

## **Review Sistem Kendali *Blowdown Boiler* 21 Ton Di PT. Indofood Sukses Makmur Tbk Divisi *Noodle* Semarang**

Geralda Putra Aryatama<sup>1)</sup>, Dias Prihatmoko<sup>2)</sup>, Ahmad Faidlon<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Universitas Islam Nahdlatul Ulama, Jepara

geraldaputraaryatama@gmail.com

### **Abstrak**

Artikel ini membahas tentang sistem kendali *Blowdown* pada *Boiler* Pipa Api 21 Ton di PT. Indofood Sukses Makmur TBK Divisi *Noodle* Semarang, sebagai upaya dalam memperpanjang umur drum *Boiler*. *Blowdown* merupakan proses pembuangan air *Boiler* yang terkontaminasi kerak atau endapan yang dapat mengganggu kinerja dan keamanan *Boiler*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan analisis literatur terkait serta observasi lapangan untuk memahami praktik terbaik dalam pengelolaan *Blowdown*. Hasilnya menunjukkan bahwa implementasi sistem otomatis pada *Blowdown Boiler* dapat memberikan manfaat signifikan dalam menjaga kebersihan drum *Boiler* dengan membuang kerak secara teratur, dengan demikian, artikel ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang pentingnya sistem kendali *Blowdown*, dalam menjaga performa dan umur panjang drum *Boiler*, serta menyoroti manfaat dari pendekatan otomatisasi dalam pengelolaan *Blowdown*.

**Kata Kunci:** *Blowdown*, Sistem Kendali, PT Indofood Sukses Makmur TBK

### **Abstract**

*This article discusses the Blowdown control system on a 21-ton Fire Tube Boiler at PT. Indofood Sukses Makmur TBK, Noodle Division, Semarang, as an effort to extend the lifespan of the boiler drum. Blowdown is the process of discharging contaminated boiler water containing scale or deposits that can disrupt the performance and safety of the boiler. The method employed in this study involves literature analysis and field observations to understand best practices in Blowdown management. The results indicate that implementing an automatic system for Boiler Blowdown can significantly benefit in maintaining the cleanliness of the boiler drum by regularly removing scale. Therefore, this article provides a deeper understanding of the importance of Blowdown control systems in preserving the performance and longevity of boiler drums, as well as highlighting the benefits of automated approaches in Blowdown management.*

**Keywords:** *Blowdown, Control System, PT. Indofood Success Makmur TBK*

### **Pendahuluan**

Sistem kendali *Blowdown* pada *Boiler* Pipa Api 21 Ton menjadi krusial dalam menjaga keberlangsungan umur drum *Boiler* (Arbaaz dkk., 2017). *Blowdown* berfungsi sebagai proses pembuangan air yang terkontaminasi dengan kerak atau endapan, berperan penting dalam memastikan kebersihan dan kinerja optimal dari drum *Boiler*. Pada industri pengolahan, *Boiler* seringkali menjadi inti dari proses produksi, dan kegagalan dalam menjaga kebersihan dan kinerjanya dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan dalam hal efisiensi energi, biaya perawatan, serta risiko kecelakaan atau

kerusakan yang dapat mengganggu keselamatan kerja dan produksi (Yulia dkk., 2015). Penelitian ini terkait pemahaman yang mendalam tentang pentingnya sistem kendali *Blowdown* menjadi esensial dalam merancang strategi perawatan preventif yang efektif guna memastikan kelancaran umur drum *Boiler* dan memperpanjang masa pakai *Boiler* (Yulia dkk., 2015).

