

Simulasi Shutdown System Berbasis PLC Allen-Bradley RSLogix5000 Pada Boiler PPSDM Migas.

Nur Laila Ramadani¹, Arsyadi Hidayat^{2*}

¹ Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, INDONESIA

² Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Migas (PPSDM)
Jl. Sorogo No. 1 Cepu – Blora – Jawa Tengah, 58311, INDONESIA

*Corresponding Author: arsyadi.hidayat@esdm.go.id

DOI: <https://doi.org/10.53026/inhardware.v3i1.71>

Article Info	Abstrak
Received: 11 st June 2025 Accepted: 28 th June 2025 Available online: 30 th June 2025	Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem shutdown otomatis pada boiler Wanson di PPSDM Migas Cepu berbasis PLC Allen-Bradley RSLogix5000, dengan parameter level air, tekanan, dan suhu sebagai variabel utama. Sistem manual yang masih digunakan berpotensi menimbulkan risiko operasional akibat keterlambatan respons, sehingga diperlukan otomasi untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi. Metode penelitian meliputi orientasi lapangan, studi literatur, pengumpulan data spesifikasi boiler, serta simulasi ladder diagram menggunakan perangkat lunak RSLogix 5000. Simulasi mencakup tiga skenario utama: (1) shutdown otomatis saat level air berada dalam kondisi Low-Low (LL) atau High-High (HH), (2) indikator peringatan saat level air mencapai batas Low (L) atau High (H), dan (3) pemantauan suhu dan tekanan untuk deteksi kondisi kritis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem shutdown berbasis PLC dapat meningkatkan respons keamanan, mengurangi risiko kecelakaan, serta menghemat biaya hardware.
Keywords RSLogix5000, Boiler, PLC Allen Bradley, Sistem shutdown Otomatis	Abstract This study aims to design an automatic shutdown system on the Wanson boiler at PPSDM Migas Cepu based on the Allen-Bradley RSLogix5000 PLC, with water level, pressure, and temperature parameters as the main variables. The manual system that is still used has the potential to cause operational risks due to delayed responses, so automation is needed to improve safety and efficiency. The research methods include field orientation, literature studies, boiler specification data collection, and ladder diagram simulation using RSLogix 5000 software. The simulation includes three main scenarios: (1) automatic shutdown when the water level is in Low-Low (LL) or High-High (HH) conditions, (2) warning indicators when the water level reaches the Low (L) or High (H) limit, and (3) temperature and pressure monitoring for critical condition detection. The simulation results show that the PLC-based shutdown system can improve safety response, reduce the risk of accidents, and save hardware costs.

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license.



1. PENDAHULUAN

Boiler memiliki peran fundamental dalam industri minyak dan gas, tidak hanya sebagai sumber uap untuk berbagai proses produksi, tetapi juga sebagai indikator efisiensi operasional. Teknologi boiler telah berkembang dari sistem konvensional yang bergantung pada kontrol manual hingga sistem modern yang memanfaatkan otomasi untuk meningkatkan akurasi dan keamanan. Selain itu, inovasi dalam desain dan sistem kontrol boiler telah memungkinkan efisiensi energi yang lebih tinggi, mengurangi konsumsi bahan bakar, serta menekan emisi karbon. Keandalan boiler sangat bergantung pada kemampuannya menjaga keseimbangan antara tekanan, suhu, dan level air, menjadikannya salah satu komponen yang membutuhkan kontrol yang cermat untuk menghindari potensi kegagalan operasional.

Salah satu perangkat yang merevolusi sistem pengendalian industri adalah Programmable Logic Controller (PLC), yang berfungsi sebagai otak utama dalam proses otomasi. Dibandingkan dengan metode manual yang rentan terhadap human error dan keterlambatan respons, PLC menawarkan sistem yang dapat beroperasi dengan kecepatan dan presisi tinggi, memastikan setiap parameter kritis dalam boiler dikelola secara optimal. Keunggulan PLC dalam pemrograman fleksibel dan kemampuan adaptasi terhadap berbagai kondisi operasional membuatnya menjadi pilihan utama dalam pengembangan sistem shutdown otomatis. Dengan pendekatan ini, industri dapat meningkatkan efisiensi operasional sekaligus meminimalkan risiko kecelakaan yang mungkin terjadi akibat anomali pada boiler.

