



Perancangan dan Simulasi Sistem Purgung Otomatis pada Sample Probe CEMS di PLTGU PT Jawa Satu Power

Akhmad Rizkya¹, Dedi Nugroho²

^{1,2}Electrical Engineering Study Program, Faculty of Industrial Technology, Sultan Agung Islamic University Semarang

Email author: 30602300046@std.unissula.ac.id¹, dedi.nugroho@unissula.ac.id²

Article Info

Article history:

Received Januari 3, 2025

Revised Februari 17, 2025

Accepted June 28, 2025

Keywords:

CEMS

Automatic Purgung

Sample Probe

PLC

PLTGU

ABSTRACT

Improving the accuracy of emission monitoring in the Continuous Emission Monitoring System (CEMS) is crucial to support compliance with environmental regulations, especially in gas and steam-based power plants (PLTGU). At PT Jawa Satu Power's PLTGU, the purging system on the CEMS sample probe is still performed manually and limited to scheduled preventive maintenance, potentially reducing emission data reliability due to particle contamination. This study aims to design and simulate an automatic purging system based on a Programmable Logic Controller (PLC), taking into account technical parameters such as timer, gas pressure, temperature, and sample flow rate. The system design was carried out through the modeling of automatic control logic using CX-Programmer software, with a protection approach based on real-time conditions and timing. The design results show that the automatic purging system can improve cleaning consistency, reduce the risk of contamination, and enhance the integrity of emission monitoring data. This study is expected to serve as a foundation for developing a more applicable and integrated automated purging system for CEMS in the future.

Corresponding Author:

Akhmad Rizkya,

Sultan Agung Islamic University

Jl. Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112

Email: 30602300046@std.unissula.ac.id

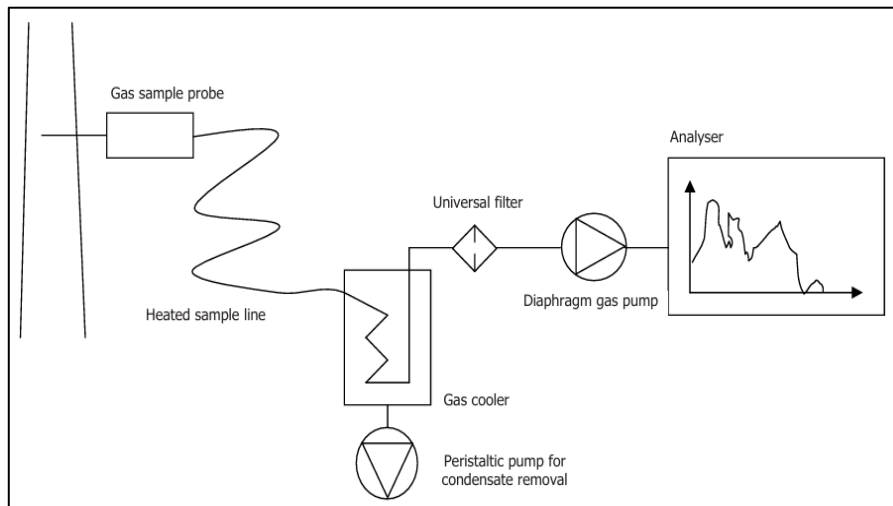


1. LATAR BELAKANG

Energi listrik merupakan kebutuhan vital dalam kehidupan modern yang mendukung berbagai sektor, seperti industri, transportasi, dan rumah tangga. Seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi, permintaan energi listrik di Indonesia terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pemerintah meningkatkan kapasitas pembangkit nasional dengan fokus pada efisiensi dan keandalan pasokan listrik. Salah satu pembangkit yang berkembang pesat adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), yang menggunakan sistem kombinasi siklus gas dan uap (*combined cycle*) dengan efisiensi termal lebih dari 55%.

PLTGU PT Jawa Satu Power di Karawang, Jawa Barat, merupakan salah satu PLTGU terbesar di Indonesia dengan kapasitas 1.760 MW. PLTGU ini memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas sistem kelistrikan Jawa-Bali dan mendukung transisi energi bersih. Meskipun lebih ramah lingkungan dibanding pembangkit berbahan bakar padat, pembakaran gas alam tetap menghasilkan emisi yang harus dipantau secara ketat sesuai Peraturan Menteri LHK No. 15 Tahun 2019.

Untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi emisi, PLTGU PT Jawa Satu Power menggunakan sistem *Continuous Emission Monitoring System* (CEMS) yang memantau emisi gas buang seperti NO, NO₂, SO₂, CO, dan O₂ secara *real-time*. Salah satu komponen penting dalam CEMS adalah *sample probe*, yang berfungsi mengambil sampel gas dari cerobong. Namun, *probe* ini rentan terhadap kontaminasi, sehingga diperlukan sistem *purging* untuk membersihkan bagian tersebut secara berkala menggunakan udara kering.



Gambar 1. Diagram sistem cara kerja dan bagian-bagian CEMS

Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah sistem *purging* masih dilakukan secara manual dan hanya saat *preventive maintenance*. Kondisi ini menyebabkan frekuensi pembersihan tidak konsisten, meningkatkan risiko akumulasi kotoran, menurunnya akurasi data emisi dan potensi pelanggaran terhadap batas emisi. Selain itu, minimnya *monitoring real-time* membuat evaluasi kondisi sistem sulit dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan sistem *purging* otomatis berbasis PLC menggunakan *software CX-Programmer*. Sistem ini dapat meningkatkan efektivitas pembersihan, mengurangi downtime dan menjaga integritas data emisi.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan pentingnya sistem pemantauan dan pengendalian emisi untuk menjaga kualitas lingkungan. Yusma Faranita [2] mengevaluasi sistem pembakaran dan pengendalian pencemaran udara pada PLTU Paiton Unit 7 dan 8 yang menggunakan batu bara, dengan hasil penurunan emisi NO_x hingga 82–87% melalui perbandingan data operasional dan perhitungan stoikiometri. Arif Susanto dkk. [3] meneliti pemanfaatan minyak pelumas bekas sebagai substitusi bahan bakar dalam produksi kapur tohor, dengan pemantauan emisi menggunakan CEMS secara *extractive in stack dilution* yang terbukti memenuhi baku mutu lingkungan dan didukung sistem filtrasi serta pengaturan rasio pembakaran. Ivan Sofyan dan Amrillah Nugrasyah [4] merancang sistem CEMS untuk pengukuran NH₃ pada cerobong Prilling Tower PT Pusri Palembang, dilengkapi probe dengan *purging* otomatis berbasis PLC dan *analyzer* laser optik, guna mendukung kepatuhan regulasi dan mempertahankan predikat Gold PROPER dalam pengelolaan lingkungan.

2. METODE PENELITIAN/ PERANCANGAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem, di mana pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi lapangan terhadap sistem existing di PLTGU PT Jawa Satu Power dan studi pustaka terhadap literatur teknis, standar, serta referensi ilmiah terkait sistem CEMS dan otomasi industri.

