

Sistem Pemantauan pada Prototipe *Boiler* Menggunakan *Human Machine Interface* CIMON

Jiordanus¹, Chrestian Maxi Mamesah²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik TEDC Bandung

²Dosen Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik TEDC Bandung

Email: jiordanus09@gmail.com , ch.mamesah@gmail.com

ABSTRAK

Dalam industri energi, pemantauan yang efektif pada sistem *boiler* sangat penting untuk memastikan operasi yang aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pemantauan pada prototipe *boiler* dengan memanfaatkan teknologi *Human Machine Interface* CIMON. Sistem ini dirancang untuk memantau berbagai parameter operasional *boiler*, seperti tekanan, suhu, dan *level*, secara *real-time*. Dengan menggunakan *Human Machine Interface* CIMON, data yang diperoleh dari sensor *boiler* ditampilkan secara visual melalui antarmuka grafis yang intuitif, memungkinkan operator untuk memantau kinerja sistem dengan lebih mudah dan cepat. Implementasi ini juga mencakup pengaturan *alarm* dan notifikasi untuk mendeteksi kondisi abnormal yang dapat mempengaruhi keselamatan dan efisiensi *boiler*. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa penerapan *Human Machine Interface* CIMON meningkatkan kemampuan pemantauan dan pengendalian *boiler*, serta memberikan kemudahan dalam pengelolaan data dan *respons* terhadap potensi masalah. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keandalan dan efektivitas sistem pemantauan boiler di lingkungan industri.

Kata Kunci: Data Waktu Nyata, Efisiensi Sistem, Pemantauan Boiler, Sistem *Alarm*

ABSTRACT

In the energy industry, effective monitoring of boiler systems is crucial for ensuring safe and efficient operations. This study aims to implement a monitoring system on a boiler prototype using CIMON Human Machine Interface technology. The system is designed to monitor various operational parameters of the boiler, such as pressure, temperature, and flow, in real-time. By utilizing CIMON Human Machine Interface, data from the boiler's sensors are visually displayed through an intuitive graphical interface, allowing operators to monitor system performance more easily and quickly. The implementation also includes setting up alarms and notifications to detect abnormal conditions that could impact the safety and efficiency of the boiler. The results of this study indicate that the application of CIMON Human Machine Interface enhances the monitoring and control capabilities of the boiler and facilitates data management and response to potential issues. This research provides significant contributions to improving the reliability and effectiveness of boiler monitoring systems in industrial settings.

Keywords: Alarm Systems, Industrial Safety, Real-Time Data, System Efficiency

1. PENDAHULUAN

Boiler memegang peran yang sangat penting dalam kinerja dari industri, dan dapat dikatakan sebagai jantung dari sebuah industri yang menggunakan sistem *boiler* dalam pengerjaannya. *Boiler* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan uap dari hasil pemanasan air. Uap yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti memutar turbin untuk menghasilkan energi listrik,



pemanasan, atau dapat digunakan untuk berbagai tahapan proses industri. *Boiler* memerlukan pemantauan dan pemeliharaan rutin untuk memastikan kinerja optimal dan keamanan operasional.

Sistem monitoring adalah proses pengamatan dan pengumpulan data secara terus-menerus untuk memastikan kinerja dan fungsi dari suatu sistem berjalan sesuai dengan harapan. Sistem ini berfungsi untuk mendeteksi adanya kelainan atau masalah agar tindakan pencegahan atau perbaikan bisa segera dilakukan (Stallings, 2011). Sistem monitoring sebagai proses pemantauan berkelanjutan terhadap parameter sistem, seperti temperatur, tekanan, dan aliran, yang dirancang untuk memastikan bahwa sistem tersebut beroperasi dalam batas-batas yang telah ditetapkan dan untuk menghindari kegagalan operasional (Jain, 2015).

