BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomasi industri menuntut sistem kontrol yang andal, fleksibel, dan mudah dikembangkan sesuai kebutuhan operasional. Salah satu komponen utama dalam sistem otomasi adalah *Programmable Logic Controller* (*PLC*) yang berfungsi sebagai pusat pengendali proses. Dalam praktiknya, keberlangsungan sistem kontrol sangat bergantung pada ketersediaan program, kemudahan akses, serta kompatibilitas perangkat keras yang digunakan.

Pada sistem ignition boiler burner yang menjadi objek penelitian ini, masih digunakan *PLC SIEMENS S7-200* yang saat ini telah berstatus *end-of-life (EOL)*. Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan, di antaranya keterbatasan dalam memperoleh suku cadang, meningkatnya risiko kerusakan perangkat, serta tingginya biaya pemeliharaan. Selain itu, program *PLC* yang digunakan tidak dapat diakses karena dilindungi oleh sistem keamanan *(password protection)*, sehingga menyulitkan proses *troubleshooting*, modifikasi, maupun pengembangan sistem di masa mendatang.

Permasalahan tersebut berdampak langsung pada aspek operasional, seperti meningkatnya potensi *downtime* apabila terjadi gangguan pada sistem. Di sisi lain, ketergantungan terhadap *vendor* eksternal juga menjadi kendala karena memerlukan waktu respons yang lebih lama dan biaya yang tidak sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol yang ada saat ini kurang fleksibel dan tidak mendukung keberlanjutan operasional jangka panjang.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu solusi berupa *re-engineering* sistem kontrol dengan membangun ulang program *PLC* secara terstruktur dan terdokumentasi. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan sistem yang lebih modern, fleksibel, serta mudah dalam pemeliharaan dan pengembangan. Selain itu, dengan mengadopsi teknologi *PLC* yang lebih baru serta penambahan fitur seperti *PID control* dan *monitoring*, sistem diharapkan dapat memberikan peningkatan performa dan efisiensi operasional secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah yakni mencakup :

1. Bagaimana melakukan *re-engineering* sistem kontrol *ignition boiler burner* dari *PLC* yang tidak dapat diakses menjadi sistem yang terbuka dan terdokumentasi?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan program *PLC* baru yang sesuai dengan kebutuhan operasional berdasarkan *flowchart* proses yang sudah dipelajari?
3. Bagaimana meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan pemeliharaan sistem kontrol untuk mengurangi ketergantungan terhadap *vendor* eksternal?
4. Bagaimana mengintegrasikan fitur kontrol yang lebih optimal, seperti *PID* control dan *monitoring* berbasis *HMI*, untuk meningkatkan flesibelitas mesin?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu mencakup :

1. Mengembangkan program *PLC* baru untuk sistem ignition boiler burner yang bersifat terbuka, terstruktur, dan terdokumentasi.
2. Mengimplementasikan sistem kontrol berbasis *PLC* yang sesuai dengan kebutuhan proses operasional berdasarkan flowchart yang telah divalidasi.
3. Meningkatkan kemandirian teknis dalam pemeliharaan dan pengembangan sistem dengan mengurangi ketergantungan pada *vendor* eksternal.
4. Mengoptimalkan fleksibelitas kontrol mesin melalui penerapan metode kontrol *PID* serta penambahan fitur *monitoring* pada *HMI*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang menjadi harapan dari penelitian terbagi menjadi dua :

1. Manfaat Teoritis

   Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, khususnya pada sistem kontrol industri berbasis *PLC*. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan dalam penerapan metode *re-engineering* sistem kontrol, terutama pada kasus sistem yang tidak memiliki akses terhadap *source code.*

2. Manfaat Praktis
   a. Bagi Perusahaan

      Meningkatkan kemandirian dalam melakukan pemeliharaan, troubleshooting, dan pengembangan sistem tanpa ketergantungan tinggi terhadap *vendor* eksternal, sehingga dapat menekan biaya operasional jangka panjang.

   b. Bagi Penulis

      Menambah pengalaman dan pemahaman dalam perancangan serta implementasi sistem kontrol industri, khususnya dalam pemrograman *PLC*, desain *HMI*, serta penerapan metode kontrol *PID*.

   c. Bagi Akademisi

      Dapat digunakan sebagai bahan kajian atau referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan sistem otomasi industri dan modernisasi perangkat kontrol.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Agar penelitian ini bisa memenuhi capaian hasil yang diinginkan maka penulis menetapkan ruang lingkup masalah. Adapun ruang lingkup masalahnya mencakup :

1. Penelitian difokuskan pada sistem kontrol ignition boiler burner yang menggunakan *PLC* sebagai pusat kendali.
2. Proses *re-engineering* dilakukan tanpa mengakses *source code* asli, melainkan menggunakan pendekatan observasi sistem eksisting dan *flowchart* dari *user*.
3. Pengembangan sistem hanya mencakup perancangan dan implementasi program *PLC* serta desain antarmuka *HMI*, Tidak mencakup Instrumen dan Pendukungnya, Hanya menyesuaikan *Interface* yang sesuai.
4. *PLC* yang digunakan sebagai pengganti adalah *Siemens S7-1200* beserta modul pendukungnya.
5. Fitur yang dikembangkan meliputi mode operasi manual dan otomatis, kontrol *PID*, serta *monitoring* sistem melalui *HMI*.
6. Pengujian sistem dibatasi pada tahap simulasi, test *I/O*, *commissioning*, dan *monitoring* awal. Penelitian tidak membahas secara mendalam integrasi dengan sistem eksternal seperti *SCADA* atau jaringan industri tingkat lanjut.