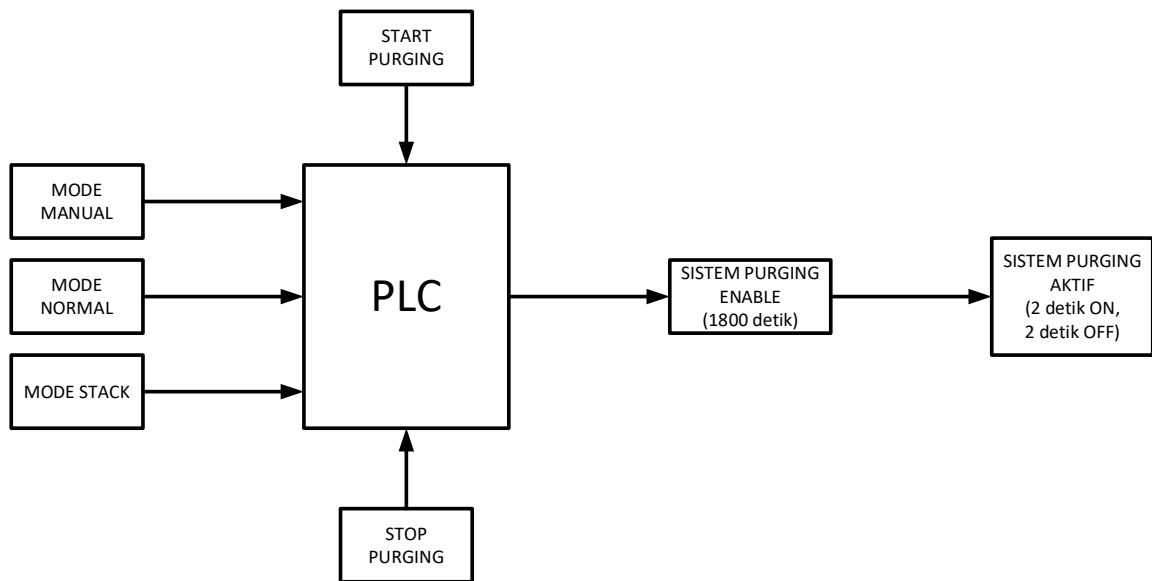
2.1 TAHAPAN PENELITIAN/ PERANCANGAN

1. Menentukan tempat penelitian
2. Mengamati sistem *purging* manual yang digunakan di *sample probe* CEMS PLTGU PT Jawa Satu Power.
3. Mengidentifikasi kelemahan seperti frekuensi pembersihan yang tidak konsisten, minimnya *monitoring real-time* dan risiko kontaminasi yang tinggi.
4. Menyusun rumusan masalah untuk mengkaji solusi berbasis otomasi.
5. Menganalisis teori terkait CEMS, *sample probe*, sistem *purging* dan instrumentasi seperti PLC, *pressure transmitter*, *flow switch* dan RTD.
6. Membandingkan penelitian terdahulu mengenai pemantauan emisi, teknologi CEMS dan penerapan sistem otomasi.
7. Merumuskan tujuan utama penelitian: merancang dan mensimulasikan sistem *purging* otomatis berbasis PLC.
8. Menetapkan batasan: fokus hanya pada *sample probe* CEMS, tidak termasuk tahap implementasi lapangan.
9. Pengumpulan data primer melalui observasi langsung di PLTGU PT Jawa Satu Power.
10. Dokumentasi teknis: P&ID CEMS, parameter instrumentasi, data *maintenance (preventive dan corrective)* dan sistem kendali existing.
11. Pengumpulan data sekunder: manual teknis perangkat, jurnal ilmiah, regulasi Permen LHK No. 15 Tahun 2019.
12. Menentukan kebutuhan teknis sistem *purging* otomatis: sensor tekanan, suhu, laju aliran, *timer* dan PLC.
13. Menentukan skenario kendali: kondisi awal, kondisi operasional, kondisi *purging* dan kondisi proteksi.
14. Menyusun blok diagram sistem dan flowchart logika kerja.
15. Mendesain program logika kontrol berbasis *ladder diagram* menggunakan *software CX-Programmer*.
16. Melakukan simulasi rangkaian logika PLC menggunakan *CX-Programmer* untuk menguji fungsionalitas sistem *purging* otomatis.
17. Mengevaluasi performa logika sistem berdasarkan kondisi simulasi: waktu respon, kondisi proteksi, keakuratan proses *purging*.
18. Membandingkan dengan sistem manual untuk menunjukkan perbaikan keandalan dan efisiensi.
19. Merumuskan simpulan terkait efektivitas rancangan sistem *purging* otomatis.
20. Memberikan saran pengembangan lebih lanjut menuju implementasi fisik dan integrasi penuh ke sistem CEMS aktual.

3. HASIL PENGAMATAN

3.1 Kondisi Sistem Existing

Berdasarkan observasi di lapangan, sistem *purging* yang digunakan pada *sample probe* CEMS di PLTGU PT Jawa Satu Power masih bersifat manual dan tidak terintegrasi dengan parameter proteksi otomatis. Hal ini menimbulkan berbagai permasalahan teknis, seperti kerusakan pada diafragma pompa sampel, penyumbatan pada filter, serta meningkatnya risiko pengambilan data emisi yang tidak akurat. Operator harus melakukan *purging* secara manual dalam kondisi tertentu, seperti ketika *sample gas* tidak masuk ke *analyzer*. Selain itu, belum terdapat interlock otomatis ketika sistem berada dalam mode kalibrasi, saat tekanan stack atau aliran sampel tidak stabil.



