

Rancang Bangun Sistem Pengendalian Tekanan Uap Air Pada Tabung Boiler Dengan PLC Cimon CM3-SP32MDTF-SD

Ilham Ramadan¹, Chrestian Maxi Mamesah²,

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung

²Dosen Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung

Email: ramadanilham2415@gmail.com , ch.mamesah@gmail.com

ABSTRAK

Boiler merupakan perangkat penting dalam berbagai pembangkit serta industri untuk menghasilkan uap yang digunakan dalam proses. Salah satu aspek kritis dari operasi boiler adalah pengendalian tekanan uap secara tepat untuk memastikan efisiensi dan keselamatan operasional. Tugas ini membahas tentang rancang bangun sistem pengendalian tekanan uap air pada tabung boiler dengan PLC CIMON CM3-SP32MDTF-SD. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem kontrol otomatis yang dapat menjaga tekanan uap pada boiler tetap stabil sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Sistem ini menggunakan sensor tekanan untuk membaca tekanan uap secara *real-time* dan mengirimkan data ke PLC. Dengan demikian, sistem ini dapat menjaga tekanan uap tetap stabil dalam batas yang aman dan sesuai dengan kebutuhan proses. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis kebutuhan sistem, desain perangkat keras, pengembangan program kontrol dengan PLC CIMON CM3-SP32MDTF-SD, serta pengujian dan kalibrasi sistem. Hasil dari implementasi sistem menunjukkan bahwa sistem pengendalian tekanan uap dengan PLC CIMON CM3-SP32MDTF-SD mampu menjaga tekanan uap dengan stabil pada rentang yang diinginkan. Selain itu, sistem ini memiliki pengendalian level air secara otomatis guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional boiler dengan kemampuan respons yang cepat terhadap perubahan tekanan.

Kata Kunci: Boiler, PLC, Sistem Kendali, Tekanan Uap.

ABSTRACT

Boilers are important devices in various power plants and industries to produce steam used in the process. One of the critical aspects of boiler operation is the precise control of steam pressure to ensure operational efficiency and safety. This assignment discusses the design of a steam pressure control system in a boiler tube with a CIMON CM3-SP32MDTF-SD PLC. The purpose of this study is to design an automatic control system that can maintain the steam pressure in the boiler stable according to the predetermined setpoint. This system uses a pressure sensor to read steam pressure in real-time and send data to the PLC. Thus, this system can maintain stable steam pressure within safe limits and according to process needs. The methods used in this study include system requirements analysis, hardware design, development of a control program with a CIMON CM3-SP32MDTF-SD PLC, and system testing and calibration. The results of the system implementation show that the steam pressure control system with the CIMON CM3-SP32MDTF-SD PLC is able to maintain stable steam pressure in the desired range. In addition, this system has automatic water level control to improve boiler operational efficiency and safety with fast response capability to pressure changes.

Keywords: Boiler, Control System, PLC, Vapor Pressure.

1. PENDAHULUAN

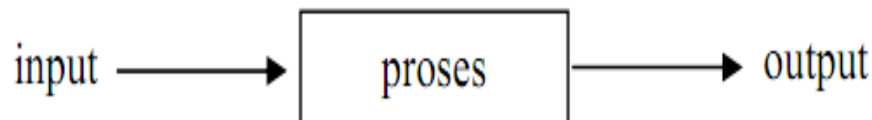
Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin meningkat, kompleks dan berkembang pesat. Salah satunya adalah bidang elektronika, robotika, kendaraan, dan informasi. Di dalam dunia teknologi sekarang ini, khususnya teknologi pembangkit listrik tenaga uap terdapat sistem alat pembangkit yang sangat penting yaitu boiler. Boiler merupakan suatu alat untuk menghasilkan uap pada tekanan dan suhu tinggi.

