

Penilaian Risiko Kebakaran dengan Metode FLAME dan Perencanaan APAR di Perusahaan Distributor B3

Rezano Ahmad Arioyudanto¹, Moch. Luqman Ashari^{1*}, dan M. Choirul Rizal¹

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

*E-mail: ashari.luqman@ppns.ac.id

Abstrak

Kebakaran merupakan salah satu ancaman yang dapat menimbulkan kerugian besar pada fasilitas industri, terutama pada perusahaan yang mendukung distribusi Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Penelitian ini bertujuan melakukan penilaian risiko kebakaran dan merencanakan kebutuhan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) pada sebuah perusahaan distributor B3. Penilaian risiko dilakukan menggunakan metode FLAME (*Fire Risk Assessment Method for Enterprises*) yang mampu mengevaluasi risiko terhadap keselamatan penghuni (*Occupant Risk Level/ORL*) dan perlindungan properti (*Property Risk Level/PRL*). Objek penelitian terdiri atas 11 area operasional yang meliputi area parkir kendaraan, gudang, bengkel perawatan kendaraan, TPS Limbah B3, dan fasilitas penunjang lainnya. Hasil penilaian menunjukkan bahwa untuk risiko penghuni terdapat 3 area dengan tingkat risiko rendah, 3 area risiko sedang, 4 area risiko tinggi, dan 1 area risiko sangat tinggi. Sementara itu, untuk risiko properti diperoleh 3 area risiko rendah, 4 area risiko sedang, 3 area risiko tinggi, dan 1 area risiko sangat tinggi. Berdasarkan hasil penilaian risiko dan mengacu pada NFPA 10 Tahun 2022, kebutuhan proteksi kebakaran ditentukan sebanyak 9 unit APAR jenis *dry chemical powder* yang terdiri atas 8 unit APAR 6 kg dan 1 unit APAR 3 kg. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar peningkatan sistem proteksi kebakaran pada perusahaan guna mendukung pengelolaan risiko kebakaran secara efektif.

Kata Kunci: APAR, Metode Semi-Kuantitatif FLAME, Penilaian Risiko Kebakaran

Abstract

Fire is one of the threats that can cause significant damage to industrial facilities, particularly at companies involved in the distribution of Hazardous and Toxic Materials (B3). This study aims to conduct a fire risk assessment and determine the need for portable fire extinguishers (PFEs) at a B3 distribution company. The risk assessment was conducted using the FLAME (Fire Risk Assessment Method for Enterprises) method, which evaluates risks to occupant safety (Occupant Risk Level/ORL) and property protection (Property Risk Level/PRL). The study scope consisted of 11 operational areas, including a vehicle parking lot, warehouse, vehicle maintenance workshop, B3 waste transfer station, and other supporting facilities. The assessment results showed that, for occupant risk, there were 3 areas with low risk, 3 areas with moderate risk, 4 areas with high risk, and 1 area with very high risk. Meanwhile, for property risk, there were 3 areas with low risk, 4 areas with moderate risk, 3 areas with high risk, and 1 area with very high risk. Based on the risk assessment results and in accordance with NFPA 10:2022, the fire protection requirement was determined to be 9 units of dry chemical powder PFEs, consisting of 8 units of 6 kg PFEs and 1 unit of 3 kg PFE. The results of this study can be used as a basis for improving the fire protection system at the company to support effective fire risk management.

Keywords: Fire Extinguisher, Fire Risk Assessment, FLAME Semi-Quantitative Method

1. PENDAHULUAN

Industri kimia merupakan sektor yang memproduksi berbagai zat dan senyawa kimia melalui proses reaksi, pemisahan, maupun teknik pengolahan lainnya dengan memanfaatkan bahan baku dari berbagai sumber daya alam (Mahfud & Sabara, 2018). Pertumbuhan sektor manufaktur di Indonesia turut meningkatkan penggunaan bahan kimia nasional untuk mendukung efisiensi energi dan peningkatan mutu produk (Effendi &

Restikasari, 2025). Dalam menjamin kelancaran rantai pasok material B3, sarana transportasi dan fasilitas distribusi memegang peranan penting dalam mendukung ketersediaan bahan kimia bagi berbagai sektor industri (Fander *et al.*, 2021). Peran logistik dan distribusi bahan kimia menjadi komponen vital dalam menjaga kontinuitas pasokan bahan baku industri (Liperda *et al.*, 2022). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.56/MENLHK-SETJEN/2015, B3 merupakan zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, atau jumlahnya dapat membahayakan kesehatan manusia maupun lingkungan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.56/Menlhk-Setjen/2015 Tentang Tata Cara Dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2015). Karakteristik bahan yang mudah terbakar, korosif, reaktif, dan bertekanan menyebabkan aktivitas yang melibatkan B3 memerlukan pengendalian risiko yang memadai untuk mencegah kecelakaan dan keadaan darurat (M. Abdul Ghony, Rendy Mahessa Dwi Putra & Monica Kharisma, 2024).

Dalam rantai logistik B3, armada truk tangki dan kendaraan pengangkut tabung gas bertekanan merupakan aset operasional utama yang memerlukan pengawasan keselamatan secara berkelanjutan (Febriany & Purwaningdyah, 2023). Upaya menjaga keselamatan pekerja, armada, dan fasilitas pendukung menjadi faktor penting dalam menjamin keberlangsungan operasional perusahaan distribusi (Marseva *et al.*, 2025). Salah satu ancaman yang dapat menimbulkan kerugian besar pada fasilitas industri adalah kebakaran, yang berdampak pada keselamatan manusia, kerusakan aset, gangguan operasional, dan pencemaran lingkungan (Lestari *et al.*, 2021). Risiko tersebut dapat meningkat apabila suatu fasilitas berada di kawasan yang berdekatan dengan aktivitas industri lainnya karena berpotensi menimbulkan efek domino yang memperbesar konsekuensi kecelakaan (Gao *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penilaian risiko kebakaran diperlukan untuk mengidentifikasi sumber bahaya serta menentukan strategi pengendalian yang sesuai pada suatu fasilitas industri (Hassanain *et al.*, 2022).

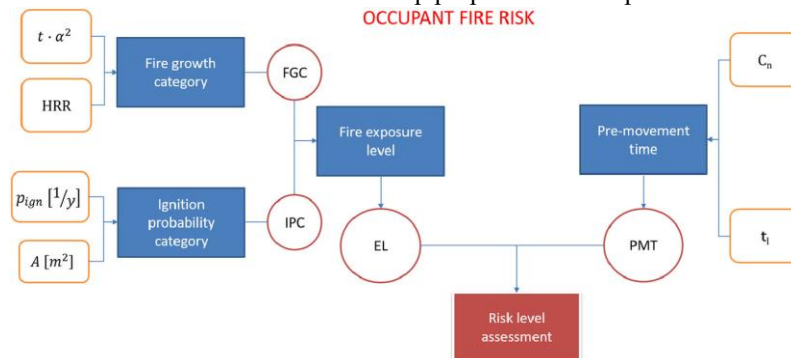
Perusahaan distributor B3 yang menjadi objek penelitian ini memiliki luas 9.830 m² yang terletak pada salah satu kawasan industrial di Gresik. Perusahaan ini tidak melakukan aktivitas bongkar muat maupun penyimpanan produk B3 dalam jumlah besar sebagai fungsi utama operasionalnya, melainkan penyedia media dan sarana distribusi B3. Fasilitas yang tersedia meliputi area parkir armada angkutan, tangki stasioner yang terpasang pada truk sebagai media distribusi yang berisi asam sulfat, asam klorida, dan amonia, gudang tabung gas kosong sebagai media distribusi yang berisi oksigen, karbondioksida, dan nitrogen, bengkel perawatan dan perbaikan kendaraan yang melibatkan pekerjaan panas (*hot work*) pada beberapa proses pekerjaan perbaikan komponen, serta TPS Limbah B3 dari operasional Perusahaan. Keberadaan sumber panas, material bertekanan, bahan mudah terbakar, dan limbah B3 dalam satu kawasan menunjukkan adanya potensi risiko kebakaran yang perlu dikendalikan (Qi *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil observasi lapangan pada 11 area perusahaan, ditemukan bahwa 8 area belum dilengkapi dengan sarana proteksi aktif berupa Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi risiko kebakaran sebagai dasar pencegahan dan penanggulangan kebakaran. Sehingga berdasarkan kondisi tersebut perlu adanya penilaian risiko kebakaran sebagai aspek keselamatan kerja di area industri dan juga penyediaan sarana pemadaman kebakaran sebagai langkah awal dalam menjamin keselamatan kerja pada keadaan darurat.

