

# Prototype Safety Instrumented System Pada Proses Pengendalian Level Berbasis Outseal Programmable Logic Controller

Muhammad Raihan De Lafayette<sup>1</sup>, Astrie Kusuma Dewi<sup>1\*</sup>  
e-mail: [astrie.dewi@esdm.go.id](mailto:astrie.dewi@esdm.go.id)

<sup>1</sup>Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38 Karangboyo Kec. Cepu, Blora

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 12 Oktober 2023  
Direvisi 20 Desember 2023  
Diterbitkan 31 Mei 2024

### Kata kunci:

*Safety Instrumented System*  
*Safety*  
*Outseal*

### Keywords:

*Safety Instrumented System*  
*Safety*  
*Outseal*

### Penulis Korespondensi:

Astrie Kusuma Dewi,  
Teknik Instrumentasi Kilang Minyak,  
Politeknik Energi dan Mineral Akamigas,  
Jl. Gajah Mada No. 38 Karangboyo Kec. Cepu, Blora

## ABSTRAK

Dalam industri minyak dan gas faktor *safety* merupakan faktor terpenting yang harus dilaksanakan supaya terhindar dari beberapa insiden yang mengakibatkan kerugian baik materil maupun non materil. Salah satu peralatan *safety* yang ada di dalam industri minyak dan gas adalah *Safety Instrumented System* (SIS). Dalam penelitian ini mengimplementasikan SIS pada proses pengendalian level di dalam *water storage tank*. Peralatan SIS sendiri terpisah dengan peralatan pengendalian proses, biasanya peralatan SIS menggunakan PLC sebagai *controllernya*. Metode dalam penelitian ini menggunakan prinsip dari gerbang logika dan tabel kebenaran. Peralatan yang digunakan yaitu *level switch high*, *level switch low*, *sevel switch high high* sebagai inputan dan pompa, serta *solenoid valve* sebagai output. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa akan menyala/mati dan *solenoid valve* membuka/menutup apabila kedua *inputannya* bernilai *high*. Sementara nyala alarm dan *emergency shut down* terjadi apabila keseluruhan inputannya bernilai *high*. Keseluruhan sistem dalam *prototype* ini menerapkan gerbang logika AND sebagai acuan dalam penentuan aksi *outputannya*.

## ABSTRACT

*In the oil and gas industry, safety is the most important factor that must be implemented to avoid several incidents that result in both material and non-material losses. One of the safety equipment in the oil and gas industry is the Safety Instrumented System (SIS). In this study, SIS is implemented in the level control process in the water storage tank. SIS equipment itself is separate from process control equipment, usually SIS equipment uses PLC as its controller. The method in this research uses the principle of logic gates and truth tables. The equipment used is level switch high, level switch low, sevel switch high high as input and pump, and solenoid valve as output. The test results show that the pump will turn on/off and the solenoid valve opens/closes if both inputs are high. Meanwhile, the alarm and emergency shut down occur when all inputs are high. The entire system in this prototype applies the AND logic gate as a reference in determining the output action.*



Email: [astrie.dewi@esdm.go.id](mailto:astrie.dewi@esdm.go.id)

Nomor HP/WA aktif: +62 812 1525 289

## 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri terutama industri perminyakan, pengendalian level pada tangki penyimpanan memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga kestabilan operasional dan keamanan sistem. Untuk memastikan tingkat keamanan yang optimal, diperlukan sebuah sistem yang dapat mendeteksi dan mengendalikan level air dengan cepat dan akurat [1]. Inilah yang mendasari pentingnya rancang bangun Prototype Sistem Safety Instrumented System (SIS) berbasis Outseal PLC pada proses pengendalian level di Water Storage Tank.

Sistem Safety Instrumented System (SIS) adalah sebuah sistem yang didesain khusus untuk memonitor dan mengendalikan fungsi-fungsi kritis dalam industri. Dalam konteks pengendalian level, SIS berperan dalam menjaga level air tetap berada dalam batas yang aman, mencegah terjadinya overfilling atau underfilling yang dapat berpotensi menyebabkan kegagalan sistem, kerugian finansial, bahkan ancaman keselamatan bagi operator dan lingkungan sekitar [2].