Kerak dan endapan dalam *Boiler* merupakan masalah umum yang dihadapi dalam industri pengolahan, dan pengelolaan *Blowdown* menjadi kunci dalam menjaga kebersihan dan kinerja *Boiler* (Fadli & Puji, 2022). Tanpa sistem kendali *Blowdown* yang efektif, endapan dalam *Boiler* dapat mengakibatkan penurunan umur drum *Boiler* dan kerusakan pada drum *Boiler* (Mohamad & Subagyo, 2020). Endapan dapat mengakibatkan korosi, korosi dapat mengurangi umur pakai drum *Boiler* dan meningkatkan risiko kegagalan sistem secara keseluruhan. Pengontrolan Otomatis *Blowdown* merupakan bagian dari *Boiler* 21 Ton di PT. Indofood CBP Sukses Makmur Semarang Divisi *Noodle*. *Boiler* merupakan mesin penghasil uap bertekanan tinggi, sedangkan *Blowdown Boiler* adalah proses pembuangan air dari *Boiler* untuk mengendalikan air *boiler* terhadap parameter batas waktu yang ditentukan dalam upaya meminimalkan *scale*, korosi, dan *carryover* (Shah, 2013).

Referensi Pertama (Fadli & Puji, 2022) *Boiler* digunakan untuk menghasilkan uap yang memiliki berbagai fungsi, termasuk sebagai pemanas dan untuk menggerakkan turbin dalam menghasilkan listrik, agar *Boiler* dapat beroperasi secara efisien dan biaya operasionalnya dapat ditekan, diperlukan perawatan khusus terhadap kualitas air yang digunakan dalam sistem *Boiler*. Kendati demikian, seringkali terjadi ketidaksesuaian antara kualitas air umpan *Boiler* dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan, melalui studi yang dilakukan pada PT. Petrokimia Gresik, sebuah perusahaan kimia industri menggunakan pendekatan analisis kontrol kualitas dengan PDCA dan Tujuh Alat, berhasil mengidentifikasi faktor-faktor penyebab produk cacat dan menentukan langkah korektif yang diperlukan. Pencegahan juga dilakukan dengan menjadwalkan pelatihan SOP, pencatatan penggantian suku cadang, dan pemeriksaan kandungan kimia dalam limbah unit kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PDCA dan tujuh alat berhasil mengurangi cacat dan memperbaiki parameter SO<sub>3</sub> dan PO<sub>4</sub> sebesar 67,5%. Rekomendasi termasuk menjalankan semua kegiatan secara rutin dan berkelanjutan pada tahap tindakan serta mempertimbangkan langkah-langkah

tambahan untuk meningkatkan kontrol kualitas produk, seperti menetapkan komitmen manajemen mutu dan mendirikan divisi pengendalian mutu.

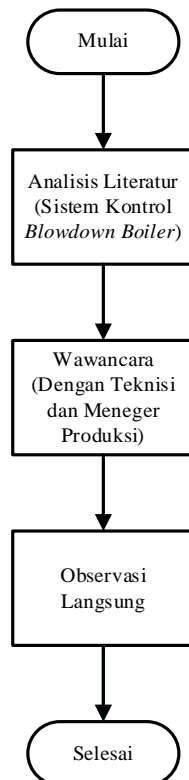
Referensi kedua (Arbaaz dkk., 2017) Pengendalian *Boiler* merupakan operasi khas dalam pembangkit listrik di mana kontrol otomatis dipasang pada sistem turbin uap untuk memantau kecepatan mesin putar. Pengendalian ini dilakukan dengan menggunakan pengkode *impuls* pada poros mesin putar dan pemantauan terus-menerus terhadap parameter *Boiler* untuk menghasilkan uap sesuai kebutuhan. Automasi dilakukan melalui pengendali PID (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dan PLC (*Programmable Logic Controller*) untuk mengatur berbagai proses mesin dengan modul input/output digital atau analog, Selain itu pengontrol tiga bagian digunakan untuk menjaga level air dalam drum uap, sementara kontrol tekanan dilakukan untuk mengatur laju pembakaran dan pasokan udara. Praktik umumnya melibatkan pemantauan kadar oksigen dalam gas bakar dan penyesuaian rasio udara terhadap bahan bakar. Pada penelitian ini, dilakukan kolaborasi dengan tim profesional dari Sunlax *Systems and Technologies Pvt. Ltd.* Mumbai, yang merupakan penyedia solusi otomatisasi industri. Kesimpulannya, otomatisasi memiliki peran penting dalam operasi pabrik produksi dan akan terus berkembang menuju solusi yang lebih canggih dan ramah lingkungan di masa depan.