Dari pernyataan para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengumpulkan, mengamati, dan menganalisis data atau informasi dari suatu proses atau perangkat secara terus-menerus. Tujuan utama dari sistem pemantauan adalah memberikan visibilitas, kontrol, dan pemahaman terhadap kinerja suatu sistem atau proses. Pemantauan *real-time* dan historis dari parameter kunci seperti suhu, tekanan, dan *level* air pada *boiler* membantu mencegah kegagalan sistem, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi risiko kecelakaan. Sistem pemantauan yang baik juga sering dilengkapi dengan sistem *alarm* yang tepat waktu dan notifikasi untuk kondisi darurat atau batasan operasional. Sistem ini dapat membantu operator merespon dengan cepat terhadap situasi kritis dan mencegah potensi kerusakan atau bahaya.

Di era modern ini, perkembangan teknologi industri 4.0 menawarkan berbagai solusi untuk meningkatkan performa dan keselamatan dalam pengoperasian *boiler*. Salah satu teknologi yang semakin berkembang adalah *Human Machine Interface*, yang memungkinkan operator untuk memantau dan mengendalikan mesin atau sistem industri secara lebih efisien dan *real-time*. *Human Machine Interface* memberikan visualisasi data yang intuitif, memudahkan dalam memonitor kondisi operasional *boiler* seperti suhu, tekanan, dan *level* air secara terus-menerus.

Human Machine Interface merupakan antarmuka yang menghubungkan manusia dan mesin/proses. Sistem proses yang otomatis tanpa *Human Machine Interface* menyulitkan operator untuk mengetahui keadaan proses dan bertindak cepat untuk mengatasi setiap penyimpangan (Sumardi, 2020). Dengan menggunakan *Human Machine Interface* sebagai alat pemantauan sistem *boiler* dapat membantu operator memantau dengan cara yang mudah dimengerti dan digunakan.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Sistem Pemantauan

PP No.39/2006 tentang tata cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan: Pemantauan adalah kegiatan mengamati perkembangan pelaksanaan rencana pembangunan, mengidentifikasi serta mengantisipasi permasalahan yang timbul dan atau akan timbul untuk dapat diambil tindakan sedini mungkin. Sistem pemantauan merupakan rangkaian proses dan teknologi yang digunakan untuk mengamati, memantau, dan mengumpulkan informasi mengenai sistem *boiler* secara terus-menerus yang bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja, keamanan, atau kondisi dari sistem *boiler*.

Sistem pemantauan didefinisikan sebagai rangkaian perangkat dan teknik yang digunakan untuk mengawasi dan mengukur kondisi serta kinerja proses industri secara *real-time*. Sistem ini melibatkan penggunaan sensor, alat ukur, dan perangkat lunak untuk mengumpulkan data dari berbagai parameter penting, seperti suhu, tekanan, aliran, dan level, yang merupakan bagian integral dari proses produksi (J. Beckwith, 2020).

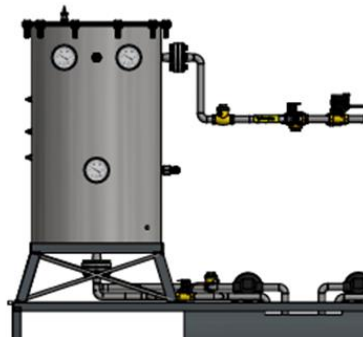
Sistem monitoring adalah proses pengamatan dan pengumpulan data secara terus-menerus untuk memastikan kinerja dan fungsi dari suatu sistem berjalan sesuai dengan harapan. Sistem ini berfungsi untuk mendeteksi adanya kelainan atau masalah agar tindakan pencegahan atau perbaikan bisa segera dilakukan (Stallings, 2011).

2.2 Sistem Boiler

Boiler atau ketel uap merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi, dimana alat ini berisi air. *Boiler* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain: berdasarkan aliran fluida di dalam pipa, maka boiler diklasifikasikan menjadi *boiler* pipa api dan pipa air. Berdasarkan cara pemakaiannya, *boiler* dapat diklasifikasikan menjadi *boiler* tetap atau stasioner dan *boiler* mobil atau *boiler* pindah (*portable boiler*). Berdasarkan poros tutup drum (*shell*), *boiler* diklasifikasikan menjadi *boiler* tegak dan mendatar (Angelia, dkk. 2020).