Boiler merupakan perangkat termal yang berfungsi mengonversi energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, yang kemudian ditransfer ke media air untuk meningkatkan suhu hingga mencapai titik didih dan mengalami perubahan fase dari cair menjadi uap.[1] Dalam industri minyak dan gas, boiler beroperasi pada kondisi tekanan dan suhu tinggi, menjadikannya peralatan kritis yang memerlukan sistem kontrol yang akurat dan andal.

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) memiliki tugas dalam pendidikan dan pelatihan di sektor minyak dan gas bumi. Salah satu fasilitas yang tersedia adalah unit boiler plant yang berfungsi menyediakan steam, udara bertekanan, air lunak, dan air pendingin untuk mendukung operasional industri. Namun, dalam pengoperasiannya, sistem pengendalian level air pada boiler masih dilakukan secara manual, yang dapat menghambat produksi uap serta meningkatkan risiko operasional.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem manual memiliki latency sebesar 10-18 detik, yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan, sedangkan sistem yang menggunakan PLC dapat merespons dalam rentang 2-3 detik.[2] Risiko tertinggi kecelakaan pada boiler terkonsentrasi di bagian steam drum, yang dipengaruhi oleh parameter tekanan, level air, dan suhu.[3] Oleh karena itu, penerapan sistem otomasi menjadi solusi yang diperlukan untuk meningkatkan keakuratan dan keandalan pengendalian level air pada boiler.

Otomasi sendiri merupakan teknologi yang memungkinkan pelaksanaan proses industri secara efisien dengan keterlibatan manusia yang minimal.[4] Seiring dengan perkembangan teknologi, Revolusi Industri 4.0 membawa konsep cyber physical system, di mana teknologi siber dikolaborasikan dengan teknologi otomasi untuk meningkatkan efisiensi industri.[5] Salah satu implementasi konsep ini adalah penggunaan PLC untuk mengendalikan sistem secara otomatis, termasuk dalam pengoperasian boiler. Untuk memastikan keamanan dan stabilitas operasional, sistem shutdown otomatis diperlukan untuk menghentikan proses ketika terjadi ketidaknormalan.[6]

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan pengendalian level air pada unit boiler di PPSDM Migas Cepu dengan tiga fokus utama. Pertama, merancang sistem pengendalian level air pada Boiler Wanson menggunakan PLC sebagai pusat kendali. Kedua, mengembangkan desain simulasi sistem penghentian otomatis (shutdown system) dengan mempertimbangkan parameter kritis seperti tekanan, ketinggian air, dan suhu. Terakhir, menguji operasional simulasi sistem shutdown yang telah dirancang untuk mengevaluasi respons terhadap perubahan parameter tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan sistem boiler.

2. METODA

Pendekatan metode penelitian ini dirancang untuk memperoleh data yang akurat dan relevan dalam mengembangkan sistem pengendalian otomatis pada boiler. Penelitian dilakukan melalui tiga tahapan utama:

1. Studi Tinjauan Pustaka Tahapan awal ini bertujuan untuk memahami dasar teori mengenai boiler, sistem pengendaliannya, serta teknologi otomasi yang terkait. Studi pustaka mencakup analisis literatur dari berbagai sumber, termasuk jurnal penelitian, buku teks, dan standar industri yang berhubungan dengan operasi serta keamanan boiler.
2. Observasi Lapangan dan Wawancara Setelah memahami teori dasar, penelitian dilanjutkan dengan observasi langsung terhadap boiler yang beroperasi di PPSDM Migas Cepu. Observasi ini mencakup analisis parameter operasional seperti tekanan, suhu, dan level air, serta identifikasi tantangan yang dihadapi dalam

pengendalian manual. Selain itu, dilakukan wawancara dengan operator yang bertugas untuk mendapatkan wawasan praktis mengenai operasional boiler, prosedur keamanan, dan kendala teknis yang dialami.

