

Analisis Fire Risk Assessment pada Perusahaan Manufaktur Komponen Kereta Api

Taka Abdan Syakura¹, Moch. Luqman Ashari² dan Mades Darul Khairansyah³

^{1,2}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: takaabdan@student.ppns.ac.id

Abstrak

Sektor perkeretaapian nasional sangat didukung oleh industri manufaktur komponen kereta api Indonesia. Perusahaan ini membuat berbagai komponen penting seperti bodi mobil aluminium, interior dan eksterior, serta sistem propulsi. Dengan cakupan operasional di beberapa lokasi strategis, penelitian ini memfokuskan pada gedung dan *workshop* Candi Sewu di Madiun, sebuah pusat produksi yang mengelola material esensial seperti interior kereta api, plat panel, dan kabel, serta menggunakan peralatan cutting laser. Aktivitas produksi yang intensif, penggunaan daya listrik tinggi, operasional perkantoran, dan sistem kelistrikan yang kompleks menciptakan risiko kebakaran signifikan. Mengacu pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.KEP.186/MEN/1999, *workshop* Candi Sewu dikategorikan dalam tingkat bahaya kebakaran sedang I. Insiden kebakaran dalam industri manufaktur dapat mengakibatkan kerugian material dan korban jiwa yang masif, merusak reputasi, serta menimbulkan implikasi hukum. Data Kementerian Ketenagakerjaan Indonesia tahun 2022 menunjukkan bahwa 12% kecelakaan kerja di sektor manufaktur disebabkan oleh kebakaran, mengindikasikan perlunya mitigasi risiko yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi sistem proteksi kebakaran yang ada di *workshop* Candi Sewu, serta memberikan rekomendasi perbaikan. Mengingat keterbatasan data identifikasi bahaya yang valid, penelitian ini menggunakan metode Fire Risk Assessment (FRA) kualitatif berbasis *checklist* yang mengacu pada NFPA 551 Tahun 2022 dan didukung oleh expert judgment. Hasil analisis menunjukkan bahwa tiga area (pantry, cutting laser, dan QC) yang awalnya memiliki potensi kebakaran tinggi, berhasil menurunkan tingkat risikonya menjadi sedang setelah penambahan sistem proteksi. Sementara itu, delapan area lain (kantor lantai 1, produksi part 1, logistik, gudang, kantor lantai 2, produksi part 2, kantor lantai 3, produksi part 3) yang sebelumnya berpotensi sedang, berhasil mencapai potensi kebakaran rendah setelah evaluasi dan implementasi proteksi tambahan. Peningkatan sistem proteksi ini menjadi esensial untuk meminimalkan risiko kebakaran yang dapat terjadi sewaktu-waktu di lingkungan manufaktur yang dinamis.

Kata Kunci: *Fire Risk Assessment (FRA), NFPA 551, potensi kebakaran, proteksi kebakaran, Keselamatan Kerja, Mitigasi Risiko, Industri Manufaktur*

Abstract

The railway component manufacturing industry in Indonesia plays a crucial role in supporting the national railway sector. It produces various vital components such as aluminium carbody, interior, exterior, and propulsion system. With operations in several strategic locations, this study focuses on the Candi Sewu building and workshop in Madiun, a production centre that manages essential materials such as train interiors, panel plates, and cables, and uses laser cutting equipment. Intensive production activities, high electrical power usage, office operations, and complex electrical systems create significant fire risks. Referring to the Decree of the Minister of Manpower No.KEP.186/MEN/1999, Candi Sewu workshop is categorised in moderate fire hazard level I. Fires in the manufacturing industry can result in massive material losses and casualties, damage reputations, and legal consequences. Data dari Ministry of Manpower Indonesia tahun 2022 menunjukkan bahwa 12 persen dari work accidents in the manufacturing sector are caused by fires. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan dan mengevaluasi sistem pencegahan kebakaran yang ada di Sewu Temple workshop dan memberikan saran untuk perbaikan. A checklist-based qualitative Fire Risk Assessment (FRA) method that refers to NFPA 551 Year 2022 and is supported by expert judgment is used in this research given the limitations of valid hazard identification data. The results of the analysis showed that three areas (pantry, laser cutting, and QC) that initially had high fire potential, managed to reduce their risk level to medium after the addition of protection systems. Meanwhile, eight other areas (1st floor office, 1st part production, logistics, warehouse, 2nd floor office, 2nd part production, 3rd floor office, 3rd part production) that previously had a medium potential, successfully achieved a low fire potential after evaluation and implementation of additional protection. These protection system upgrades are essential to minimise the risk of fire that can occur at any time in a dynamic manufacturing environment.

