

Penilaian Risiko Kebakaran Berbasis HIRADC dan NFPA 551 pada Gedung *Workshop* Jasa Fabrikasi Konstruksi

Renato Senna Satriano¹, Mohamad Hakam^{2*} dan Mochamad Yusuf Santoso³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: m_hakam@ppns.ac.id

Abstrak—Industri manufaktur sering dikaitkan dengan proses fabrikasi. Pada dasarnya produk yang dihasilkan oleh industri manufaktur tersebut melewati beberapa proses produksi fabrikasi. Mesin - mesin yang digunakan dalam proses fabrikasi meliputi mesin bubut, mesin *press*, mesin *bending*, mesin *roll*, mesin *shearing*, mesin *welding*, mesin *shotblast*, dan mesin *painting* termasuk dalam kategori pekerjaan panas yang memiliki potensi untuk menyebabkan kebakaran baik skala kecil maupun besar. NFPA 1 Bagian 10 tentang Persyaratan Umum Keselamatan menyebutkan bahwa setiap bangunan atau struktur, baik yang baru maupun yang sudah ada, harus dirancang, dipasang, dipelihara, dan dioperasikan sesuai dengan peraturan yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi pekerja. Tahap awal penelitian dilakukan identifikasi bahaya menggunakan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC), selanjutnya dilakukan *Fire Risk Assessment* (FRA) dengan pedoman standar NFPA 551. Hasil HIRADC menunjukkan terdapat aktivitas pekerjaan pada *workshop* yang berpotensi menimbulkan kebakaran dengan rincian 11 aktivitas pada area *workshop* fabrikasi, 7 aktivitas pada area kantor, 4 aktivitas pada *warehouse*, 2 aktivitas pada halaman, dan 3 aktivitas pada mess karyawan yang tidak disertai dengan adanya sistem proteksi kebakaran yang memadai. Berdasarkan hasil *Fire Risk Assessment*, 25 *fire hazard* tersebut dapat diturunkan kategori risiko kebakarannya menjadi 5 *moderate fire hazard* dan 20 *low fire hazard* dengan penambahan proteksi kebakaran aktif seperti APAR, Hidran, Sprinkler, Detektor, dan Alarm Kebakaran.

Kata Kunci: Gedung *Workshop* Fabrikasi, *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC), *Fire Risk Assessment* (FRA).

Abstract— The manufacturing sector frequently involves fabrication processes. The products manufactured undergo various fabrication production steps. The fabrication process utilizes machinery such as lathes, presses, bending machines, roll machines, shearing machines, welding machines, shotblast machines, and painting machines, which are classified as hot work activities that carry the potential to ignite both small-scale and large-scale fires. NFPA 1 Chapter 10 on General Safety Requirements mandates that all buildings, whether new or existing, must be designed, installed, maintained, and operated in compliance with regulations aimed at creating a safe working environment for employees. The initial phase of the research entailed hazard identification using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) approach, followed by a Fire Risk Assessment conducted in accordance with NFPA 551 standard guidelines. The HIRADC results revealed that the workshop contains work activities with the potential to spark fires, comprising 11 activities in the fabrication workshop area, 7 activities in the office area, 4 activities in the warehouse, 2 activities in the yard, and 3 activities in the employee mess, all of which lack adequate fire protection systems. Based on the Fire Risk Assessment, the 25 identified fire hazards can be downgraded to 5 moderate fire hazards and 2 moderate fire hazards by implementing active fire protection measures, such as fire extinguishers, hydrants, sprinklers, detectors, and fire alarms.

Keywords: Fire Safety, Risk Assessment, HIRADC, NFPA 551, Fabrication Workshop

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur sering dikaitkan dengan proses fabrikasi. Pada dasarnya produk yang dihasilkan oleh industri manufaktur tersebut melewati beberapa proses produksi fabrikasi. Perusahaan manufaktur umumnya memproduksi berbagai jenis produk dengan desain serta fungsi yang beragam. Fabrikasi sendiri merupakan sebuah proses operasional dalam industri manufaktur dalam menciptakan barang dari bahan baku atau bahan setengah jadi yang dirakit, dibentuk, dan dimodifikasi untuk menghasilkan barang baru yang memiliki nilai tambah dan fungsi. Dalam proses pembuatannya, bahan baku yang biasa digunakan antara lain pelat, pipa, baja, *stainless steel*, aluminium, dan logam lainnya. Material-material tersebut akan dibentuk menjadi suatu barang jadi baru dengan menggunakan mesin fabrikasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh Perusahaan. (Purwantono et al., 2018).