3. Perancangan dan Simulasi Program dengan Ladder Diagram Tahapan akhir berupa perancangan sistem otomatisasi menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). Sistem ini dikembangkan dengan menyusun program menggunakan ladder diagram, sebuah metode pemrograman yang memungkinkan pengendalian logika secara sistematis. Simulasi dilakukan untuk menguji efektivitas sistem shutdown otomatis dalam merespons perubahan parameter kritis seperti tekanan, level air, dan suhu.

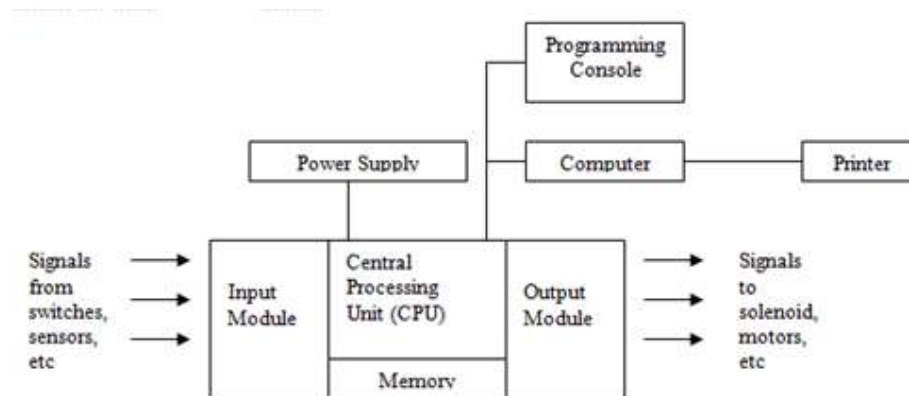
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan komputer industri dengan arsitektur khusus yang dirancang untuk mengontrol proses otomatisasi dalam berbagai sektor. PLC terdiri dari central processing unit (CPU) dan sistem sirkuit interfacing, yang memungkinkan komunikasi antara PLC dengan perangkat lapangan seperti sensor dan aktuator.[7] Perangkat ini berfungsi untuk menjalankan logika kontrol berdasarkan program yang telah dirancang, sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem industri.

Beragam merek PLC tersedia di pasar, dan penelitian ini menggunakan PLC merek Allen-Bradley, yang dikenal luas dalam industri otomatisasi. Allen-Bradley dipilih karena keandalan tinggi, fleksibilitas pemrograman, serta kompatibilitas yang baik dengan sistem kontrol industri. Penggunaan PLC ini memungkinkan penerapan sistem shutdown otomatis untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional boiler.