Referensi ketiga (Ahmad Faidlon, 2023) penelitian ini mengatasi masalah kerusakan pada Pompa *Submersible* di PT. Indofood CBP Sukses Makmur Semarang, Divisi *Noodle*, akibat *Short Circuit* karena kegagalan fase dengan menambahkan *Phase Failure Relay* (PFR) pada sistem kontrol. Metode yang digunakan termasuk *observasi*, studi pustaka, dan wawancara untuk mengevaluasi dampak PFR terhadap pengendalian pompa dan aspek keselamatan. Hasilnya menunjukkan bahwa PFR berhasil mencegah kerusakan dan potensial mengurangi biaya perbaikan, memberikan solusi praktis dalam mengontrol Pompa *Submersible*. Penambahan PFR meningkatkan keandalan dan keamanan operasional, serta berpotensi mengurangi biaya perbaikan, dengan komponen lain seperti NFB, *Magnetic Contactor*, *Thermal Overload Relay*, *Floatless Level Switch*, dan *Level Transmitter* yang bekerja bersinergi. Saran untuk pemeliharaan rutin, pelatihan personel, uji coba sistem, dan implementasi teknologi pemantauan otomatis diharapkan dapat memperkuat sistem pengendalian Pompa *Submersible* di masa mendatang

Penelitian ini bertujuan pemahaman mendalam tentang pentingnya sistem kendali *Blowdown* dalam meningkatkan performa dan umur pakai drum *Boiler* di PT Indofood Sukses Makmur Semarang Divisi *Noodle* ( Ali & Said, 2023) .

### Metode

Penelitian ini menggunakan metode antara analisis literatur, wawancara, dan observasi lapangan. Pertama tama, dilakukan analisis literatur terkait yang mencakup studi-studi sebelumnya, artikel ilmiah, buku, dan sumber-sumber lain yang relevan dengan sistem kendali *Blowdown* pada *Boiler*. Analisis literatur ini bertujuan untuk memahami konsep-konsep dasar, teori-teori terkini, dan praktik terbaik dalam pengelolaan *Blowdown*. Observasi lapangan dilakukan untuk mengamati secara langsung pengelolaan *Blowdown* pada *Boiler* Pipa Api 21 Ton. Observasi ini mencakup pengamatan terhadap instalasi peralatan *Blowdown*, untuk menjaga keberlangsungan umur bejana tekan *Boiler*. Penelitian ini dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang sistem kendali *Blowdown* pada *Boiler* Pipa Api 21 Ton dan praktik terbaik dalam pengelolaannya. Diagram Alir Metode Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



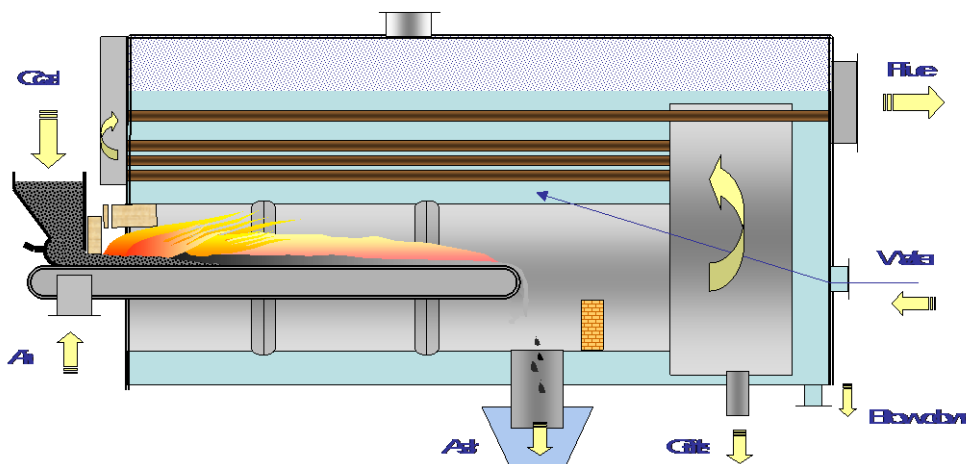
Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Diagram Alir Metode Penelitian Gambar 1. meliputi 3 tahap yaitu Analisis Literatur (Sistem *Blowdown Boiler*), Wawancara (Dengan Teknisi dan Menejer Produksi), dan Observasi Langsung.