Beberapa mesin yang digunakan dalam *workshop* fabrikasi meliputi mesin bubut, mesin *press*, mesin *bending*, mesin *roll*, mesin *shearing*, mesin *welding*, mesin *shotblast*, dan mesin *painting*. Mesin - mesin yang digunakan dalam proses fabrikasi diantaranya termasuk dalam kategori pekerjaan panas yang memiliki potensi untuk menyebabkan kebakaran, baik skala kecil maupun besar. Sesuai dengan NFPA 10 Tahun 2022, kondisi ini dapat diklasifikasikan sebagai risiko kebakaran yang tinggi. (Amalia et al., 2018). Kebakaran merupakan suatu peristiwa oksidasi yang melibatkan tiga unsur penyebab kebakaran (bahan bakar, oksigen, dan panas) yang dapat mengakibatkan timbulnya kerugian harta benda atau cedera bahkan kematian. Ketiga unsur tersebut diibaratkan seperti tiga sisi dari sebuah segitiga. Kebakaran juga dapat diperparah dengan adanya reaksi berantai. Teori kebakaran ini biasa disebut dengan Tetrahedron Api. Ketika energi diberikan pada bahan bakar seperti hidrokarbon, beberapa ikatan karbon dengan karbon terputus dan menghasilkan radikal bebas. Sumber energi tersebut memberikan energi untuk memutus rantai karbon dengan hidrogen sehingga menghasilkan radikal bebas yang lebih banyak. Kebakaran terjadi secara berantai dengan melepaskan lebih banyak energi lagi, hal inilah yang disebut sebagai reaksi berantai. (Lestari et al., 2021).

Berdasarkan UU No. 1 Tahun 1970 Bab III Pasal 3, peraturan perundangan menetapkan persyaratan keselamatan kerja untuk: a. mencegah dan mengurangi kecelakaan; b. mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran; c. mencegah dan mengurangi bahaya peledakan. Disebutkan pula pada NFPA 1 bagian 10 tentang Persyaratan Umum Keselamatan bahwa setiap bangunan atau struktur, baik yang baru maupun yang sudah ada, harus dirancang, dipasang, dipelihara, dan dioperasikan sesuai dengan peraturan yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi pekerja, melindungi properti, dan menjaga kesejahteraan masyarakat dari potensi bahaya yang disebabkan oleh kebakaran, ledakan, dan kondisi berbahaya lainnya. (Damara et al, 2021).

Kepmenaker 186/1999 menyebutkan bahwa untuk menanggulangi kebakaran di tempat kerja, perusahaan berkewajiban untuk melakukan pemasangan sistem proteksi kebakaran. Pada penelitian ini, objek penelitian merupakan bangunan baru yang beroperasi aktif pada 1 Desember 2023. Sebagai perwujudan langkah preventif terhadap bahaya kebakaran, maka diperlukan adanya penilaian risiko kebakaran agar risiko bahaya kebakaran dapat diminimalisir dengan pengendalian yang sesuai (Utami et al., 2019).

Fokus dalam penelitian adalah melakukan identifikasi sistematis terhadap bahaya yang berpotensi muncul dari setiap pekerjaan dan area di lokasi penelitian, serta mengetahui kontrol pengendalian yang telah diterapkan perusahaan pada masing – masing potensi bahaya. Mengacu pada ISO 45001:2018 tentang Sistem Manajemen K3, metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) merupakan salah satu alat untuk mengidentifikasi bahaya serta kontrol pengendalian pada masing – masing potensi bahaya yang telah diidentifikasi. Sebagai tambahan, akan dilanjutkan dengan penilaian risiko kebakaran secara khusus untuk setiap pekerjaan yang menimbulkan risiko kebakaran. Dalam penilaian risiko kebakaran ini, penulis menggunakan metode *checklist* kualitatif *Fire Risk Assessment* (FRA) NFPA 551. Metode ini dipilih untuk mengidentifikasi karakteristik risiko yang berhubungan dengan skenario kebakaran, kemungkinan terjadinya kebakaran, dan potensi dampak yang mungkin terjadi akibat bencana kebakaran. Dalam pelaksanaan *fire risk assessment* ini, metode *checklist* juga mengikutsertakan *expert judgement* untuk validasi hasil yang lebih akurat. Dengan demikian, metode ini dapat membantu dalam merancang sistem proteksi kebakaran yang sesuai dengan risiko bahaya yang ada (Zhafirah & Anindita, 2023).