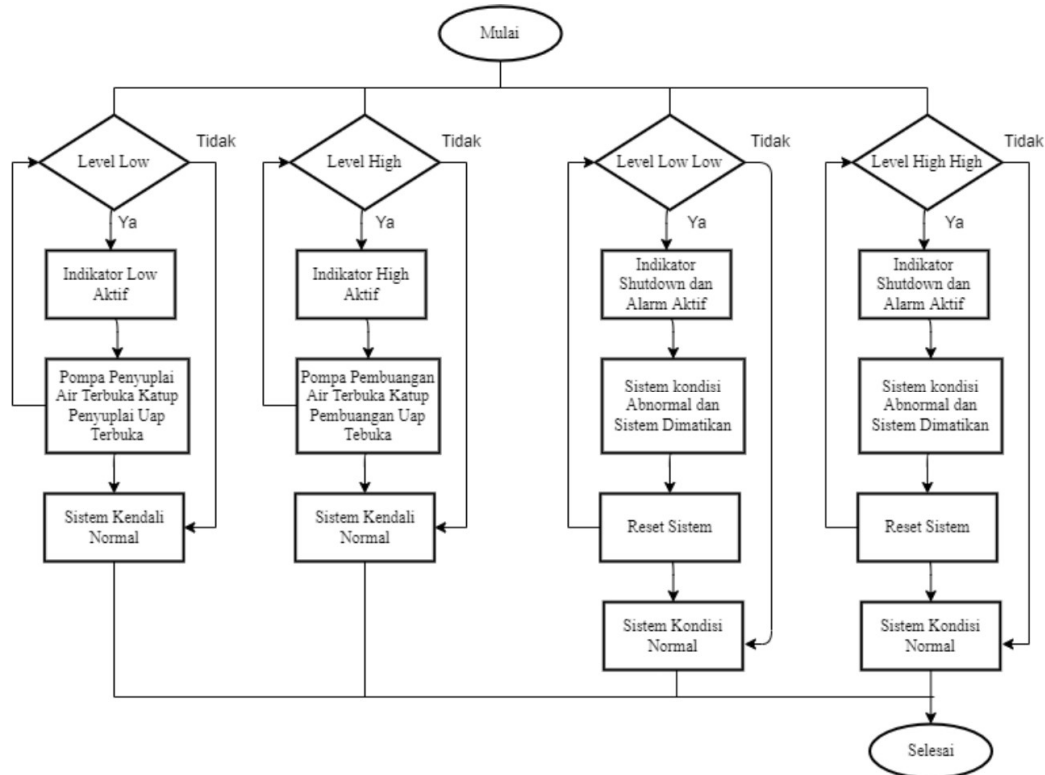
PLC terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- Central Processing Unit (CPU) – Berfungsi sebagai pusat kendali untuk memproses instruksi program dan mengatur komunikasi dengan perangkat eksternal.
- Memori – Menyimpan program dan data operasional yang digunakan oleh CPU dalam pengendalian sistem.
- Input/Output (I/O) – Berfungsi sebagai antarmuka antara PLC dengan sensor dan aktuator di lapangan, memungkinkan sistem untuk membaca kondisi dan mengontrol operasi sesuai dengan logika yang telah diprogram.



Gambar1. Bagian PLC (sumber: <https://laskarotomasi.com/plc-allen-bradley/>)[8]

Sistem shutdown otomatis dirancang berdasarkan flowchart yang menjadi dasar dalam pembuatan ladder diagram untuk pengendalian boiler. Sistem ini berfungsi untuk secara otomatis menghentikan operasi boiler saat mendeteksi kondisi abnormal, seperti LOW LOW atau HIGH HIGH pada parameter tekanan dan level air. Dengan menggunakan PLC, sistem dapat merespons dengan cepat terhadap perubahan kondisi operasional, sehingga risiko kegagalan dapat diminimalkan dan keselamatan kerja dapat ditingkatkan.



Gambar 2. Flowchart Sistem Shutdown

Setelah tombol start ditekan, pompa daerator bekerja dan water valve terbuka. Ketika air mencapai 75%, water valve tertutup dan pembakaran dimulai. PLC mengatur buka-tutup valve untuk menjaga level air antara 25% dan 75%. Saat air mencapai 75% dari kapasitas maksimal boiler, water valve tertutup dan pembakaran dimulai. Jika proses pembakaran berhasil, suhu air akan meningkat, dan jumlah air dalam boiler akan berkurang akibat perubahan fase dari cair menjadi uap.

Untuk menjaga level air tetap di atas 25% dan di bawah 75%, PLC akan mengontrol kondisi buka-tutup valve. Jika level air turun di bawah 25%, warrick electrode akan berada dalam kondisi normally open, sehingga PLC memberikan sinyal untuk menutup fuel valve dan mengaktifkan alarm. Jika level air melebihi 75%, PLC memberikan sinyal untuk menutup water valve.