## Hasil dan Pembahasan

### Bagian Ilustrasi Konstruksi *Blowdown Boiler* 21 Ton

Pada Gambar 2. pengendalian otomatis *Blowdown* dari *Boiler* mencakup *Solenoid Valve Membrane* sebagai pengendali utama dan pipa berdiameter 2,5 inci sebagai jalur pembuangan air ke area B3, (Narto dkk., 2023) *Boiler* bertindak sebagai sumber air yang akan dibuang melalui proses *Blowdown*, dengan *Solenoid Valve Membrane* mengatur aliran air secara otomatis. Air *Blowdown* mengalir melalui pipa 2,5 inci menuju area B3, di mana dapat ditampung atau dialirkan sesuai kebutuhan, sehingga proses *Blowdown* dapat berlangsung efisien. Ilustrasi Konstruksi *Blowdown Boiler* 21 Ton ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Konstruksi *Blowdown Boiler* 21 Ton

Pada Gambar 2. Konstruksi Pengontrolan Otomatis *Blowdown* dari *Boiler* sebagai penghasil uap, *Solenoid Valve* sebagai katup untuk mengalirkan uap yang disertai endapan dan pipa sebagai jalur pembuangan air *Blowdown*.

### *Drum Boiler*

*Drum Boiler* memegang peranan penting dalam menghasilkan uap untuk berbagai kebutuhan industri. Mereka bertugas sebagai tempat penyimpanan untuk air atau cairan lainnya yang dipanaskan guna menghasilkan uap, air dalam drum *Boiler*

memiliki batas kelarutan garam, oleh karena itu proses *Blowdown* diperlukan untuk mengurangi masalah seperti pengendapan mineral (*scale*), korosi, *carryover*, dan masalah khusus lainnya (Chowdhury dkk., 2018).

*Blowdown* juga berfungsi untuk menghilangkan endapan yang tidak diinginkan di dalam drum *Boiler* serta sebagai pengontrol tekanan berlebih pada drum *Boiler*. Endapan ini umumnya disebabkan oleh kontaminasi pada air yang terjadi secara kimiawi, atau ketika batas kelarutan garam terlampaui. Dengan demikian, sebagian kecil air pada drum *Boiler* akan dibuang (*Blowdown*) dan diganti dengan air yang baru. Drum *Boiler* yang mengalami kerusakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Drum *Boiler* yang Mengalami Kerusakan

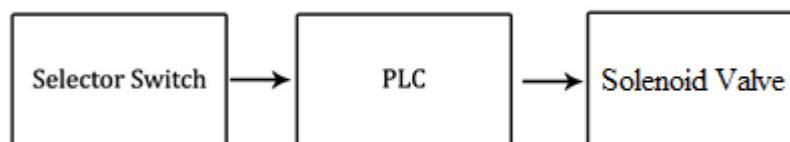
Pada Gambar 3. Kerusakan pada Drum *Boiler* dapat berdampak serius, seperti kecelakaan kerja, gangguan dalam produksi, dan penggunaan energi yang tidak efisien. Penyebab Drum *Boiler* mengalami korosi dan kelelahan material, dapat diidentifikasi. Untuk mencegah dan menangani kerusakan, langkah-langkah seperti inspeksi berkala, perawatan preventif, penggantian material yang sesuai, pelatihan staf, dan perencanaan darurat harus diterapkan secara ketat, dengan demikian, keselamatan, umur Drum *Boiler* dan efisiensi *Boiler* dapat dipertahankan. Praktik pemeliharaan yang efektif ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi dan memperpanjang umur drum *Boiler*, tetapi juga mengurangi risiko kecelakaan dan insiden yang dapat mengganggu produktivitas dan keselamatan personel. Pemeliharaan Drum *Boiler* sangat penting sebagai bagian integral dari strategi manajemen aset dan keselamatan industri secara keseluruhan. Drum *Boiler* dalam kondisi bagus ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Drum Boiler dalam Kondisi Bagus