7. Analisis difokuskan pada aspek fungsional sistem kontrol, bukan pada aspek mekanikal dari *boiler*, karena tuning *PID Controller* juga dilakukan oleh operator dan *project* di serah terimakan secara fungsional saja.

1.6 Kebaharuan

Adapun beberapa penelitian yang digunakan sebagai pembanding untuk melihat kebaharuan dalam penelitian ini dapat disajikan pada berikut.

Tabel 1.1 Tabel keterbaharuan

Judul	Metode	Hasil	Research Gap
Retrofit and application of pulverized coal burners with LNG and oxygen ignition in utility boiler under ultra-low load operation (Zhao et al., 2024)	Studi eksperimen *retrofit* desain sistem *burner*	Meningkatkan performa pembakaran dan menurunkan NOx *Emission*	Tidak membahas sistem kontrol berbasis *PLC* dan tidak fokus pada *software/control logic*
Design and Application of a PLC-Based FSSS System for Gas-Fired Boiler (Liu, 2025)	Desain *Burner safety supervision system*	Memberikan design yang baik dan *safety* yang komperehensif	Sistem fokusnya terhadap *safety* dan menggunakan *family PLC* yang berbeda
Implementation of a PID Controller Using Siemens PLC (Gabor & Livint, 2022)	Studi konseptual *reverse engineering* sistem industri	Mampu mendeteksi serangan pada logika kontrol *PLC*	Tidak membahas pengembangan sistem kontrol baru atau peningkatan performa sistem
Design and Implementation of a Torque Control System Based on Siemens S7-200	Implementasi *PLC + Adaptive PID*	Meningkatkan performa kontrol torsi secara adaptif, handal dan presisi	Tidak membahas implementasi pada *PLC* spesifik maupun integrasi *HMI*. Fokusnya untuk

SMART PLC and Adaptive PID Algorithm (Fan et al., 2025)			implementasi *PID* pada Torsi kontrol
Implementation of Siemens S7-1200 *PID* Control on Festo Labvolt 3531 Plant Level Controller with Topkapi SCADA Using Modbus Communication Protocol (Supriyanto et al., 2024)	Implementasi *PID* pada *PLC* Siemens menggunakan komunikasi modbus	Sistem kontrol *PID respon steady state* bisa *error* kurang dari 2%	Membahas *PID Controller* secara *water level* yang menintegrasikan sisitem komunikasi *modbus* dengan aplikasi yang berbeda
Siemens S7-1200 *PLC DC* Motor control capabilities (Salkić et al., 2022)	Implementasi *PLC* terhadap *DC* motor	*PLC* dapat mengontrol motor *DC* dan mengatur pergerakan secara presisi	Tidak membahas penggantian sistem *Boiler Ignition* dan *Temperature controller*

Dari referensi Tabel di atas memnjukkan bahwa penelitian ini menunjukan memiliki originalitas yang kuat dan berbeda dari beberapa penelitian terdahulu. Adapun kesaman sistem hanya di keyword sistem kontrol atau metodenya. Seperti; *re-engineering* & *PID* Controller. Kebaharuan pada penelitian ini terletak pada *reengineering* Kontrol *Ignition Boiler* yang belum pernah di lakukan sebelumnya, selain itu dalam penelitian ini pembaharuan juga meliputi penggunaan *hardware* yang terbaru dan operational yang lebih koprehensif menggunakan *PLC Siemens* yang lebih baru.

1.7 Hipotesis

Hipotesis Utama (H1):

Boiler Penerapan metode *re-engineering* pada sistem kontrol *ignition boiler burner* dengan menggantikan *PLC* Siemens S7-200 ke S7-1200 diduga mampu meningkatkan keandalan sistem secara signifikan.

Hipotesis Turunan:

- **H1a :** Penggantian *PLC* dari S7-200 ke S7-1200 mampu meningkatkan fleksibilitas sistem kontrol. *PLC* S7-1200 memiliki kemampuan komunikasi dan integrasi yang lebih baik dibandingkan sistem sebelumnya. Migrasi ini mampu mengurangi risiko *downtime* akibat keterbatasan perangkat lama yang sudah *end-of-life.*
- **H1b :** P Penerapan metode *re-engineering* berbasis *black-box* memungkinkan pengembangan sistem tanpa akses *source code* asli. Analisis *input-output* sistem *existing* dapat digunakan untuk menyusun ulang logika kontrol yang setara. Sistem yang dihasilkan menjadi lebih terdokumentasi dan mudah dipahami oleh pengguna. Pendekatan ini mampu mengurangi ketergantungan terhadap *vendor* eksternal dalam pengembangan sistem.
- **H1c** : Penerapan kontrol *PID* mampu meningkatkan kestabilan parameter proses seperti temperatur. Respon sistem terhadap perubahan setpoint menjadi lebih cepat dan akurat. Nilai error dalam sistem kontrol dapat diminimalkan dibandingkan metode kontrol konvensional. Sistem menjadi lebih adaptif terhadap perubahan kondisi operasional di lapangan.
- **H1d** : Penerapan Penggunaan *HMI* mampu meningkatkan kemudahan dalam *monitoring* sistem secara *real-time*. Informasi sistem dapat ditampilkan secara lebih visual dan informatif kepada operator terutama danya tambahan fitur *Trend* untuk *Temperature* dan *Actuator Boiler*.