

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dryer system pada industri pengolahan rayon merupakan salah satu area dengan risiko kebakaran tinggi karena beroperasi pada temperatur tinggi dan mengolah material selulosa yang mudah terbakar. Pada proses produksi rayon, tahap pengeringan (*drying*) berfungsi menurunkan kadar air serat hingga mencapai kondisi ideal sekitar 9–14% sebelum produk dikemas dan didistribusikan [1][2]. Proses tersebut menggunakan *medium pressure steam* (MP) bertekanan 11 bar sehingga meningkatkan potensi terjadinya kebakaran apabila terjadi gangguan selama proses operasi [3]. Selain itu, material selulosa memiliki rentang dekomposisi termal sebesar 300–500°C sehingga berpotensi mengalami pembakaran apabila terpapar sumber panas [4]. Penelitian [5] menjelaskan bahwa kebakaran pada *dryer system* dapat dipicu oleh akumulasi debu, *self-heating*, suhu operasi yang mendekati atau melebihi *Minimum Ignition Temperature* (MIT), serta sumber penyalan seperti gesekan *bearing*, listrik statis, dan kerusakan peralatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa *dryer system* memerlukan sistem deteksi kebakaran yang mampu memberikan peringatan dini.

Berdasarkan observasi yang dilakukan penulis selama pelaksanaan magang di Industri X, proses deteksi kebakaran pada *dryer system* masih dilakukan secara manual melalui patroli operator. Ketika ditemukan indikasi kebakaran, operator akan menghubungi pihak *safety* untuk melakukan penanganan sehingga proses deteksi belum berlangsung secara *real-time*. Keterlambatan penanganan tersebut berpotensi menyebabkan **downtime produksi hingga 6 jam akibat penghentian mesin, kerusakan peralatan, serta terganggunya keberlangsungan operasi industri**. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan monitoring kondisi *dryer system* secara otomatis agar potensi kebakaran dapat dideteksi lebih dini.

Pada fase awal kebakaran membara (*smouldering*), pembakaran belum berlangsung sempurna sehingga menghasilkan gas karbon monoksida (CO)

sebelum munculnya nyala api [6]. Karakteristik tersebut menjadikan gas CO sebagai indikator awal kebakaran sehingga deteksi dapat dilakukan lebih dini dibandingkan apabila hanya mengandalkan keberadaan api atau asap.

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem deteksi kebakaran menggunakan pendekatan yang berbeda. Penelitian [9] menggunakan algoritma YOLOv4-Tiny untuk mendeteksi objek api, namun memiliki keterbatasan pada kompromi antara kecepatan dan akurasi deteksi sehingga kurang optimal untuk lingkungan industri. Penelitian lain menggunakan sensor MQ-7 berbasis ESP32 untuk mendeteksi gas karbon monoksida [10], tetapi sensor tersebut hanya memiliki rentang temperatur kerja -10°C hingga 50°C [15], sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan pada *dryer system* yang memiliki temperatur operasi tinggi. Berdasarkan kajian tersebut, belum ditemukan penelitian yang mengembangkan prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran pada *dryer system* menggunakan sensor CO analyzer industri yang diintegrasikan dengan PLC, *Human Machine Interface* (HMI), dan aktuator dalam satu sistem otomatis.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran berbasis sensor CO analyzer pada *dryer system* di industri pengolahan rayon. Prototipe mengintegrasikan sensor CO analyzer, PLC Siemens S7-1200, *Human Machine Interface* (HMI), alarm, pompa, solenoid valve, dan aktuator untuk melakukan monitoring konsentrasi gas CO secara *real-time* serta mengaktifkan alarm dan sistem pemadam kebakaran secara otomatis ketika konsentrasi gas CO mencapai nilai yang telah ditentukan. Kinerja prototipe kemudian dievaluasi melalui pengujian tegangan *input/output*, pengujian kontinuitas (*loop check*), komisioning perangkat, validasi sinyal analog masukan PLC, dan pengujian respon sistem untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan perancangan.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana merancang dan membangun prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran berbasis sensor CO *analyzer* pada *dryer system* di industri pengolahan rayon?

2. Bagaimana mengintegrasikan sensor CO *analyzer*, PLC, *Human Machine Interface* (HMI), dan aktuator menjadi satu sistem monitoring dan pemadam kebakaran otomatis?
3. Bagaimana kinerja prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan?

1.3. Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang dan membangun prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran berbasis sensor CO *analyzer* pada *dryer system* di industri pengolahan rayon.
2. Mengintegrasikan sensor CO *analyzer*, PLC, *Human Machine Interface* (HMI), dan aktuator menjadi satu sistem monitoring dan pemadam kebakaran otomatis.
3. Mengevaluasi kinerja prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan.