#### Diagram Blok Sistem Kontrol *Blowdown Boiler 21 Ton*

Diagram Blok Sistem Kontrol *Blowdown Boiler 21 Ton* meliputi komponen-komponen utama yaitu *Selector Switch* sebagai *input*, PLC (*Programmable Logic Controller*), dan *Solenoid Valve* *output*. Diagram Blok Sistem Kontrol *Blowdown Boiler 21 ton* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem Kontrol *Blowdown Boiler 21 Ton*

Pada Gambar 5. *Selector switch* berfungsi sebagai *input* operasi system, PLC sebagai kontroler utama, dan *Solenoid valve* merupakan *output* dari sistem yang secara langsung mengatur pembukaan dan penutupan aliran uap serta endapan sesuai dengan instruksi yang diterima dari PLC, sehingga mampu mengendalikan *Blowdown* pada *Boiler 21 Ton* secara efisien dan akurat.

#### *Programmable Logic Controllers (PLC)*

PLC (*Programmable Logic Controller*), (Fandidarma dkk., 2022) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan, dirancang untuk mengendalikan berbagai

jenis dan tingkat kesulitan dalam lingkungan industri. PLC Schneider Modular TWDLMDA20UK menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan, dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog. Konsep dasar PLC terdiri dari tiga bagian: *programmable*, *logic*, dan *controller*. *Programmable Logic Controllers* (PLC) ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Programmable Logic Controllers* (PLC)

Pada Gambar 6. PLC digunakan untuk berbagai fungsi, seperti sekuensial kontrol dan *monitoring plant*, prinsip kerjanya memasukkan sinyal, melakukan instruksi logika sesuai program dan menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan peralatan. PLC merupakan pengganti yang efisien untuk rangkaian relay sekuensial dalam sistem kontrol industri, dapat dioperasikan oleh orang tanpa pengetahuan khusus di bidang pengoperasian komputer.

### ***Solenoid Valve Membrane***

*Solenoid valve* (Mohamad Md. N dkk, 2016) adalah katup yang diatur oleh arus listrik, digunakan dalam sistem fluida, untuk, dalam sistem fluida, *solenoid valve* mengontrol aliran uap yang disertai endapan. *Solenoid Valve Membrane* ditunjukkan pada Gambar 7.