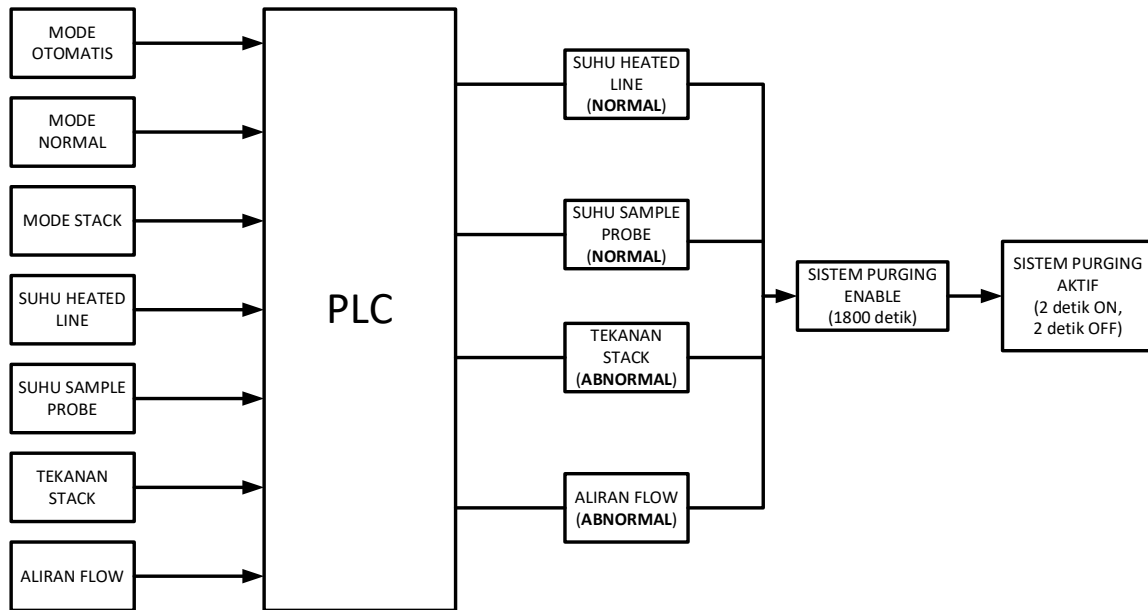
Gambar 2. Diagram blok sistem *purging* manual

Tabel 1. Keterbatasan sistem *purging* manual

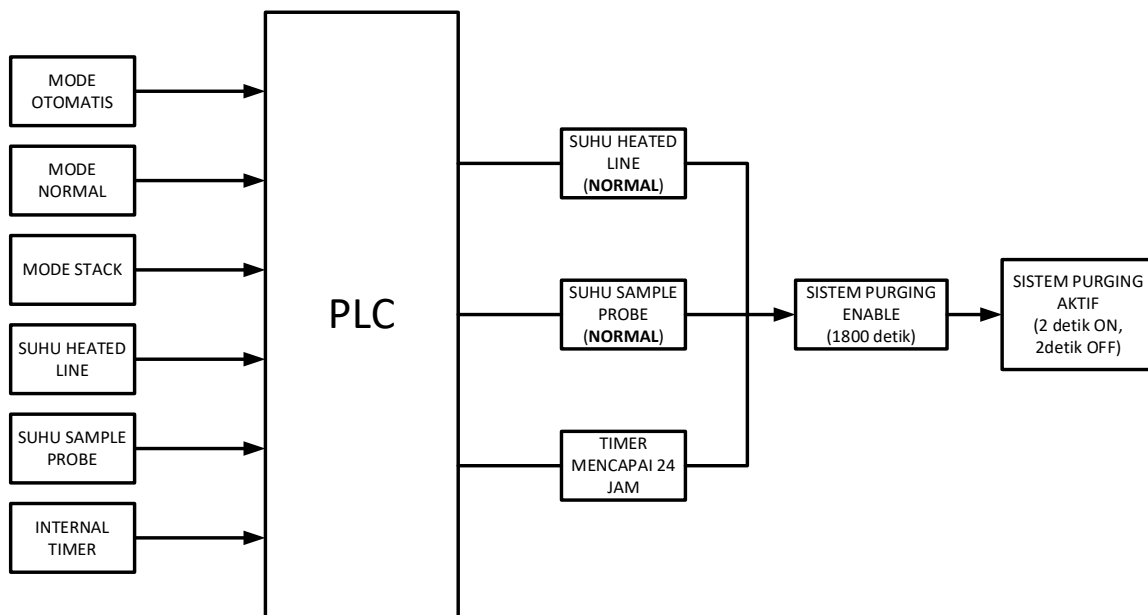
No	Parameter	Kondisi Sistem Manual	Dampak
		Tidak konsisten, tergantung	
1	Frekuensi <i>purging</i>	jadwal preventive maintenance	Risiko kontaminasi tinggi, akurasi data menurun
2	<i>Monitoring</i>	Tidak real-time	Sulit mendeteksi kondisi <i>abnormal</i>
3	Intervensi pengguna	Sangat tinggi	Potensi human error
4	Respon terhadap kondisi alat	Tidak adaptif	Tidak mendeteksi perubahan tekanan/ <i>flow abnormal</i>