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif yang memiliki fokus utama pada penilaian risiko kebakaran di Gedung *Workshop* Jasa Fabrikasi Konstruksi. Adapun data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan, wawancara, serta *Focus Group Discussion* (FGD) dengan para karyawan perusahaan. Data sekunder diperoleh dari data perusahaan yang berupa *layout* Gedung *Workshop* Baru, dokumen Manual, SOP, IK pengoperasian aktivitas pekerjaan, serta laporan kecelakaan kerja sebagai dasar identifikasi bahaya serta penilaian risiko kebakaran.

Peran *expert judgement* dalam penelitian ini dilibatkan dalam menilai potensi risiko serta mencari solusi atas masalah yang mungkin muncul (Benini dalam Zhafirah & Anindita, 2023). Pandangan untuk seorang ahli tidak berdasarkan kriteria yang spesifik, melainkan banyaknya pengetahuan serta pengalaman dengan subjek penelitian. Selanjutnya, *expert judgement* juga berperan dalam proses validasi data yang telah diperoleh. (Retnawati, 2016).

Penelitian ini diawali dengan pembuatan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC), langkah awal tersebut ditujukan untuk mengetahui jenis pekerjaan dan risiko apa saja yang dapat timbul pada lokasi penelitian serta untuk mencari tahu pengendalian bahaya yang telah diterapkan (Fauziah

et al, 2020). Adapun matriks penilaian yang digunakan dalam menentukan nilai dari *severity* dan *likelihood* yang mengacu pada standar AS/NZS 4360:2004. Setelah mengetahui nilai *likelihood* dan *severity*, selanjutnya dapat diketahui kategori risiko yang berpotensi timbul. *Risk Matrix* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. *Risk Matrix Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)*

Risk Matrix		Severity				
		1	2	3	4	5
Likelihood	5	H	H	E	E	E
	4	M	H	H	E	E
	3	L	M	H	E	E
	2	L	M	M	H	E
	1	L	L	M	H	H

Sumber: AS/NZS (2004)

Hasil dari *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)* kemudian akan dipilih lebih spesifik pada pekerjaan yang menimbulkan potensi bahaya kebakaran untuk dilakukan penilaian lebih lanjut pada penilaian risiko kebakaran. Penilaian risiko kebakaran mengacu pada standar NFPA 551 tahun 2022 tentang *Fire Risk Assessment* dengan metode *checklist* kualitatif. Metode ini dipilih untuk mengidentifikasi karakteristik risiko yang terkait dengan kebakaran, berdasarkan skenario kebakaran, tingkat probabilitas, serta potensi dampak yang mungkin terjadi akibat bencana kebakaran (Zhafirah & Anindita, 2023).

Fire Risk Assessment pada gedung bertujuan untuk mengurangi kerugian dari kebakaran dengan sekecil mungkin melalui tindakan pencegahan atau pengendalian yang sesuai dengan jenis bahayanya (Mustika et al., 2018). Berdasarkan buku *Principles of Fire Risk Assessment in Buildings* yang ditulis oleh Yung (2008), penilaian risiko kebakaran dilakukan dengan mengetahui nilai *probability* dan *consequences* dari *fire hazard* yang muncul di tiap area atau stasiun kerja. Nilai *probability* dan *consequences* dapat ditentukan dengan menggunakan data statistik, atau jika tidak ada dapat menggunakan penilaian dari *expert judgement*. Apabila nilai dari *probability* dan *consequence* sudah ditentukan, maka akan diketahui nilai *risk*. *Risk Matrix Fire Risk Assessment* yang digunakan merujuk pada standar NFPA 551 tahun 2022, seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. *Risk Matrix Fire Risk Assessment*