Blowdown valve berfungsi dalam kondisi darurat saat air dalam boiler terus meningkat di luar batas normal. Tekanan yang dihasilkan boiler diatur berdasarkan intensitas nyala api, di mana Burner Management System (BMS) bertugas mengontrol besar kecilnya nyala api, sementara fuel valve berfungsi membuka (fully open) dan menutup (fully close) aliran bahan bakar.

Aliran bahan bakar akan tertutup secara otomatis jika terjadi kondisi berikut:

- Suhu gas buang melebihi 300°C,
- Level air dalam boiler berada di bawah 25% dari kapasitas maksimal,
- Tekanan boiler melebihi batas yang ditentukan,
- Tombol emergency ditekan.

Untuk memastikan sistem shutdown bekerja secara optimal, tabel berikut menunjukkan logika kontrol berdasarkan parameter level air:

Tabel1. Kebenaran Logika untuk parameter level

Input				Output							
Push Button				Aktuator				Indikator			
Start	SD	L	H	LL	HH	PM	BV	AL	SHD	LH	LL
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

Start : Start/Mulai
SD : Shutdown Input
L : Low Level Switch
H : High Level Switch
LL : Low Low Level
HH : High High Level
PM : Pompa
BV : Blowdown Valve
AL : Alarm
SHD : Shutdown Indikator
LH : Level High
LL : Level Low

Selain parameter level air, sistem shutdown juga mempertimbangkan parameter suhu dan tekanan, untuk parameter-parameter tersebut logika control ditunjukkan pada tabel berikut.

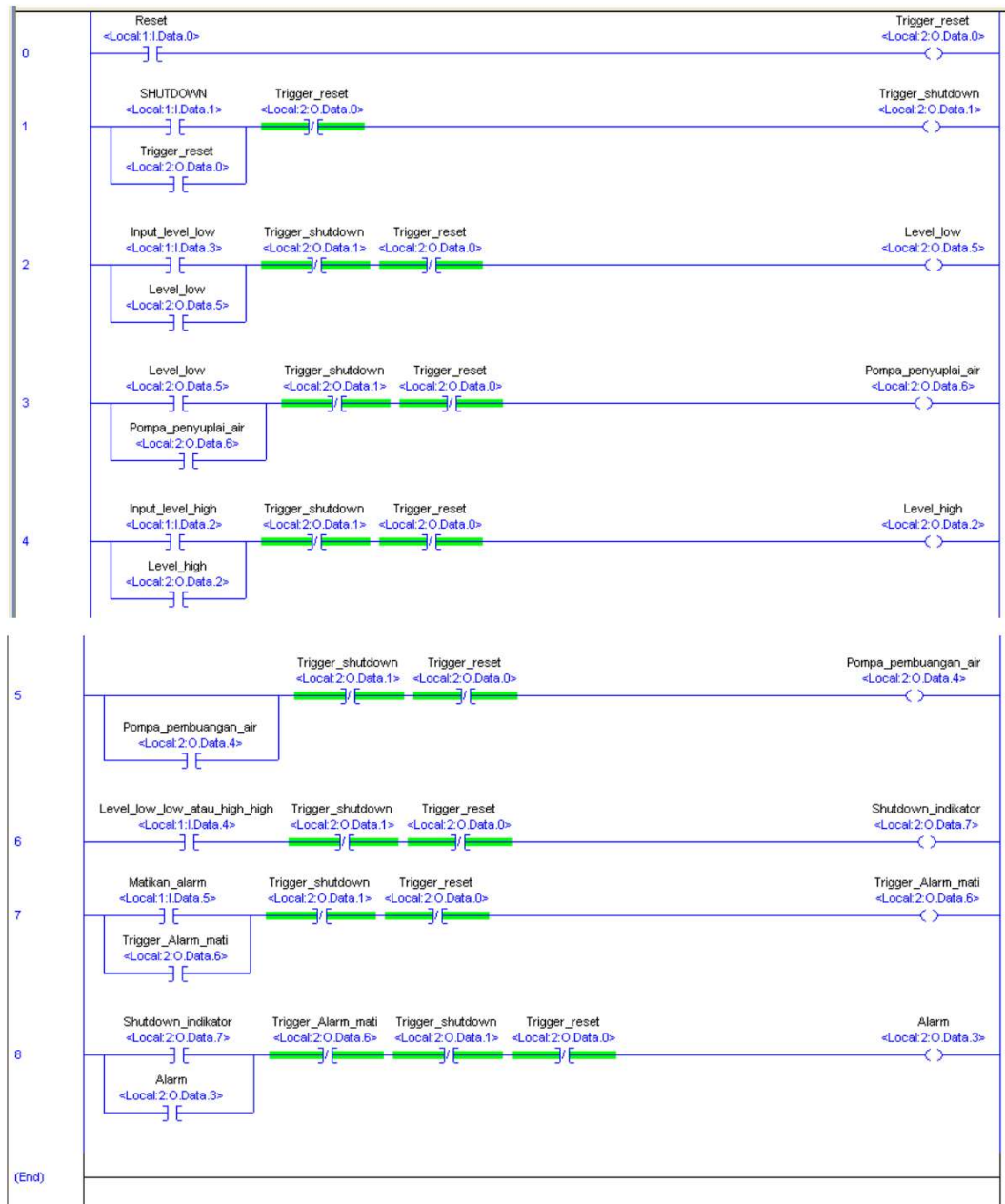
Tabel 2. Kebenaran Logika untuk parameter temperature dan pressure

