



RANCANG BANGUN SISTEM FIRE ALARM DAN PENANGGULANGAN KEBAKARAN BERBASIS PLC

Putri Nazwa Apriza¹, Seno D. Panjaitan², Trias Pontia W.³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

¹putrinzwa10@gmail.com, ²seno.panjaitan@ee.untan.ac.id, ³trias.pontia@ee.untan.ac.id

Abstract

*Conventional fire protection systems in multi-story buildings are generally still limited to early warning functions through alarms without automatic and integrated initial fire suppression measures. This research aims to design and develop an automatic fire alarm and fire suppression system based on a Programmable Logic Controller (PLC) integrated with a Human-Machine Interface (HMI) for real-time monitoring of building conditions. The system was designed on a three-story prototype consisting of three zones: a smoke detector in Zone 1, a heat detector in Zone 2, and a combination of a smoke detector and temperature sensor in Zone 3. The test results showed that the system was able to detect fire conditions, update the zone status on the HMI, and activate the alarm and water pump according to the conditions of each zone. In Zone 1, the average response duration of the smoke detector at distances of 15 cm, 10 cm, and 5 cm was 41.780 ms, 29.773 ms, and 25.080 ms, respectively. In Zone 2, the average response duration of the heat detector was 8.457 ms, 12.267 ms, and 8.347 ms at the same distances. All tests were successfully completed, resulting in a success rate of 100%.
Keywords: PLC, Fire Alarm, HMI, Water Pump, Petri Net.*

Abstrak

Sistem proteksi kebakaran pada bangunan bertingkat konvensional umumnya masih terbatas pada fungsi peringatan dini berupa alarm tanpa disertai tindakan penanggulangan pemadaman awal secara otomatis dan terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem fire alarm dan penanggulangan kebakaran otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC) yang terintegrasi dengan Human-Machine Interface (HMI) guna pemantauan kondisi gedung secara real-time. Sistem dirancang pada maket tiga lantai dengan tiga zona, yaitu detektor asap pada Zona 1, detektor panas pada Zona 2, serta kombinasi detektor asap dan sensor suhu pada Zona 3. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi kondisi kebakaran, mengubah status zona pada HMI, serta mengaktifkan alarm dan water pump sesuai kondisi masing-masing zona. Pada Zona 1, rata-rata durasi respons detektor asap pada jarak 15 cm, 10 cm, dan 5 cm masing-masing sebesar 41,780 ms, 29,773 ms, dan 25,080 ms. Pada Zona 2, rata-rata durasi

Article History

Received: September 2026

Reviewed: September 2026

Published: September 2026

Plagiarism Checker No.:
237.u873247.fh8374

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under
a [Creative Commons
Attribution-NonCommercial
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



respons detektor panas sebesar 8,457 ms, 12,267 ms, dan 8,347 ms pada jarak yang sama. Seluruh pengujian menghasilkan status berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%.

Kata Kunci: PLC, Fire Alarm, HMI, Water Pump, Petri Net.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern tidak hanya membawa dampak pada sektor industri manufaktur, tetapi juga dalam bidang keselamatan dan keamanan, khususnya pada sistem proteksi kebakaran. Kebakaran merupakan salah satu bencana yang dapat menimbulkan kerugian besar, baik dari sisi material, hingga korban jiwa. Risiko ini lebih besar dibandingkan di lokasi pedesaan karena sebagian besar insiden kebakaran terjadi di daerah pemukiman perkotaan. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan terhadap sistem proteksi kebakaran yang efektif, cepat, dan andal semakin mendesak untuk diterapkan dalam berbagai aspek kehidupan, baik pada skala rumah tangga, fasilitas umum, maupun industri [1].

Urgensi pengembangan sistem proteksi kebakaran juga diperkuat oleh adanya regulasi nasional. Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (KEPMEN PU) Nomor 10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, setiap perencanaan dan perancangan instalasi pemadam kebakaran wajib mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) [2].