Frequent	Moderate	High	High	High
Probable	Moderate	Moderate	High	High
Occasional	Low	Moderate	Moderate	High
Remote	Low	Low	Moderate	Moderate
Improbable	Low	Low	Low	Moderate
	Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic

Sumber: NFPA (2022)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)

Gedung yang dijadikan penelitian merupakan Gedung *Workshop* yang terdiri dari beberapa area, area tersebut mencakup area *workshop* fabrikasi, *warehouse*, kantor, halaman depan, serta mess karyawan. Berikut hasil *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)* yang telah dibuat.

- Berdasarkan hasil identifikasi bahaya diketahui terdapat 11 aktivitas pekerjaan pada area *workshop* fabrikasi. Hasil identifikasi menunjukkan dari 11 aktivitas pekerjaan, terdapat 10 aktivitas pekerjaan terkategori *extreme* yang menyangkut pekerjaan panas serta memiliki risiko berpotensi untuk menimbulkan bahaya kebakaran. Adapun pengendalian dari perusahaan untuk mengurangi dampak, yaitu dengan modifikasi teknik pada area kerja seperti pemasangan *fire blanket*, dan *fire habitat*. Akan tetapi kategori risiko hanya dapat diturunkan menjadi *high*
- Kantor memiliki 7 aktivitas pekerjaan terkategori *extreme* yang kebanyakan disebabkan oleh korlestering listrik. Adapun pengendalian telah diterapkan dengan modifikasi teknik seperti perapian kabel dengan penambahan lapisan *cable conduit* dan *cable duct* pada bahaya kelistrikan, serta penyediaan APAR pada Gudang OB dan dapur sehingga kategori risiko dapat diturunkan menjadi *high*.
- Pada area *warehouse* terdapat 4 aktivitas pekerjaan yang berkaitan dengan penyimpanan material bahan kimia mudah terbakar dan terkategori *extreme*. Perusahaan telah menyediakan APAR untuk mengendalikan bahaya yang berpotensi muncul, hanya saja kategori risiko masih belum dapat diturunkan.

- d. Area halaman memiliki aktivitas pekerjaan yang paling sedikit sejumlah 2 aktivitas yang berkaitan dengan loading/unloading material yang terkategori *extreme* serta parkir kendaraan perusahaan yang terkategori *high*. Area parkir telah diberikan *marking* khusus untuk tiap kendaraan serta APAR telah disiapkan, sehingga kategori risiko menurun menjadi *low*. Pada aktivitas loading/unloading perusahaan memastikan aktivitas *lifting* dilengkapi dengan *lifting plan* dan memiliki Surat Izin Layak Operasional, serta *rigger* tersertifikasi. Dengan demikian kategori risiko dapat diturunkan menjadi *medium*.
- e. Area terakhir yang dilakukan identifikasi bahaya adalah mess karyawan. Berdasarkan hasil HIRADC pada mess karyawan, ditemukan 3 aktivitas pekerjaan yang terkategori *extreme* serta berpotensi menimbulkan bahaya kebakaran. Perusahaan telah melakukan pengendalian dengan menyediakan APAR, dengan demikian kategori risiko menurun menjadi *high*.

Berdasarkan hasil *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)* yang telah dilakukan, diketahui masih terdapat risiko kebakaran yang berpotensi timbul pada Gedung *Workshop* Fabrikasi sehingga diperlukan penilaian risiko yang terkhusus pada risiko kebakaran untuk mengetahui lebih lanjut pengendalian yang tepat pada tiap bahaya kebakaran.

Fire Risk Assessment

Fire Risk Assessment dilakukan untuk mengetahui secara spesifik potensi bahaya kebakaran yang ditimbulkan ketika terjadi kebakaran pada area atau aktivitas pekerjaan tertentu. Pada penelitian ini, penilaian risiko kebakaran berpedoman pada standar NFPA 551 *Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessment 2022 Edition* menggunakan metode *checklist qualitative* dengan panduan serta pendampingan oleh 3 *expert judgement* yaitu HSE Officer, Supervisor Workshop, serta Manager Workshop. Wawancara juga dilakukan pada para *expert judgement* terkait dengan penilaian risiko kebakaran, berikut hasil wawancara yang telah dilakukan.