Keywords: *Fire Risk Assessment (FRA), NFPA 551, fire potential, fire protection, Occupational Safety, Risk Mitigation, Manufacturing Industry*

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur komponen kereta api di Indonesia memegang peranan vital sebagai penopang utama industri perkeretaapian nasional. Perusahaan ini tidak hanya menyediakan jasa konsultasi rekayasa, tetapi juga memproduksi beragam komponen krusial seperti *carbody* aluminium, interior, eksterior, sistem propulsi kereta, dan panel *railway*, didukung oleh layanan *laser cutting & marking* dan *retail*. Dengan operasional yang tersebar di beberapa lokasi strategis, termasuk *workshop* Inka, *workshop* Sukosari, dan *warehouse* Rejomulyo, perusahaan ini mengelola rantai pasok yang kompleks guna menjamin kelangsungan produksi dan ketersediaan suku cadang kereta api di Indonesia.

Penelitian ini memfokuskan pada gedung dan *workshop* Candi Sewu di Madiun, sebuah fasilitas vital yang berfungsi sebagai pusat produksi komponen kereta api. Di dalamnya, tersimpan beragam material esensial seperti interior kereta api, plat panel, dan kabel, serta beroperasi peralatan *cutting laser* yang mendukung proses fabrikasi. Intensitas aktivitas produksi, penggunaan peralatan listrik berdaya tinggi, operasional perkantoran, dan sistem kelistrikan yang kompleks di *workshop* Candi Sewu secara inheren menciptakan risiko kebakaran yang signifikan. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.KEP.186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja, *workshop* Candi Sewu diklasifikasikan dalam tingkat bahaya kebakaran sedang I, menekankan urgensi manajemen risiko kebakaran yang efektif.

Kebakaran merupakan ancaman besar bagi lingkungan industri, terutama di fasilitas manufaktur komponen kereta api. Ini dapat menyebabkan kerugian material besar dan bahkan korban jiwa. Risiko kebakaran meningkat seiring dengan kompleksitas bangunan dan tingkat aktivitas produksi yang tinggi. Kebakaran tidak hanya menyebabkan kerusakan aset dan gangguan produksi, tetapi juga dapat merusak reputasi perusahaan,

menimbulkan masalah hukum, dan, yang paling penting, membahayakan keselamatan karyawan. Oleh karena itu, untuk melindungi seluruh aset perusahaan, termasuk sumber daya manusia, dan memastikan keberlanjutan operasional, penerapan sistem perlindungan kebakaran yang efektif merupakan keharusan selain peraturan.

Sektor manufaktur di Indonesia telah mengalami pertumbuhan pesat dan menjadi salah satu pilar utama perekonomian nasional. Namun, di balik kemajuan tersebut, terdapat tantangan serius terkait keselamatan dan kesehatan kerja. Sebuah laporan tahunan Kementerian Ketenagakerjaan Indonesia tahun 2022 menunjukkan bahwa kebakaran menyumbang sekitar 12% dari semua kecelakaan kerja yang terjadi di industri manufaktur (Yuli et al., 2022). Angka ini menunjukkan bahwa pelaku industri kurang memperhatikan mitigasi risiko kebakaran meskipun industri berkembang pesat. Fenomena ini menunjukkan bahwa ada perbedaan antara industrialisasi yang cepat dan penerapan standar keselamatan yang ketat.