Di Indonesia, berdasarkan laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana, tercatat lebih dari 2.200 kasus kebakaran di berbagai wilayah dengan faktor penyebabnya meliputi korsleting listrik, kelalaian manusia, hingga kondisi lingkungan yang rentan terhadap api. Karena tingginya ancaman kebakaran, penerapan sistem deteksi dan penanggulangan yang efisien menjadi hal yang sangat krusial guna menjamin keselamatan masyarakat dan keberlanjutan operasional industri [2].

Perkembangan teknologi otomasi kemudian menghadirkan solusi baru dengan pemanfaatan Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pusat pengendali. PLC mampu mengintegrasikan input dari smoke detector dan heat detector, kemudian mengaktifkan keluaran berupa alarm maupun aktuator seperti water pump. Dengan sistem ini, deteksi kebakaran tidak berhenti pada alarm peringatan, tetapi diikuti dengan tindakan penanggulangan.

Selain PLC, keberadaan Human Machine Interface (HMI) juga memberikan kontribusi signifikan dalam sistem proteksi kebakaran modern. HMI berfungsi sebagai antarmuka visual yang memungkinkan operator memantau kondisi sistem secara real-time. Melalui HMI, operator dapat melihat status sensor, kondisi alarm, serta kinerja water pump tanpa harus memeriksa perangkat satu per satu. Hal ini meminimalisir human error, serta mempercepat pengambilan keputusan ketika terjadi kondisi darurat.

Pada sistem konvensional hanya sebatas memberikan peringatan, sedangkan sistem berbasis PLC dengan integrasi HMI mampu memberikan solusi yang lebih komprehensif. Sistem ini tidak hanya mendeteksi potensi kebakaran, tetapi juga menindaklanjuti dengan pemadaman awal serta memberikan informasi visual bagi operator. Dengan demikian, sistem berbasis PLC menjadi opsi yang lebih efektif, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan bangunan modern maupun fasilitas industri [3].

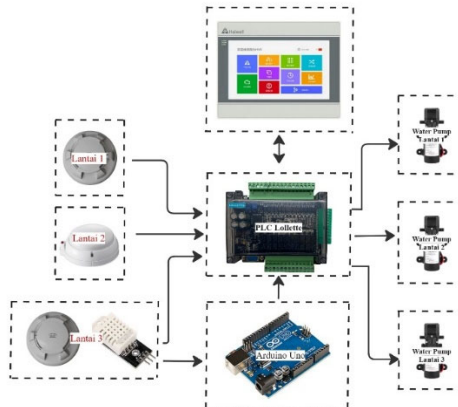
Maka penelitian ini menerapkan Rancang Bangun Sistem Fire Alarm dan Penanggulangan Kebakaran Berbasis PLC menjadi sangat penting untuk dilakukan. Sistem ini menggabungkan smoke detector, heat detector, PLC, water pump, serta HMI sehingga mampu mendeteksi kebakaran secara dini, dan monitoring real-time bagi operator.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian yang akan dilakukan adalah merancang sebuah sistem *fire alarm* dan penanggulangan kebakaran berbasis PLC. Penelitian ini menunjukkan rancangan utama sistem deteksi dan penanggulangan kebakaran otomatis.