Penelitian ini menerapkan metode FLAME (*Fire Risk Assessment Method for Enterprises*), yaitu pendekatan semi-kuantitatif berbasis kode parametrik yang mengintegrasikan parameter bahaya, karakteristik bangunan, dan faktor mitigasi untuk mengevaluasi risiko kebakaran. Metode ini mampu menghasilkan indeks risiko yang terpisah untuk aspek keselamatan manusia (*life safety*) dan perlindungan aset (*property protection*) sehingga memberikan gambaran risiko yang lebih spesifik (Danzi *et al.*, 2021). Hasil penilaian risiko kebakaran perlu ditindaklanjuti dengan penerapan tindakan pengendalian yang sesuai terhadap tingkat risiko yang teridentifikasi. Salah satu bentuk proteksi aktif yang paling mendasar adalah Alat Pemadam Api Ringan (APAR), yang berfungsi sebagai sarana pemadaman awal untuk mengendalikan kebakaran sebelum berkembang menjadi kejadian yang lebih besar dan menimbulkan kerugian yang lebih luas (Diyah Ayu Sukanto Putri, Zayyan Ahmad Arrafi, Mareta Pristiwanti, 2023). Di samping hal tersebut, di area industri wajib untuk menyediakan sistem proteksi kebakaran berupa APAR sebagai sarana penanggulangan kebakaran (Umum, 2008). Penentuan kebutuhan APAR perlu mempertimbangkan klasifikasi bahaya kebakaran, kelas kebakaran, jenis media pemadam, kapasitas, dan jumlah unit yang diperlukan agar perlindungan awal terhadap potensi kebakaran dapat dilakukan secara efektif (Zhafirah *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat risiko kebakaran pada area operasional perusahaan menggunakan metode FLAME serta merancang kebutuhan APAR yang sesuai guna mendukung peningkatan sistem proteksi kebakaran dan pengelolaan risiko secara berkelanjutan (Hassanain *et al.*, 2022).

2. METODE

Evaluasi risiko kebakaran dalam studi ini dilakukan melalui pendekatan metode FLAME (*Fire Risk Assessment Method for Enterprises*). Sebagai kerangka acuan operasional, metode ini mengadopsi skema "Fire

"Safety Concept Tree" yang dijabarkan secara terperinci dalam standar NFPA 550. Luaran dari analisis risiko dengan metode FLAME ini diklasifikasikan ke dalam dua rumpun indeks tingkat risiko, yakni *Occupant Risk Level* (ORL) untuk mengukur estimasi risiko terhadap keselamatan penghuni, serta *Property Risk Level* (PRL) untuk menilai besaran risiko terhadap properti atau aset perusahaan.



Gambar 1. Bagan Penilaian Risiko Kebakaran untuk Penghuni (ORL)
Sumber: Danzi, Marmo, & Fiorentini (2021)

Penentuan indeks *Occupant Risk Level* (ORL) melibatkan dua variabel utama, yakni Tingkat Paparan (*Exposure Level/EL*) dan Waktu Sebelum Evakuasi (*Pre-Movement Time/PMT*). Dalam strukturnya, variabel EL diturunkan kembali menjadi dua sub-variabel penentu, yaitu Kategori Pertumbuhan Api (*Fire Growth Category/FGC*) serta Kategori Kemungkinan Penyalaan Api (*Ignition Probability Category/IPC*). Di sisi lain, nilai PMT dikalkulasikan berdasarkan kombinasi faktor karakteristik spesifik dari penghuni bangunan dan *base time* t_i , di mana parameter t_i tersebut nilainya dipengaruhi oleh ketersediaan serta keandalan sistem proteksi kebakaran di area terkait.

Pada tahap penilaian *Occupant Risk Level* (ORL) ini terdapat beberapa tahap dengan menggunakan persamaan atau persamaan pada perhitungannya. Berikut ini merupakan tahap penilaian dan persamaan yang digunakan.

1. *Exposure Level* (EL)

Indeks EL menggambarkan kemungkinan terjadinya kebakaran dan potensi penyebarannya secara cepat sehingga penghuni dapat terpapar panas berlebih atau asap. Indeks EL dapat diketahui dengan memperhitungkan IPC dan FGC dari masing-masing kompartmen.

a. *Ignition Probability Category* (IPC)

Kelas kemungkinan penyalaan api (IPC) diperoleh dari data literatur tentang frekuensi kebakaran yang nanti akan ditampilkan pada tabel 1. Klasifikasi dibuat berdasarkan kelas probabilitas kebakaran, yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$IPC = P_{ign} \cdot A$$

Keterangan

- P_{ign} : Frekuensi Kebakaran
- A : Luas Kompartmen

Tabel 1. Kelas Probabilitas Penyalaan Api/*Ignition Probability Category* (IPC)

Hunian	P_{ign} (10 ⁻⁶ kejadian/tahun . m ²)
Perkantoran	2,27
Bangunan Pendidikan	2,52
Gudang	2,76
Penyelamatan dan Penyedia Jasa Transportasi	2,8
Pertemuan dan Perkumpulan	3,98
Perumahan	4,96
Komersil	5,34
Layanan Kesehatan	6,74
Industri	8,0
Industri dengan Bahan Mudah Terbakar	130,0

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mendapatkan kategori IPC dari perkalian P_{ign} dengan luas area, langkah selanjutnya mengkategorikan tingkatannya. Kategori tingkatan IPC dapat dilihat pada tabel 2. berikut.

Tabel 2. Kelas Kemungkinan Penyalaan Api

Frekuensi Penyalaan Spesifik (y^{-1})	Kelas Kemungkinan Penyalaan Api (IPC)
$< 1.10^{-3}$	0
$1.10^{-3} < f < 1.10^{-2}$	1
$1.10^{-2} < f < 2.10^{-2}$	2
$2.10^{-2} < f < 1.10^{-1}$	3
1.10^{-1}	4

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Kemudian setelah mendapatkan kategori IPC, langkah selanjutnya melihat apakah ada faktor penambah probabilitas kebakaran yang ada di kompartemen. Untuk faktor penambah dapat dilihat pada tabel 3. berikut.

Tabel 3. Faktor Penambah IPC

Faktor Penambah	Penambahan Nilai terhadap IPC
Pembangkit panas dengan api terbuka di dalam kompartemen	1
Pemanasan gas, tanpa detektor kebocoran atau sistem pemadam kebakaran	1
Peralatan pemanas dengan api terbuka yang menggunakan kayu atau bahan bahan bakar yang menghasilkan sisa.	2
Peralatan listrik yang tidak sesuai dengan regulasi	2
Zona ATEX 1	6
Zona ATEX 2, NEC: Kelas I Div. 1	4
Zona ATEX 2, NEC: Kelas I Div. 2	2
Zona ledakan debu ATEX 20/21/22	4
Pembentukan debu yang mudah terbakar tanpa sistem pengendalian	2
Pengecatan, penyemprotan, atau pelapisan dengan produk yang mudah terbakar; penggunaan pelarut atau lem yang mudah terbakar; tanpa pemisahan dengan lingkungan utama.	4
Seperti di atas, namun di dalam area khusus, dilengkapi dengan sistem penghisap udara.	2
Perilaku manusia yang tidak dikendalikan (merokok)	2

Sumber: (Danzi et al., 2021)

b. *Fire Growth Category* (FGC)

Kategori pertumbuhan api (FGC) didefinisikan dengan mempertimbangkan jenis material yang disimpan di dalam kompartemen. Jenis material memiliki tingkat FGC yang berbeda seperti yang tercantum dalam tabel 4. berikut.

Tabel 4. Kategori Pertumbuhan Api/*Fire Growth Category* (FGC)

Jenis Material di Dalam Kompartemen	Waktu untuk mencapai 1 MW (t_a)	Kategori Pertumbuhan Api
Material yang tidak mudah terbakar, otomatis padam atau sulit terbakar (mesin, peralatan, benda logam), bahan bangunan, Bahan yang mudah terbakar ringan, tersebar tidak merata atau dalam wadah yang tidak mudah terbakar	$t_a = 600$	Lambat
Kotak karton bertumpuk, palet kayu, buku di rak, perabotan kayu, kendaraan, bahan yang diklasifikasikan berdasarkan reaksi terhadap api. Bahan yang mudah terbakar (isi rumah tinggal pada umumnya)	$t_a = 300$	Sedang
Material plastik yang ditumpuk, tekstil sintetis, perangkat elektronik, bahan mudah terbakar tanpa klasifikasi reaksi api.	$t_a = 150$	Cepat
Cairan mudah terbakar, polimer selulosa, polimer yang diperluas, busa yang mudah terbakar, tidak diklasifikasikan berdasarkan reaksi terhadap api.	$t_a = 75$	Sangat Cepat

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mendapatkan nilai IPC dan FGC dari perhitungan, langkah selanjutnya menentukan kategori EL dengan matriks yang penentuannya dapat dilihat pada tabel 5. Kategori EL nantinya akan menjadi salah satu aspek yang dilihat pada tahap penentuan ORL.

