

Rancang Bangun Modular *Fire Protection System* Panel Listrik Berbasis IoT Dengan Pemutusan dan Pemadaman Otomatis

Fadhil Fadlurrahman Rinaldi¹ Yenni Arnas² Basil Aldrian Prawiraatmaja³

Program Studi Teknik Listrik Bandara, Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan
Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia^{1,2,3}

Email: fadhilfadlurrahman@gmail.com¹ yenni.arnas@ppicurug.ac.id² basil@ppicurug.ac.id³

Abstrak

Panel listrik merupakan pusat distribusi tenaga listrik yang memiliki risiko kebakaran akibat hubungan arus pendek, beban berlebih, sambungan kabel yang longgar, maupun kerusakan komponen. Sistem proteksi yang umum digunakan masih terbatas pada pemutusan arus dan belum terintegrasi dengan deteksi dini serta pemadaman kebakaran otomatis. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun Modular *Fire Protection System* pada panel listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan fitur pemutusan dan pemadaman otomatis. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) Level 3 menurut Sugiyono melalui delapan tahapan pengembangan. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali, sensor MQ-2 untuk deteksi asap, sensor Flame untuk deteksi api, relay dan kontaktor untuk pemutusan daya, servo MG996R untuk mengaktifkan APAR CO₂, buzzer sebagai alarm, LCD sebagai indikator lokal, serta Blynk untuk monitoring dan notifikasi. Hasil pengujian menunjukkan sensor MQ-2 dan Flame dapat mendeteksi asap dan api hingga jarak 80 cm. Sistem mampu mengaktifkan alarm, memutus aliran listrik, menggerakkan APAR CO₂ secara otomatis, dan mengirimkan notifikasi melalui Blynk secara real-time. Prototype mengintegrasikan deteksi dini, pemutusan daya, pemadaman otomatis, dan monitoring IoT sehingga dapat meningkatkan respons proteksi terhadap potensi kebakaran panel listrik.

Kata Kunci: Panel Listrik, Modular *Fire Protection System*, Internet of Things, ESP32, Blynk



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

PENDAHULUAN

Panel listrik merupakan pusat pengendalian dan distribusi tenaga listrik yang memiliki peran penting terhadap keberlangsungan operasional suatu fasilitas. Namun, panel listrik memiliki potensi bahaya kebakaran akibat hubungan arus pendek, beban berlebih, kerusakan komponen, sambungan kabel yang longgar, kegagalan isolasi, dan percikan listrik. Pada instalasi kelistrikan, risiko kebakaran perlu diminimalkan melalui sistem proteksi yang mampu mendeteksi kondisi abnormal dan memberikan respons yang cepat. Selama pelaksanaan On The Job Training pada tahun 2025 di Bandar Udara Halim Perdanakusuma Jakarta, penulis melakukan observasi terhadap panel distribusi dan menemukan bahwa penanganan indikasi kebakaran masih membutuhkan pemeriksaan dan tindakan petugas. Perangkat proteksi konvensional seperti MCB, fuse, dan kontaktor berfungsi terhadap gangguan kelistrikan, tetapi belum secara langsung mendeteksi indikasi awal berupa asap atau nyala api serta belum terintegrasi dengan pemadaman otomatis. Penelitian terdahulu menunjukkan pengembangan sistem deteksi dan pemadaman kebakaran berbasis mikrokontroler dan IoT. Fisabili et al. (2021) mengembangkan sistem pemadam kebakaran box panel outdoor menggunakan Arduino Uno, sensor kebakaran, sensor suhu, buzzer, dan GSM. Penelitian lain mengembangkan prototype smart fire system menggunakan ESP32-CAM, sensor MQ-2, sensor api, dan solenoid valve untuk pemantauan serta pemadaman berbasis IoT. Bangun et al. (2023) juga mengembangkan sistem pemadaman dan notifikasi otomatis menggunakan sensor MQ-2, DS18B20, dan solenoid valve.