2.1 Perancangan Sistem

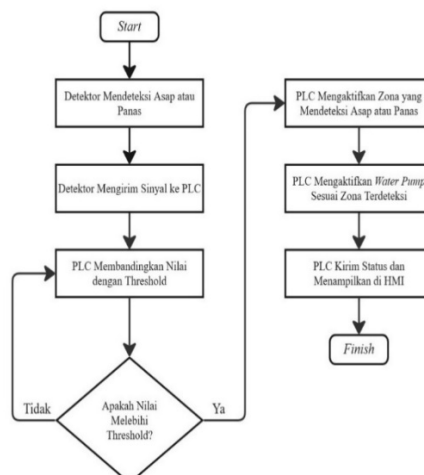
Gambar 1. Perancangan Perangkat Lunak



Pada gambar tersebut menunjukkan rancangan utama sistem deteksi dan penanggulangan kebakaran otomatis. Gambar tersebut menampilkan hubungan antara sensor pendeteksi pada setiap lantai yang mengirimkan sinyal ke PLC sebagai unit pemroses kendali utama. Pada Lantai 1, pendeteksian kebakaran menggunakan sensor asap, sedangkan Lantai 2 memanfaatkan sensor panas. Khusus pada Lantai 3, pendeteksian dilakukan melalui kombinasi dua parameter, yaitu sensor asap dan sensor suhu. Sinyal pembacaan sensor suhu terlebih dahulu diakuisisi dan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno, kemudian diteruskan melalui modul relay perantara sebagai masukan sinyal digital menuju PLC.

Ketika kondisi kebakaran terdeteksi pada salah satu lantai, PLC memproses logika masukan tersebut dan mengaktifkan modul relay keluaran untuk menyalakan water pump serta buzzer peringatan pada lantai terkait sebagai tindakan penanggulangan awal. Secara bersamaan, antarmuka HMI terhubung dengan PLC secara dua arah, yang berfungsi sebagai media pemantauan status sistem dan kondisi alarm setiap lantai secara real-time, sekaligus menyediakan fasilitas kontrol manual bagi operator seperti fungsi pemadaman alarm dan reset sistem.

Gambar 2. Flowchart Sistem





3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan Analisis Kinerja Sistem *Fire Alarm*

Tabel 1. Menyajikan Hasil Analisis Status Zona

Lantai	Kondisi Normal	Kondisi Deteksi	Status Zona	Hasil
1	Tidak terdapat asap	Detektor asap aktif	Fire	Berhasil
2	Kondisi Normal	Detektor panas aktif	Fire	Berhasil
3	Tidak terdapat indikasi	Asap dan panas memenuhi kondisi	Fire	Berhasil

Berdasarkan tabel tersebut ketiga zona mampu memberikan respons sesuai jenis sensor dan kondisi masukan. Sinyal sensor diproses oleh PLC sehingga status Normal dan Fire, alarm, serta water pump pada HMI dapat diperbarui sesuai kondisi pengujian. Zona 1 merespons simulasi asap, sedangkan Zona 2 merespons kenaikan suhu. Pada Zona 3, detektor asap memberikan respons lebih awal dibandingkan sensor suhu, namun kondisi Fire ditentukan setelah kedua parameter memenuhi logika yang telah diprogram pada PLC. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan waktu respons sensor tidak mengganggu proses pengendalian sistem

Tabel 2. Menyajikan Pengujian Output Alarm

Jenis Pengujian	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Output Alarm	✓	✓	✓

Berdasarkan tabel tersebut, ketika salah satu zona mendeteksi kondisi Fire, PLC mengaktifkan output coil yang memicu relay untuk menyalakan alarm (buzzer) dan water pump. Kondisi tersebut ditampilkan secara real-time pada HMI melalui indikator alarm dan status water pump. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PLC mampu memproses input dan mengaktifkan output sesuai dengan logika program yang dirancang.

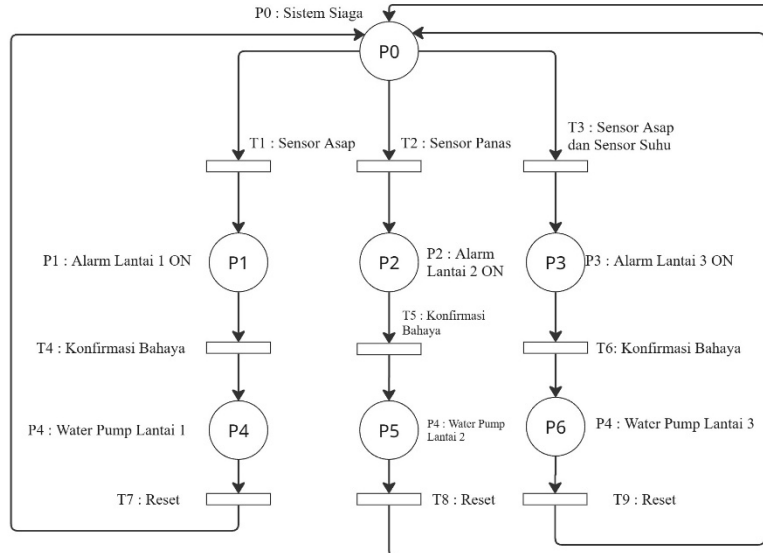
Tabel 3. Menyajikan Pengujian Tombol pada HMI