Boiler adalah suatu perangkat yang digunakan untuk menghasilkan uap atau panas, biasanya dengan cara memanaskan air. Uap yang dihasilkan oleh *boiler* dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti pemanasan, pembangkit listrik, atau proses industri lainnya.

Prinsip kerja *boiler* melibatkan beberapa langkah penting. Secara umum, prinsip kerja *boiler* adalah memanaskan air hingga mencapai titik didihnya, sehingga air berubah menjadi uap (*steam*). Proses ini melibatkan transfer panas melalui tiga fase terpisah, yaitu radiasi, konduksi, dan konveksi. Radiasi: Merupakan *transfer* panas tanpa memerlukan media. Misalnya, panas dari sumber panas akan diserap oleh pipa-pipa dalam *boiler* tanpa adanya kontak langsung antara sumber panas dan pipa-pipa. Konduksi: Merupakan transfer panas melalui media yang tidak bergerak, seperti udara. Pada *boiler*, konduksi terjadi ketika panas disalurkan melalui material pipa-pipa atau dinding boiler. Konveksi: Merupakan transfer panas melalui media yang bergerak, seperti air. Pada *boiler*, konveksi terjadi ketika air dipanaskan dan mengalir melalui pipa-pipa, sehingga panas disalurkan melalui pergerakan fluida.



Gambar 1. *Boiler*

2.2 Human Machine Interface

Human Machine Interface adalah perangkat lunak antarmuka yang menjadi penghubung antara manusia dan mesin atau proses. Sistem proses yang otomatis tanpa *Human Machine Interface* menyulitkan operator untuk mengetahui keadaan proses dan melaksanakan langkah-langkah segera untuk mengatasi setiap penyimpangan. (Sumardi Sadi, 2020).

Human Machine Interface adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real-time*. Tujuan dari *Human Machine Interface* adalah untuk

meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer dan memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem (Haryanto dan Hidayat, 2016).

Human Machine Interface merupakan antarmuka antara manusia dan sistem. *Human Machine Interface* menyediakan tampilan yang jelas dan intuitif tentang parameter operasional boiler seperti suhu, tekanan, *level* air, dan status keseluruhan *boiler*. Pengguna dapat berinteraksi dengan *Human Machine Interface* untuk mengatur parameter operasional, memantau kondisi sistem, dan merespons peringatan atau *alarm*.



Gambar 2. *Human Machine Interface* Cimon CM-eXT07-D

2.3 Sensor RTD

Resistance Temperature Detector (RTD) adalah sebuah sensor termal yang didasarkan pada prinsip resistansi logam yang meningkat seiring termal. Logam yang digunakan bisa beragam seperti platinum, yang sifatnya dapat digunakan secara berulang-ulang (*repeatable*), sangat sensitif, dan sangat mahal. Ataupun nikel, yang sifatnya hanya dapat digunakan beberapa kali, lebih sensitif, dan agak murah (Angelia, dkk, 2020).



Gambar 3. Sensor RTD

2.4 Sensor Pressure Transmitter

Menurut Bolton (2021), *pressure transmitter* adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproses oleh sistem kontrol. *Pressure transmitter* mengukur tekanan dengan menggunakan sensor dan mengkonversikan hasil pengukuran menjadi sinyal listrik, biasanya dalam bentuk arus (misalnya, 4-20 mA) atau tegangan (misalnya, 0-10 V).

Pada prinsipnya, *pressure transmitter* bekerja dengan mengukur gaya yang diberikan oleh fluida pada area tertentu dan kemudian mengkonversikannya menjadi besaran tekanan. Ada beberapa

jenis sensor tekanan yang dapat digunakan, seperti *strain gauge*, *piezoelectric* sensor, atau kapasitif sensor.

Bolton juga menjelaskan bahwa *pressure transmitter* penting dalam aplikasi industri untuk kontrol otomatisasi, terutama dalam proses yang melibatkan fluida, seperti minyak dan gas, pengolahan kimia, dan pembangkit tenaga listrik. Alat ini sering dihubungkan dengan sistem SCADA atau PLC untuk memantau dan mengendalikan kondisi tekanan pada proses industri.