Dalam konteks yang lebih spesifik, perusahaan manufaktur komponen kereta api menghadapi tingkat risiko kebakaran yang jauh lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat proses produksi yang sangat kompleks dan melibatkan berbagai jenis material mudah terbakar. Aktivitas inti seperti pemotongan logam (*cutting*), pengelasan (*welding*), dan pengecatan yang menggunakan bahan kimia mudah terbakar adalah contoh nyata dari operasi yang memiliki potensi besar memicu kebakaran. Uap bahan kimia cat dapat membuat atmosfer yang eksplosif, sementara panas dari pengelasan atau percikan api dari pemotongan logam dapat dengan mudah menyulut material yang tersimpan. Akibatnya, bagi bisnis di industri ini, pengelolaan risiko kebakaran telah menjadi keharusan strategis untuk melindungi aset, menjamin keberlangsungan operasional, dan, yang paling penting, menjaga keselamatan pekerja (Ramachandran, 2019). Tindakan preventif dan responsif yang terencana dan dilaksanakan dengan baik harus disertakan dengan kesadaran akan ancaman ini.

Evaluasi sistem perlindungan kebakaran yang efektif mutlak dimulai dengan pencarian dan penilaian menyeluruh bahaya dan risiko kebakaran. Strategi perlindungan yang tepat sasaran dibangun di atas penilaian ini. Menurut data arsip tahun 2021, perusahaan belum memiliki dokumen identifikasi bahaya yang sah, menurut penelitian ini. Karena tidak adanya data yang objektif, analisis bahaya dan risiko kebakaran harus menggunakan pendapat ahli sebagai acuan utama. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa penilaian selalu didasarkan pada pengalaman dan pengetahuan mendalam tentang ancaman yang mungkin terjadi di lingkungan operasional perusahaan.

Untuk mengatasi keterbatasan data internal, penelitian ini mengadopsi metodologi Fire Risk Assessment (FRA) berbasis National Fire Protection Association (NFPA) 551 tahun 2022. NFPA 551 menyediakan kerangka kerja yang diakui secara internasional untuk melakukan penilaian risiko kebakaran, memastikan standar keamanan yang tinggi dan praktik terbaik. Metode yang digunakan dalam FRA ini adalah kualitatif berbasis *checklist*. Pendekatan *checklis* memungkinkan identifikasi sistematis terhadap berbagai potensi bahaya dan kondisi yang meningkatkan risiko kebakaran. Tujuannya adalah untuk menilai risiko yang terkait dengan setiap tindakan atau pekerjaan yang dilakukan di area yang dapat mengalami kebakaran secara menyeluruh dan juga untuk mengevaluasi potensi bahaya yang ditimbulkan terhadap orang-orang yang tinggal di sekitar area tersebut. Selanjutnya, hasil penilaian ini diinterpretasikan menggunakan matriks risiko. Matriks ini mengkategorikan tingkat risiko menjadi kategori rendah, sedang, atau tinggi berdasarkan kemungkinan insiden dan tingkat keparahannya. Oleh karena itu, FRA ini menunjukkan tidak hanya di mana dan bagaimana kebakaran dapat terjadi, tetapi juga seberapa besar dampaknya, yang memungkinkan pengembangan metode mitigasi yang lebih baik.

1. FIRE RISK ASSESSMENT (FRA)

Penilaian Risiko Kebakaran (FRA) adalah pendekatan sistematis yang sangat penting untuk menemukan, mengevaluasi, dan mengawasi kemungkinan bahaya kebakaran pada bangunan atau lingkungan tertentu. Tujuan evaluasi FRA adalah untuk menentukan tingkat risiko kebakaran, mengevaluasi seberapa efektif langkah-langkah pencegahan yang telah diambil, dan membuat strategi mitigasi untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran (Hadjisophocleous, G. & Mehaf Karakteristik struktural bangunan, keberadaan material yang mudah terbakar, dan pola aktivitas penghuni adalah beberapa komponen yang dipertimbangkan dalam proses evaluasi ini. Tabel berikut menunjukkan implementasi FRA.