Input					Output					
Push Button					Aktuator	Indikator				
Start	TH	TL	PH	PL	SD	L1	L2	L3	L4	AL
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1

Keterangan :

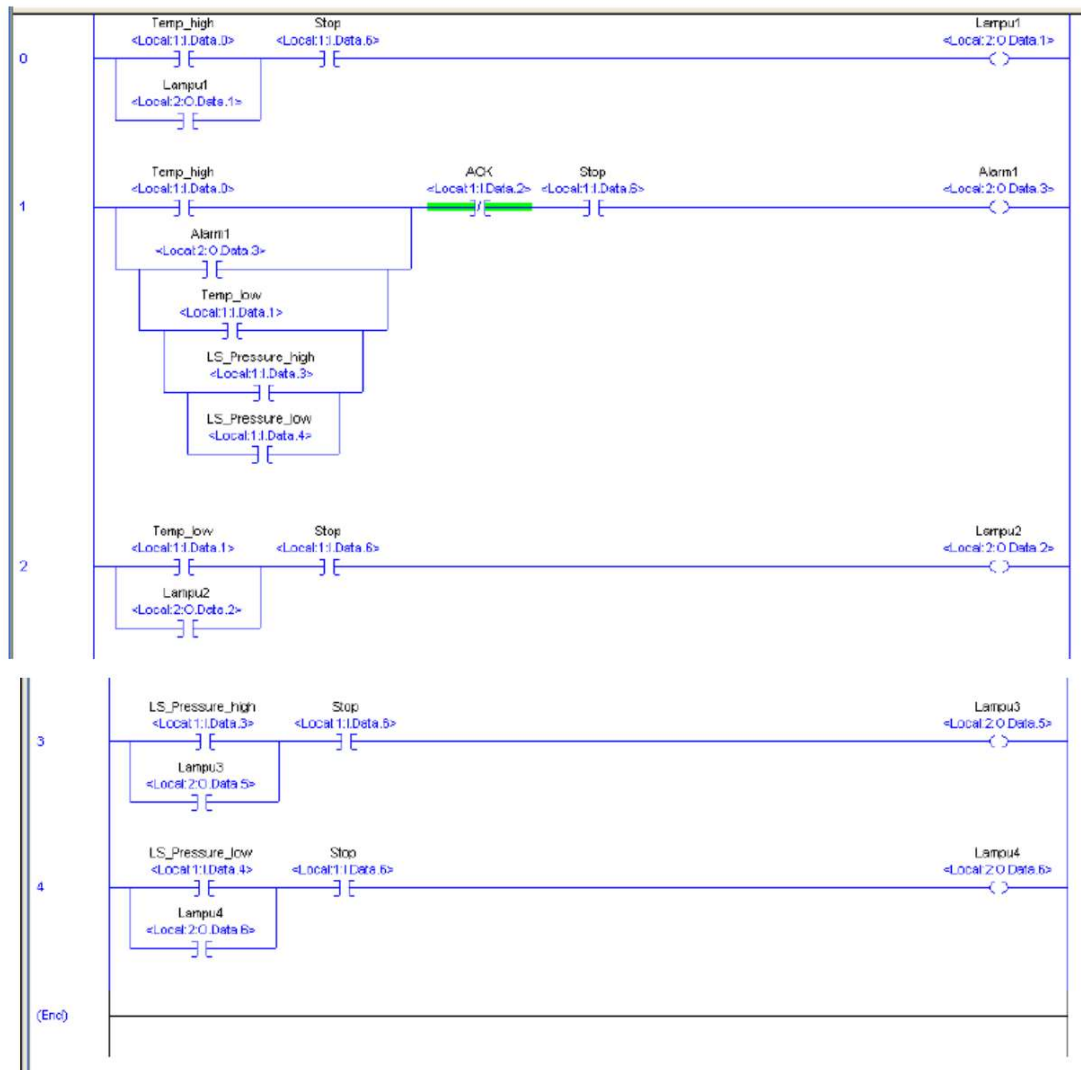
Start : Start/mulai
TH : Temperature High
TL : Temperature Low
PH : Pressure High
PL : Pressure Low
SD : Shutdown
L1 : Lampu 1
L2 : Lampu 2
L3 : Lampu 3
L4 : Lampu 4
AL : Alarm