Respon Tombol pada HMI	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3
Reset All Zone	✓	✓	✓
Alarm ON	✓	✓	✓
Alarm OFF	✓	✓	✓

Berdasarkan Tabel tersebut, fungsi reset all zone, alarm ON, dan alarm OFF berhasil dijalankan pada ketiga zona. Alarm ON digunakan untuk mengaktifkan alarm, alarm OFF untuk menghentikannya, sedangkan reset all zone mengembalikan sistem ke kondisi awal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perintah dari HMI dapat mengendalikan sistem sesuai program PLC, serta mengintegrasikan kerja relay, buzzer, dan water pump pada ketiga zona.

3.2 Analisis Pemodelan Petri Net

Gambar 3. Petri Net Sistem Deteksi Kebakaran



Petri Net digunakan untuk merepresentasikan perubahan kondisi dan alur kejadian pada sistem fire alarm dan penanggulangan kebakaran berbasis PLC. Place menunjukkan kondisi sistem, transition menunjukkan kejadian yang menyebabkan perubahan kondisi, sedangkan token menunjukkan perpindahan kondisi antar-place. Seluruh kemungkinan perubahan kondisi direpresentasikan melalui Reachability Graph berdasarkan transition yang aktif.

Pada penelitian ini, Petri Net terdiri dari enam place dan sembilan transition yang menggambarkan kondisi siaga, pendeteksian kebakaran, aktivasi alarm, pengoperasian water pump, dan proses reset. P0 merupakan kondisi awal ketika seluruh zona normal dan sistem siap melakukan pemantauan. Pada Zona 1, deteksi asap mengaktifkan T1 sehingga sistem berpindah ke P1 (Alarm Lantai 1 ON). Zona 2 menggunakan detektor panas, sehingga T2 mengaktifkan P2 (Alarm Lantai 2 ON). Sementara itu, Zona 3 menggunakan kombinasi detektor asap dan sensor suhu, sehingga T3 aktif apabila kedua parameter memenuhi kondisi yang telah ditentukan dan sistem berpindah ke P3 (Alarm Lantai 3 ON). Setelah kondisi alarm teridentifikasi, T4, T5, dan T6 masing-masing mengaktifkan water pump pada Zona 1, Zona 2, dan Zona 3 melalui P4, P5, dan P6. Setelah kondisi bahaya ditangani, fungsi reset melalui T7, T8, dan T9 mengembalikan masing-masing zona ke P0 (Sistem Siaga), sehingga sistem dapat kembali melakukan pemantauan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem *fire alarm* dan penanggulangan kebakaran berbasis PLC telah bekerja sesuai dengan perancangan. Sistem berhasil mendeteksi kondisi kebakaran pada Zona 1 menggunakan detektor asap, Zona 2 menggunakan detektor panas, dan Zona 3 menggunakan kombinasi detektor asap dan sensor suhu, kemudian menampilkan perubahan status dari Normal menjadi Fire pada HMI. Ketika kondisi kebakaran terdeteksi, relay, buzzer, dan water pump berhasil aktif sesuai zona berdasarkan logika program. Fungsi kontrol HMI berupa Reset All Zone, Alarm ON, dan Alarm OFF juga berhasil dijalankan pada ketiga zona, serta log aktivitas dapat mencatat perubahan kondisi alarm, zona, dan water pump. Pada pengujian Zona 3, sistem hanya menghasilkan indikasi Fire apabila parameter asap dan suhu $\geq 60^{\circ}\text{C}$ terpenuhi, sehingga deteksi tidak aktif ketika hanya salah satu parameter terpenuhi. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa detektor asap memberikan indikasi lebih awal dibandingkan sensor suhu. Secara keseluruhan,