Gambar 4. Sensor *Pressure Transmitter*

2.5 Sensor *level*

Sensor *level* digunakan untuk mendeteksi *level* cairan atau material curah (seperti biji-bijian, serbuk) di dalam suatu wadah atau tangki. Sensor ini dapat memberikan informasi secara *real-time* tentang ketinggian material di dalam wadah, yang kemudian dapat digunakan oleh sistem kontrol untuk mengaktifkan atau menghentikan proses pengisian atau pengosongan (B.R. Mehta dan Y.J. Reddy, 2014).

Salah satu jenis sensor *level* yaitu *float swich*. *Float swich* dijelaskan sebagai alat yang digunakan untuk mengukur *level* cairan dalam sistem proses. Alat ini berfungsi dengan cara mengandalkan pelampung (*float*) yang bergerak naik turun sesuai dengan perubahan *level* cairan di dalam tangki atau wadah. Ketika *level* cairan mencapai titik tertentu, pelampung akan memicu sakelar (*switch*), yang kemudian dapat mengontrol operasi sistem seperti pompa, *valve*, atau *alarm* (Mark King, 2016).

Sedangkan menurut W. Bolton (2021), *Float swich* diuraikan sebagai perangkat yang digunakan untuk mendeteksi *level* cairan dalam wadah atau tangki. *Float swich* bekerja dengan menggunakan pelampung yang bergerak naik dan turun mengikuti permukaan cairan. Ketika *level* cairan mencapai posisi tertentu, pelampung ini akan mengaktifkan saklar (*switch*), yang dapat digunakan untuk mengontrol perangkat lain dalam sistem, seperti pompa atau *alarm*.



Gambar 5. *Float switch*
(sumber: *Walmart.com*)

2.6 Programmable Logic Controller (PLC)

Menurut Frank D. Petruzella (2020) menjelaskan bahwa PLC adalah perangkat komputer industri yang dirancang untuk mengontrol berbagai proses otomatis. PLC menerima sinyal dari sensor dan perangkat input, memproses informasi tersebut dengan logika yang telah diprogram, dan mengontrol output berdasarkan hasil pemrosesan. PLC dikenal karena kemampuannya untuk bertahan di lingkungan industri yang keras dan fleksibilitasnya dalam pemrograman dan konfigurasi ulang.

Menurut Kelvin T. Erickson (2022) menjelaskan bahwa PLC adalah komputer industri yang memproses input dari berbagai perangkat untuk mengontrol *output*. Buku ini mendalami bagaimana PLC dirancang untuk mengatasi tantangan kontrol otomatis di industri, dengan fokus pada pemrograman, pengaturan perangkat keras, dan aplikasi praktis dalam lingkungan industri.

PLC adalah sistem kontrol digital yang dirancang untuk digunakan dalam aplikasi otomatisasi industri. PLC digunakan untuk mengontrol proses atau mesin, menerima input dari sensor, memproses informasi, dan memberikan output yang sesuai untuk mengoperasikan aktuator. PLC dapat diprogram untuk menjalankan logika kontrol berdasarkan kondisi tertentu, yang memungkinkan fleksibilitas dalam pengaturan proses (W. Bolton, 2021).

Komponen utama PLC : *Central Processing Unit (CPU)*: Komponen ini bertanggung jawab untuk memproses semua instruksi dan data. CPU menjalankan program yang telah diunggah ke dalam PLC dan mengelola komunikasi dengan modul *input* dan *output*. Modul *Input/Output (I/O)*: Modul ini berfungsi untuk menghubungkan PLC dengan perangkat lain. Modul *input* menerima sinyal dari sensor atau perangkat lain, sementara modul *output* mengirimkan sinyal untuk mengendalikan aktuator, seperti motor atau katup. *Power Supply*: Menyediakan daya untuk semua komponen PLC. *Programming Device*: Perangkat ini digunakan untuk mengembangkan, mengedit, dan mengunggah program ke dalam PLC. Bisa berupa komputer dengan perangkat lunak khusus atau perangkat pemrograman yang lebih sederhana. Berbagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk memprogram PLC, termasuk:

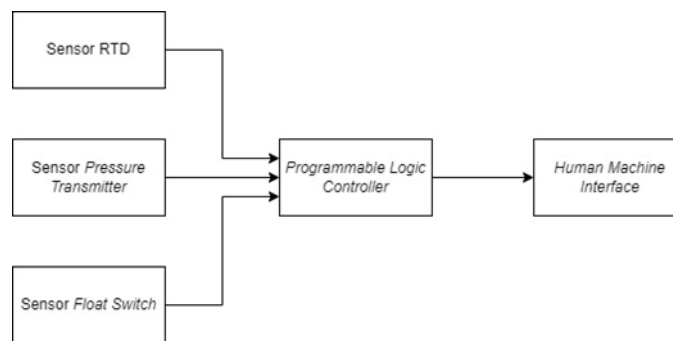
1. *Ladder Logic*: Bahasa yang paling umum digunakan, menyerupai diagram rangkaian listrik. Ini membuatnya mudah dipahami oleh teknisi yang memiliki latar belakang listrik.
2. *Functional Block Diagram (FBD)*: Menggambarkan fungsi dalam bentuk blok dan hubungan antar blok, memudahkan visualisasi proses.
3. *Structured Text (ST)*: Bahasa berbasis teks yang lebih mirip dengan bahasa pemrograman tingkat tinggi, memungkinkan penulisan algoritma yang kompleks.
4. *Instruction List (IL)* dan *Sequential Function Chart (SFC)*: Digunakan untuk pemrograman lebih spesifik dan pengendalian proses yang berurutan.



Gambar 6. PLC Module CM3-SP32MDTF-SD

3. METODE PENELITIAN

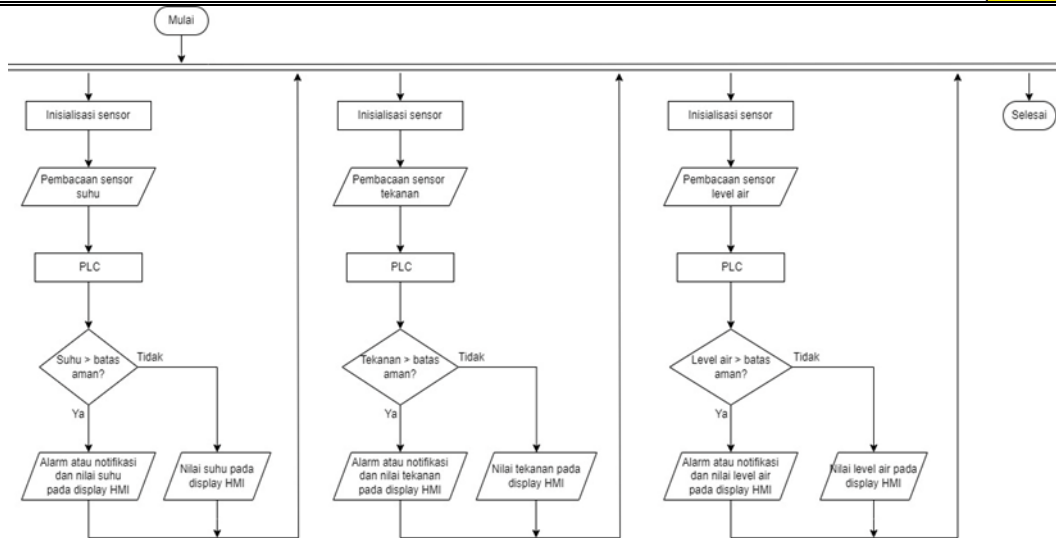
3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 7. Blok Diagram

Blok *diagram* diatas merupakan konseptual dari sistem pemantauan pada prototipe *boiler* menggunakan HMI. Dari blok diagram diatas dapat diketahui bahwa *input* dari sistem pemantauan pada prototipe ini berupa sensor suhu (Sensor *resistance temperature detector*), sensor tekanan (sensor *pressure transmitter*) dan sensor *level* (sensor *float switch*) yang berfungsi sebagai pengambil/pengumpulan data pada perangkat lapangan. Kemudian data akan di olah dan di proses oleh PLC sehingga akan menghasilkan *output* yang akan ditampilkan pada HMI.