Tabel 5. Matriks *Exposure Level* (EL)

	FGC 1	FGC 2	FGC 3	FGC 4	FGC 5
IPC 0, IPC 1, IPC 2: Rendah	EL 1: Sangat rendah	EL 2: Rendah	EL 3: Menengah	EL 4: Menengah atas	EL 5: Tinggi
IPC 3, IPC 4: Menengah	EL 2: Rendah	EL 3: Menengah	EL 4: Menengah atas	EL 5: Tinggi	EL 6: Sangat tinggi
IPC 5, IPC 6: Tinggi	EL 3: Menengah	EL 4: Menengah atas	EL 5: Tinggi	EL 6: Sangat tinggi	EL 6: Sangat tinggi
> IPC 6: Sangat tinggi	EL 4: Menengah atas	EL 5: Tinggi	EL 6: Sangat tinggi	EL 6: Sangat tinggi	EL 6: Sangat tinggi

Sumber: (Danzi et al., 2021)

2. Pre-Movement Time (PMT)

Pre-Movement Time (PMT) ditentukan berdasarkan waktu dasar (*base time*) yang dikalikan faktor karakteristik penghuni (*Resident Characteristics*), meliputi tingkat kesadaran terhadap bahaya, kemampuan mobilitas, dan kesiapsiagaan dalam merespons keadaan darurat. Untuk waktu dasar dapat dilihat pada tabel 6 dan persamaan dalam menghitung karakteristik akan disajikan sebagai berikut:

Tabel 6. Waktu Dasar/*Base Time*

Sistem Peringatan	Karakteristik	Waktu Dasar (<i>t_i</i>) (menit)		
		Skenario Terbaik	Skenario Menengah	Skenario Terburuk
A1	Tidak ada, laporan dari penghuni	4	7	10
A2	Alarm manual dan suara	3	5	7
A3	Alarm dengan kalimat pemberitahuan dan petunjuk	2	3,5	5
A4	Arahan evakuasi darurat secara langsung	1	2	3

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Kemudian selain mengacu pada *base time*, perhitungan PMT juga dipengaruhi karakteristik penghuni. Berikut tabel 7 merupakan kriteria karakteristik penghuni.

Tabel 7. Penilaian Karakteristik Penghuni

Faktor	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat 4	Tingkat 5
Kewaspadaan	Tertidur	Berada di area yang berisik	Orang-orang dengan tingkat kewaspadaan yang rendah (anak-anak, lansia)	Orang dengan tingkat kewaspadaan rata-rata	Terjaga dengan tingkat kewaspadaan yang tinggi
Mobilitas	Perlu dibantu, orang dalam masa perawatan	Perlu dibantu	Pengguna kursi roda (yang bergantung pada orang lain)	Lambat (lansia, pengguna kursi roda yang mandiri)	Mobilitas normal
Afiliasi Sosial	Bersama dengan orang yang sangat dekat dan kenal	Cukup akrab, dengan rekan kerja	Sesama tamu didalam sebuah bangunan	Terisolasi atau bersama dengan orang yang berbeda peran (turis, tamu)	Sendirian, terisolasi dari orang yang dikenal
Peran	Pengguna bangunan namun kepentingan dan kapasitas yang rendah	Orang yang sesekali menggunakan bangunan	Pengguna tetap, staff pada umumnya	Pegawai dengan tanggung jawab tingkat menengah	Staf, pegawai terlatih
Posisi	Berbaring	Duduk		Berdiri	Berjalan
Komitmen	Staf, pengguna mempunyai tujuan (pembeli tiket)	Pengguna (umum), pembeli (toko)	Pembeli (toko umum)	Pengamat, pengunjung tetap-yang sering	Orang yang hilang atau salah alamat,

Faktor	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat 4	Tingkat 5
		khusus)		lewat	
Tingkat Fokus	Sedang tidak focus (pengunjung hotel atau penginapan)	Tingkat fokus rendah	Tingkat fokus menengah (pembeli, pekerja)	Tingkat fokus tinggi	Tingkat fokus sangat tinggi (penonton dalam sebuah acara)
Familiaritas	Belum mengenal bangunan dengan baik	Pengunjung yang sesekali datang	Orang yang sering menggunakan bangunan, cukup mengenal dengan baik	Penghuni harian	Pegawai yang ada di tempat kerjanya, penghuni tetap

Sumber: (Danzi et al., 2021)

$$S_{mod} = C_n + C_p$$

Keterangan:

- S_{mod} : nilai penyesuaian karakteristik penghuni
- C_n : karakteristik normal
- C_p : karakteristik prioritas

$$W_{eff} = S_{mod} / 8$$

Keterangan:

- W_{eff} : Nilai Rata-Rata Karakteristik Penghuni
- S_{mod} : Nilai Penyesuaian Karakteristik Penghuni

Pengali waktu dasar, t_1 , diperoleh dengan mengurangkan nilai W_{eff} dengan:

$$RC = 6 - W_{eff}$$

Keterangan:

- RC : Pengali Waktu Dasar
- W_{eff} : Nilai Rata-Rata Karakteristik Penghuni

PMT kemudian dihitung sebagai berikut:

$$PMT = RC \cdot t_1$$

Keterangan:

- PMT : Waktu Pra-Evakuasi
- RC : Pengali Waktu Dasar
- t_1 : Waktu Dasar

Setelah mendapatkan nilai PMT dari perhitungan, selanjutnya menentukan kategori PMT berdasarkan hasil perhitungan yang kategorinya dapat dilihat pada tabel 8. Kategori PMT nantinya akan menjadi salah satu aspek yang dilihat pada tahap penentuan ORL.

Tabel 8. Kategori *Pre-Movement Time* (PMT)

Hasil Perhitungan PMT (Menit)	Tingkat PMT
$x \leq 1$	PMT 1
$1 < x \leq 5$	PMT 2
$5 < x \leq 10$	PMT 3
$10 < x \leq 15$	PMT 4
$15 < x \leq 20$	PMT 5
$20 < x \leq 25$	PMT 6
$25 < x \leq 30$	PMT 7

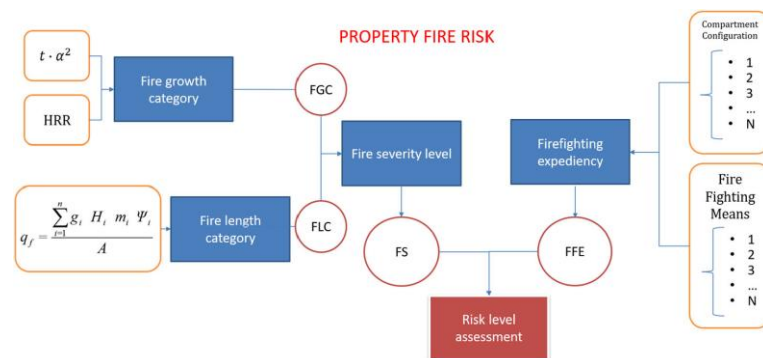
Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mengetahui kategori EL dan PMT, langkah selanjutnya menentukan kategori ORL dengan matriks yang penentuannya dapat dilihat pada tabel 9. Pada tahap ini dapat mengetahui tingkat ORL untuk setiap kompartmen.

Tabel 9. Matriks Risiko Kebakaran Penghuni/*Occupant Risk Level (ORL)*

	EL 1: Sangat rendah	EL 2: Rendah	EL 3: Menengah	EL 4: Menengah atas	EL 5: Tinggi	EL 6: Sangat tinggi
PMT 1	ORL 1	ORL 1	ORL 2	ORL 2	ORL 3	ORL 4
PMT 2	ORL 1	ORL 2	ORL 2	ORL 3	ORL 4	ORL 5
PMT 3	ORL 2	ORL 2	ORL 3	ORL 4	ORL 5	ORL 6
PMT 4	ORL 2	ORL 3	ORL 4	ORL 5	ORL 6	NA
PMT 5	ORL 3	ORL 4	ORL 5	ORL 6	NA	NA
PMT 6	ORL 4	ORL 5	ORL 6	NA	NA	NA
PMT 7	ORL 5	ORL 6	NA	NA	NA	NA

Sumber: (Danzi et al., 2021)



Gambar 2. Bagan Penilaian Risiko Kebakaran untuk Properti (PRL)

Sumber: Danzi, Marmo, & Fiorentini (2021)

Penentuan indeks *Property Risk Level* (PRL) melibatkan dua variabel utama, yakni Keparahan Api (*Fire Severity*/FS) dan Kemampuan Pemadaman Api (*Firefighting Expediency*/FFE). Dalam strukturnya, variabel FS diturunkan kembali menjadi dua sub-variabel penentu, yaitu Kategori Pertumbuhan Api (*Fire Growth Category*/FGC) serta Kategori Panjang Api (*Fire Length Category*/FLC). Di sisi lain, tingkat FFE dikalkulasikan berdasarkan kombinasi faktor konfigurasi kompartemen (*Configuration Compartment*/CC) dan langkah atau ketersediaan sistem proteksi kebakaran (*Firefighting Means*/FFE).