Sistem operasi sangat penting dalam proses produksi. Agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang diharapkan maka diperlukan suatu sistem pengendalian. Begitu pula dengan sistem kendali yang dibutuhkan pada boiler, karena pada saat proses pemanasan banyak terjadi permasalahan yang menyebabkan sistem tidak berjalan sebagaimana mestinya. Salah satu parameter sistem boiler adalah suhu, tekanan dan ketinggian air. Banyak permasalahan seperti *overheating*, level dan tekanan yang tidak tepat, yang dapat menyebabkan produksi steam tidak dapat memenuhi ekspektasi. Oleh karena itu, untuk mencapai kondisi operasi yang baik, diperlukan sistem kendali yang baik untuk mengontrol temperatur, ketinggian air dan tekanan pada tabung boiler sehingga menghasilkan tekanan uap yang tepat.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Sistem Kontrol

Sistem adalah kombinasi atas beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu pekerjaan tertentu. Adapun komponen utama dari sistem kontrol yakni:

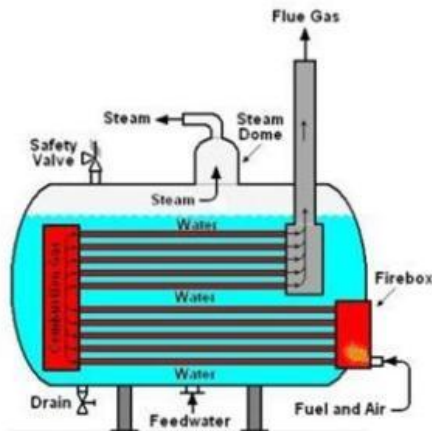


Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kontrol

1. *Input* adalah komponen masukan yang dapat berupa data atau informasi
2. Proses adalah operasi atau perkembangan alami yang berlangsung secara *continue* yang ditandai oleh suatu deretan perubahan kecil yang berurutan dengan cara relatif tetap dan menuju kesuatu hasil atau keadaan tertentu.
3. *Output* adalah hasil dari perubahan yang dilakukan terhadap data atau informasi yang diberikan pada input.

2.2 Sistem Kontrol Boiler

Boiler merupakan bejana tertutup yang berfungsi sebagai konverter energi. Di dalamnya, fluida kerja dipanaskan hingga mencapai titik uap. Uap bertekanan tinggi yang dihasilkan kemudian dialirkan untuk menjalankan berbagai peralatan mekanis atau proses industri. Pembakaran dalam boiler berlangsung secara berkelanjutan, menghasilkan uap dengan suhu tinggi dan tekanan di atas 1 atmosfer. Uap ini digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk sebagai sumber penggerak mesin, pemanas, dan sebagainya.



Gambar 2. Sistem Kontrol Boiler

2.3 Programmable Logic Controller (PLC)

Menurut Hatmojo (2015), PLC merupakan pengendali berbasis mikroprosesor yang menggunakan teori terprogram untuk meng-input instruksi dan melakukan suatu fungsi seperti fungsi logika, sekuensial, *timer*, *counter* dan aritmatika untuk mengontrol mesin atau proses melalui I/O digital atau analog.



Gambar 3. PLC

Suatu sistem PLC tidak akan berfungsi tanpa program. Melalui pemrograman, kita dapat menentukan bagaimana perangkat masukan (sensor, tombol) dan keluaran (motor, lampu) akan berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Standar internasional IEC 61131-3 telah menetapkan 5 bahasa utama yang digunakan untuk memprogram PLC, diantaranya yaitu:

1. *Ladder Diagram* (Diagram Tangga)
2. *Instruction List*
3. *Structure Text*
4. *Function Block Diagram*
5. *Sequential Function Chart*

2.4 Sensor Suhu

Sensor suhu pada boiler uap adalah komponen penting yang digunakan untuk mengukur suhu air atau uap di dalam boiler. Pengukuran suhu yang akurat dan tepat waktu sangat diperlukan untuk menjaga operasi boiler pada tingkat efisiensi dan keamanan yang optimal. Berbagai jenis sensor suhu dapat digunakan pada boiler uap, tergantung pada kebutuhan spesifik aplikasi dan kondisi operasional.

Seperti Termoresistansi (RTD-*Resistance Temperature Detector*). RTD adalah sensor suhu yang mengukur resistansi listrik yang berubah dengan suhu. Sensor ini sering kali digunakan pada boiler uap karena memiliki akurasi yang tinggi dan kestabilan yang baik.