3.2 Flowchart Sistem



Gambar 8. Flowchart Sistem

3.3 Identifikasi Tagname

Tabel 1. Tagname

No.	Name	Data type	Address	Comment
1.	Temperature uap	INT(INT16)	D2	Menampilkan nilai suhu uap.
2.	Temperature air	INT(INT16)	D3	Menampilkan nilai suhu air.
3.	TEKANAN PSI	INT(INT16)	D5	Menampilkan nilai tekanan dalam satuan PSI.
4.	TEKANAN BAR	INT(INT16)	D59	Menampilkan nilai tekanan dalam satuan BAR.
5.	PL HIGH	BOOL	M35	Menampilkan level air high.
6.	PL MEDIUM	BOOL	M36	Menampilkan level air medium.
7.	PL LOW	BOOL	M37	Menampilkan level air low.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Akurasi Data Aktual dan Data HMI

a. Data Aktual

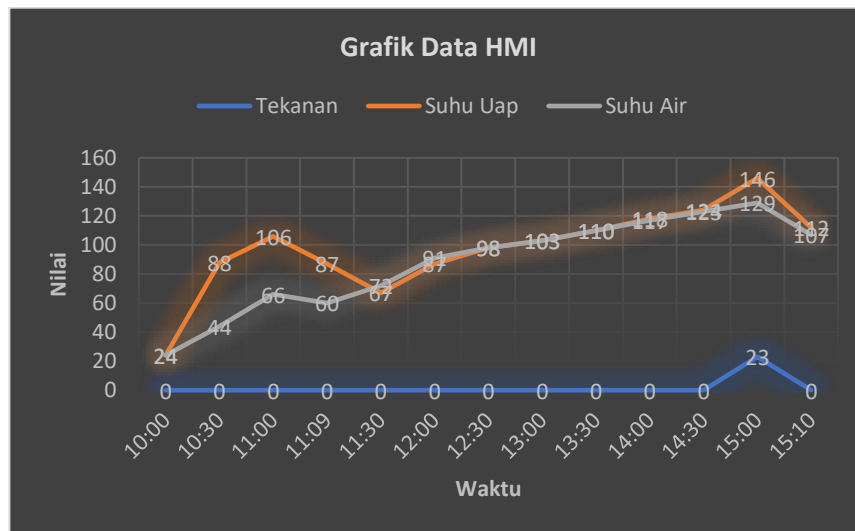
Tabel 2. Hasil Data Aktual

No.	Jam	Tekanan (PSI)	Suhu		Level
			Uap (C)	Air(C)	
1.	10:00	0	25	25	Medium
2.	10:30	0	75	45	Medium
3.	11:00	0	95	65	Medium
4.	11:09	0	85	60	High
5.	11:30	0	65	70	High
6.	12:00	0	85	90	High
7.	12:30	0	95	95	High
8.	13:00	0	100	100	High



9.	13:30	0	110	110	High
10.	14:00	0	115	115	High
11.	14:30	14	120	120	High
12.	15:00	22	135	130	High
13.	15:10	0	115	110	Medium

Dari data pada tabel 2, diperoleh grafik data aktual terhadap prototipe boiler sebagai berikut:



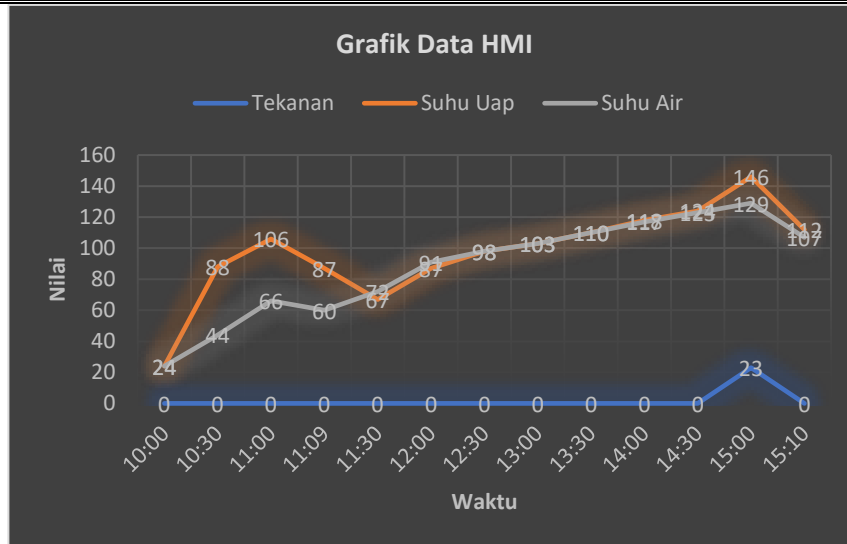
Gambar 9. Grafik data aktual

b. Data HMI

Tabel 3. Hasil Data HMI

No.	Jam	Data HMI			Level
		Tekanan (PSI)	Suhu Uap (°C)	Suhu Air (°C)	
1.	10:00	0	24	24	Medium
2.	10:30	0	88	44	Medium
3.	11:00	0	106	66	Medium
4.	11:09	0	87	60	High
5.	11:30	0	67	72	High
6.	12:00	0	87	91	High
7.	12:30	0	98	98	High
8.	13:00	0	100	100	High
9.	13:30	0	110	110	High
10.	14:00	0	117	117	High
11.	14:30	14	124	123	High
12.	15:00	22	146	129	High
13.	15:10	0	112	107	Medium

Dari data pada tabel diatas, diperoleh grafik data HMI terhadap prototipe boiler sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Data HMI

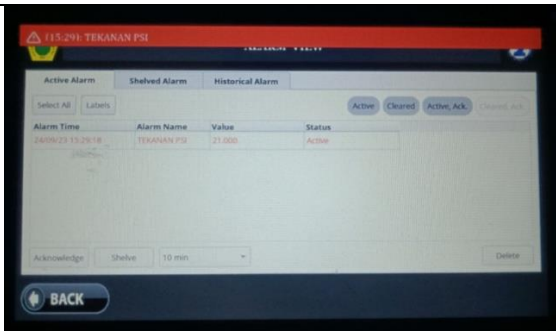
Pada data di atas ditampilkan perbandingan data aktual dan data HMI, terlihat bahwa pada jam 10:00 (kondisi awal saat *heater* dinyalakan) hingga jam 11:00 terjadi peningkatan yang signifikan terhadap suhu uap dan air pada data aktual dan data tampilan HMI. Namun pada jam 11:09 terjadi penurunan suhu air dan suhu uap pada data aktual dan data HMI, hal ini dikarenakan penulis menambahkan air ke dalam tabung *boiler*. Setelah itu, dari jam 11:30 hingga jam 15:00 suhu kembali meningkat.

Tekanan pada data aktual dan data HMI dari jam 10:00 hingga jam 14:00 adalah 0 PSI, itu menunjukan bahwa tidak ada tekanan. Namun pada jam 14:30 hingga 15:00 data aktual menampilkan peningkatan hingga 22 PSI tekanan sedangkan data HMI menampilkan tekanan 23 PSI pada jam 15:00.

Pada jam 15:10, *valve* 2 dibuka sehingga suhu, tekanan, dan *level* air pada data aktual dan data HMI mengalami penurunan.