Dengan logika control tersebut diatas, dapat dibangun sistem control meluui PLC dengan menggunakan logika program berdasarkan ladder diagram seperti berikut:



Gambar 3. Ladder Diagram Parameter Level

Ladder diagram ini memungkinkan sistem shutdown bekerja secara otomatis berdasarkan parameter suhu dan tekanan. Jika suhu atau tekanan melebihi batas aman, sistem akan melakukan shutdown untuk menghindari kondisi berbahaya.



Gambar 4. Ladder Diagram untuk parameter pressure dan temperature

Hasil implementasi sistem shutdown otomatis menunjukkan bahwa penggunaan PLC dalam pengendalian boiler memberikan peningkatan yang signifikan dalam aspek respons waktu, keamanan, dan efisiensi operasional. Dibandingkan dengan sistem manual yang memiliki latency 10–18 detik, sistem berbasis PLC mampu merespons dalam 2–3 detik, sehingga risiko kecelakaan akibat keterlambatan respons dapat diminimalkan.[2]

Keunggulan utama sistem ini terletak pada kemampuannya mengintegrasikan kontrol suhu, tekanan, dan level air secara simultan. Dengan menerapkan ladder diagram yang memperhitungkan logika shutdown berdasarkan parameter kritis, boiler dapat beroperasi dalam kondisi lebih stabil dan aman. Penggunaan Burner Management System (BMS) sebagai pengatur intensitas nyala api, serta sistem pemantauan level air berbasis warrick electrode, memastikan bahwa kondisi darurat dapat terdeteksi lebih awal, mengurangi risiko kegagalan sistem yang dapat berdampak pada keselamatan operator dan keandalan boiler.

Namun, meskipun sistem ini menunjukkan peningkatan efisiensi, terdapat beberapa tantangan teknis yang perlu mendapat perhatian dalam penerapan di industri. Salah satunya adalah kalibrasi sensor yang harus dilakukan secara berkala untuk memastikan akurasi pembacaan parameter suhu, tekanan, dan level air. Selain itu, pemrograman ladder diagram harus mempertimbangkan berbagai skenario operasional, termasuk kondisi abnormal yang tidak terduga, agar sistem shutdown dapat berfungsi secara optimal dalam berbagai situasi.