Gambar 4. Sensor Suhu

2.5 Sensor Tekanan

Penggunaan sensor *pressure transmitter* untuk mengukur tekanan pada tabung boiler, *Pressure transmitter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dan mengirimkan informasi ini dalam bentuk sinyal yang dapat diolah oleh sistem kontrol.



Gambar 5. Pressure Transmitter

2.6 Safety Valve

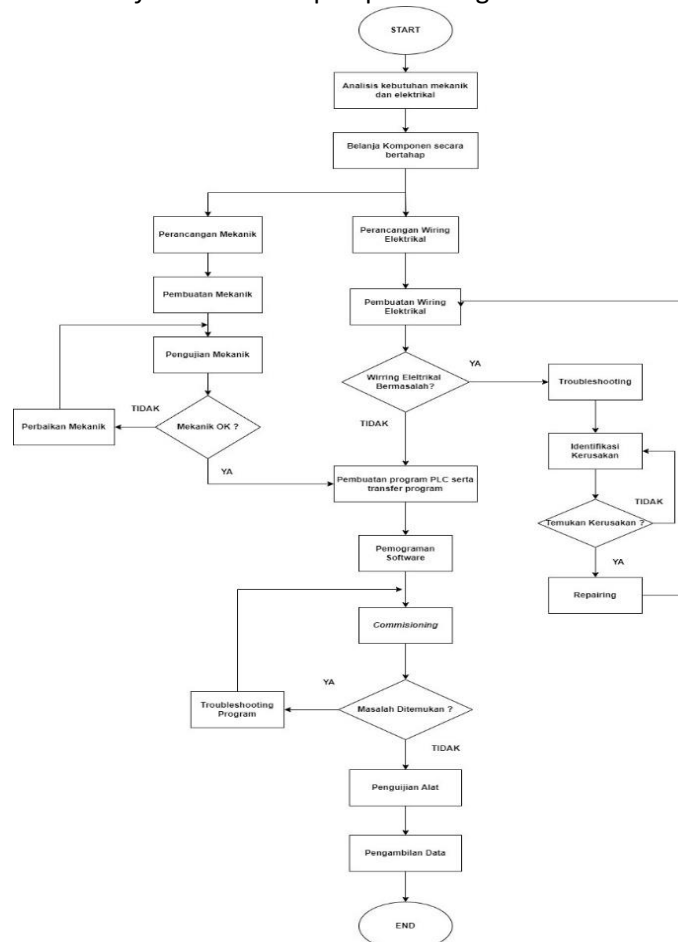
Safety valve adalah komponen keselamatan penting yang digunakan dalam sistem boiler, pipa, tangki, atau peralatan lain yang bekerja dengan tekanan tinggi. Fungsi utama *safety valve* adalah untuk melindungi sistem dari tekanan yang berlebihan dengan cara melepaskan sebagian dari fluida (biasanya uap, gas, atau cairan) saat tekanan dalam sistem melebihi batas aman yang telah ditentukan.