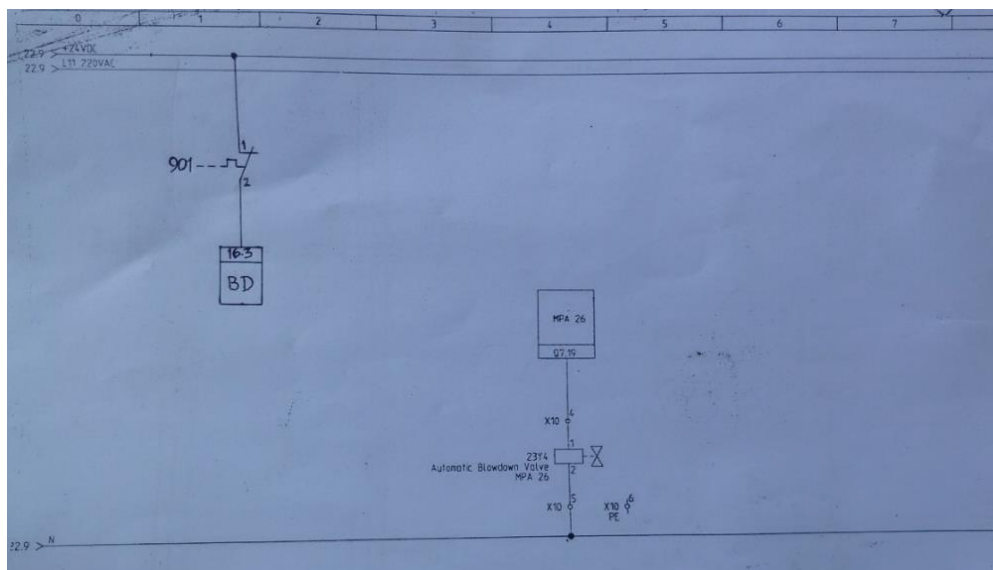


Gambar 7. Solenoid Valve Membrane

Pada Gambar 7. *Solenoid Valve Membrane* beroperasi saat kumparan mendapat tegangan listrik yang sesuai, yaitu 100/200 VAC atau 12/24 VDC. Kumparan akan mengaktifkan gaya magnet untuk menarik pin, memungkinkan aliran fluida dari bejana tekan *Boiler* ke pipa *Blowdown*, *Solenoid valve* sering digunakan dalam sistem fluida.

#### **Wiring Diagram Sistem Kontrol Blowdown Boiler 21 Ton**

Pada Gambar 4. diperlihatkan *Wiring Diagram* Sistem Kontrol *Blowdown Boiler* 21 Ton bertujuan untuk memberikan pandangan visual tentang susunan kabel dan hubungan antar-komponen dalam sistem. Diagram ini menjadi panduan praktis untuk memahami dan mengelola sistem kontrol *Blowdown*, memastikan kejelasan dalam instalasi dan perawatan. *Wiring Diagram* sistem kontrol *Blowdown Boiler* 21 Ton ditunjukkan pada Gambar 8.