Outseal PLC (Programmable Logic Controller) adalah suatu jenis PLC yang terkenal karena kehandalannya dalam pengendalian proses industri yang kompleks. Outseal PLC menggabungkan fitur-fitur keamanan yang tinggi dengan kemampuan pemrograman yang fleksibel, menjadikannya pilihan yang ideal untuk digunakan dalam rancang bangun SIS pada pengendalian level di Water Storage Tank [3].

Rancang bangun Prototype Safety Instrumented System berbasis Outseal PLC pada proses pengendalian level di Water Storage Tank bertujuan untuk mencapai level keamanan yang tinggi dengan mengintegrasikan sensor, logika pengendalian, dan aksi respons yang cepat dan andal [4]. Sensor level yang dipasang di dalam tangki akan terus memantau level air, dan Outseal PLC akan memproses data yang diterima untuk mengambil keputusan pengendalian yang tepat.

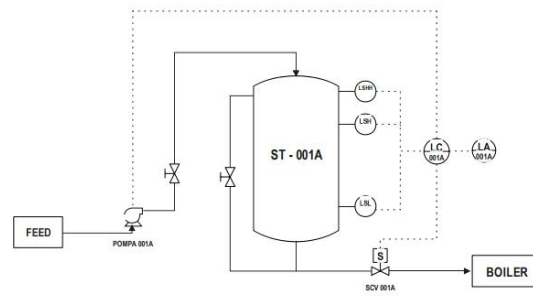
Melalui rancang bangun Sistem Safety Instrumented System berbasis Outseal PLC, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, keamanan, dan keandalan sistem pengendalian level di Water Storage Tank. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga dapat mengurangi risiko kecelakaan dan kerugian yang timbul akibat kesalahan pengendalian level [5].

## 2. METODE PENELITIAN

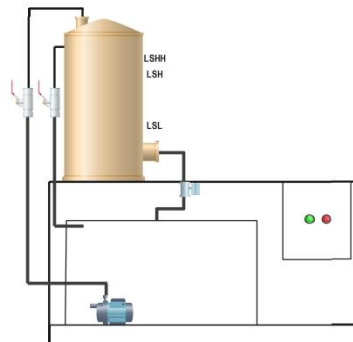
### 2.1 Rancangan Hardware

Metode awal dalam penelitian ini adalah perancangan hardware untuk sistem *Safety Instrumented System* (SIS) berbasis Outseal PLC. Sistem ini nantinya dirancang untuk memastikan keamanan dan keandalan operasional tangki penyimpanan air dengan mengendalikan level air di dalamnya. Tahapan yang pertama kali dilakukan adalah membuat P&ID seperti yang tertampil pada gambar 1. Kemudian merangkai komponen hingga semuanya terbentuk menjadi sebuah *prototype*. Dalam tahap ini harus dipastikan semua komponen terpasang dengan benar dan tidak adanya kebocoran pada tangki maupun sambungan pada pipanya. Adapun untuk pemasangan peralatannya sesuai dengan desain *prototype* yang tertera pada gambar 2.





Gambar 1 : P&ID Prototype



Gambar 2 : Design Hardware Prototype

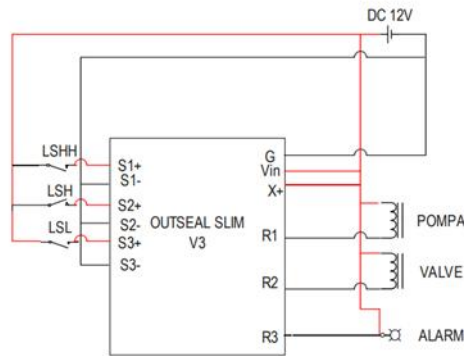
Komponen yang dibutuhkan untuk membuat prototype Safety Instrumented System (SIS) berbasis Outseal PLC adalah sebagai berikut :