Gambar 6. Safety Valve

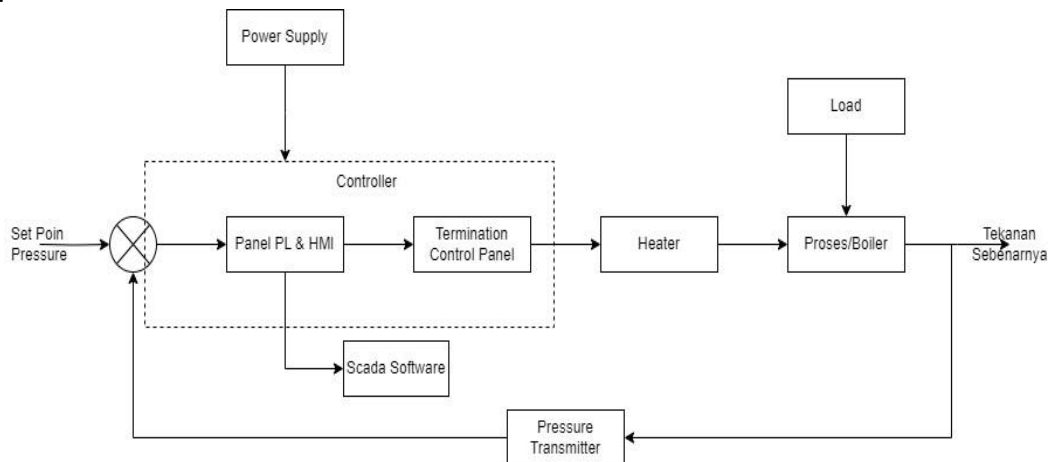
3. METODE PENELITIAN

Tahapan perancangan sistem ini meliputi beberapa langkah utama yang mencakup pengembangan perangkat keras, perangkat lunak, desain mekanis, serta integrasi dan validasi sistem secara keseluruhan. Dibawah ini *flowchart* Tahapan perancangan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Tahapan Perancangan

Berikut ini adalah blok diagram pengendalian tekanan uap pada boiler secara keseluruhan pada sistem:



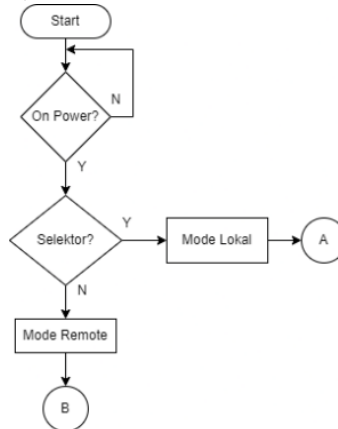
Gambar 8. Blok Diagram Sistem Pengendalian Tekanan Uap

Berdasarkan diagram blok diatas dapat menjelaskan fungsi dari sistem secara umum, blok diagram tersebut terdiri dari 6 blok yaitu *Control Panel*, *Termination Control Panel*, *Main Control*, *Input Sensor*, *Output*, dan *Power Supply*. Berikut ini penjelasan singkat dari bagian blok diagram:

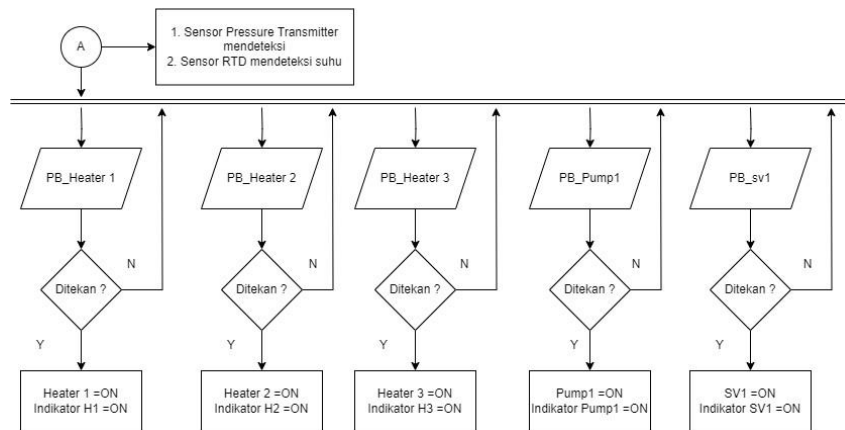
1. *Control Panel*
Terdiri dari HMI dan PLC sebagai *interface* yang dapat dikontrol oleh pengguna, untuk mengendalikan tekanan uap, suhu, dan level pada boiler. Data perintah pada HMI akan dikirim ke PLC yang berfungsi sebagai pengelolah data agar dapat dibaca dan dikirim ke blok *Transition Control Panel*
2. *Termination Control Panel*
Terdiri dari MCB dan *relay-relay* yang digunakan untuk mengaktifkan output pada *plant* setelah mendapat sinyal dari PLC pada *Control Panel*.
3. *Heater*
Heater yang berfungsi sebagai perangkat pemanas air di dalam tabung boiler. Sampai mencapai suhu yang ditetapkan.
4. *Proses/Boiler*
Suatu proses yang sedang berjalan di sebuah *plant* boiler. Terdapat dari *Heater* yang berfungsi sebagai perangkat pemanas air di dalam tabung boiler. Sampai mencapai suhu yang ditetapkan dan menghasilkan uap bertekanan serta pompa yang berfungsi sebagai mengaliri air kedalam tabung boiler, jika air didalam tabung berkurang.
5. *Input Sensor*
Sensor pressure transmitter yang berfungsi sebagai sensor yang membaca tekanan yang ada didalam tabung boiler. Serta ada sensor RTD yang berfungsi sebagai sensor yang membaca suhu yang ada didalam tabung.
6. *Software Scada*
Terdiri dari *Personal Computer* (PC) yang merupakan komputer yang berisi *software* SCADA CIMON dalam memonitor dan merekap data dari proses variable.
7. *Power supply*
Terdiri dari *power supply* dengan tegangan 24 V untuk mengaktifkan PLC CIMON. Juga sebagai power untuk mengaktifkan pompa.

