

PERANCANGAN SISTEM MONITORING DETEKSI KEBAKARAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MENURUNKAN RISIKO KEBAKARAN

Angelina Riyadi¹⁾, Ellysa Nursanti²⁾, Jr. Heksa Galuh W³⁾

^{1,3)}Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

²⁾Program Studi Teknik Industri S-2, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : angelinariyadi23@gmail.com

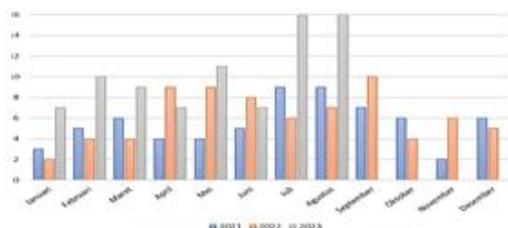
Abstrak, Peningkatan teknologi dalam revolusi industri keempat, khususnya transformasi digital, mendorong peningkatan keamanan bangunan dari ancaman kebakaran. Dalam menghadapi risiko kebakaran yang serius, diperlukan pendekatan keamanan yang lebih canggih dan adaptif. *Internet of Things* (IoT) muncul sebagai solusi potensial dalam monitoring deteksi kebakaran. Namun, sebagian besar bangunan masih mengandalkan sistem deteksi konvensional yang terpisah dan tidak terintegrasi dengan internet. Data dari UPT Pemadam Kebakaran Kota Malang menunjukkan tingginya kejadian kebakaran, sehingga perlu solusi yang lebih responsif. Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring deteksi kebakaran berbasis IoT untuk meningkatkan manajemen risiko dan merancang strategi penanggulangan yang lebih baik. Dengan metodologi penelitian eksperimental, sistem ini melibatkan sensor, perangkat komunikasi, dan *platform* kontrol operasional. Pengolahan data menggunakan FMEA untuk menganalisis efektivitas, dengan nilai RPN sebelum implementasi mencapai tingkat risiko tinggi. Setelah implementasi, nilai RPN menurun secara signifikan, seperti pada Perusahaan LPG dengan penurunan dari 720 menjadi 84 begitu juga pada kandang ayam *broiler* dan area sekolah.

Kata kunci : IoT, Deteksi Kebakaran, Risiko, FMEA, RPN

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 membawa dampak signifikan, terutama dalam konteks keamanan bangunan. Kebakaran, merupakan ancaman yang serius. Kecepatan terjadinya kebakaran dan dampak merugikan yang mungkin terjadi menempatkan pendeteksi kebakaran sebagai unsur kunci dalam menjaga keamanan bangunan.

Internet of Things (IoT) muncul sebagai solusi potensial dalam monitoring deteksi kebakaran dengan menghubungkan instrumen fisik ke internet (Skad & Nandika, 2020). Namun, sistem deteksi kebakaran yang umum digunakan saat ini masih bersifat konvensional, tanpa integrasi yang memadai dengan internet. Data kebakaran Kota Malang memperlihatkan tingginya angka kejadian terutama di perumahan, bangunan umum, dan industri.

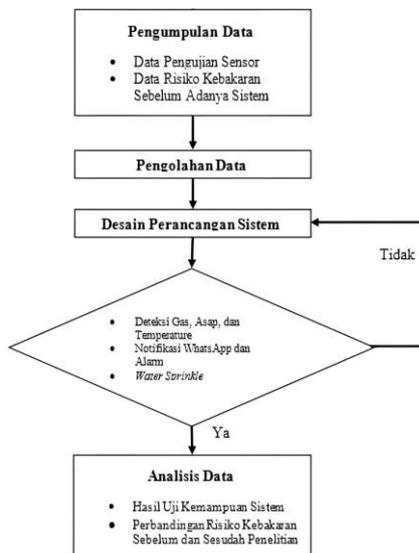


mengurangi risiko kebakaran. Dalam manajemen risiko proses evaluasi tingkat tinggi hingga rendahnya risiko yang timbul dilakukan dengan melihat hasil perkiraan seberapa sering tingkat kejadian dan keseriusan merupakan definisi dari penilaian risiko (Pradana, *et al.*, 2022). Penilaian dapat dibagi dalam tiga tingkat risiko yaitu tidak bahaya, bahaya ringan, bahaya menengah, bahaya serius, atau bahkan bahaya berlebih (Rahmawati dan Dewi, 2020).