Gap penelitian terletak pada integrasi fungsi deteksi asap dan api, pemutusan daya, pemadaman menggunakan APAR CO₂, alarm, serta monitoring dan notifikasi IoT dalam satu prototype yang ditujukan secara khusus untuk panel listrik. Penelitian ini mengembangkan konsep modular sehingga fungsi deteksi, kendali, pemutusan, alarm, pemadaman, dan monitoring dapat diintegrasikan dalam satu sistem yang fleksibel. Tujuan penelitian adalah menghasilkan prototype Modular *Fire Protection System* pada panel listrik berbasis IoT yang mampu memberikan deteksi dini, pemutusan daya, pemadaman otomatis, dan informasi kondisi secara real-time.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan relevansi
1	Fisabili et al. (2021)	Rancang Bangun Sistem Pemadam Kebakaran Box Panel Outdoor Menggunakan Arduino Uno Berbasis GSM SIM800L V1	Mendeteksi kebakaran dan mengirim pemberitahuan	Arduino Uno, KY-026, DS18B20, SIM800L	Sistem mampu mendeteksi kebakaran dan memberikan pemberitahuan	Sistem deteksi dan notifikasi kebakaran; penelitian ini menggunakan ESP32, Blynk, dan APAR CO ₂ .
2	Putra dkk. (n.d.)	Prototype Smart Fire System Menggunakan Solenoid Valve dan Kamera ESP32-CAM Berbasis IoT	Monitoring dan pemadaman kebakaran berbasis IoT	MQ-2, KY-026, ESP32-CAM, solenoid valve	Mendeteksi indikasi kebakaran pada panel listrik	Penelitian ini berfokus pada panel listrik dan menggunakan APAR CO ₂ dengan servo.
3	Bangun et al. (2023)	Rancang Bangun Sistem Pemadam Kebakaran dan Notifikasi Otomatis Berbasis IoT	Pemadaman dan notifikasi otomatis	MQ-2, DS18B20, solenoid valve, Telegram/SMS	Sistem dapat mendeteksi kebakaran, melakukan pemadaman dan memberikan notifikasi	Penelitian ini menambahkan pemutusan daya, APAR CO ₂ , Blynk, dan konsep modular.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) Level 3 menurut Sugiyono (2019). Metode ini dipilih karena penelitian berorientasi pada pengembangan produk berupa prototype dan pengujian efektivitas produk. Pengembangan dilakukan melalui delapan tahapan, yaitu potensi dan masalah, mengumpulkan informasi, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba program, revisi produk, dan uji coba pemakaian. Penelitian dilaksanakan berdasarkan permasalahan pada panel distribusi di Bandar Udara Halim Perdanakusuma Jakarta. Data diperoleh melalui observasi kondisi panel, studi literatur, dokumentasi, perancangan, dan pengujian prototype. Komponen utama sistem terdiri atas ESP32, sensor MQ-2, sensor Flame, relay, kontaktor, servo MG996R, APAR CO₂, buzzer, LCD 16×2, modul LM2596, adaptor, serta aplikasi Blynk.

Pada tahap desain, sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi asap/gas dan sensor Flame untuk mendeteksi api. ESP32 memproses masukan sensor. Ketika kondisi bahaya terdeteksi, sistem mengaktifkan buzzer, memberikan perintah kepada relay untuk memutus kontaktor, dan mengirim status melalui Blynk. Jika api terdeteksi, servo MG996R menggerakkan tuas APAR CO₂ untuk melakukan pemadaman otomatis. LCD menampilkan kondisi sistem secara lokal. Pengujian dilakukan terhadap sensor Flame, sensor MQ-2, pengiriman notifikasi Blynk, fire extinguisher dan servo MG996R, buzzer, serta keseluruhan sistem. Parameter utama pengujian sensor adalah kemampuan deteksi pada jarak 10, 30, 60, 80, dan 100 cm. Pengujian keseluruhan mencakup respons API, ASAP, buzzer, kontaktor, servo, dan Blynk.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