Pada tahap penilaian *Property Risk Level* (PRL) ini terdapat beberapa tahap dengan menggunakan persamaan atau persamaan pada perhitungannya. Berikut ini merupakan tahap penilaian dan persamaan yang digunakan.

1. *Fire Severity* (FS)

Fire Severity (FS) adalah tingkat keparahan kebakaran terhadap properti. FS ditentukan dengan mengkombinasikan nilai FGC yang telah dijelaskan pada bagian ORL sebelumnya, dan FLC adalah perhitungan panjang beban api yang persamaan untuk menghitung nilainya sebagai berikut:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \Psi_i}{A}$$

Keterangan

- q_f : beban api pada bahan yang dapat terbakar ketika terjadi kebakaran
- g_i : massa material terbakar
- H_i : nilai kalor bawah dari material terbakar
- m_i : faktor kemungkinan partisipasi material terbakar (0,8 untuk kayu dan material selulosa, 1 untuk material lainnya)
- Ψ_i : faktor pembatas partisipasi kebakaran dari material terbakar (0: wadah tahan api, 0,85: wadah tidak mudah terbakar, 1: jenis wadah lain atau tanpa wadah)
- A : luas permukaan kompartemen (m²)

Setelah mendapatkan nilai q_f dari perhitungan, selanjutnya menentukan kategori FLC berdasarkan hasil perhitungan yang kategorinya dapat dilihat pada tabel 10. Kategori FLC nantinya akan menjadi salah satu aspek yang dilihat pada tahap penentuan FS.

Tabel 10. Kategori Panjang Api/*Fire Length Category* (FLC)

q_f (Kj/m ²)	Fire Length Category (FLC)
$q_f < 900$	Terbatas
$900 < q_f < 2300$	Menengah
$q_f > 2300$	Panjang

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mengetahui kategori FGC dan FLC, langkah selanjutnya menentukan kategori FS dengan matriks yang penentuannya dapat dilihat pada tabel 11. Pada tahap ini dapat mengetahui tingkat FS yang nantinya akan menjadi salah satu aspek yang dilihat pada tahap penentuan PRL.

Tabel 11. Matriks *Fire Severity*

	FLC 1	FLC 2	FLC 3
FGC 1 Lambat	FS 1: Sangat Rendah	FS 2: Rendah	FS 3: Menengah
FGC 2 Sedang	FS 2: Rendah	FS 3: Menengah	FS 4: Menengah Atas
FGC 3 Menengah	FS 3: Menengah	FS 4: Menengah Atas	FS 5: Tinggi
FGC 3 Cepat	FS 4: Menengah Atas	FS 5: Tinggi	FS 6: Sangat Tinggi
FGC 4: Sangat Cepat	FS 5: Tinggi	FS 6: Sangat Tinggi	FS 7: Ekstra Tinggi

Sumber: (Danzi et al., 2021)

2. *Firefighting Expediency* (FFE)

Firefighting Expediency (FFE) adalah tingkat efektivitas sistem proteksi kebakaran dan kemampuan penanggulangan kebakaran pada suatu kompartemen. Nilai FFE ditentukan dengan *Compartment Configuration* (CC) dan *Firefighting Means* (FFM). Berikut ini tabel 12 merupakan aspek-aspek CC dan FFM yang diperhitungkan dalam penilaian FFE.

Tabel 12. *Firefighting Expediency* (FFE)

<i>Compartment Configuration</i>	Skor	<i>Firefighting Means</i>	Skor
Permukaan kompartemen	$g = \frac{\sqrt{A_{tot}}}{40}$	Layanan pemadam kebakaran	10 (tim internal pemadam kebakaran) 20 (tim internal pemadam kebakaran dengan latihan evakuasi reguler yang terkoordinasi dengan layanan pemadam kebakaran lokal)
Aksesibilitas bangunan	2*g (hanya dapat diakses dari celah sempit) 0 (aksesibilitas sebesar 50% atau lebih) 2 (aksesibilitas kurang dari 50%)	Waktu kedatangan pemadam kebakaran	10 (maksimal 10 menit) 7 (10 menit < t < 15 menit) 5 (15 menit < t < 30 menit)
Ketinggian kompartemen	0 (ground floor) 4 (satu tingkat diatas permukaan tanah) 6 (dua – tiga tingkat diatas permukaan tanah) 10 (delapan tingkat diatas permukaan tanah) 20 (diatas 15 tingkat diatas permukaan tanah) 12 (15 tingkat diatas permukaan tanah) 10 (di bawah tanah)	Sistem pendeteksi kebakaran	0 (waktu reaksi diatas 30 menit) 20 (deteksi otomatis, notifikasi, dan sistem alarm) 5 (tombol alarm manual)

Compartment Configuration	Skor	Firefighting Means	Skor
Ketinggian langit-langit kompartemen	2 (dibawah tiga meter)	Sarana pemadam kebakaran portabel	7 (jumlah sesuai dengan risiko yang ada)
	1 (3 < h < 6)		10 (jenis material pemadam sesuai dengan jenis bahan bakar)
	0 (diatas enam meter)		5 (APAB)
Ketahanan struktur bangunan terhadap api	-5 (diatas 90 menit)	Hidran	5 (fire monitor, kontrol manual)
	0 (diatas 60 menit)		10 (fire monitor, kontrol jarak jauh)
	5 (diatas 30 menit)		
	10 (dibawah 30 menit)		
Aksesibilitas dalam keadaan darurat (jalur terproteksi, aksesibilitas pemadam kebakaran)	- 5 (jalur akses terproteksi)	Sistem pemadam otomatis Ventilasi asap dan panas Suplai air	20 (springkler air)
	5 (dapat diakses oleh kendaraan pemadam kebakaran)		15 (sarana pemadam lainnya)
			20 (sistem ventilasi otomatis)
			10 (sarana pengontrol tingkat asap, contohnya lubang)
			10 (jaringan suplai air internal untuk kebakaran)
			5 (jaringan suplai air internal + eksternal untuk kebakaran)

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mengetahui nilai CC dan FFM dari setiap kompartmen, langkah selanjutnya adalah menentukan kategori FFE. Berikut tabel 13 merupakan matriks penentuan kategori FFE berdasarkan nilai CC dan FFM.

Tabel 13. Matriks *Firefighting Expediency*

	CC ≤ 7 Mudah	7 ≤ CC ≤ 14 Terbatas	14 ≤ CC ≤ 20 Sulit	> 20 Minimum
FFM ≥ 17 (Tinggi)	FFE 4 (Tinggi)	FFE 3 (Menengah)	FFE 2 (Rendah)	FFE 1 (Sangat rendah)
FFM ≥ 17 (Tinggi)	FFE 4 (Tinggi)	FFE 3 (Menengah)	FFE 2 (Rendah)	FFE 1 (Sangat rendah)
17 ≥ FFM ≥ 8 (Baik)	FFE 3 (Menengah)	FFE 2 (Rendah)	FFE 1 (Sangat rendah)	-
8 > FFM (Lemah)	FFE 2 (Rendah)	FFE 1 (Sangat rendah)	-	-

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mengetahui kategori FS dan FFE, langkah selanjutnya menentukan kategori PRL dengan matriks yang penentuannya dapat dilihat pada tabel 14. Pada tahap ini dapat mengetahui tingkat PRL untuk setiap kompartmen.

Tabel 14. Matriks Risiko Kebakaran Penghuni/*Property Risk Level* (PRL)

	FS 1	FS 2	FS 3	FS 4	FS 5	FS 6	FS 7
FFE 4	PRL I	PRL I	PRL II	PRL III	PRL IV	PRL V	NAC
FFE 3	PRL I	PRL II	PRL III	PRL IV	PRL V	NAC	NAC
FFE 2	PRL II	PRL III	PRL IV	PRL V	NAC	NAC	NAC
FFE 1	PRL III	PRL IV	PRL V	NAC	NAC	NAC	NAC

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Pasca-perhitungan, nilai indeks *Occupant Risk Level* (ORL) dan *Property Risk Level* (PRL) masing-masing akan diintegrasikan dengan Tingkat Kategori Proteksi (*Protection Category Level*/PCL). Indikator PCL ini sendiri diklasifikasikan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu komponen teknis deteksi dini api, prosedur rencana

tanggap darurat, serta efektivitas pemeliharaan (*maintenance*) pada instrumen pemadam kebakaran. Untuk aspek-aspek yang dinilai dalam PCL dan pengkategorianya akan ditampilkan pada tabel 15 berikut.