Menurut (Priambodo, *et al.*, 2021) FMEA adalah salah satu cara analisis risiko dan secara umum memiliki tujuan untuk mengetahui prioritas dan risiko untuk mengetahui tindakan rekomendasi yang harus dilakukan. Harapannya, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan solusi yang lebih baik untuk menjaga keamanan bangunan dan mengurangi dampak negatif yang disebabkan oleh kebakaran. Melalui implementasi ini diharapkan tercipta lingkungan bangunan yang cerdas adaptif, dan meningkatkan perlindungan dan keselamatan bagi penghuni serta aset-aset bangunan.

METODE

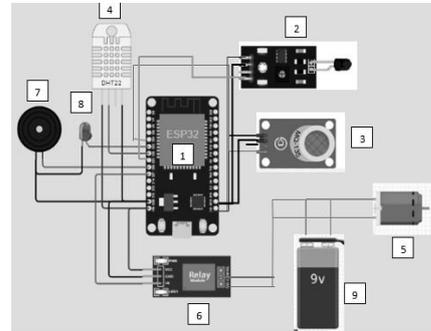
Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental dengan melakukan analisis terhadap teknologi *Internet of Things* (IoT). Untuk mengetahui apakah sistem mampu menurunkan risiko kebakaran dilakukan *peranking-an* risiko dengan teknik pengolahan data menggunakan metode FMEA (Nursanti, *et al.*, 2018). Diagram alir penelitian digambarkan pada gambar 2:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan adalah data risiko kebakaran, karena penelitian dapat diaplikasikan di berbagai tempat maka data risiko yang digunakan dalam pengujian ini ada tiga tempat diantaranya Perusahaan LPG, Kandang Ayam Broiler, dan Area Sekolah. Namun sebelum itu adalah pembuatan sistem dan pengujian sistem.



Gambar 3. Skema Rangkaian Sistem

Gambar 3 menunjukkan bagaimana skema rangkaian sistem disusun sedemikian rupa dengan menggabungkan beberapa sensor yang bekerja secara mekanis, optik, dan termal (Ishak, 2019). Dengan keterangan gambar sesuai pada tabel 1.

Tabel 1. Uji Kemampuan Sistem

No	Nama Komponen	Berfungsi Dengan Baik	Mempunyai Kendala
1	ESP32	√	X
2	Flame Sensor	√	X
3	MQ135	√	X
4	DHT11	√	X
5	DC Pump	√	X
6	Relay	√	X
7	Buzzer	√	X
8	LED	√	X
9	Adaptor	√	X
10	Blynk Web	√	X
11	Blynk Mobile	√	X
12	WhatsApp	√	X

Sumber: Pengolahan Data

Hasil uji kemampuan sistem menunjukkan semua bagian dalam sistem mampu bekerja dengan baik tanpa mengalami kendala. *Flame* sensor mendeteksi api (Fitriani *et al.*, 2018), *MQ135* sebagai sensor gas mendeteksi gas (Rosa, *et al.*, 2020), dan sensor *DHT11* mendeteksi suhu sesuai spesifikasinya (Aji, 2016). Rangkaian *water sprinkle* yang

terdiri dari *DC pump* dan *relay* sebagai sakelar pengontrol perangkat juga bekerja dengan baik (Aulia dan Munasir, 2022). *LED* dan *buzzer* sebagai notifikasi alarm juga berfungsi dengan baik dimana *buzzer* mengeluarkan suara dengan kekuatan suara 95 dBA (Windiastik, S. P., et al., 2019) dan (Natsir, et al., 2019), kemudian dapat dilanjutkan perhitungan risiko sebelum dan sesudah.

Setelah melalui perbandingan data risiko dapat dilihat pada tabel 2 risiko kebakaran pada Perusahaan LPG mengalami penurunan. Potensi kegagalan sistem otomatis yang semula memiliki nilai risiko 720 setelah adanya sistem dan tindakan menurun menjadi 84, potensi kegagalan sistem deteksi kebakaran dan gas yang semula memiliki nilai risiko 567 menurun menjadi 63, dan seterusnya.