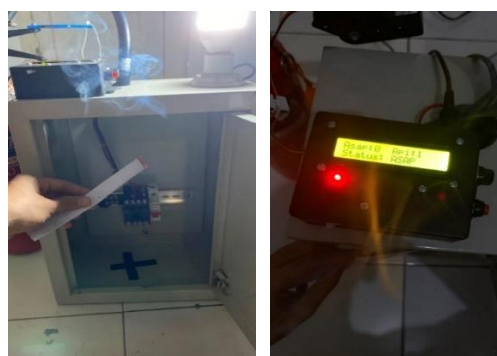
Pengujian sensor Flame menunjukkan sensor mampu mendeteksi nyala api pada jarak 10 cm, 30 cm, 60 cm, dan 80 cm, sedangkan pada jarak 100 cm sensor tidak menunjukkan fungsi deteksi. Dengan demikian, berdasarkan kondisi pengujian yang dilakukan, jarak efektif deteksi api pada prototype mencapai 80 cm. Pengujian sensor MQ-2 menunjukkan sensor mampu mendeteksi asap pada jarak 10 cm, 30 cm, 60 cm, dan 80 cm, sedangkan pada jarak 100 cm tidak terdeteksi. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor MQ-2 pada prototype memberikan respons deteksi asap hingga jarak 80 cm pada kondisi pengujian. Pengujian komunikasi menunjukkan Blynk mampu menerima status kondisi ketika sensor MQ-2 dan Flame mendeteksi indikasi kebakaran. Pada kondisi asap, sistem mengaktifkan buzzer, memutus aliran melalui relay dan kontaktor, serta mengirim notifikasi. Pada kondisi api, sistem melakukan tindakan yang sama dan menambahkan aktivasi servo MG996R untuk menekan tuas APAR CO₂. Pengujian keseluruhan pada jarak 10–80 cm menunjukkan API dan ASAP terdeteksi, buzzer aktif, kontaktor berada pada kondisi aktif pemutusan, servo bekerja, dan status Blynk berhasil dikirim. Pada jarak 100 cm, API dan ASAP tidak terdeteksi sehingga buzzer, servo, dan Blynk tidak aktif. Hasil tersebut menunjukkan seluruh fungsi utama prototype dapat bekerja terintegrasi pada rentang deteksi yang diperoleh.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsi Utama Prototype

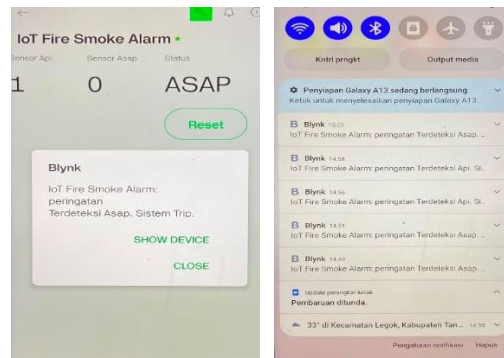
No	Parameter	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sensor Flame	Berfungsi 10–80 cm; tidak berfungsi pada 100 cm	Jarak efektif pengujian hingga 80 cm
2	Sensor MQ-2	Berfungsi 10–80 cm; tidak berfungsi pada 100 cm	Jarak efektif pengujian hingga 80 cm
3	Blynk	Notifikasi berhasil diterima saat asap/api terdeteksi	Monitoring dan notifikasi real-time
4	Buzzer	Aktif saat kondisi bahaya	Alarm peringatan
5	Kontaktor	Aktif memutus daya saat kondisi bahaya	Pemutusan otomatis
6	Servo MG996R	Berfungsi menggerakkan tuas APAR	Pemadaman otomatis saat api terdeteksi



Gambar 1. Pengujian dengan menggunakan api



Gambar 2. Pengujian dengan menggunakan asap



Gambar 3. Status notifikasi pada aplikasi blynk

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler, aktuator, dan platform IoT dapat membentuk sistem proteksi yang tidak hanya memberikan peringatan tetapi juga melakukan tindakan otomatis. Penggunaan ESP32 memungkinkan pengolahan masukan sensor sekaligus komunikasi dengan Blynk sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara real-time. Deteksi asap oleh MQ-2 dan api oleh sensor Flame memberikan dua parameter indikasi kebakaran. Ketika indikasi tersebut terdeteksi, relay mengendalikan kontaktor sebagai mekanisme pemutusan daya. Pemutusan ini penting untuk menghilangkan sumber energi listrik yang berpotensi memperbesar kejadian kebakaran, sementara APAR CO₂ digunakan sebagai media pemadaman yang sesuai untuk lingkungan peralatan listrik karena tidak meninggalkan residu. Temuan penelitian memperlihatkan perbedaan dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada deteksi, monitoring, atau pemadaman dengan satu aktuator. Prototype ini menggabungkan deteksi asap dan api, pemutusan daya, alarm, pemadaman APAR CO₂, dan notifikasi Blynk dalam satu rancangan modular. Kontribusi praktisnya adalah tersedianya prototype yang dapat dikembangkan dan disesuaikan dengan kebutuhan proteksi panel listrik.