Tabel 3. Hasil Wawancara *Expert Judgement*

No.	Pertanyaan	Ya	Tidak	Keterangan
ISO 45001:2018				
1	Apakah perusahaan telah melakukan identifikasi potensi bahaya kebakaran?	✓		Untuk <i>workshop</i> lama
2	Apakah perusahaan telah melakukan penilaian risiko kebakaran?	✓		Untuk <i>workshop</i> lama
3	Apakah perusahaan telah memberikan pengendalian terhadap risiko kebakaran?	✓		Untuk <i>workshop</i> lama
NFPA 10 Tahun 2022				
1	Apakah tersedia Alat Pemadam Api Ringan?	✓		Hanya beberapa area
2	Apakah tersedia APAR dengan klasifikasi yang sesuai dengan risiko kebakaran?		✓	
3	Apakah jumlah APAR sudah memenuhi?		✓	Belum dilakukan pengukuran
4	Apakah APAR diletakkan pada tempat yang mudah dilihat, dijangkau, dan siap pakai?		✓	
5	Apakah jarak antar APAR dan lantai ≥ 10 cm?	✓		
6	Apakah penempatan APAR memiliki $\leq 15,25$ meter?		✓	
NFPA 13 Tahun 2022				
1	Apakah terpasang sistem <i>sprinkler</i> otomatis?		✓	
NFPA 14 Tahun 2022				
1	Apakah terpasang sistem pipa tegak?		✓	
2	Apakah terpasang sistem hydrant?		✓	
NFPA 72 Tahun 2022				
1	Apakah terpasang detektor kebakaran?		✓	
2	Apakah terpasang alarm kebakaran?		✓	
3	Apakah terpasang titik panggil manual?		✓	

Dari tabel hasil wawancara yang disajikan pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa perusahaan belum sepenuhnya menerapkan pengendalian terhadap potensi bahaya kebakaran. APAR merupakan satu-satunya sarana proteksi kebakaran aktif yang digunakan ketika terjadi bencana kebakaran, meskipun demikian perusahaan belum sepenuhnya menyediakan APAR sesuai dengan standar NFPA 10 Tahun 2022 tentang *Portable Fire Extinguisher*. Hasil wawancara serta hasil HIRADC selanjutnya dituangkan dalam sebuah tabel *fire risk assessment* yang diberikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Fire Risk Assessment

No.	Fire Hazard Location	Additional Fire Protection	Residual Fire Risk		
			P	C	R
1	Workshop Stasiun Kerja Pengelasan	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Probable	Marginal	Moderate
2	Workshop Stasiun Kerja Mesin Bubut	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Negligible	Low
3	Workshop Stasiun Kerja Mesin Gerinda	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Marginal	Low
4	Workshop Stasiun Kerja Mesin Drilling	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Marginal	Low
5	Workshop Stasiun Kerja Mesin Bending	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Negligible	Low
6	Workshop Stasiun Kerja Mesin Press	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Occasional	Marginal	Moderate
7	Workshop Stasiun Kerja Mesin Shear Cutting	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Negligible	Low
8	Workshop Stasiun Kerja Mesin Plasma Cutting	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Occasional	Marginal	Moderate
9	Workshop Stasiun Kerja Mesin Painting	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Marginal	Low
10	Workshop Stasiun Kerja Sandblasting	APAR, Hidran, Alarm Kebakaran	Remote	Negligible	Low
11	Container Material	Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Probable	Marginal	Moderate
12	Container Tools & Consumable	Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Probable	Marginal	Moderate
13	Ruang Kantor	APAR, Sprinkler, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
14	Ruang Arsip	APAR, Sprinkler, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
15	Ruang Meeting	APAR, Sprinkler, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
16	Ruang Aula	APAR, Sprinkler, Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
17	Ruang Gudang OB	APAR, Sprinkler, Alarm dan Detektor Kebakaran	Remote	Marginal	Low
18	Lobby Kantor	APAR, Sprinkler, Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Remote	Negligible	Low
19	Dapur Kantor	APAR, Sprinkler, Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Remote	Marginal	Low
20	Musholah	APAR, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
21	Ruang Satpam	APAR, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
22	Halaman Depan	Hidran	Occasional	Negligible	Low
23	Kamar Mess Karyawan	APAR, Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
24	Ruang Istirahat Karyawan	APAR, Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Improbable	Negligible	Low
25	Dapur Karyawan	APAR, Hidran, Alarm dan Detektor Kebakaran	Remote	Marginal	Low