- a. Outseal PLC Mega V3 Slim
- b. Pipa ½ Inch
- c. Pipa paralon 3 Inch
- d. Solenoid Valve
- e. Level Switch
- f. Pompa Waterproof 12V
- g. Panel Box
- h. Relay 12V
- i. Power Supply 12V
- j. Lampu indikator
- k. Kabel

Tahap kedua adalah melakukan perangkaian wiring kelistrikan. Dalam tahap ini tegangan masukan diperoleh dari listrik 220V PLN yang kemudian masuk menuju power supply. Pada power supply inilah nantinya dihasilkan output tegangan 12V yang digunakan sebagai sumber tegangan beberapa komponen terutama pada modul outseal PLC [6]. Rangkaian wiring kelistrikan pada prototype ini dapat dilihat pada gambar 3.

Muhammad Raihan De Lafayette : Prototype Safety Intrumented System... p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195





Gambar 3 : Wiring Diagram Prototype

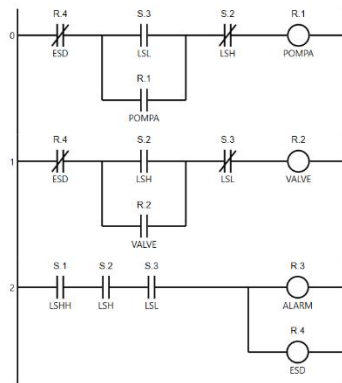
## 2.2 Rancangan Software



Gambar 4 : Flowchart Peancangan Software

Dalam perancangan *software* sesuai dengan *flowchart* pada gambar 4 tahap yang pertama adalah melakukan pemrograman outseal PLC pada aplikasi Ouseal Studio. Pemrograman outseal PLC sendiri menggunakan jenis program ladder diagram seperti halnya jenis PLC dengan merk lainnya. Ada beberapa aksi yang nantinya dipakai pada *prototype* kali ini. Dimana aksi tersebut diantaranya adalah aksi *start / stop* pompa, aksi buka / tutup *solenoid valve*, aksi alarm menyala dan *emergency shut down*. Ladder diagram *Prototype Safety Instrumented System* Pada Proses Pengendalian *Level*/ Berbasis Outseal PLC dapat dilihat dalam gambar 5.





Gambar 5 : Ladder Diagram Sistem

Tahapan kedua dalam perancangan *software* yaitu mengirim program yang telah dibuat pada aplikasi outseal studio menuju modul outseal PLC. Jika proses pengiriman atau *upload* program telah berhasil maka tahap selanjutnya adalah mengecek apakah keseluruhan sistem dari *prototype* telah berjalan dengan normal. Dan tahapan yang terakhir adalah menjalankan sistem tersebut kemudian melakukan pengambilan data [1].

## 2.2 Metode Gerbang Logika

Dalam perancangan *prototype* ini menggunakan pemodelan sistem metode gerbang logika. Gerbang logika sendiri merupakan dasar dari rangkaian elektronik digital yang mengimplementasikan operasi logika boolean. Gerbang logika menerima satu atau lebih input logika dan menghasilkan output logika berdasarkan aturan logika boolean yang telah ditentukan[2]. Keseluruhan sistem yang terdapat dalam *prototype* ini menggunakan gerbang AND. Gerbang AND adalah salah satu jenis gerbang logika yang menerapkan operasi logika boolean AND. Gerbang ini memiliki dua atau lebih input dan menghasilkan output yang hanya aktif ( bernilai 1 ) jika semua inputnya juga aktif ( bernilai 1 ). Jika salah satu atau lebih inputnya tidak aktif ( bernilai 0 ), maka outputnya akan tidak aktif ( bernilai 0 ) [3].