Setelah melalui perbandingan data risiko dapat dilihat pada tabel 3 risiko kebakaran pada Kandang Ayam Broiler mengalami penurunan. Potensi pembakaran sampah di area kotoran ayam yang semula memiliki nilai risiko 432 setelah adanya sistem dan tindakan menurun menjadi 54, potensi tidak memiliki alarm yang semula memiliki nilai risiko 423 menurun menjadi 42 dan seterusnya.

Setelah melalui perbandingan data risiko dapat dilihat pada tabel 4 risiko kebakaran pada Area Sekolah mengalami penurunan. Potensi tidak memiliki APAR yang semula memiliki nilai risiko 512 setelah adanya sistem dan tindakan menurun menjadi 63, potensi tidak memiliki sistem deteksi kebakaran dan jalur evakuasi yang semula memiliki nilai risiko 504 setelah adanya sistem dan tindakan menurun menjadi 48 dan seterusnya.

Tabel 2. Perbandingan Risiko Pada Perusahaan LPG

No	Identifikasi Risiko								Pengendalian Risiko					
	Potential Failure Mode	Potential Effect	Potential Causes	Current Process Control	S	O	D	RPN S.O.D	Pengendalian Sekarang	Tindakan Rekomendasi	S	O	D	RPN S.O.D
1	Kegagalan Sistem Pemadam Otomatis	Kerugian Material dan Jiwa Tinggi	Kesalahan pengoperasian	Perawatan dan pelatihan operasional rutin	10	8	9	720	Perawatan dan pemeliharaan rutin sistem	Meningkatkan pelatihan penggunaan Pemeriksaan secara berkala Pergantian sensor apabila kinerja sistem menurun Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT	7	3	4	84
2	Kegagalan Sistem Deteksi Kebakaran dan Gas	Kebakaran dan ledakan	Sensor rusak Kegagalan sumber daya listrik sistem	Pengecekan rutin sensor deteksi Sistem cadangan untuk pasokan daya listrik sistem	9	7	9	567	Memeriksa secara berkala	Pemeriksaan berkala minimal 3 bulan sekali tiap sensor dan Melakukan pergantian sensor apabila kinerja sensor menurun Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT	7	3	3	63
3	Kebocoran Tangki Penyimpanan	Kebakaran dan ledakan	Korosi tangki penyimpanan Overpressure tangki	Pelapisan anti-korosi Pengukuran tekanan rutin	10	8	7	560	Memantau tangki dan mengganti tangki yang mengalami korosi dan bocor	Meningkatkan pemeliharaan preventive Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT	6	3	3	54
4	Kebocoran Tabung LPG	Kebakaran dan ledakan	Gangguan mekanis tabung Korosi tabung LPG	Pengecekan visual rutin Pelatihan penggunaan	9	8	7	504	Mengganti tabung yang rusak dan mengalami korosi	Memperbaiki prosedur dan pemeriksaan berkala Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT	6	4	3	72
5	Kegagalan Katup Pengaman	Kebocoran Gas	Keausan katup Kesalahan pengoperasian	Pengecekan katup secara berkala Perawatan preventif	8	8	6	384	Memeriksa katup dan penggantian berkala	Melakukan pelatihan operasional dan pemeliharaan preventif Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT	6	3	4	72