Berdasarkan tabel *fire risk assessment* tersebut, terdapat sejumlah 25 *fire hazard* yang teridentifikasi pada Gedung *Workshop* Fabrikasi Konstruksi. Beberapa *fire hazard* diberikan penambahan proteksi kebakaran yang sesuai dengan *probability* dan *consequences* sehingga risiko akhir didapat 5 *fire hazard* terkategori *moderate* dan 20 *fire hazard* terkategori *low*.

4. KESIMPULAN

Gedung *Workshop* Jasa Fabrikasi Konstruksi memiliki tingkat potensi bahaya kebakaran yang tinggi, hal tersebut diakibatkan aktivitas pekerjaan pada lokasi yang didominasi oleh pekerjaan panas serta bahan material yang mudah terbakar. Hasil *Fire Risk Assessment* menunjukkan penambahan sistem proteksi kebakaran yang sesuai pada tiap area merupakan langkah preventif utama dalam mencegah timbulnya kebakaran pada gedung tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, I. R., Ashari, M. L., & Handoko, L. (2018). Penilaian Risiko Kebakaran Serta Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Aktif . Studi Kasus : Fabrication and Shipbuilding Service Company Bagian Dkp . *Proceeding 2nd Conference On Safety Engineering*, 2, 81–86.
- AS/NZS 4360:2004. (2004). *Risk Management Guidelines*. 2013(2), 133
- Damara, V. I., Ashari, M. L., & Khairansyah, M. D. (2021). *Evaluasi Dan Perencanaan Sistem Proteksi Penanggulangan Kebakaran Di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*. <http://repository.ppns.ac.id/id/eprint/4040>
- Fauziah, R., Alayyannur, P. A., Haqi, D. N., Hidayat, S., & Alfin, W. F. (2020). Hazard identification, risk assessment, and determining control (HIRADC) method in a university laboratory in Surabaya, Indonesia. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 14(1), 380–385. <https://doi.org/10.37506/v14/i1/2020/ijfmt/192927>
- ISO 45001. Occupational Health and Safety Management Systems. (2018). International Standardization Organization.
- Kepmenaker 186. Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja (1999). *Kementrian Ketenagakerjaan*, 1-15.
- Lestari, F., Ri Hastiti, L., & Pujiriani, I. (2021). *Keselamatan Kebakaran (Fire Safety)*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Mustika, S. W., Wardani, R. S, & Prasetyo, D. B. (2018). Penilaian Risiko Kebakaran Gedung Bertingkat. *Jurnal.Kesehatan.Masyarakat.Indonesia*, 13(1), 18-25
- NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguisher. (2022). *National Fire Protection Association*.
- NFPA 551 Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessment. (2022). *National Fire Protection Association*.
- Purwantono, Junil, A., & Bulkia, R. (2018). *Teknologi Proses Fabrikasi* (UNP Press (ed.)). UNP Press.
- Retnawati, H. (2016). *Analisis Kuantitatif Instrumen Penelitian*. Parama Publishing.
- Utami, F. M., Indrayani, R., & Akbar, K. A. (2019). *Penilaian Risiko Kebakaran Gedung Bertingkat Pada Pusat Perbelanjaan Golden Market Jember*.
- Yung, D. (2008). Principles of Fire Risk Assessment in Buildings. In *Principles of Fire Risk Assessment in Buildings* (1st ed.). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470714065>
- Zhafirah, L. H., & Anindita, G. (2023). *PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN APAR , HIDRAN DAN JALUR EVAKUASI (STUDI KASUS : PABRIK PENGOLAHAN KAYU)*.