Tabel 15. Tingkat Kategori Proteksi/*Protection Category Level (PCL)*

Kategori proteksi	Elemen teknis	Rencana tanggap darurat	Pemeliharaan
B	Deteksi api dilakukan oleh penghuni (suara penghuni)	Tidak ada rencana tanggap darurat	Sarana proteksi dalam pengawasan
1	Alarm kebakaran manual, dengan sirene	Tidak ada rencana tanggap darurat	Pengecekan sarana pemadam kebakaran secara periodik
2	Alarm kebakaran manual dengan sistem pengumuman	Terdapat rencana tanggap darurat	Pengecekan sarana pemadam kebakaran secara periodik
3	Pendeteksi kebakaran otomatis dengan sistem pengumuman	Terdapat rencana tanggap darurat	Pemeliharaan reguler, terdapat layanan pemadam kebakaran, pembersihan area dilakukan dengan baik
4	Pendeteksi dan pemadam kebakaran otomatis	Terdapat rencana tanggap darurat	Terdapat pemeliharaan preventif untuk sarana pemadaman kebakaran, pelatihan darurat kebakaran secara wajib, pembersihan area kerja secara maksimal

Sumber: (Danzi et al., 2021)

Setelah mengetahui tingkat PCL dan tingkat ORL dan PRL masing-masing kompartemen tahap selanjutnya adalah menilai apakah risiko dapat diterima berdasarkan penilaian metode ini dan rekomendasi tingkat proteksinya. Melalui penggabungan parameter-parameter tersebut, tingkat keparahan dampak kebakaran selanjutnya dapat diidentifikasi dengan mengacu pada matriks risiko di bawah ini.

Protection Category Level (PCL)

		B	1	2	3	4
ORL1: Very Low	I	●	●	●	●	●
ORL2: Low	II	●	●	●	●	●
ORL3: Medium	III	●	●	✓	●	●
ORL4: High	IV	●	●	✓	●	●
ORL5: Very High	V	●	●	●	●	●

Gambar 3. Matriks Tingkat Risiko Penghuni(ORL)

Sumber: Danzi, Marmo, & Fiorentini (2021)

Merujuk pada matriks ORL yang disajikan dalam Gambar 3, interpretasi terhadap setiap indikator visual dijabarkan sebagai berikut: Simbol titik hijau menandakan bahwa kapabilitas sistem proteksi eksisting telah selaras dengan derajat risiko kebakaran di area tersebut. Sebaliknya, simbol titik merah mengisyaratkan adanya kerentanan kritis, di mana sistem proteksi kebakaran yang ada berpotensi besar gagal memitigasi dampak keparahan akibat kebakaran. Penanda centang merah menunjukkan bahwa meskipun sarana proteksi dinilai sudah memadai, upaya optimalisasi atau peningkatan performa tetap diperlukan. Sementara itu, simbol titik kuning mengindikasikan bahwa skenario risiko di area tersebut berkaitan erat dengan aktivitas mono-kompartemen, salah satu contohnya terlihat dari durasi waktu evakuasi yang sangat dipengaruhi oleh karakteristik spesifik dari penghuni di area tersebut.

Protection Category Level (PCL)

		B	1	2	3	4
PRL1: Very Low	I	●	✓*	●	●	●
PRL2: Low	II	●	✓*	✓*	●	●
PRL3: Medium	III	●	●	✓*	✓*	●
PRL4: High	IV	●	●	●	✓*	●
PRL5: Very High	V	●	●	●	●	✓*

Gambar 4. Matriks Tingkat Risiko Properti (PRL)
Sumber: Danzi, Marmo, & Fiorentini (2021)

Berdasarkan visualisasi matriks PRL yang tertera pada Gambar 4, interpretasi hasil pembagian tingkat perlindungan aset didefinisikan melalui beberapa indikator simbol. Tanda titik hijau merepresentasikan kondisi ideal di mana sistem proteksi kebakaran dinilai andal dalam menanggulangi risiko kebakaran properti. Sebaliknya, penanda titik merah mengindikasikan defisit proteksi, yang berarti fasilitas pemadam eksisting berpotensi besar tidak mampu meredam konsekuensi dan dampak kerusakan akibat api. Sementara itu, simbol centang merah mengisyaratkan bahwa sistem telah memenuhi persyaratan esensial standar, namun langkah penguatan tetap wajib dilakukan. Untuk indikator centang merah dengan bintang hijau, kapasitas proteksi dinilai sudah sangat efektif dalam mengatasi kebakaran, walaupun tindakan peningkatan performa tetap direkomendasikan. Terakhir, titik kuning menandakan bahwa evaluasi risiko di lokasi tersebut berfokus pada dinamika atau aktivitas dalam ruang tunggal (mono-kompartemen).

Perencanaan sistem proteksi kebakaran yang diaplikasikan di Perusahaan Distributor B3 ini mengacu pada standar NFPA 10 Tahun 2022. Standar tersebut digunakan sebagai landasan ilmiah untuk merancang kebutuhan jumlah APAR secara ideal berdasarkan klasifikasi bahaya hunian, pemilihan tipe media APAR yang sesuai dengan kelas kebakaran, serta luas area yang akan disediakan. Berdasarkan NFPA 10 Tahun 2022, terdapat tiga kategori tingkat bahaya hunian yang menjadi acuan perencanaan, sebagaimana dijabarkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Klasifikasi Bahaya Hunian berdasarkan Standar NFPA 10 Tahun 2022

Klasifikasi Bahaya Hunian	Deskripsi
Bahaya Ringan (<i>Light</i>)	Kawasan dengan tingkat bahaya kebakaran ringan dikategorikan sebagai area yang memiliki jumlah dan tingkat kenyamanan terbakar bahan bakar Kelas A serta bahan mudah terbakar Kelas B yang relatif rendah, sehingga kebakaran yang mungkin terjadi mencapai laju pelepasan panas yang rendah. Area ini umumnya hanya mengandung bahan mudah terbakar Kelas A dalam jumlah normal, dan/atau jumlah total bahan mudah terbakar Kelas B yang terdapat di suatu ruangan atau area biasanya kurang dari 1 galon (3,8 liter).
Bahaya Menengah (<i>Ordinary</i>)	Kawasan dengan tingkat bahaya kebakaran menengah didefinisikan sebagai lokasi yang memiliki jumlah dan tingkat kemudahan terbakar bahan Kelas A dan bahan mudah terbakar Kelas B pada tingkat sedang, sehingga kebakaran yang terjadi diperkirakan mencapai laju pelepasan panas sedang. Area ini mencakup kondisi di mana bahan mudah terbakar Kelas A hanya kadang-kadang melebihi jumlah perabotan normal, dan/atau jumlah total bahan mudah terbakar Kelas B yang umumnya terdapat di suatu ruangan atau area berkisar antara 1 galon hingga 5 galon (3,8 hingga 18,9 liter).
Bahaya Ekstra (<i>Extra</i>)	Kawasan dengan tingkat bahaya kebakaran ekstra diklasifikasikan sebagai area yang memiliki jumlah dan tingkat kenyamanan terbakar bahan mudah terbakar Kelas A yang tinggi atau mengandung bahan mudah terbakar Kelas B dalam jumlah besar, sehingga kebakaran yang terjadi berpotensi berkembang cepat dengan laju pelepasan panas yang tinggi. Kawasan ini mencakup aktivitas penyimpanan, pengemasan, penanganan, atau proses produksi yang melibatkan bahan mudah terbakar Kelas A, dan/atau area dengan jumlah total bahan mudah terbakar Kelas B yang diperkirakan melebihi 5 galon (18,9 liter) di suatu ruangan atau area.

Sumber: (NFPA, 2022)

Klasifikasi bahaya hunian tersebut akan menjadi dengan pemilihan rating APAR yang digunakan sebagai proteksi dalam hunian. APAR untuk kelas kebakaran A dan C memiliki jarak jangkauan maksimal dari satu APAR ke APAR terdekat tidak boleh melebihi 22,9 meter (75 ft) dan memiliki luas proteksi lingkaran 1 buah APAR yang akan dipaparkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Luas Proteksi APAR Kelas A berdasarkan Standar NFPA 10 Tahun 2022

Rating APAR	Bahaya Hunian Ringan (m ² /ft ²)	Bahaya Hunian Menengah (m ² /ft ²)	Bahaya Hunian Ekstra (m ² /ft ²)
1A	-	-	-
2A	6000 (557)	3000 (279)	-
3A	9000 (836)	4500 (418)	-
4A	11250 (1045)	6000 (557)	4000 (372)
6A	11250 (1045)	9000 (836)	6000 (557)
10A	11250 (1045)	11250 (1045)	9000 (836)
20A	11250 (1045)	11250 (1045)	11250 (1045)
30A	11250 (1045)	11250 (1045)	11250 (1045)
40A	11250 (1045)	11250 (1045)	11250 (1045)

Sumber: (NFPA, 2022)

Keterangan yang tertera pada tabel 2 digunakan untuk menentukan jumlah APAR kelas A dan C yang dibutuhkan untuk memproteksi suatu area. Perhitungan tersebut diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas area}}{\text{Luas proteksi APAR sesuai NFPA 10}}$$