8. Power L/N dengan tegangan 220 V untuk mengaktifkan *Heater*.

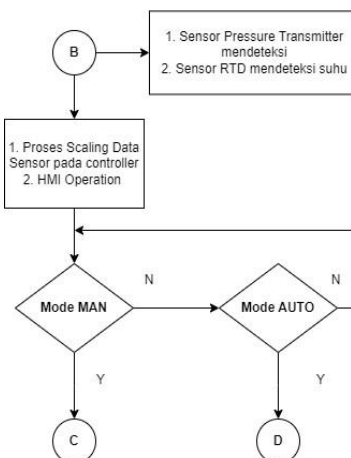
Berikut ini adalah *flowchart* sistem kendali tekanan udara, mulai dari kondisi mati, *standby*, *local control*, *remote control*: mode manual, mode auto.



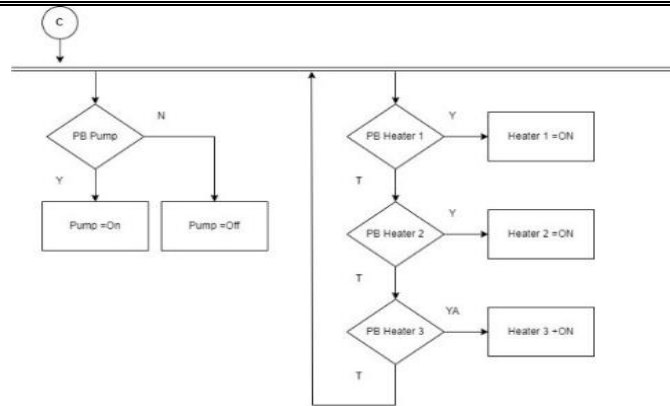
Gambar 9. *Flowchart* Sistem Kendali *Local* Dan *Remote*



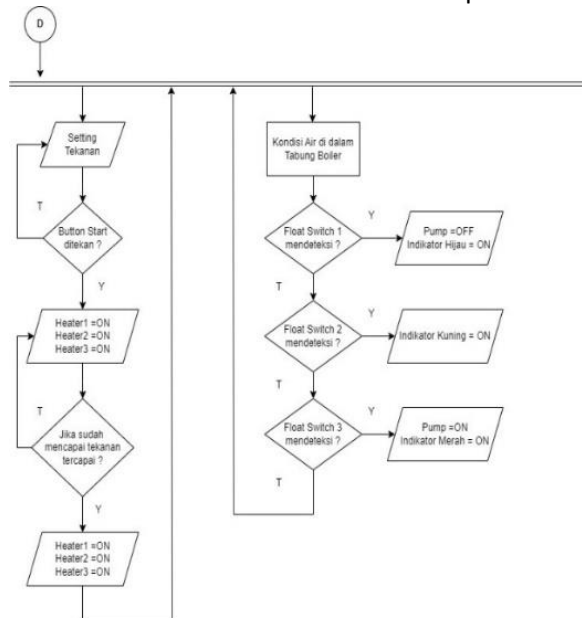
Gambar 10. *Flowchart* Sistem Kendali Untuk *Local System*