Sumber: Pengolahan Data dan Hasil Diskusi

Tabel 3. Perbandingan Risiko Pada Kandang Ayam Broiler

No	Identifikasi Risiko								Pengendalian Risiko					
	Potential Failure Mode	Potential Effect	Potential Causes	Current Process Control	S	O	D	RPN S.O.D	Pengendalian Sekarang	Tindakan Rekomendasi	S	O	D	RPN S.O.D
1	Pembakaran sampah di area kotoran ayam	Polusi dan Kebakaran	Kelalaian pekerja	Pengenalan perilaku dan pelatihan kerja	9	6	8	432	Pengenalan perilaku dan pelatihan kerja	Menegakkan kebijakan larangan pembakaran sampah di area tertentu	6	3	3	54
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
2	Tidak memiliki alarm	Keterlambatan penanganan masalah	Pemula dalam bisnis	Pelatihan kelompok bisnis	9	4	7	423	Pelatihan kelompok bisnis	Pelatihan penanganan masalah	7	3	2	42
		Kebakaran								Melakukan inspeksi kebakaran secara berkala				
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
3	Kegagalan alarm mesin	Keterlambatan menangani masalah	Tegangan listrik tinggi	Pemeriksaan berkala	8	7	7	392	Pemeriksaan secara berkala	Meningkatkan pemantauan tegangan listrik	6	2	3	36
		Kebakaran								Konsleting				
			Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT											
4	Konsleting peralatan listrik	Kebakaran	Aliran listrik menyimpang.	Pemeriksaan dan pemeliharaan berkala	8	6	7	336	Pemeriksaan dan pemeliharaan berkala	Meningkatkan pelatihan untuk mendeteksi dan menangani konsleting	6	3	2	36
										Menggunakan peralatan yang berkualitas				
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
5	Kegagalan sistem pemanas	Suhu naik dan kelembaban turun	Pemanas terlalu panas Aliran listrik menyimpang	Pemeriksaan dan pemeliharaan berkala	7	5	6	210	Pemeriksaan dan pemeliharaan berkala	Pemeliharaan preventif pemanas	6	2	3	36
		Konsleting								Menggunakan peralatan yang berkualitas				
		Kebakaran								Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				

Sumber: Pengolahan Data dan Hasil Diskusi

Tabel 4. Perbandingan Risiko Pada Area Sekolah

No	Identifikasi Risiko						Pengendalian Risiko							
	Potential Failure Mode	Potential Effect	Potential Causes	Current Process Control	S	O	D	RPN S.O.D	Pengendalian Sekarang	Tindakan Rekomendasi	S	O	D	RPN S.O.D
1	Tidak memiliki APAR	Kesulitan memadamkan kebakaran	Kurangnya pembekalan pengetahuan risiko kebakaran	Pembekalan dan pelatihan	8	8	8	512	Pembekalan dan pelatihan	Memasang APAR di lokasi strategis	7	3	3	63
										Meningkatkan pelatihan pemadam kebakaran				
										Melakukan inspeksi kebakaran secara berkala				
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
2	Tidak memiliki sistem deteksi kebakaran dan jalur evakuasi	Keterlambatan deteksi dan evakuasi keadaan darurat	Tidak adanya sistem deteksi dan jalur evakuasi yang jelas	Pembekalan dan pelatihan	9	8	7	504	Pembekalan dan pelatihan	Pemetaan jalur evakuasi yang jelas	6	2	4	48
										Melakukan inspeksi kebakaran secara berkala				
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
3	Pembakaran sampah yang terlalu dekat dengan gedung	Kebakaran gedung	Kelalaian pekerja dan pihak sekolah	Penyediaan lokasi khusus pembakaran sampah	7	7	7	343	Pembekalan pengenalan perilaku kerja	Menegakkan kebijakan pembakaran di lokasi yang ditentukan	5	3	3	45
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
4	Konsleting peralatan listrik	Kebakaran	Aliran listrik menyimpang.	Pemeriksaan dan pemeliharaan berkala	8	6	7	336	Pemeriksaan dan pemeliharaan berkala	Pelatihan penanganan masalah	5	3	4	60
										Menggunakan peralatan yang berkualitas				
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				
5	Bahan kimia tumpah	Pencemaran dan Kebakaran	Kelalaian pengguna	Pelatihan penggunaan bahan kimia dalam praktikum dan penggunaan alat pelindung diri	7	6	7	294	Pelatihan penggunaan bahan kimia dan penggunaan alat pelindung diri	Meningkatkan pengawasan dan pengendalian penggunaan bahan kimia	6	3	2	36
										Menggunakan sistem monitoring deteksi kebakaran otomatis berbasis IoT				