Selain gerbang AND dalam perancangan *prototype* ini juga menggunakan gerbang NOT, dikarenakan pada program ladder diagramnya terdapat fungsi normally close yang jika diimplementasikan dalam gerbang logika merupakan gerbang NOT. Gerbang NOT adalah salah satu jenis gerbang logika yang menerapkan operasi logika boolean NOT (negasi). Gerbang ini hanya memiliki satu input dan menghasilkan output yang merupakan kebalikan dari input tersebut[4].

Terdapat tiga kondisi yang terjadi selama sistem Safety Instrumented System berjalan. Yang pertama adalah kondisi start / stop pompa, kedua adalah kondisi buka / tutup valve, dan yang ketiga adalah kondisi terjadinya emergency shut down. Khusus untuk kondisi emergency shut down terdapat tiga inputan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Implementasi Alat

Implementasi dari perancangan *Prototype Safety Instrumented System* Pada Proses Pengendalian Level Berbasis Outseal PLC ditunjukkan pada gambar 6. Sistem ini memiliki prinsip kerja yaitu apabila level tangki mencapai Level Switch Low ( LSL ) maka pompa akan menyala untuk menjaga kondisi tangki supaya tidak kosong yang dapat mengakibatkan kondisi pemvakuman. Kemudian apabila level tangki mencapai Level Switch High ( LSH )



maka pompa akan mati dan solenoid valve akan membuka. Kemudian apabila level tangki mencapai Level Switch High High ( LSHH ) maka alarm akan menyala dan sistem akan mengalami emergency shut down.



Gambar 6 : Implementasi Hardware

### 3.2 Implementasi Software

Tabel 1 : Kebutuhan Software

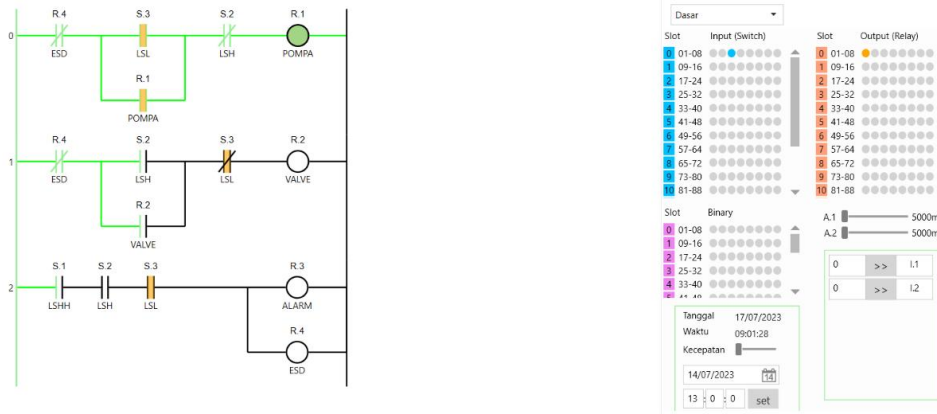
No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	Windows 11	Digunakan sebagai sistem operasi PC
2	Outseal Studio	Digunakan untuk membuar program
3	Autocad	Digunakan untuk mendesain <i>prototype</i>

### 3.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dari prototype Sistem Safety Instrumented System (SIS) pada proses pengendalian level di Water Storage Tank. Dalam pengujian sistem ini nantinya akan dilakukan dalam tiga aksi yaitu aksi untuk start / stop pompa, aksi buka / tutup valve, dan aksi emergency shut down. Berikut adalah hasil pengujian sistem yang telah dilaksanakan.