3.2 Rancangan Sistem *Purging* Otomatis

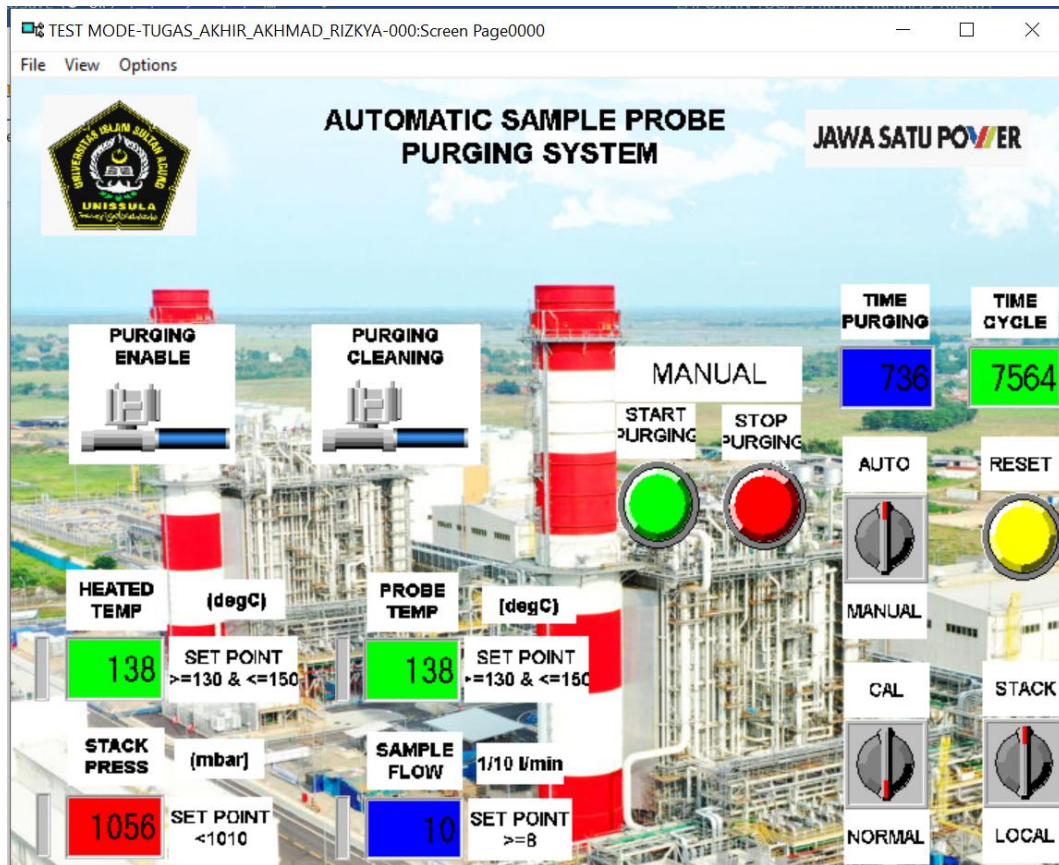
Sistem *purging* otomatis dirancang dengan mengintegrasikan parameter proteksi ke dalam logika PLC, seperti tekanan *stack*, aliran sampel, suhu *heated line*, suhu *sample probe*, serta mode operasi CEMS. Logika sistem dikembangkan menggunakan *CX-Programmer* dalam bentuk *ladder diagram* yang mencakup kendali *purging* otomatis berdasarkan sinyal *permissive*. Seluruh proses divisualisasikan dalam *Human Machine Interface* (HMI) agar dapat dimonitor oleh operator.