Implementasi FRA

Kategori	Aplikasi
Evaluasi Proyek Bangunan	Mendemonstrasikan pengembangan dalam fasilitas keselamatan kebakaran
	Mendemonstrasikan kesesuaian sebuah performa berdasarkan rancangan
	Mendemonstrasikan kecukupan dari fasilitas <i>existing</i>
	Mendemonstrasikan kecukupan sebuah rancangan
Kelas masalah dari penggunaan	Mendemonstrasikan kesesuaian dari penggunaan bahan baru
	Menentukan proteksi yang dibutuhkan untuk
Aplikasi umum	Mendemonstrasikan perkembangan keselamatan
	Kebakaran
	Membuat kebutuhan tanggap darurat

(Sumber: NFPA 551, 2022)

Dalam melakukan Fire Risk Assessment terdapat 5 jenis metode yang rinciannya dapat dilihat pada Tabel Kategori Metode FRA.

Kategori Metode FRA

Kategori	Definisi	Jenis Output
Metode kualitatif	Menggunakan <i>likelihood</i> dan <i>consequence</i> secara kualitatif	Pengolahan hasil, kemungkinan, dan efek dari berbagai perlindungan
Metode semikualitatif <i>likelihood</i>	Menggunakan <i>likelihood</i> secara kuantitatif dan <i>consequence</i> secara kualitatif	Determinasi frekuensi dan jenis perlindungan kebakaran yang berbeda
Metode semikuantitatif <i>consequence</i>	Menggunakan <i>consequence</i> secara kuantitatif dan <i>likelihood</i> secara kualitatif	Determinasi metode untuk simulasi kebakaran menggunakan representasi kualitatif

Metode kuantitatif	Menggabungkan perkiraan kuantitatif antara <i>likelihood</i> dan <i>consequence</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penentuan kerugian 2. Penentuan probabilitas 3. Penentuan probabilitas di ruangan lainnatau bangunan 4. Perencanaan frekuensi vs korban jiwa 5. Perencanaan frekuensi vs OR 6. Penentuan <i>likelihood</i> korban jiwa, kerusakan properti, gangguan OR 7. Penentuan risiko individu (penghuni bangunan) dan risiko seluruh penduduk sekitar
Metode risiko biaya-manfaat	Penentuan biaya pendekatan alternatif untuk membatasi <i>likelihood</i> dan/atau <i>consequence</i>	Menghitung biaya untuk memenuhi berbagai tingkat risiko atau menentukan cara terbaik untuk memaksimalkan perlindungan kebakaran dengan meminimalkan "keseluruhan risiko" atau kriteria risiko

(Sumber: NFPA 551, 2022)

Metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah metode kualitatif, dalam metode kualitatif terdapat beberapa metode yang tertera pada Tabel Metode Kualitatif.

Metode Kualitatif

No	Metode	Definisi
1.	<i>What If Analysis</i>	Metode ini mengevaluasi kemungkinan kesalahan dalam desain, konstruksi, modifikasi, atau operasi. Metode ini menggunakan "bagaimana jika?" sebagai bentuk pertanyaan. Tujuannya adalah untuk menemukan urutan terjadinya kecelakaan sehingga dapat menentukan bahaya, konsekuensi, dan cara mengurangi risiko.
2.	<i>Checklist</i>	<i>Checklist</i> merupakan teknik untuk memeriksa item tertentu untuk mengidentifikasi potensi bahaya, seperti kesalahan desain, frekuensi, dan dampak kebakaran. Kemudian, item yang diidentifikasi dibandingkan dengan standar yang relevan.
3.	<i>NFPA Fire Concept Tree</i>	Penjelasan terkait metode ini dapat dilihat dari NFPA 550 " <i>Guide to the Fire Safety Concept Tree</i> ". yang menunjukkan semua komponen yang dapat dipertimbangkan saat mengevaluasi keselamatan kebakaran dan hubungan antara komponen tersebut yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan keselamatan kebakaran. Hasil dari metode ini adalah satu atau lebih

		strategi keselamatan kebakaran yang secara alami memenuhi tujuan.
--	--	---

(Sumber: NFPA 551, 2022)

Kemudian untuk penilaian risiko kebakaran yang diperoleh dari *likelihood* dan *severity* dapat ditentukan dengan *risk matrix* sebagai berikut dengan melihat Tabel *Risk Matrix* untuk nilai risk matrix, Tabel *Probability* untuk nilai *probability* dan Tabel *Consequence* untuk *consequence*.