Pengujian yang pertama adalah pada aksi start/stop pompa. Pengujian ini dilakukan berdasarkan perintah dari dua buah inputan yaitu Level Switch Low ( LSL ) dan Level Switch High ( LSH ). Kemudian dari kedua inputan tersebut nantinya dapat dicari outputannya menggunakan tabel kebenaran dengan gerbang logika AND. Hasil pengujian pertama dapat dilihat pada gambar 7 dan tabel 2 berikut :



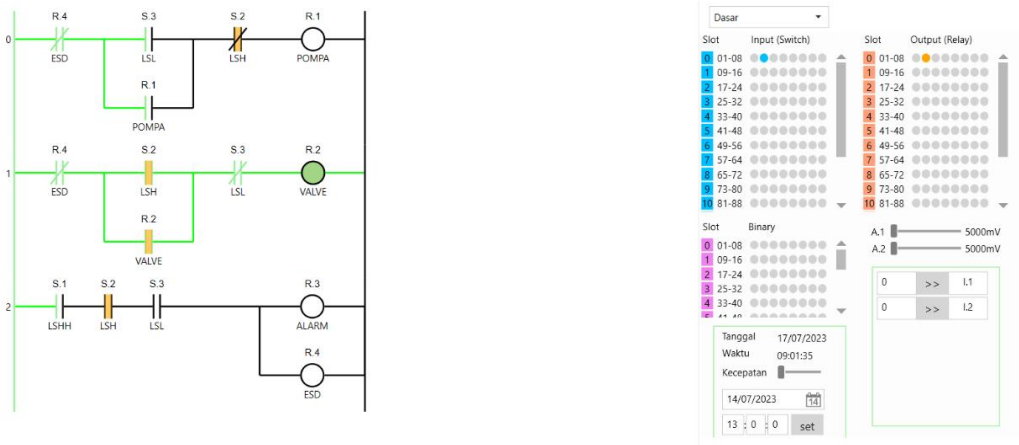


Gambar 7 : Pengujian Pompa

Tabel 2 : Tabel Kebenaran Pengujian Pompa

Input		Output		
LSL	LSH <sub>1</sub>	LSL	LSH	Pompa
0	0	0	1	Off
0	1	0	0	Off
1	0	1	1	On
1	1	1	0	Off

Pengujian yang kedua adalah pada aksi buka / tutup *solenoid valve*. Sama halnya dengan pengujian pertama, dalam pengujian ini dilakukan berdasarkan perintah dari dua buah inputan yaitu *Level Switch Low* ( LSL ) dan *Level Switch High* ( LSH ). Kemudian dari kedua *inputan* tersebut nantinya dapat dicari outputnya menggunakan tabel kebenaran dengan gerbang logika AND. Hasil pengujian kedua dapat dilihat pada gambar 8 dan tabel 3 berikut :



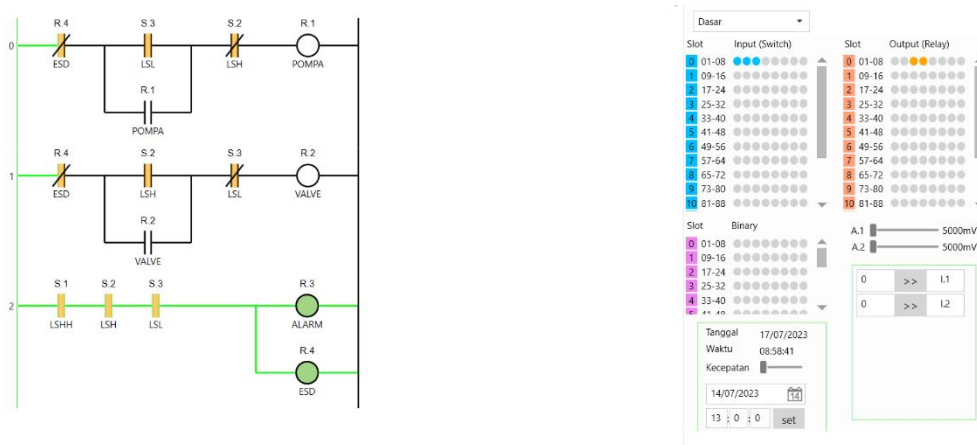
Gambar 8 : Pengujian Solenoid Valve



Tabel 3 : Tabel Kebenaran Solenoid Valve

Input			Output	
LSH	LSL <sub>-1</sub>	LSH	LSL	Valve
0	0	0	1	Off
0	1	0	0	Off
1	0	1	1	On
1	1	1	0	Off