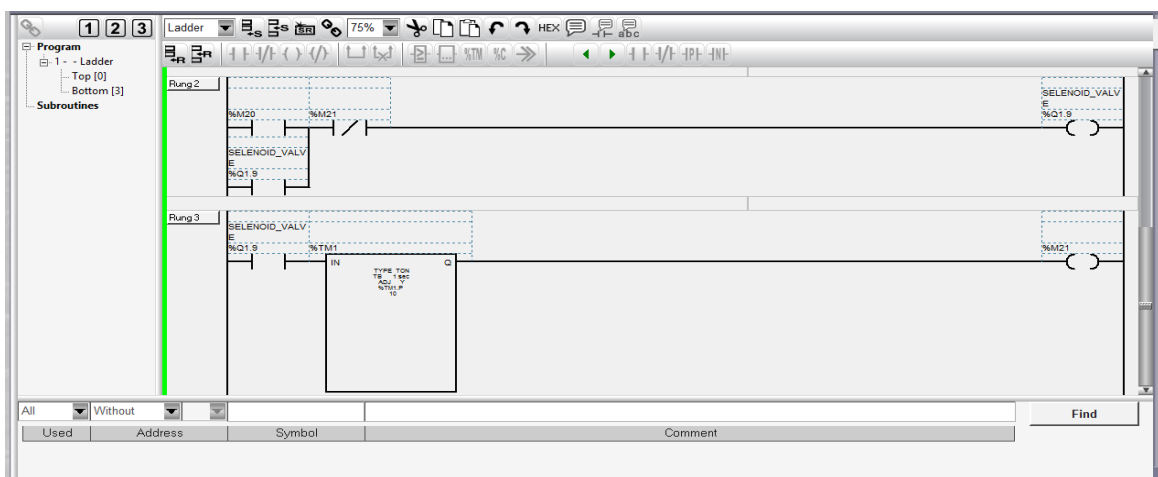


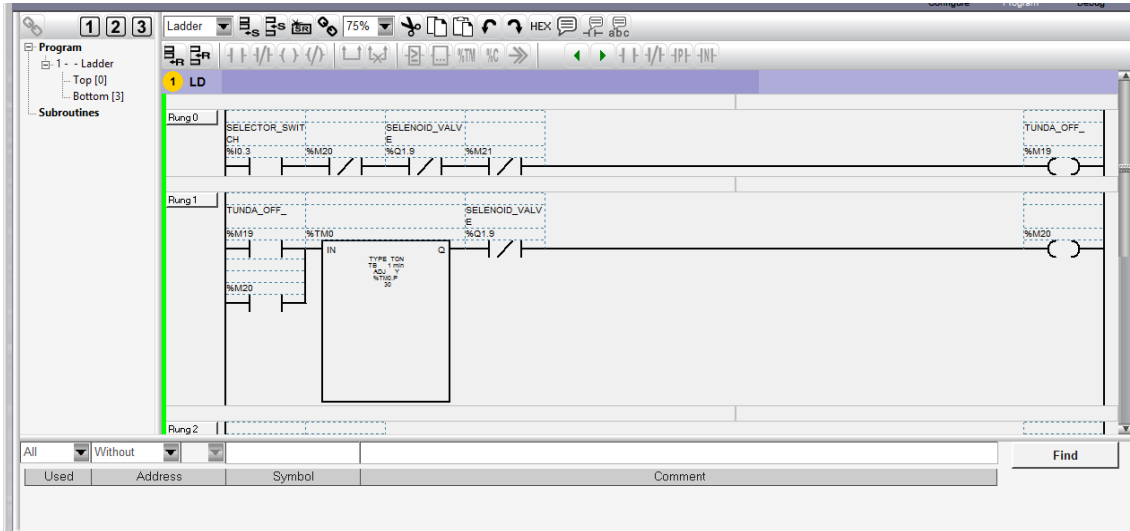
Gambar 8. Wiring Diagram Sistem Kontrol Blowdown Boiler 21 Ton

Pada Gambar 8. dijelaskan bahwa *selector switch* 901 berfungsi sebagai *input* yang terhubung dengan alamat *input* PLC i6.3, sehingga PLC dapat membaca status *switch* tersebut. Di sisi lain, output PLC Q7.19 terhubung dengan *Solenoid Valve Blowdown*, yang dikendalikan oleh PLC. Ketika *Switch* 901 dalam posisi tertentu, PLC akan memberikan instruksi sesuai pada *Solenoid Valve Blowdown* melalui *output* Q7.19, mengatur pembukaan atau penutupan *Valve* sesuai dengan logika yang telah diprogram sebelumnya, sehingga PLC bertindak sebagai pengendali dalam sistem ini, menghubungkan input dari *switch* dengan *output* ke *Solenoid Valve* untuk mengontrol proses *Blowdown*.

### Leader Diagram PLC Sistem Kontrol *Blowdown Boiler 21 Ton*

*Leader Diagram* PLC menggambarkan rangkaian logika berbasis *relay* yang digunakan untuk mengendalikan proses di dalam suatu sistem. Diagram ini terdiri dari serangkaian simbol yang mewakili perangkat keras seperti kontak, *coil*, *timer*, *counter*, dan instruksi-instruksi logika lainnya. Kontak dapat berupa kontak *input* (kontak *Normally Open* atau *Normally Closed*) yang mempresentasikan kondisi masukan, sedangkan *coil* mewakili tindakan yang dihasilkan oleh kontroler, seperti mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat keluaran, melalui *Leader diagram* PLC, dapat dipahami alur kontrol yang terdiri dari serangkaian langkah-langkah logika yang dirancang untuk mencapai tujuan tertentu dalam pengendalian sistem otomatis. *Leader diagram* PLC sistem kontrol *Blowdown Boiler 21 Ton* pada Gambar 9.





Gambar 9. Ladder Diagram PLC Sistem Kontrol *Blowdown Boiler* 21 Ton

Pada Gambar 9. dijelaskan *ladder* diagram PLC tersebut, *input* ON mengaktifkan M19 selama 30 menit, kemudian Q1.9 (*Solenoid Valve*) aktif selama 10 detik, setelah itu, proses berulang. Untuk mengubah waktu kerja *Solenoid Valve*, perlu mengedit parameter waktu pada *timer* yang mengontrol Q1.9, setelah perubahan dilakukan, pastikan menyimpan dan menerapkan perubahan dalam program PLC agar waktu kerja *Solenoid Valve* terimplementasikan dalam sistem kontrol.