Gambar 11. *Flowchart* Pemilihan Mode Operasi

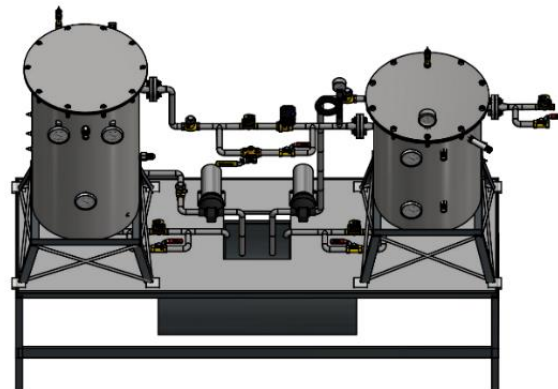


Gambar 12. Flowchart Pemilihan Mode Operasi Manual



Gambar 13. Flowchart Pemilihan Mode Operasi Auto

Setelah flowchart selesai dibuat, maka proses selanjutnya penelitian ini membuat desain, berikut adalah desain dari 3D alat sistem pengendalian tekanan uap air pada tabung boiler.



Gambar 14. Desain 3D Sistem Pengendalian Tekanan Uap



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah proses pengujian untuk respon tekanan uap:

Tabel 1. Pengujian Respon Tekanan Uap

NO	WAKTU	Set Poin Tekanan (PSI) Batas Atas	Set Poin Tekanan (PSI) Batas Bawah	Pembacaan sensor (PSI)	Kondisi plant
1.	09.30			0	Boiler dalam kondisi awal (OFF)
2.	12.00			15	Tekanan boiler mulai meningkat
3.	13.26				
4.	13.27				
5.	13.28				
6.	13.29			30	Tekanan boiler mencapai setpoint
7.	13.30				Heater off
8.	13.31				
9.	13.32				
10.	13.33			29	
11.	13.34	30	20	28	
12.	13.35			27	
13.	13.36			26	Adanya disturbance (gangguan)
14.	13.37			25	yang menyebabkan tekanan
15.	13.38			24	menurun untuk dapat mencapai
16.	13.39			23	setpoint batas bawah
17.	13.40			22	
18.	13.41			21	
19.	13.42			20	Sudah mencapai batas bawah, maka heater akan aktif untuk melakukan pemanasan agar mendapat tekanan

Pengujian dilakukan dengan memulai sistem boiler dari kondisi awal (*startup*) di mana tekanan uap berada pada level minimum. Sistem kemudian diaktifkan, dan pengendalian otomatis mulai bekerja untuk membawa tekanan uap menuju *setpoint*. Data tekanan uap dicatat secara *continue* untuk menganalisis pola kenaikan, waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint*, dan stabilitas setelah mencapai *setpoint*.

Berikut adalah proses pengujian untuk respon suhu :

Tabel 2. Pengujian Respon Suhu

NO	Suhu Air	Suhu Uap	Tekanan Uap (PSI)	Analisa
1.	25	-	0	Boiler dalam kondisi awal (OFF) Saat Startup



2.	137	136	30	Suhu Air dan Suhu Uap meningkat
3.	145	144	40	Tekanan terus meningkat, suhu juga naik

Suhu air dan suhu uap mengalami kenaikan yang signifikan seiring dengan berjalannya proses pemanasan. Tekanan uap juga meningkat secara bertahap, menunjukkan bahwa pembentukan uap berjalan dengan baik.