Pengujian yang ketiga adalah pada aksi nyala alarm dan emergency shut down. Berbeda dengan pengujian pertama dan kedua, dalam pengujian ini dilakukan berdasarkan perintah dari tiga buah inputan yaitu Level Switch Low ( LSL ), Level Switch High ( LSH ), dan Level Switch High High ( LSHH ). Kemudian dari ketiga inputan tersebut nantinya dapat diketahui outputannya menggunakan tabel kebenaran dengan gerbang logika AND. Hasil pengujian ketiga dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel 4 berikut :



Gambar 9 : Pengujian Alarm dan Emergency Shut Down

Tabel 4 : Tabel Kebenaran Pengujian Alarm dan Emergency Shut Down

Input			Output
LSL	LSH	LSHH	Alarm dan ESD
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0





1

1

1

1

### 3.4 Analisis Data

Berdasarkan dari pengujian sistem prototype sistem Safety Instrumented System (SIS) pada proses pengendalian level di Water Storage Tank yang telah dilakukan pada ketiga aksi, maka dapat dianalisa bahwa :

Pada pengujian pertama terdapat dua buah inputan yang mempengaruhi aksi start / stop pompa yaitu LSL dan LSH. Dimana pada pengujian ini untuk inputan LSH diberi logika NOT, hal ini dikarenakan pada fungsi ladder diagram start / stop pompa yang tertera pada gambar 7 LSH memiliki aksi normally close. Kemudian setelah inputan LSH diberi logika NOT maka dapat dibuat untuk tabel kebenarannya yang tertera pada tabel 4 Dari tabel tersebut dapat dianalisa bahwa pompa akan menyala apabila kedua inputannya bernilai satu / high ( setelah LSH diberi logika NOT ) dan pompa akan mati apabila salah satu atau kedua inputannya bernilai nol atau low. Kondisi tersebut berbanding lurus dengan prinsip dari tabel kebenaran gerbang AND.

Pada pengujian kedua juga terdapat dua buah inputan yang mempengaruhi aksi buka / tutup solenoid valve yaitu LSL dan LSH. Dimana pada pengujian ini untuk inputan diberi logika NOT adalah LSL, hal ini dikarenakan pada fungsi ladder diagram buka / tutup solenoid valve yang tertera pada gambar 8 LSL mempunyai aksi normally close. Kemudian setelah inputan LSL diberi logika NOT maka dapat dibuat untuk tabel kebenarannya yang tertera pada tabel 5 Dari tabel tersebut dapat dianalisa bahwa solenoid valve akan membuka apabila kedua inputannya bernilai satu / high ( setelah LSL diberi logika NOT ) dan solenoid valve akan menutup apabila salah satu atau kedua inputannya bernilai nol atau low. Sama halnya dengan pengujian pertama kondisi tersebut berbanding lurus dengan prinsip dari tabel kebenaran gerbang AND.

Pada pengujian ketiga terdapat tiga buah inputan yang nantinya akan mempengaruhi emergency shut down. Inputan tersebut yaitu LSL, LSH, dan LSHH. Berbeda dari pengujian pertama dan kedua yang salah satu inputannya diberi logika NOT, dalam pengujian ketiga ini keseluruhan program ladder diagramnya mempunyai aksi normally open seperti yang tertera pada gambar 9. Dari tiga buah inputan tersebut dapat dibuat untuk tabel kebenarannya yang tertera pada tabel 6. Dimana berdasarkan tabel kebenaran tersebut jika LSL, LSH, dan LSHH bernilai satu / high maka alarm akan menyala dan keseluruhan sistem akan mengalami emergency shut down. Hal ini dapat terjadi apabila pompa gagal untuk mati dan solenoid valve gagal untuk membuka yang mengakibatkan level pada tangki meluap. Sebaliknya jika salah satu atau ketiganya bernilai nol / low maka kondisi sistem tersebut berjalan dengan normal.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian Prototype Safety Instrumented System (SIS) berbasis Outseal PLC dapat ditarik kesimpulan pada pengujian pertama pompa akan menyala (on) apabila kedua input LSL dan LSH bernilai satu (high), setelah LSH diberi logika NOT. Pompa akan mati (off) apabila salah satu atau kedua input tersebut bernilai nol (low). Hasil ini sesuai dengan prinsip dari gerbang logika AND.