Tabel Skala *Probability*

<i>Probability</i>	<i>Description</i>
<i>Frequent</i>	Kemungkinan sering terjadi, dialami ($p > 0,1$)
<i>Probable</i>	Akan terjadi beberapa kali selama masa pakai sistem ($p > 0,001$)
<i>Occasional</i>	Tidak mungkin terjadi dalam operasi sistem tertentu ($p > 10^{-6}$)
<i>Remote</i>	Jadi tidak mungkin, dapat diasumsikan bahaya ini tidak akan dialami ($p < 10^{-6}$)
<i>Improbable</i>	Probabilitas kejadian tidak dapat dibedakan dari nol ($p \sim 0,0$)

(Sumber: NFPA 551, 2022)

Tabel Skala *Consequence*

<i>Consequence</i>	<i>Impact</i>
<i>Negligible</i>	Institusi, operasi, dan lingkungannya tidak akan terpengaruh secara nyata oleh kerugian tersebut karena kerugiannya sangat kecil.
<i>Marginal</i>	Fasilitas tersebut akan terdampak oleh kerugian tersebut dan mungkin perlu menghentikan sementara beberapa operasinya. Mungkin diperlukan sejumlah biaya untuk memulihkan fasilitas tersebut dan beroperasi kembali. Kemungkinan akan ada korban luka ringan. Ekosistem di sekitarnya dapat rusak akibat kebakaran.
<i>Critical</i>	Fasilitas akan sangat terpengaruh oleh kerugian dan mungkin harus menghentikan operasinya. Mengembalikan fungsionalitas penuh mungkin membutuhkan biaya yang besar. Mungkin ada potensi korban jiwa serta cedera pribadi. Kerusakan lingkungan yang signifikan dan tidak dapat diperbaiki dapat diakibatkan oleh kebakaran.
<i>Catastrophic</i>	Kebakaran akan menyebabkan satu atau lebih korban jiwa atau cedera, atau akan menimbulkan dampak yang sangat buruk pada operasi, sehingga mengharuskan penghentian sementara atau permanen. Jika terjadi kebakaran, pabrik akan langsung berhenti beroperasi. Kerusakan yang signifikan dan permanen terhadap lingkungan dapat terjadi akibat kebakaran.

(Sumber: NFPA 551, 2022)

Setelah diketahui skala *probability* dan *severity* penilaian risiko dilanjutkan dengan menentukan skala *risk matrix* yang tertera pada Tabel *Risk Matrix*.

Tabel *Risk Matrix*

<i>Frequent</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>Probable</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>Occasional</i>	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>
<i>Remote</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>
<i>Improbable</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>
	<i>Negligible</i>	<i>Marginal</i>	<i>Critical</i>	<i>Catastrophic</i>

■ = Rendah ■ = Menengah ■ = Tinggi

(Sumber: NFPA 551, 2022)

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian Risiko Kebakaran (*Fire Risk Assessment/FRA*) merupakan suatu proses yang berfokus pada identifikasi dan karakterisasi risiko kebakaran. Meskipun memiliki kemiripan dengan metode Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (HIRADC), FRA menawarkan analisis yang lebih komprehensif terhadap potensi bahaya kebakaran yang mungkin timbul. Mengacu pada standar NFPA 551 tahun 2022, penulis menggunakan metodologi yang didasarkan pada komponen likelihood, severity, dan risk matrix dalam penilaian risiko ini. Nilai kemungkinan, tingkat keparahan, dan matriks risiko dalam studi ini didasarkan pada praduga yang dibuat di setiap bidang dan dikonfirmasi oleh penilaian profesional. Tabel Penilaian Risiko Kebakaran menampilkan temuan-temuan dari penilaian risiko kebakaran berbasis daftar periksa untuk ruang kantor dan *workshop* Candi Sewu.