1.4. Manfaat Tugas Akhir

Tugas Akhir ini bermanfaat sebagai prototipe sistem monitoring dan pemadam kebakaran berbasis sensor CO *analyzer* pada *dryer system* di industri pengolahan rayon. Prototipe yang dikembangkan mampu mengintegrasikan sensor CO *analyzer*, PLC, *Human Machine Interface* (HMI), dan aktuator sehingga proses monitoring konsentrasi gas CO serta aktivasi alarm dan sistem pemadam kebakaran dapat dilakukan secara otomatis. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem monitoring dan pemadam kebakaran berbasis PLC pada lingkungan industri.

1.5. Batasan Masalah

Supaya penyusunan Tugas Akhir ini lebih terarah, maka terdapat batasan masalah yaitu:

1. Pengendali utama sistem dibatasi menggunakan PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7214-1AG40-0XB0).
2. Antarmuka operator (HMI) yang digunakan dibatasi pada SIMATIC TP900 *Comfort Panel*.

3. Sistem menggunakan satu unit sensor CO *Analyzer* Dräger Polytron 7000 sehingga proses pengambilan sampel gas CO dilakukan secara bergantian pada *chamber* zona A dan zona B dengan waktu *sampling* yang telah ditentukan. Kondisi ini menyebabkan pendeteksian kebakaran pada salah satu zona tidak bersifat *real-time* apabila kejadian kebakaran terjadi saat sensor sedang melakukan *sampling* pada zona lainnya. Deteksi akan dilakukan setelah sistem berpindah ke zona tersebut sesuai dengan siklus pengambilan sampel yang telah dirancang. Batasan ini merupakan konsekuensi dari keterbatasan jumlah sensor yang digunakan dengan pertimbangan efisiensi biaya dan desain sistem.
4. Pada sistem aktual, pemadaman kebakaran di dalam *dryer* menggunakan *steam* atau *gas inert* untuk mencegah pembasahan kapas. Namun, pada prototipe ini digunakan air sebagai media pemadaman di dalam *chamber*, yang mengacu pada standar NFPA 10, karena material yang diuji termasuk dalam klasifikasi kebakaran Kelas A. Pemilihan media air dilakukan untuk menyederhanakan sistem serta menghindari kompleksitas tambahan, seperti kebutuhan pemanas dan sistem pengaturan uap untuk menghasilkan *steam*. Selain itu, penggunaan *steam* atau *gas inert* memerlukan peralatan tambahan yang berdampak pada peningkatan biaya dan kerumitan sistem. Oleh karena itu, penggunaan air dipilih sebagai kompromi dalam perancangan prototipe agar sistem tetap sederhana, terjangkau, dan mudah direalisasikan, meskipun berpotensi menyebabkan pembasahan kapas dalam kondisi tertentu.
5. Sistematika pengujian mengikuti standar EN-54, dengan kondisi awal ruangan kosong tanpa sisa eksperimen sebelumnya. Posisi peletakan peralatan pengujian diposisikan dengan benar. Selanjutnya, ruangan dilengkapi sistem ventilasi yang diaktifkan untuk mengeluarkan sisa produk zat volatil hingga kembali ke kondisi awal [11].
6. Pengujian gas CO dibatasi pada skenario pembakaran serat rayon/kapas membara (TF3) sesuai dengan rujukan standar EN 54-26 serta mempertimbangkan aspek keselamatan *internal* perusahaan.

7. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan prototipe. Ruang lingkup penelitian dibatasi hingga tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe, sedangkan implementasi lanjutan pada lingkungan operasional penuh berada di luar ruang lingkup penelitian dan menjadi kewenangan pihak *internal* perusahaan. Implementasi sistem akan dilakukan secara *internal* Perusahaan, dibuktikan melalui surat resmi dari PT RAPP yang terlampir.
8. Penelitian ini dibatasi hingga tahap monitoring dan aktivasi pemadaman. Analisis waktu pemadaman serta waktu pemulihan sistem hingga kembali normal direkomendasikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya, dengan mempertimbangkan faktor skala aktual seperti dimensi *dryer*, jarak sumber air ke titik kebakaran, serta panjang tubing untuk suplai air dan sistem *sampling* gas CO.

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Penyusunan laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan laporan yang terdiri atas beberapa bab dan lampiran.

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini membahas tentang latar belakang masalah, tujuan tugas akhir, perumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, pembatasan masalah, dan sistematika tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Membahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan masing-masing bagian yang digunakan dalam pembuatan sistem monitoring dan pemadam kebakaran.

BAB III METODE

Merupakan bab yang membahas tentang metode perancangan alat yang menjelaskan metode EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*) yang digunakan pada skala industri.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Merupakan bab yang membahas tentang hasil pengujian dan analisa dari sistem monitoring dan pemadam kebakaran.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil perancangan dan pembuatan sistem monitoring dan pemadam kebakaran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**