Sumber: Pengolahan Data dan Hasil Diskusi

Hasil uji kemampuan sistem menunjukkan bahwa komponen-komponen berfungsi dengan baik, dan penggunaan *blynk* sebagai *platform* monitoring (Harir, et al., 2019), *WhatsApp*, dan *water sprinkle* berjalan efektif untuk memberikan informasi, notifikasi, dan penanganan awal. Uji kemampuan sistem menunjukkan peningkatan respons terhadap potensi kebakaran. Analisis perbandingan risiko sebelum dan sesudah implementasi sistem mengindikasikan penurunan yang

signifikan pada nilai RPN, menunjukkan bahwa sistem deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* berhasil mengurangi risiko kebakaran dan potensi kerugian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang telah dirancang membuktikan kemampuannya dalam memberikan respons cepat terhadap potensi kebakaran, menunjukkan kinerja yang baik. Berdasarkan

perbandingan risiko implementasi sistem ini berhasil mengurangi risiko kebakaran di berbagai ruangan dan mampu mengidentifikasi potensi kegagalan. Dengan demikian kontribusi sistem terhadap peningkatan keamanan bangunan dan pengurangan risiko kebakaran termanifestasi melalui respons cepat dan efisien yang disediakan. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan melihat unsur *marketing* atau layanan purna jual, garansi, dan umur ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajie, S. (2016). Mengukur Suhu dan Kelembaban Udara Dengan Sensor DHT11 dan Arduino.
- Aulia, I., dan Munasir, M. (2022). Rancang Bangun Alat Deteksi Kebocoran Gas LPG Serta Penanggulangan Kebakaran Menggunakan Sensor MQ2 dan Sensor Api Berbasis IoT. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 306–312.
- Chrisyantar, H., Primananda, R. A. K. (2018). Implementasi Konsep Internet of Things Pada Sistem Monitoring Banjir Menggunakan Protokol MQTT. *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(12), 6128–6135.
- Fitria. (2018). Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Fitriani, W., Informatika, T., Informasi, F. T., Luhur, U. B., Utara, P., Lama, K., dan Service, W. (2018). Aplikasi Monitoring Kebakaran Berbasis IoT (Internet of Things) Menggunakan Fuzzy Logic dan Microcontroller Wemos D1 Mini, Sensor Suhu Dht22, Sensor Asap Mq-7, dan Flame Sensor Dengan Memberikan Informasi Melalui SMS (Short Message Service) di PT. *Jurnal Skanika*, 1(1), 159–165.
- Harir, R., Novianta, M. A., dan Kristiyana, D. S. (2019). *Jurnal Elektrikal*, 6(1), 1-10.
- Ishak, L. F. (2019). Perancangan Sistem Buka Tutup Atap Stadion Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328P. *Jurnal Litek : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 16(2), 36.
- Natsir, M., Rendra, D. B., dan Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IoT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO (Pengembangan Riset dan Observasi Rekayasa Sistem Komputer)*, 6(1), 69–72.
- Nursanti, E., Sibut, Hutabarat, J., dan Septiawan, A. (2018). Risk Management in Subsea Pipelines Construction Project Using Delphi Method, FMECA, and Continuous Improvement. *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(11), 3834–3838.
- Pradana, G. L., Handoko, F., & W, H. G. (2022). Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assesment, and Risk Control (HIRARC) (Studi Kasus UD. Tohu Srijaya, Batu - Jawa Timur). *Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industri)*, 5(2), 10–18.
- Priambodo, B., Nursanti, E., dan Laksmana, D. I. (2021). Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 7(2), 7–12.
- Rahmawati, A. S., dan Dewi, R. P. (2020). View Metadata, Citation and Similar Papers at core.ac.uk. Pengaruh Penggunaan Pasta Labu Kuning (Cucurbita Moschata) Untuk Substitusi Tepung Terigu Dengan Penambahan Tepung Angkak Dalam Pembuatan Mie Kering. 3, 274–282.
- Rosa, A. A., Simon, B. A., dan Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 23–28.
- Skad, C., dan Nandika, R. (2020). Perancangan Alat Pakan Ikan Berbasis Internet of Thing (IoT). *Sigma Teknika*, 3(2), 121–131.
- Windiaistik, S. P., Ardhana, E. N., dan Triono, J. (2019). Perancangan Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (Internet of Thing). *Seminar Nasional Sistem Informasi (SENASIF)*, 3, 1925-1931.