operasi logika tersebut.

### Daftar Pustaka

- [1] Barnard, G.S., 2013, "Safety Instrumented Systems", in *Handbook of Loss Prevention Engineering, Volume 1&2* (editor: J. M. Haight), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (Germany).
- [2] Mitchell, Kevin J., 2010, *Safety Instrumented Systems Engineering Handbook*, Kenexis Consulting Corporation, Columbus, pages 22-30.
- [3] *Power Plant, "Plant Instrumentation"*, NUS Training Corp., Gaithersburg, 1992.
- [4] Gruhn, Paul, Harry L. Cheddie, 2006, *Safety Instrumented Systems, Design, Analysis, and Justification*, 2nd Edition, ISA (The International Society of Automation), Durham.

- [5] Goble, William M, 1998, *Control System, Safety Evaluation and Reliability*, ISA (The International Society of Automation), Durham.
- [6] Summers, Angela E., 2009, *Safety Instrumented System (SIS)*, SIS-TECH Solution, Houston, pages 1-9.
- [7] Anonymous, 2006, *Understanding Safety Integrity Level*, Magnetrol Corporation: Special Application Series, Chicago, pages 2-11.
- [8] Hearn, William H. et al, 2009, *SIF Proof Testing Yields Process Sector Reliability Data*, SIS-Solution, Houston, pages 1-8.
- [9] Goeritno, Arief, Dian Anwar, Dudi Nurmansyah, 2017, *Penerapan Konsepsi Safety Instrumented System (SIS) untuk Upgrading Sistem Instrumentasi dan Kontrol pada Fasilitas Pemurnian Uap Geothermal Power Plant*, makalah dikirim ke Panitia SENIATI 2017 – ITN Malang.