Lebih jauh, penerapan sistem otomatisasi berbasis PLC di industri minyak dan gas dapat menjadi langkah awal menuju digitalisasi yang lebih luas, sejalan dengan konsep Revolusi Industri 4.0. Integrasi IoT (Internet of Things) dalam pemantauan boiler dapat menjadi pengembangan berikutnya untuk meningkatkan efisiensi dan prediktabilitas sistem kontrol, memungkinkan analisis data secara real-time guna mengoptimalkan operasi boiler secara lebih holistik.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PLC Allen-Bradley RSLogix5000 pada sistem shutdown otomatis boiler di PPSDM Migas Cepu berhasil meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional. Dibandingkan sistem manual yang memiliki latency 10–18 detik, sistem berbasis PLC merespons dalam 2–3 detik, sehingga risiko kecelakaan akibat deviasi level air, tekanan, dan suhu dapat diminimalkan.

Simulasi ladder diagram yang dirancang memastikan bahwa sistem shutdown akan menghentikan operasi boiler saat parameter kritis melampaui batas aman. Low-Low (LL) atau High-High (HH) pada level air, serta suhu ($>300^{\circ}\text{C}$ atau $<170^{\circ}\text{C}$) atau tekanan yang tidak terkendali, memicu sistem shutdown otomatis dan aktivasi alarm. Selain itu, Burner Management System (BMS) serta fuel valve otomatis berfungsi sebagai safeguard operasional untuk menjaga kestabilan sistem.

Hasil penelitian membuktikan bahwa otomasi berbasis PLC tidak hanya meningkatkan respons keamanan, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam modifikasi program, mengurangi human error, dan menghemat biaya hardware. Implementasi ini sejalan dengan Revolusi Industri 4.0, mendukung digitalisasi industri melalui cyber-physical system.

Direkomendasikan pengembangan lebih lanjut dengan mengintegrasikan sensor fisik serta memperluas skema shutdown otomatis untuk parameter tekanan dan suhu, guna meningkatkan ketanggapian sistem terhadap kondisi operasional yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jatmiko, R. Widodo, and F. Leestiana, "Sistem Kendali Temperature pada Unit Boiler di Kilang PPSDM Migas Berbasis PLC," *Majalah Ilmiah Swara Patra*, vol. 12, no. 1, Apr. 2022, doi: 10.37525/sp/2022-1/324.
- [2] J. Haight and R. Caring, "Automation vs. human intervention: What is the best mix for optimum system performance? A case study," *Int J Risk Assess Manag*, 2007.
- [3] F. S. Arizqi, "The Risk Assessment Pada Pengoperasian Boiler TWA di Unit Boiler PPSDM MIGAS Cepu Menggunakan Metode HAZOP," *Majalah Ilmiah Swara Patra*, vol. 13, no. 2, pp. 33–44, Sep. 2023, doi: 10.37525/sp/2023-2/468.
- [4] Muhammad Daffa Pasha, "Simulasi Otomasi Process Shut Down Deaerator pada Unit Boiler dengan Parameter Suhu dan Level Berbasis PLC Allen - Bradley".
- [5] L. Rizkinaswara, "Revolusi Industri 4.0," Kementerian Komunikasi dan Informatika. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <https://aptika.kominfo.go.id/2020/01/revolusi-industri-4-0/>
- [6] Kasturi, "Shutdown System," Feb. 2013.
- [7] D. K. Puspaningrum, "Programmable Logic Controller," 2020.
- [8] PT Laskar Otomasi Gemilang, "Kenali Apa Itu PLC Allen Bradley dan Konsepnya Bagi Industri." Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <https://laskarotomasi.com/plc-allen-bradley/>