Sedangkan APAR untuk kelas kebakaran B (bahan cair atau gas yang mudah terbakar) memiliki jarak jangkauan maksimal dari satu APAR ke APAR terdekat yang berbeda dengan kelas kebakaran A dikarenakan penyalan api yang lebih cepat. Jarak jangkauan 1 buah APAR untuk kelas kebakaran B akan dipaparkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Jarak Maksimal terhadap APAR untuk Kelas Kebakaran B berdasarkan Standar NFPA 10 Tahun 2022

Klasifikasi Bahaya Hunian	Rating Minimal APAR	Jarak Maksimal terhadap APAR	
		ft	m
Ringan	5-B	30	9,15
	10-B	50	15,25
Menengah	10-B	30	9,15
	20-B	50	15,25
Ekstra	40-B	30	9,15
	80-B	50	15,25

Sumber: (NFPA, 2022)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian risiko kebakaran penghuni (ORL) dilakukan dengan metode semi-kuantitatif FLAME melalui tahapan-tahapan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Tahap awal penilaian dimulai dengan penentuan *Exposure Level* (EL) dan *Pre-Movement Time* (PMT). Berikut ini contoh salah satu tahap perhitungan EL dan PMT pada salah satu kompartmen di area bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan, kompartmen yang dipilih adalah area kerja bengkel yang memiliki luas sebesar 120 m². Hasil penilaian risiko kebakaran penghuni (ORL) diambil dengan nilai risiko tertinggi pada kompartmen yang ada di area. Hasil tingkat risiko dari seluruh area akan dijabarkan dalam Tabel x.

1. Perhitungan *Exposure Level* (EL)

a. Perhitungan *Ignition Probability Class* (IPC)

$$\begin{aligned} \text{IPC} &= P_{\text{ign}} \cdot A \\ &= 8 \times 10^{-6} \cdot 120 \text{ m}^2 \\ &= 9,6 \times 10^{-4} \text{ (Kelas 0)} \\ \text{IPC} &= \text{Kelas} + \text{Faktor Penambah} \\ &= 0 + 4 \text{ (Pengecatan, penyemprotan, lem)} \\ &= 4 \end{aligned}$$

b. Penentuan *Fire Growth Category* (FGC)

Area kerja bengkel berisikan muatan barang-barang logam, mesin, peralatan, bahan mudah terbakar (wadah tahan api) sehingga termasuk ke dalam kategori 3 dengan HRR 150 detik.

Berdasarkan hasil perhitungan IPC yang mendapatkan total IPC 4 dan kategori FGC 3 dengan HRR 150 detik. Maka kategori EL pada area kerja bengkel adalah EL kategori 4.

2. Perhitungan *Pre-Movement Time* (PMT)

Area kerja bengkel tidak memiliki alarm ataupun detektor kebakaran, namun karena area yang relatif kecil dan jumlah penghuni yang tidak padat pada areanya maka kompartmen ini memiliki *base time* 4 menit. Kemudian karakteristik penghuni area kerja bengkel memiliki nilai yang beragam, kewaspadaan tingkat 2, mobilitas tingkat 5, afiliasi sosial tingkat 1, peran tingkat 5, posisi tingkat 4, komitmen tingkat 1, kefokuskan tingkat 5, dan familiaritas tingkat 5. Maka perhitungan PMT area kerja bengkel sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{\text{mod}} &= C_n + C_p \\ S_{\text{mod}} &= 0,4 \cdot (2 + 1 + 5 + 4 + 1 + 5) + 2 \cdot 5 \\ S_{\text{mod}} &= 19,2 \end{aligned}$$

$$W_{\text{eff}} = S_{\text{mod}} / 8$$

$$W_{\text{eff}} = 19,2 / 8$$

$$W_{\text{eff}} = 2,4$$

$$RC = 6 - W_{\text{eff}}$$

$$RC = 6 - 2,4$$

$$RC = 3,6$$

$$PMT = RC \cdot t_i$$

$$PMT = 3,6 \cdot 4$$

$$PMT = 14,4 \text{ menit (Kategori 4)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan PMT yang telah dilakukan pada area kerja bengkel mendapatkan 14,4 menit atau kategori 4. Sehingga dengan informasi EL kategori 4 dan PMT kategori 4 yang telah diperoleh, maka ORL pada area kerja bengkel adalah tingkat 5. ORL pada kompartmen area kerja bengkel adalah yang tertinggi di area bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan, sehingga ORL untuk area ini adalah tingkat 5.

Penentuan ORL pada area lainnya dilakukan dengan langkah-langkah yang sama dan diambil dari ORL tertinggi pada kompartmen di suatu area. Berikut tabel 19 merupakan rekapitulasi ORL untuk seluruh area di Perusahaan.

Tabel 19. Hasil Penilaian Risiko Penghuni pada Perusahaan Distributor B3

No.	Area	ORL	PCL	Keterangan
1	Pos Keamanan	3 (<i>Medium</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
2	Kantor	4 (<i>High</i>)	B (Telah tersedia APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
3	Gudang tabung gas kosong	3 (<i>Medium</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
4	Bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan	5 (<i>Very High</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
5	Gudang Arsip	3 (<i>Medium</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
6	TPS limbah B3	4 (<i>High</i>)	B (Telah tersedia APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
7	Tempat istirahat pengemudi	4 (<i>High</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
8	Gudang perkakas dan barang tidak terpakai	4 (<i>High</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
9	Parkiran kendaraan <i>pool</i>	2 (<i>Low</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
10	Parkiran kendaraan karyawan	2 (<i>Low</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
11	Parkiran kendaraan angkutan B3 dan pupuk	2 (<i>Low</i>)	B (Tidak ada hidran halaman)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran

Berdasarkan Tabel 4. diketahui jika hasil penilaian risiko penghuni (ORL) yang telah dilakukan dengan metode semi-kuantitatif FLAME melalui tahapan-tahapan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, diperoleh hasil yang beragam mulai dari 3 area memiliki tingkat *low*, 3 area memiliki tingkat *medium*, 4 area memiliki tingkat *high*, dan 1 area memiliki tingkat *very high*. Selanjutnya penilaian risiko kebakaran properti (ORL) dilakukan dengan metode semi-kuantitatif FLAME melalui tahapan-tahapan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Tahap awal penilaian dimulai dengan penentuan *Fire Severity* (FS) dan *Firefighting Expediency* (FFE). Berikut ini contoh salah satu tahap perhitungan FS dan FFE pada salah satu kompartmen di suatu area. Hasil penilaian risiko properti (PRL) diambil dengan nilai risiko tertinggi pada kompartmen yang ada di area. Hasil tingkat risiko dari seluruh area akan dijabarkan dalam Tabel 5.

Penilaian risiko kebakaran properti (PRL) dilakukan dengan metode semi-kuantitatif FLAME melalui tahapan-tahapan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Tahap awal penilaian dimulai dengan penentuan *Fire Severity* (FS) dan *Firefighting Expediency* (FFE). Berikut ini contoh salah satu tahap perhitungan FS dan FFE pada salah satu kompartmen di area bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan, kompartmen yang dipilih adalah area kerja bengkel yang memiliki luas sebesar 120 m². Hasil penilaian risiko kebakaran properti (PRL)

diambil dengan nilai risiko tertinggi pada kompartmen yang ada di area. Hasil tingkat risiko dari seluruh area akan dijabarkan dalam Tabel x.

3. Perhitungan *Fire Severity* (FS)

a. Perhitungan *Fire Length Category* (FLC)

Kompartmen area kerja bengkel memiliki muatan kebakaran logam dan cairan mudah terbakar. m². Berdasarkan data tersebut maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Logam

$$q_f = \frac{243,7 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 1}{120}$$

$$q_f = 0 \text{ KJ/Kg}$$

- Gas

$$q_f = \frac{110 \cdot 45 \cdot 1 \cdot 1}{120}$$

$$q_f = 41,25 \text{ KJ/Kg}$$

- Cat

$$q_f = \frac{6 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 1}{120}$$

$$q_f = 1,25 \text{ KJ/Kg}$$

- $q_f \text{ total} = q_f \text{ logam} + q_f \text{ gas} + q_f \text{ cat}$

$$q_f \text{ total} = 0 + 41,25 + 1,25$$

$$q_f \text{ total} = 42,5 \text{ KJ/m}^2 \text{ (Kategori terbatas atau tingkat 1)}$$

b. Penentuan *Fire Growth Category* (FGC)

Area kerja bengkel berisikan muatan barang-barang logam, mesin, peralatan, bahan mudah terbakar (wadah tahan api) sehingga termasuk ke dalam kategori 3 dengan HRR 150 detik.

Berdasarkan hasil perhitungan FLC yang mendapatkan beban api 42,25 KJ/m² yang termasuk ke dalam kategori FLC 1 dan kategori FGC 3 dengan HRR 150 detik. Maka kategori FS pada area kerja bengkel adalah FS kategori 3.