### Simpulan dan Saran

Sistem Kontrol *Blowdown* pada *Boiler* Pipa Api 21 Ton di PT. Indofood Sukses Makmur TBK Divisi *Noodle* Semarang, telah berhasil dikembangkan sebagai upaya untuk memperpanjang umur drum *Boiler*, melalui proses *Blowdown* yang efektif, dengan membuang air yang terkontaminasi kerak secara teratur, kebersihan drum *Boiler* dapat dipertahankan dengan baik. Metode penelitian ini melibatkan analisis literatur dan observasi lapangan telah membuktikan bahwa implementasi sistem otomatis pada *Blowdown Boiler* memberikan manfaat yang signifikan dalam menjaga performa dan umur panjang drum *Boiler*, dengan demikian pemahaman pada pentingnya sistem kendali *Blowdown* dalam pengelolaannya menunjukkan potensi untuk meningkatkan efisiensi operasi *Boiler* di industri makanan seperti PT. Indofood Sukses Makmur.

### Daftar Pustaka

Ahmad Faidlon. (2023). Review Peningkatan Keandalan Sistem Kendali Pompa Submersible dengan Penambahan Phase Failure Relay di PT . Indofood Noodle Semarang.

- Ahmad Faidlon, Zaenal Arifin, Safrizal, Saharul Alim. (2023). The 2<sup>st</sup> Seminar Nasional dan Prosiding Scitech 2023 PT. Indofood Divisi Noodle Semarang Scada (Supervisory Control And Data Acquisition) System Design For A 21-Ton Fire Pipe Boiler Machine At PT . Indofood.
- Ali. A & Said. S. D. (2023). Improving the Quality of Boiler Feed Water Based on the PDCA Cycle by Integrating Seven Tools.
- Arbaaz, P. W. V Patil, & S. Panchal. (2017). Review on Boiler Control Automation for Sugar Industries.
- Chowdhury, Y. Hu, I. Haltas, N. Balta-Ozkan, G. Matthew, & L. Varga. (2018). Reducing industrial energy demand in the UK: A review of energy efficiency technologies and energy saving potential in selected sectors,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 94, No. February, PP. 1153–1178,
- Fadli & W. Puji. (2022). Analisa Sistem Instrumentasi dan Keandalan Boiler dengan Metode Fault Tree ANALYSIS ( FTA ) dan Metode Failure Mode And Effect Analysis ( FMEA) Vol. 2.
- Fandidarma, I. Sunaryantiningsih, & A. Pratama. (2022). Pengatur Suhu Ruangan Tertutup menggunakan PLC Schneider TWIDO COMPACT berbasis SCADA - WONDERWARE INTOUCH, *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, Vol. 2, No. 2, P. 01, <https://doi.org/10.25273/electra.v2i2.12246>.
- Junial H. (2020). Proses Sertifikasi Ketel Uap dan Bejana Tekan PT SUCOFINDO (Persero), *J. Sains Teknol. Transp. Marit*.
- Karaeng, I. Iswandi, F. Firman, & M. Nuzul. (2019). Analisis Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa, *J. Tek. Mesin Sinergi*
- Mohamad & R. Subagyo. (2020). Analisis Kinerja Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap Asam Asam Unit Ii – Kalimantan Selatan, *Jtam Rotary*,
- Mohamad Md. N, B. Manshoor, M. F. Hushim, S. H. Amirnordin, & W. N. A. W. Muhammad. (2016). Development of twin piston expander with solenoid valve for organic rankine cycle, *ARN J. Eng. Appl. Sci.*
- Narto, A. Prasetiawan, & M. Syaefudin. (2023). Analysis of the Occurrence of Combustion Failure in the Steam Boiler at KM. Nggapulu, *RSF Conf. Ser. Eng. Technol.* Vol. 3, No. 1, PP. 126–133, 2023,
- Shah *et al.* (2013). Steam Regeneration of Adsorbents: An Experimental and Technical Review, *Chem. Sci. Trans.*
- Yulia, G. Sinaga, M. Daris, K. R. A. If, & Z. Dzar. (2015). Peningkatan Efisiensi Boiler Dalam Penghematan Energi dan Pengurangan Emisi Gas Buang : Teknikal Review No. 2015, PP. 13–14.