Berikut adalah proses pengujian untuk respon level air :

Tabel 3. Pengujian Respon Level Air

Level Air (Liter)	Float Switch 1	Float Switch 2	Float Switch 3	Keterangan	Analisa
60	OFF	OFF	OFF	Kondisi air dalam keadaan "HIGH"	Sistem berhasil mencegah overflow dengan mengaktifkan valve untuk mengurangi air ketika mencapai level tinggi. Pompa berhenti untuk mencegah penambahan air. Sistem berfungsi sesuai desain, menjaga level air pada batas medium.
45	ON	ON	OFF	Kondisi air dalam keadaan "MEDIUM"	Dalam sistem auto, pada posisi ini pompa akan bekerja untuk menambah air. Sistem hanya melakukan pemantauan pada level rendah. Yang menandakan mesti dilakukan pengisian air
30	ON	ON	ON	Kondisi air dalam keadaan "LOW"	Pada saat keadaan air dibawah low, mesti dilakukan pengisian air
<30	ON	ON	ON	Keadaan air, dibawah LOW	terlebih dahulu, baik itu secara manual maupun secara sistem otomatis

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan sistem dan melakukan pengujian serta analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengendalian Tekanan Uap Air pada Tabung Boiler dapat menggunakan PLC sebagai kontrol pada sistem serta dengan memilih sensor tekanan, sensor suhu, sensor level, *actuator*, dan metode kontrol yang tepat. Integrasi antara sensor, kontroller, dan *actuator* memungkinkan sistem untuk mengendalikan tekanan dengan efektif dan responsif terhadap perubahan kondisi operasional.
2. Pembuatan Program Pengendalian Tekanan Uap pada Tabung Boiler dapat menggunakan *software* CICON khusus PLC CIMON. Program pengendalian tekanan uap berhasil dibuat dengan mengimplementasikan algoritma kontrol yang dipilih. Program ini dirancang untuk berkomunikasi dengan sensor dan *actuator*, memungkinkan pengendalian yang akurat dan stabil. Proses kalibrasi dan pengujian program memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dan dapat menyesuaikan diri dengan berbagai kondisi operasional.
3. Efektivitas waktu untuk mencapai tekanan uap 30 Psi diperlukan sekitar 3-4 jam dinilai cukup baik, tergantung pada desain boiler, pengaturan kontrol dan kondisi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, Rizky, Muhammad Razi, and Syukran Syukran. "Rancang Bangun Boiler Vertikal Fire Tube Berbahan Gas Elpiji Untuk Proses Penyulingan Minyak Nilam" *Jurnal Mesin Sains Terapan* 1.1 (2017): 57-60.
- Arindya, R. (2014). Pengaruh Gangguan Terhadap Operasi Kontroller Dalam Sistem Kontrol Industri. *Jurnal Teknik Elektro*, 10 (1), 45-52.
- Asme Section IV : Heating Boilers
- Hasibuan, H. C., & Tim Penulis. (2013). Efisiensi Konversi Energi Pada Boiler: Prinsip Dan Aplikasi. *Jurnal Energi dan Teknologi*, 8(1), 45-58.
- Khairul Huda, Muhammad, and Sutanto Heri. Rancang Bangun Sistem Kontrol Tekanan Uap Dalam Tangki Pemanas (Heater) Menggunakan Sensor Mpx5500dp. Diss. Diponegoro University, 2015.
- Lontounaung, F. Y. (2016). Energi Panas Dalam Air Panas Dan Uap Bertekanan Tinggi: Aplikasinya Pada Proses Industri. *Jurnal Energi dan Teknologi*, 8(1), 45-52.
- Oztürk, z., & Göktürk, s. (2012). Analisis Kinerja Sensor Termokopel, Termistor, dan Rtd. *International Journal of The Physical Sciences*, 7(14), 2152-2160.
- Reynaldo Sandy Montolalu, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Level Dan Temperatur Boiler Dengan Metode Pid Dan Kontrol Dua Posisi", Telkom University, Bandung, 2015.
- Rinaldi, Rinaldi, Azhar Azhar, and Yusman Yusman. "Bangun Simulator Kontrol Level Dan Tekanan Steam Pada Boiler." *Jurnal Tektro* 6.1 (2022).
- Smith, c. t. (2020). the transformation of liquid to vapor through thermal energy: fuel combustion in industrial processes. *journal of thermal engineering*, 22(4), 345-360.
- Zhao, y., & guo, j. (2017). a model predictive control method for industrial boiler control. *journal of process control*, 55, 1-10.