Gambar 3. Diagram blok sistem *purging* otomatis berdasarkan parameter instrumentasi



Gambar 4. Diagram blok sistem *purging* otomatis berdasarkan parameter *timer* (waktu)



Gambar 5. Rancangan Human Machine Interface (HMI) sistem *purging* otomatis

3.3 Implementasi dan Simulasi Program PLC

Implementasi program dilakukan secara bertahap, dimulai dengan konfigurasi *input/output*, penentuan kondisi *permissive*, hingga aktivasi *output solenoid valve*. Simulasi menggunakan *CX-Programmer* menunjukkan bahwa sistem dapat merespons perubahan kondisi input secara *real-time*. Misalnya, jika tekanan *stack* atau aliran sample diluar ambang batas, maka *purging* akan diaktifkan secara otomatis. Selain itu, sistem mampu menonaktifkan *purging* saat mode kalibrasi aktif, mode lokal aktif, suhu *heated line* dan suhu sample probe *tidak normal*.

Tabel 2. Analisa sistem *purging* otomatis berdasarkan parameter instrumentasi

No	Parameter	Kondisi Sistem Auto	Dampak
1	Logika <i>Interlock</i>	Sistem tidak akan memulai <i>purging</i> jika salah satu kondisi <i>interlock</i> tidak terpenuhi	Meningkatkan keamanan sistem dan mencegah <i>purging</i> terjadi saat kondisi tidak valid
2	Respons terhadap parameter	Sistem merespons perubahan <i>stack pressure</i> dan <i>sample flow</i> dalam beberapa scan PLC	Menjamin <i>purging</i> hanya terjadi saat kondisi <i>real-time</i> sudah sesuai, meningkatkan akurasi
3	<i>Timer</i> 1800 detik	Durasi <i>purging</i> dikendalikan dengan <i>timer</i> 1800 detik (otomatis reset setelah selesai)	Memberikan konsistensi waktu <i>purging</i> , mencegah <i>purging</i> terlalu lama atau terlalu singkat

4	<i>Stack Pressure Abnormal</i>	Sistem otomatis aktif jika tekanan melebihi ambang batas (>1010 mbar)	Mencegah akumulasi tekanan akibat sumbatan filter, meningkatkan keamanan dan efektivitas pembersihan
5	<i>Sample Flow Abnormal</i>	Sistem <i>purging</i> aktif jika <i>flow switch</i> mendeteksi <i>sample flow</i> di bawah 0.8 l/m	Menjamin hanya gas dengan laju aliran mencukupi yang dikondisikan, meningkatkan keakuratan pengukuran
6	<i>Heated Line dan Sample Probe temperature</i>	Sistem tidak akan aktif jika suhu berada di luar rentang 130–150°C	Melindungi <i>probe</i> dari kerusakan akibat suhu tidak ideal, menjaga integritas data

Selain berdasarkan parameter proteksi, sistem *purging* otomatis juga dirancang untuk aktif setiap 24 jam sekali melalui kendali berbasis *timer*.

Tabel 3. Analisa sistem *purging* otomatis berdasarkan parameter *timer*

No	Parameter	Kondisi Sistem Auto	Dampak
1	Konsistensi Siklus Pembersihan	<i>Purging</i> berjalan otomatis setiap 24 jam dengan durasi tetap	Menjaga efektivitas pembersihan dan performa <i>probe</i> tetap optimal
2	Minim Intervensi Manusia	<i>Purging</i> berjalan tanpa perlu perintah manual dari operator	Mengurangi risiko kelalaian operator dan meningkatkan efisiensi operasional
3	Pemantauan Kondisi Instrumentasi	Sistem hanya aktif jika parameter <i>heated line</i> dan <i>sample probe temperature</i> berada dalam batas aman	Mencegah kerusakan alat dan menjaga keamanan sistem

3.4 Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan sistem otomatis dengan sistem manual. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem otomatis mampu meningkatkan konsistensi proses pembersihan *sample probe* dan mengurangi potensi kerusakan perangkat. Aktivasi *purging* berjalan secara otomatis saat terjadi penyimpangan parameter kritis dan timer memastikan proses pembersihan tetap berlangsung secara periodik. Selain itu, waktu respon sistem terhadap input sensor berada dalam kisaran yang cepat (kurang dari 1 detik), serta sistem proteksi bekerja dengan baik dalam mencegah proses *purging* saat kondisi tidak aman.