4. Perhitungan *Firefighting Expediency* (FFE)

Perhitungan FFE dilakukan dengan menilai karakteristik struktur dan komponen bangunan atau *Compartment Configuration* (CC) serta ketersediaan dan kemudahan akses dalam melakukan pemadaman kebakaran atau *Firefighting Means* (FFM). Berikut tabel 20 merupakan keterangan dari setiap aspek CC dan FFM.

Tabel 20. Perhitungan *Firefighting Expediency* (FFE)

No.	CC	Nilai	No.	FFM	Nilai
1	Permukaan Kompartmen	$g = \frac{\sqrt{A_{tot}}}{40}$ $g = 0,306$	1	Layanan Pemadam Kebakaran	10 (tim pemadam kebakaran internal)
2	Aksesibilitas Bangunan	2 (Aksesibilitas < 50%)	2	Waktu Kedatangan Pemadam Kebakaran	10 (maksimal 10 menit)
3	Ketinggian Kompartmen	0 (<i>ground floor</i>)	3	Sistem Pendeteksi Kebakaran	0 (Tidak ada)
4	Ketinggian Langit-langit	0 (diatas 6 meter)	4	Sarana Pemadaman Kebakaran Portabel	0 (Tidak ada)
5	Ketahanan Struktur Bangunan Terhadap Api	5 (diatas 30 menit)	5	Hidran	0 (Tidak ada)
6	Aksesibilitas dalam keadaan darurat (jalur terproteksi, aksesibilitas pemadam kebakaran)	5 (dapat diakses oleh kendaraan pemadam kebakaran)	6	Sistem pemadam otomatis	0 (Tidak ada)
			7	Ventilasi asap dan panas	10 (Sarana pengontrol asap)
			8	Suplai air	0 (Tidak ada)
Rata-rata		2,051	Rata-rata		3,75

Setelah melakukan hasil perhitungan CC dan FFM yang telah dilakukan didapatkan nilai CC sebesar 2,051 dan FFM sebesar 3,75. Berdasarkan informasi tersebut melalui penentuan kategori FFE, diperoleh hasil jika kompartmen area kerja bengkel memiliki FFE kategori 2. Sehingga dengan informasi FS kategori 3 dan FFE kategori 2 yang telah diperoleh, maka PRL pada area kerja bengkel adalah tingkat 4. PRL pada kompartmen area kerja bengkel adalah yang tertinggi di area bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan, sehingga PRL untuk area ini adalah tingkat 4.

Penentuan PRL pada area lainnya dilakukan dengan langkah-langkah yang sama dan diambil dari PRL tertinggi pada kompartmen di suatu area. Berikut tabel 21 merupakan rekapitulasi PRL untuk seluruh area di Perusahaan.

Tabel 21. Hasil Penilaian Risiko Properti pada Perusahaan Distributor B3

No.	Area	PRL	PCL	Keterangan
1	Pos Keamanan	3 (<i>Medium</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
2	Kantor Administrasi	3 (<i>Medium</i>)	B (Telah tersedia APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
3	Gudang tabung gas kosong	3 (<i>Medium</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
4	Bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan	4 (<i>High</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
5	Gudang Arsip	5 (<i>Very High</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
6	TPS limbah B3	4 (<i>High</i>)	B (Telah tersedia APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
7	Tempat istirahat pengemudi	3 (<i>Medium</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
8	Gudang perkakas dan barang tidak terpakai	4 (<i>High</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
9	Parkiran kendaraan <i>pool</i>	2 (<i>Low</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
10	Parkiran kendaraan karyawan	2 (<i>Low</i>)	B (Tidak ada APAR)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran
11	Parkiran kendaraan angkutan B3 dan pupuk	2 (<i>Low</i>)	B (Tidak ada hidran halaman)	Proteksi tidak dapat mengatasi keparahan kebakaran

Berdasarkan Tabel 17. diketahui jika hasil penilaian risiko properti (PRL) yang telah dilakukan dengan metode semi-kuantitatif FLAME melalui tahapan-tahapan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, diperoleh hasil yang beragam mulai dari mulai dari 3 area memiliki tingkat *low*, 4 area memiliki tingkat *medium*, 3 area memiliki tingkat *high*, dan 1 area memiliki tingkat *very high*. Sehingga berdasarkan hasil penilaian risiko tersebut dan kondisi eksisting di lapangan yang belum terdapat proteksi kebakaran dasar yaitu APAR maka perlu diberikan perencanaan guna mengetahui kebutuhan APAR untuk masing-masing area di Perusahaan.

Perencanaan APAR yang dilakukan berdasarkan pada NFPA 10 Tahun 2022, mensyaratkan bahwa jarak antar APAR untuk mitigasi bahaya kebakaran kelas A tidak boleh lebih daripada 22,9 meter. Sedangkan untuk 15,25 meter untuk mitigasi bahaya kebakaran kelas B. Perencanaan APAR dilakukan dengan menggunakan data luas area dan denah Perusahaan untuk mendesain denah peletakan APAR pada area-area yang akan disediakan. Pengecualian untuk area parkir kendaraan angkutan B3 dan pupuk tidak akan dilakukan perhitungan untuk kebutuhan APAR karena tidak memungkinkan untuk meletakkan pada tengah area dan juga pada tepi areanya sudah dijangkau oleh APAR yang terpasang di area lainnya.

Tabel 22. Perencanaan APAR di Area Perusahaan Distributor B3

No.	Area	Kelas Kebakaran	Klasifikasi Bahaya	Luas (ft ²)	Rekomendasi
1	Pos keamanan	A dan C	Ringan	290,626	<i>Dry chemical powder</i>
2	Gudang tabung gas kosong	A dan C	Menengah	1614,59	<i>Dry chemical powder</i>
3	Bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan	A, B, dan C	Ekstra	1614,59	<i>Dry chemical powder</i>
4	Gudang arsip	A dan C	Menengah	1614,59	<i>Dry chemical powder</i>
5	Tempat istirahat pengemudi	A dan C	Ringan	322,917	<i>Dry chemical powder</i>
6	Gudang perkakas dan barang tidak terpakai	A dan C	Menengah	339,063	<i>Dry chemical powder</i>
7	Parkiran kendaraan <i>pool</i>	A, B, dan C	Menengah	1808,34	<i>Dry chemical powder</i>
8	Parkiran kendaraan karyawan	A, B, dan C	Menengah	5016,036	<i>Dry chemical powder</i>

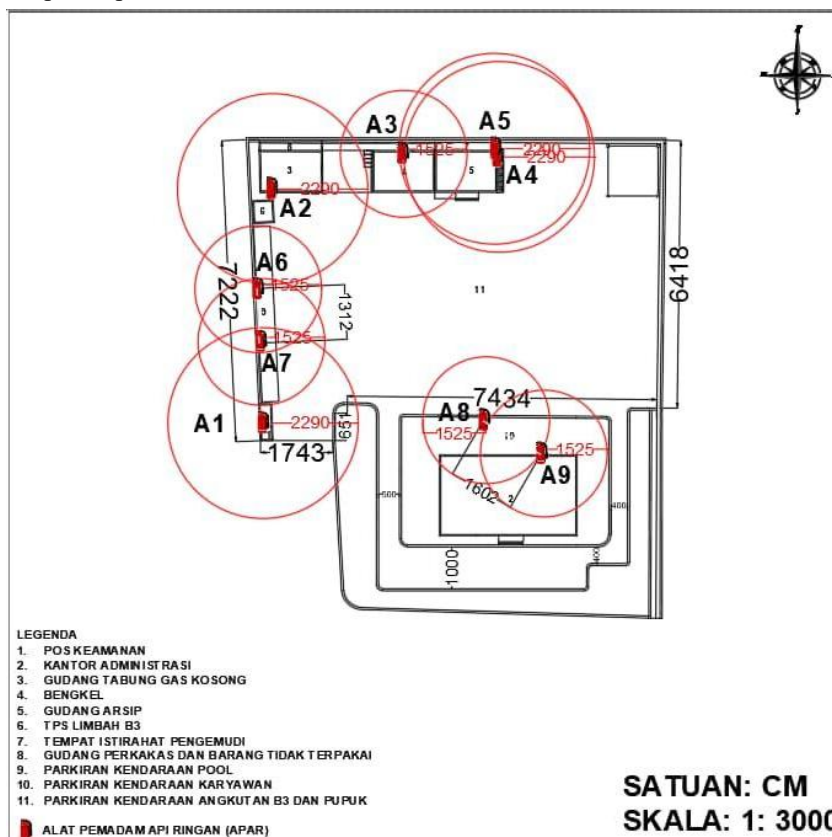
Berdasarkan Tabel 22. diketahui jika seluruh area direkomendasikan menggunakan APAR jenis *dry chemical powder* karena terdapat kelas kebakaran yang berbeda-beda pada masing-masing area. Setelah menentukan jenis APAR dan luas area yang akan diberikan APAR, tahapan selanjutnya adalah menghitung jumlah kebutuhan dan penempatan APAR untuk masing-masing area. Luas area tersebut kemudian dibagi dengan luas

proteksi 1 APAR berdasarkan NFPA 10 Tahun 2022 atau jangkauan maksimum 1 APAR jika untuk kelas B.