KESIMPULAN

Penelitian berhasil menghasilkan prototype Modular *Fire Protection System* pada panel listrik berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor MQ-2, sensor Flame, relay, kontaktor, servo MG996R, APAR CO₂, buzzer, LCD, dan Blynk. Berdasarkan pengujian, sensor Flame dan MQ-2 mampu mendeteksi api dan asap hingga jarak 80 cm pada kondisi pengujian. Sistem dapat mengaktifkan alarm, memutus aliran listrik, mengaktifkan pemadaman otomatis melalui servo dan APAR CO₂, serta mengirimkan status kondisi melalui Blynk secara real-time. Kebaruan prototype terletak pada integrasi fungsi deteksi, pemutusan, pemadaman, alarm, dan monitoring IoT dalam konsep modular untuk panel listrik. Keterbatasan penelitian adalah jangkauan deteksi yang pada pengujian hanya efektif hingga 80 cm serta ketergantungan fitur monitoring pada koneksi Wi-Fi. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan sensor suhu, informasi lokasi panel pada notifikasi, aktuator dengan torsi lebih besar, dan peningkatan keamanan siber pada komunikasi IoT.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Program Studi Teknik Listrik Bandara, dosen pembimbing, serta pihak-pihak yang telah mendukung proses perancangan dan pengujian prototype.



DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, R., Pemadam, S., & Dan, K. (2023). Rancang bangun sistem pemadam kebakaran dan notifikasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Comasie*, 03.
- Darnita, Y., Discrise, A., & lainnya. (2021). Prototype alat pendeksi kebakaran menggunakan Arduino. 7(1), 3–7.
- Firmansyah, A., Wisnuadji, T. W., & lainnya. (2024). Robot pencari dan pemadam api otomatis menggunakan flame dan ultrasonic sensor berbasis automatic fire search and extinguisher robot. 3(September), 1092–1099.
- Fisabili, L. M., Wahyu, T., & Putri, O. (2021). Rancang bangun sistem pemadam kebakaran box panel outdoor menggunakan Arduino Uno berbasis GSM SIM800L V1. 11(1), 51–60.
- Mufti, M., & Reza, W. (2022). Pengembangan trainer kit pada praktikum mikrokontroler berbasis Internet of Things menggunakan Blynk. 5(2), 295–304.
- Prayitno, P., Siahaan, J. P., & Mustofa, M. B. (2022). Rancang bangun detector kebakaran panel listrik berbasis mikrocontroller ATmega 328 pada kapal penangkap ikan. 08, 697–712.
- PUIL. (2011). PUIL 2011.
- Rustiana, D., Rahayu, N., Rajendra, R. A., & lainnya. (2026). Sistem deteksi sebagai pencegahan kebakaran dengan sensor asap. 12(1), 1–12.
- Saputra, H., Yuliana, L., Rekoyoso, B., & Zulfikar, I. (2026). Inspeksi dan penilaian kelayakan pada panel listrik di tempat kerja. 5, 69–77.
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., & lainnya. (2022). Internet of Things. *Karimah Tauhid*, 1(6), 860–868.
- Subagja, B. (2025). Sistem monitoring energi listrik 3 fasa dan proteksi panel dari kebakaran berbasis IoT (Internet of Things). 1248–1254.
- Sugiyono, D. (2019). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Winata, A. A. D. I., & lainnya. (2023). Perancangan sistem monitoring kondisi solar panel tracking menggunakan Blynk.
- Yusuf, R. J. (2025). Proteksi panel distribusi. 01(01), 354–366.