Tabel 4. Perbandingan sistem *purging* manual dan otomatis

No	Aspek	Sistem Manual	Sistem Otomatis
1	Frekuensi <i>Purging</i>	Tergantung jadwal preventive maintenance, tidak konsisten	Otomatis setiap 24 jam, dikendalikan oleh timer PLC
2	Intervensi Operator	Tinggi, harus dilakukan secara manual oleh operator	Minim, proses berjalan otomatis tanpa perintah manual
3	Respons terhadap Parameter	Tidak adaptif terhadap kondisi tekanan, suhu dan aliran	Responsif terhadap kondisi <i>real-time</i> (tekanan, suhu dan aliran)
4	Monitoring <i>Real-Time</i>	Tidak tersedia	Tersedia melalui <i>logic ladder diagram</i> PLC dan HMI
5	Logika Proteksi	Tidak tersedia	Aktif saat parameter tidak memenuhi syarat operasi aman
6	Efektivitas Pembersihan	Kurang optimal, risiko kontaminasi tinggi	Lebih optimal dan konsisten dalam menjaga kebersihan probe

3.5 Keunggulan Sistem Otomatis

Penerapan sistem *purging* otomatis memberikan sejumlah keunggulan dibandingkan sistem manual, terutama dalam hal konsistensi waktu pembersihan, respons terhadap kondisi *real-time*, serta peningkatan keandalan dan keselamatan operasional. Sistem ini mampu menjalankan proses *purging* secara mandiri tanpa mengganggu operasi normal CEMS, serta secara otomatis mendeteksi dan merespons kondisi darurat. Selain mengurangi ketergantungan terhadap intervensi manual operator, sistem juga berkontribusi dalam memperpanjang usia pakai perangkat sampling dan meningkatkan akurasi data emisi. Dengan demikian, sistem *purging* otomatis secara signifikan mendukung keandalan pemantauan emisi dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan dan simulasi yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Sistem *purging* manual yang selama ini digunakan pada *sample probe* CEMS di PLTGU PT Jawa Satu Power memiliki beberapa keterbatasan, seperti frekuensi pembersihan yang tidak konsisten, tidak adanya *monitoring real-time*, serta tingginya intervensi operator yang berpotensi menyebabkan human error. Hal ini berdampak pada meningkatnya risiko kontaminasi dan menurunnya keakuratan data emisi.
2. Rancangan sistem *purging* otomatis berbasis PLC berhasil dikembangkan melalui simulasi menggunakan *software CX-Programmer*, dengan mempertimbangkan parameter-parameter teknis seperti suhu *heated line*, suhu *sample probe*, tekanan *stack*, aliran sampel dan siklus waktu. Sistem ini mampu merespons perubahan kondisi secara *real-time* dan hanya aktif saat kondisi aman terpenuhi.
3. Logika *interlock* dan proteksi yang dirancang dalam sistem otomatis memberikan keamanan tambahan, mencegah aktifnya sistem *purging* saat kondisi seperti suhu *heated line* tidak normal, suhu *sample probe* tidak normal, tekanan *stack* normal, aliran sampel normal, mode kalibrasi aktif atau mode lokal aktif.
4. Penggunaan timer siklus 24 jam memungkinkan sistem melakukan *purging* secara otomatis dan konsisten tanpa intervensi manual, sehingga efektivitas pembersihan dan integritas data pemantauan emisi dapat lebih terjaga.
5. Berdasarkan analisis perbandingan, sistem *purging* otomatis memberikan peningkatan signifikan dibandingkan sistem manual, terutama dari aspek keandalan operasional, akurasi waktu pembersihan dan keselamatan proses monitoring.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Setyoko, "ANALISA EFISIENSI PERFORMA HRSG (Heat Recovery Steam Generation) PADA PLTGU," *56 Traksi*, vol. 4, no. 2, p. 31, 2006.
- [2] Y. Faranita, "Evaluasi Sistem Pembakaran Dan Pengendalian Pencemaran Udara Pada PLTU PAITON Unit 7 Dan 8 Probolinggo Jawa Timur," pp. 1–60, 2009, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/75561/>