2. Pengujian *Alarm* pada HMI

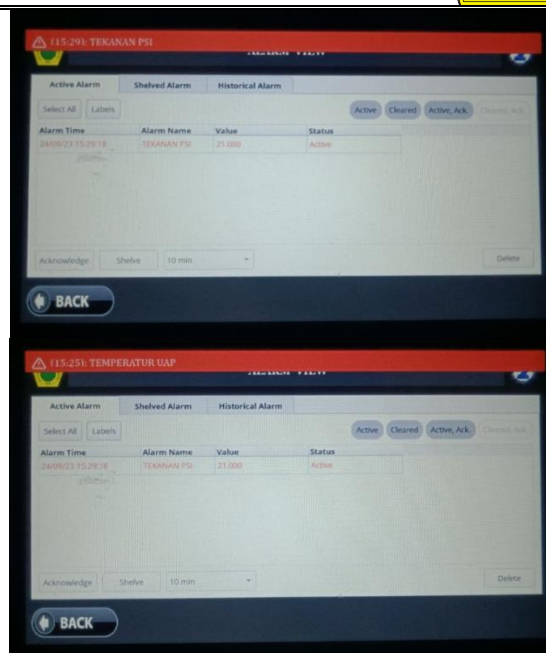
Tabel 4. Pengujian *Alarm*

No.	Parameter	Deskripsi	Alarm
1.	Tekanan	Tekanan melebihi batas yang sudah ditentukan. Contonya : tekanan >20 PSI.	

2. Suhu air Suhu air melebihi batas atas (125 °C)

3. Suhu uap Suhu uap melebihi batas atas (125 °C).

4. Level air Level air low.



Notifikasi alarm aktif saat level air berada pada level low.

5. KESIMPULAN

1. Perancangan sistem pemantauan pada prototipe boiler menggunakan HMI ini telah menampilkan data secara *real-time* dan *historycal*. Namun akurasi data yang ditampilkan HMI sedikit berbeda dengan data yang penulis amati dari alat pengukuran di lapangan (data aktual).
2. Implementasi *alarm* pada sistem pemantauan prototipe boiler telah berhasil. Apabila nilai parameter yang dipantau seperti suhu, tekanan, dan level air melebihi batas yang ditentukan, *alarm* pada HMI akan aktif. Sistem *alarm* ini penting guna mencegah kegagalan sistem, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi risiko kecelakaan dalam industri yang bergantung pada sistem boiler.
3. Dengan demikian, perancangan sistem pemantauan berbasis HMI pada boiler bertujuan untuk menampilkan data secara *real-time*, mengimplementasikan sistem *alarm* dan notifikasi, serta menciptakan antarmuka yang mudah dipahami dan digunakan oleh operator. Hal ini diharapkan dapat mencegah kegagalan sistem, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi risiko kecelakaan dalam industri yang bergantung pada sistem boiler.

DAFTAR PUSTAKA

- Beckwith, J. (2020). *Industrial process monitoring*. McGraw-Hill.
- Bolton, W. (2021). *Instrumentation and control systems*. Newnes.
- Haryanto, H., & Hidayat, S. (2016). Perancangan HMI (Human Machine Interface) untuk pengendalian kecepatan motor DC. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 1(2), 58–65.
- Indonesia. (2006). *Peraturan Pemerintah No. 39 Tahun 2006 tentang Tata Cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan*. Sekretariat Negara.



- Jain, V. K. (2015). *Industrial boilers and heat recovery steam generators: Design, applications, and calculations*. CRC Press.
- King, M. (2016). *Process control: A practical approach*. John Wiley & Sons.
- Labiba Zulfa, A. (2017). Rancang bangun sistem monitoring temperatur steam output terintegrasi HMI (Human Machine Interface) pada mini plant boiler di workshop instrumentasi. [Unpublished manuscript].
- Mehta, B. R., & Reddy, Y. J. (2014). *Industrial process automation systems: Design and implementation*. Butterworth-Heinemann.
- Parlagutan Haryanto, S. S. (2022). Perancangan prototipe sistem monitoring dan kontrol suhu dan tekanan pada stasiun boiler dan stasiun sterilizer berbasis Internet of Things pabrik kelapa sawit (PT. Perkebunan Nusantara VI). [Unpublished manuscript].
- Petruzella, F. D. (2021). *Programmable logic controllers: An introduction* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Putri, H. A., Sulistio, B. E., & Dewatama, D. (2020). Aplikasi PID controller pada pengaturan suhu boiler dengan menggunakan PLC dan HMI. [Unpublished manuscript].
- Sadi, S. (2020). Implementasi Human Machine Interface pada mesin heel lasting Chin Ei berbasis programmable logic controller (Implementation of Human Machine Interface on Chin Ei's heel lasting machine based on programmable logic controller). *Jurnal Teknik*, 9(1).
- Stallings, W. (2011). *Computer organization and architecture: Designing for performance* (9th ed.). Prentice Hall.