Tabel 4. 1 Fire Risk Assessment Metode Checklist NFPA 551 Tahun 2022

NO	AREA	FIRE HAZARD	EXISTING FIRE PROTECTION	INHERENT FIRE RISK			ADDITIONAL FIRE PROTECTION	RESIDUAL FIRE RISK		
				LIKELIHOOD	SEVERITY	RISK		LIKELIHOOD	SEVERITY	RISK
1.	Office Lantai 1	Konsleting listrik	APAR	Remote	Critical	Moderate	APAR, Alarm & Detector	Remote	Marginal	Low
2.	Pantry	Kebakaran, konsleting listrik, kebocoran gas	APAR	Occasional	Catastrophic	High	APAR, Hidran, Alarm & Detector	Remote	Critical	Moderate
3.	Cutting Lasser	Kebakaran, high voltage	APAR	Occasional	Catastrophic	High	APAR, Hidran, Alarm & Detector	Occasional	Critical	Moderate
4.	Produksi Part 1	Kebakaran, konsleting listrik	APAR	Occasional	Critical	Moderate	APAR, Sprinkler, Alarm & Detector	Remote	Marginal	Low
5.	Ekspedisi	Kebakaran, konsleting listrik, puntung rokok	APAR	Remote	Critical	Moderate	APAR, Sprinkler, Alarm & Detector	Remote	Marginal	Low

Tabel 4. 2 Lanjutan Fire Risk Assessment Metode Checklist NFPA 551 Tahun 2022

NO	AREA	FIRE HAZARD	EXISTING FIRE PROTECTION	INHERENT FIRE RISK			ADDITIONAL FIRE PROTECTION	RESIDUAL FIRE RISK		
				LIKELIHOOD	SEVERITY	RISK		LIKELIHOOD	SEVERITY	RISK
6.	Gudang	Kebakaran, konsleting listrik	APAR	<i>Remote</i>	<i>Critical</i>	<i>Moderate</i>	APAR, Sprinkler, Alarm & Detector	<i>Remote</i>	<i>Marginal</i>	<i>Low</i>
7.	<i>Office Lantai 2</i>	Konsleting listrik, <i>high voltage</i> , puntung rokok	APAR	<i>Remote</i>	<i>Critical</i>	<i>Moderate</i>	APAR, Alarm & Detector	<i>Remote</i>	<i>Marginal</i>	<i>Low</i>
8.	Produksi Part 2	Konsleting listrik	APAR	<i>Occasional</i>	<i>Critical</i>	<i>Moderate</i>	APAR, Alarm & Detector	<i>Remote</i>	<i>Marginal</i>	<i>Low</i>
9.	<i>Office Lantai 3</i>	Konsleting listrik	APAR	<i>Remote</i>	<i>Critical</i>	<i>Moderate</i>	APAR, Alarm & Detector	<i>Remote</i>	<i>Marginal</i>	<i>Low</i>
10.	Produksi Part 3	Konsleting listrik, <i>high voltage</i>	APAR	<i>Occasional</i>	<i>Critical</i>	<i>Moderate</i>	APAR, Alarm & Detector	<i>Remote</i>	<i>Marginal</i>	<i>Low</i>
11.	<i>Quality Control (QC)</i>	<i>High voltage</i>	APAR	<i>Occasional</i>	<i>Catastrophic</i>	<i>High</i>	APAR, Alarm & Detector	<i>Occasional</i>	<i>Critical</i>	<i>Moderate</i>

3. KESIMPULAN

Studi ini secara efektif melakukan Penilaian Risiko Kebakaran (FRA) kualitatif di gedung dan *workshop* Candi Sewu di Madiun, yang sangat penting untuk produksi komponen kereta api. Berdasarkan pendapat para ahli dan standar NFPA 551 Tahun 2022, penilaian ini menentukan keefektifan sistem proteksi yang ada saat ini dan menyoroti kemungkinan ancaman kebakaran. Temuan analisis menunjukkan bahwa setelah menambahkan lebih banyak tindakan keamanan seperti hidran, sirene, dan detektor, lokasi-lokasi berisiko tinggi termasuk pantry, pemotongan laser, dan Quality Control (QC) berhasil menurunkan peringkat risiko mereka menjadi sedang.