- [3] A. Susanto, P. Purwanto, E. K. Putro, W. E. Yochu, U. Amrina, and F. Falakh, "Pemantauan Emisi dengan Continuous Emission Monitoring System (CEMS) dalam Pemanfaatan Minyak Pelumas Bekas Sebagai Substitusi Bahan Bakar pada Produksi Kapur Tohor," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 18, no. 2, pp. 392–400, 2020, doi: 10.14710/jil.18.2.392-400.
- [4] I. Sofyan and A. Nugrasyah, "Design of a continuous emission monitoring system (CEMS) for the NH3 analyzer at PT. Pusri Palembang," *J. Community Serv. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 2, p. 68, 2023, doi: 10.36055/jocse.v2i2.20381.
- [5] P. J. S. P. Plant, "Tentang JSP." Accessed: Apr. 29, 2025. [Online]. Available: <https://jawasatupower.com/tentang-jsp/>
- [6] F. O. R. Information, "Operation and Maintenance Manual Continuous Emission Monitoring Unit JAWA-1 COMBINED CYCLE," pp. 1–43, 2021.
- [7] G. A. S. Turbine and P. J. S. P. Plant, "INSTRUMENTS AND COMPONENTS MANUALS Continuous Emission Monitoring Unit," 2019.
- [8] A. Sampling, "User Manual Gas sample probes Series ASP Heated versions," 2019.
- [9] L. Guo, "Design Projects in a Programmable Logic Controller (PLC) Course in Electrical Engineering Technology," *Technol. Interface Journal/Fall*, vol. 10, no. 1, pp. 1523–9926, 2009, [Online]. Available: <http://technologyinterface.nmsu.edu/Fall09/>
- [10] M. Naim, *Buku Ajar Sistem Kontrol dan Kelistrikan Mesin*, 1st ed. PT. Nasya Expanding Management, 2021. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=ar5FEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=PENGER TIAN+DAN+BAGIAN-BAGIAN+PLC&ots=Hcm_uDQrGI&sig=Qk5fd5C5mmKHGV2EIDWoYXizk2I&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [11] K. Ogata, *Modern Control Engineering [Paperback]*. 2009.
- [12] J. P. Bentley, *Principles of Measurement Systems*, vol. 30, no. 1. 2005.
- [13] I. I. Part, "Pengertian dan Fungsi Flow Meter." Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://inaparts.com/measurement/artikel-flowmeter/pengertian-dan-fungsi-flow-meter/>
- [14] I. I. Part, "Cara Kerja Flow Switch dan Fungsinya." Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://inaparts.com/measurement/flow-controllers/cara-kerja-flow-switch/>
- [15] Endress+Hauser, "RTD temperature measurement," Endress+Hauser Group Services AG. Accessed: May 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/measurement-technologies/rtd-temperature-measurement>
- [16] Ahmad fauzi, "Solenoid Valve : Pengertian, Fungsi, dan Cara Kerjanya," LAPAN. Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://dirgantara-lapan.or.id/apa-itu-solenoid-valve/>
- [17] R. Andriyani, "Pengaruh Kegiatan Preventive Maintenance dan Corrective Maintenance Terhadap Avaibility Alat Unit RTGC di PT Jasa Peralatan Pelabuhan Indonesia," *Sekol. Tinggi Ilmu Ekon. Indones.*, vol. 12, pp. 6–25, 2022.
- [18] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, "PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR P.60/MenLHK/Setjen/Kum.1/7/2016 TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN NOMOR P.43/MENLHK-SETJEN/2015 TENTANG PENATAUSAHAAN HASIL HUTAN KAYU YANG BER," pp. 1–23, 2016.
- [19] G. A. S. Turbine and J. S. Plant, "P&ID Continuous Emission Monitoring Unit JAWA-1 COMBINED CYCLE," 2018.
- [20] P. Flex, "Flex I / O," *Interface*.
- [21] N. Rev, "Model 266GSH Gauge Model 266ASH Absolute 2600T Series Pressure Transmitters Engineered solutions for all applications Model 266GSH Gauge Model 266ASH Absolute Functional Specifications," vol. 2, pp. 1–32.

- [22] G. A. S. Turbine *et al.*, "Wiring Diagram Continuous Emission Monitoring Unit JAWA-1 COMBINED CYCLE," 2019.