sistem mampu memproses perubahan kondisi input dan menampilkan status sistem serta keluaran secara real-time pada HMI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C Celina Francine. I. Garcia Joseph Bryan G. Ibarra, Effic. Perform. Eval. an Early Fire Detect. Device Using an ESP32 Wirel. Sens. Netw., 2023, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10156954>
- [2] M. Al Haramain, R. Effendi, and F. Irianto, "Perancangan Sistem Memadam Kebakaran Pada Perkantoran dan Pabrik Label Makanan PT. XYZ dengan Luas Bangunan 1125 m2," J. Mesin Teknol., vol. 11, no. 2, pp. 129-150, 2017.
- [3] Xueqi Zhao, "Design and Implementation of Intelligent Fire Detection and Alarm System in Electrical Safety System," 2024, doi: 10.1109/ViTECoN58111.2023.10156954.
- [4] Rika Sri Rizki, Ira Devi Sara, and Mansur Gapy, "Sistem Deteksi Kebakaran Pada Gedung Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)," J. Karya Ilm. Tek. Elektro, vol. 2, no. 3, pp. 99-104, 2017.
- [5] Naufal Fahmi Rosyid, Veronica Ernita Kristianti, Alona Situmeang, F. Teknologi, I. Universitas, and J. Barat, "Berbasis PLC Omron CP1EN20DR-A," pp. 239-248, 2020.
- [6] Haroon Ali Khan et al., "Automatic Fire Detection, Indication And Controlling System For Commercial Building Using Programmable Logic," vol. 14, no. 02, pp. 3350-3362, 2023, doi: 10.47750/pnr.2023.14.02.392.
- [7] F. Trias Pontia W. Shelly Indah Pratiwi, Seno Darmawan Panjaitan, "Implementasi Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis PLC Dengan Pemantauan Web (Studi Kasus Gedung Perkuliahan Universitas Widya Dharma II Pontianak)," J. Multidisiplin Saintek 2025, Available: <https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohehi/article/view/7179/6251>
- [8] Vincent Cleo D. A. P, Bagus Fatkhurrozi, and Sapto Nisworo, "Perencanaan Sistem Fire Alarm Semi-Addressable dan Sprinkler pada Bangunan Gedung Fakultas Teknik 3 Universitas Tidar," vol. 3, no. 2, pp. 458-470, 2024.
- [9] Hendro Priyatman, Muhammad Revaldi Frizky, Seno D. Panjaitan, "Rancang Bangun SCADA Dengan Teknologi Industrial IoT Diimplementasikan Pada Sistem Kendali Berbasis PLC," 2025.
- [10] A. D. Setiawan, D. J. Vresdian, L. P. Pratama, and B. W. Dionova, "Automatic Fire Extinguishing System Using Smoke Detector and Heat Detector Based on Programmable Logic Controller," vol. 20, no. 01, pp. 4-8, 2024.
- [11] Surbhi Gupta, Shefali Kanwar, and Manju Kashyap, "Performance Characteristics and Assessment of Fire Alarm System," Mater. Today Proc., vol. 57, pp. 2036-2040, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.11.184.
- [12] Sulochana Tiwari and Praveen Patel, "Design of Fire Alarm and Detection System for Hospital," vol. 2, no. 10, pp. 1301-1307, 2013.
- [13] Fauzan Tri Nugroho, Sapto Nisworo, and Agung Trihasto, "Sistem Kendali Otomatis Fire Sprinkler Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)," pp. 2-5, 2021.