Setelah dievaluasi dan sistem proteksi seperti sprinkler, alarm, dan detektor dipasang, delapan area tambahan yang pada awalnya memiliki potensi sedang-kantor lantai satu, produksi bagian pertama, logistik, gudang, kantor lantai dua, produksi bagian kedua, kantor lantai tiga, dan produksi bagian ketiga-mencapai potensi kebakaran yang rendah. Mempertahankan kelangsungan operasional, mengurangi risiko kebakaran di lingkungan produksi yang dinamis, dan yang terpenting-memastikan keselamatan jiwa personel dan properti perusahaan, semuanya dimungkinkan oleh kemajuan besar dalam sistem proteksi kebakaran ini. Pentingnya manajemen risiko kebakaran yang proaktif dan berjangka panjang dalam industri manufaktur disoroti oleh temuan ini.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian jurnal ini. Apresiasi yang tulus disampaikan kepada:

- Terima kasih atas kesempatan dan informasi untuk melakukan penelitian di bangunan dan *workshop* Candi Sewu, terima kasih kepada Perusahaan Manufaktur Komponen Kereta Api. Kolaborasi ini sangat penting untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan.
- Penilaian ahli untuk memvalidasi data dan memberikan wawasan, sehingga memungkinkan analisis risiko kebakaran yang lebih menyeluruh dan tepat.
- Pendekatan penelitian ini didasarkan pada standar dan pedoman yang relevan dari National Fire Protection Association (NFPA) (NFPA 551 Tahun 2022).
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia atas data dan regulasi terkait keselamatan kerja yang menjadi dasar klasifikasi tingkat bahaya kebakaran.
- Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, saran, dan motivasi selama proses penelitian hingga penulisan jurnal ini.

5. DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan
FRA	<i>Fire Risk Assessment</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
APAR	Alat Pemadam Api Ringan

QC	<i>Quality Control</i>
KEP	Keputusan
MEN	Menteri
HIRADC	<i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i>
BS	<i>British Standard (Penilaian Risiko Kebakaran)</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi, Cepi Safruddin Abdul Jabar. 2009. *Evaluasi Program Pendidikan : Pedoman Teoretis Praktis Bagi Praktisi Pendidikan*. 3rd ed. Jakarta: Bumi Aksara.
- BS 9999. 2017. *Code of Practice for Fire Safety in the Design, Management and Use of Buildings*. British Standards Institution.
- Hadjisophocleous, G., & Mehaffey, J. 2020. "Fire Safety Engineering." *CRC Press*. Hadjisophocleous, G., & Mehaffey, J. 2020. *Fire Risk Assessment: An Introduction*. Springer. ISO 31000. 2018. *Risk Management – Guidelines*. International Organization for Standardization.
- Kementerian Tenaga Kerja. 1999. "Keputusan Menteri Tenaga Kerja No:KEP.186/MEN/1999." *Keputusan Presiden R.I. Nomor Pembentukan Kabinet Reformasi Pembangunan* 1(4): 1–15.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.KEP.186/MEN/1999. 1999. *Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja*. Kementerian Tenaga Kerja Republik Indonesia.
- NFPA 13. 2022. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. National Fire Protection Association. NFPA 551. 2022. *Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments*. National Fire Protection Association. NFPA 72. 2022. *National Fire Alarm and Signaling Code*. National Fire Protection Association.
- NFPA 101. 2021. *Life Safety Code*. National Fire Protection Association.
- Ramachandran, G. 2019. *Fire Safety Management and Engineering*. Butterworth-Heinemann. Ramachandran, G. 2019. *Fire Safety Management Handbook*. CRC Press.
- Yuli, Adiratna et al. 2022. *Profil Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022*.
- Yuli, H. A., et al. 2022. *Analisis Kecelakaan Kerja pada Sektor Manufaktur di Indonesia Berdasarkan Data Kementerian Ketenagakerjaan*.