Pada pengujian kedua solenoid valve akan membuka apabila kedua input LSL dan LSH bernilai satu (high), setelah LSL diberi logika NOT. Solenoid valve akan menutup apabila salah satu atau kedua input tersebut bernilai nol (low). Hasil ini juga sesuai dengan prinsip dari gerbang logika AND.

Dan pada pengujian ketiga dilakukan pada emergency shut down, dengan tiga input yaitu LSL, LSH, dan LSHH. Semua input tersebut memiliki aksi normally open dalam ladder diagram. Dari tabel kebenaran pada pengujian ketiga, dapat disimpulkan bahwa jika LSL, LSH, dan LSHH bernilai satu (high), maka alarm akan menyala dan sistem akan mengalami emergency shut down. Hal ini terjadi jika pompa gagal mati dan solenoid valve gagal membuka, menyebabkan level pada tangki meluap. Sebaliknya, jika salah satu atau ketiganya bernilai nol (low), maka sistem berjalan dengan normal.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Jamison C, "Analysis\_of\_Tank\_Overflow\_Incidents\_Fall2019," 2019.
- [2] A. Goeritno, D. Anwar, and D. Nurmansyah, "Penerapan Konsepsi Safety Instrumented System (Sis) Untuk Upgrading Sistem Instrumentasi Dan Kontrol Pada Fasilitas Pemurnian Uap Geothermal Power Plant," *Issn*, pp. 1–6, 2017.
- [3] F. A. K. Yudha, "Rancang Bangun Trainer Otomasi PLC Outseal 16 I/O," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 7, no. 1, p. 51, 2022, doi: 10.33021/jmem.v7i1.3377.
- [4] L. Fang, Z. Wu, L. Wei, and J. Liu, "Design and development of safety instrumented system," *Proc. IEEE Int. Conf. Autom. Logist. ICAL 2008*, no. September, pp. 2685–2690, 2008, doi: 10.1109/ICAL.2008.4636627.
- [5] Y. Redutskiy, "Modelling and Design of Safety Instrumented Systems for Upstream Processes of Petroleum Sector," *Procedia Eng.*, vol. 182, no. 1877, pp. 611–618, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.165.
- [6] O. Febriyanti, U. Latifa, and R. Hidayat, "Perancangan Sistem Instrumentasi Pada Mesin Pengisi Botol Minuman Berbasis Outseal PLC," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 7, no. 1, pp. 29–42, 2021, doi: 10.15575/telka.v7n1.29-42.
- [7] Fariz Elazar Ahmad and Endah Fitriani, "Penggunaan Sistem Outseal PLC Pada Pemilah Otomatis Dan Penghitung Otomatis," *Bina Darma Conf. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 27–39, 2020, [Online]. Available: <http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCES>
- [8] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Otomatis," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/952>
- [9] A. K. Umam, P. Melati, N. Lutfiah, I. Safitri, Susilasari, and G. Antarnusa, "Pembuktian Tabel Kebenaran Gerbang Logika pada Praktikum Gerbang Logika," *J. Untirta*, vol. 3, no. 1, pp. 355–361, 2020.
- [10] I. Parinduri and S. Nurhabibah Hutagalung, "Perangkaian Gerbang Logika Dengan Menggunakan Matlab (Simulink)," *JURTEKSI (Jurnal Teknol. dan Sist. Informasi)*, vol. 5, no. 1, pp. 63–70, 2019, doi: 10.33330/jurteksi.v5i1.300.