Tabel 23. Perhitungan Kebutuhan APAR untuk masing-masing area

No.	Area	Luas Area (ft ²)	Jangkauan Proteksi (ft ²)	Jumlah Kebutuhan	Rating	Kode APAR	Berat (Kg)
1	Pos keamanan	290,626	557	1	2A	A1	3
2	Gudang tabung gas kosong	1614,59	557	1	4A	A2	6
3	Gudang perkakas dan barang tidak terpakai	339,063	557	1	6A		6
4	Bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan	1614,59	7850	1	80B	A3	6
5	Gudang arsip	1614,59	557	2	6A	A4 (gudang arsip lantai 2)	6
6	Tempat istirahat pengemudi	322,917	1045	1	6A	A5 (gudang arsip lantai 1 dan tempat istirahat)	6
7	Parkiran kendaraan <i>pool</i>	1808,34	7850	2	20B	A6	6
						A7	
8	Parkiran kendaraan karyawan	5016,036	7850	2	20B	A8	6
						A9	

Berdasarkan tabel 23 tentang hasil perhitungan kebutuhan APAR didapatkan jumlah kebutuhan sebanyak 11 APAR namun perlu diperhatikan bahwa penempatan APAR jika area-area yang berdekatan memiliki kelas kebakaran dan risiko kebakaran yang sama serta jangkauan 1 unit APAR mampu mencakup keseluruhan maka jumlah dapat menjadi lebih sedikit dibandingkan hasil perhitungan. Berikut gambar 5 merupakan denah penempatan APAR untuk seluruh area Perusahaan.



Gambar 5. Layout Penempatan APAR

Berdasarkan gambar tersebut diketahui jika 9 APAR mampu menjangkau seluruh area yang direncanakan

meskipun berdasarkan hasil perhitungan membutuhkan 11 APAR namun terdapat beberapa area yang dapat terjangkau dengan 1 APAR. Hal tersebut ditunjukkan dengan lingkaran merah dan radius 1 unit APAR. Sehingga jumlah perencanaan APAR untuk Perusahaan sebanyak 9 APAR.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penilaian risiko kebakaran dengan metode semi-kuantitatif FLAME dan perencanaan APAR yang dilakukan pada Perusahaan Distributor B3, untuk risiko kebakaran penghuni didapatkan kesimpulan bahwa berdasarkan pada penilaian risiko kebakaran, terdapat 3 area yang memiliki ORL *low* yaitu, parkir kendaraan pool, parkir kendaraan karyawan, parkir kendaraan angkutan B3 dan pupuk. Terdapat 3 area yang memiliki ORL *medium* yaitu, pos keamanan, gudang tabung gas kosong, dan gudang arsip. Terdapat 4 area yang memiliki ORL *high* yaitu kantor, TPS limbah B3, tempat istirahat pengemudi, gudang perkakas dan barang tidak terpakai. Terdapat 1 area yang memiliki ORL *very high* yaitu bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan. Sedangkan untuk risiko kebakaran properti terdapat 3 area yang memiliki PRL *low* yaitu, parkir kendaraan pool, parkir kendaraan karyawan, parkir kendaraan angkutan B3 dan pupuk. Terdapat 4 area yang memiliki PRL *medium* yaitu pos keamanan, kantor administrasi, gudang tabung gas kosong, tempat istirahat pengemudi. Terdapat 3 area yang memiliki PRL *high* yaitu, bengkel perawatan dan reparasi kendaraan angkutan, TPS limbah B3, gudang perkakas dan barang tidak terpakai. Terdapat 1 area yang memiliki PRL *very high* yaitu gudang arsip. Kemudian untuk kebutuhan APAR berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan dengan mengacu pada NFPA 10 Tahun 2022. Diperoleh hasil kebutuhan jumlah APAR sebanyak 9 APAR dengan 8 di antaranya APAR 6 Kg dan 1 APAR 3 Kg jenis *dry chemical powder* untuk seluruh area Perusahaan. Pembagian peletakannya yaitu 1 APAR 3 Kg di pos keamanan, 1 APAR 6 Kg di gudang tabung gas kosong, 1 APAR 6 Kg di gudang arsip lantai 2, 1 APAR 6 Kg di tempat istirahat pengemudi, 2 APAR di parkir kendaraan *pool*, 2 APAR di parkir kendaraan karyawan.

5. DAFTAR NOTASI

ft = Kaki

m = Meter

*ft*² = Kaki Persegi

*m*² = Meter Persegi

FGC = Fire Growth Category (Detik)

IPC = Ignition Probability Category (10^{-6} /Tahun)

EL = Exposure Level

Cn = Characteristic Normal

*t*₁ = Waktu Dasar (Menit)

FLC = Fire Length Category (MJ/Kg)

DAFTAR PUSTAKA

- Danzi, E., Fiorentini, L., & Marmo, L. (2021). FLAME: A Parametric Fire Risk Assessment Method Supporting Performance Based Approaches. *Fire Technology*, 57(2), 721–765. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01014-9>
- Diyah Ayu Sukanto Putri, Zayyan Ahmad Arrafi, Mareta Pristiawanti, M. L. A. (2023). Analisis Kesesuaian APAR Sebagai Sistem Proteksi Kebakaran Aktif Pada Suatu Bangunan Di Pabrik Susu. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)*, 2(2), 233–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.55606/juprit.v2i2.2186>
- Effendi, A. L. K., & Restikasari, W. (2025). Analysis Productivity Chemical Industry in Indonesia. *Berkala Kajian Ekonomi Dan Studi Pembangunan*, 20(1), 170–184. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21107/mediatrend.v20i1.29404>
- Fander, A., Yaghoubi, S., & Asl-Najafi, J. (2021). CHEMICAL SUPPLY CHAIN COORDINATION BASED ON TECHNOLOGY LEVEL AND LEAD-TIME CONSIDERATIONS. *RAIRO Operations Research*, 55, 793–810. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/ro/2021033>
- Febriany, R. M. E., & Purwaningdyah, S. W. S. (2023). Analisis Penentuan Rute Distribusi Liquefied Petroleum

- Gas (LPG) Tabung 3 Kg Menggunakan Metode Nearest Neighbor pada PT. Rade Putra Utama. *JBME: Jurnal Bisnis Manajemen & Ekonomi*, 21(2), 906–918. <https://doi.org/https://doi.org/10.33197/bes.vol2.iss2.2022.1602>
- Gao, H., Yang, Y., & Shi, H. (2023). Domino index : A rapid quantification tool for the domino effect in chemical plants. *Heliyon*, 9(e21357), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21357>
- Hassanain, M. A., Al-harogi, M., & Ibrahim, A. M. (2022). Fire Safety Risk Assessment of Workplace Facilities : A Case Study. *Fire Resistant Engineering*, 8(March), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.861662>
- Lestari, F., Hastiti, L. R., Pujriani, I., & Andrias, D. (2021). *Keselamatan Kebakaran (Fire Safety)* (1st ed.). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Liperda, R. I., Hardianti, I. K., Widyah, I. N., Fadjri, N. A., & Agustin, R. R. (2022). Simulasi-Optimasi Sistem Transportasi Penentuan Kebutuhan Truk Tangki Pada Proses Distribusi BBM : Studi Kasus TBBM Plumpang. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 9(2), 92–102. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.24853/jisi.9.2.92-102>
- M. Abdul Ghony, Rendy Mahessa Dwi Putra, & Monica Kharisma. (2024). Pengelolaan Penyimpanan Bahan Kimia Berbahaya dan Beracun pada Water Treatment Plant PLTU 3x10 MW (PT. BEST). *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Sains*, 2(1), 33–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.62278/jits.v2i1.34>
- Mahfud, M., & Sabara, Z. (2018). *Buku Industri Kimia Indonesia* (1st ed.). DEEPUBLISH.
- Marseva, A. D., Napitulu, T. S., & Sumarlina. (2025). Implementasi Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja di The Implementation of Occupational Health and Safety Management in Logostic Company. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (JK3L)*, 06(2), 12–18.
- NFPA. (2022). *NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers*. National Fire Protection Association.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.56/Menlhk-Setjen/2015 Tentang Tata Cara Dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan, Pub. L. No. P.56/Menlhk-Setjen/2015, 1 (2015).
- Qi, C., Zou, Q., Cao, Y., & Ma, M. (2024). Hazardous Chemical Laboratory Fire Risk Assessment Based on ANP and 3D Risk Matrix. *Fire Safety Management and Risk Assessment*, 7(8), 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/fire708028>
- Umum, P. M. P. (2008). *Persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungan*.
- Zhafirah, L. H., Ashari, M. L., & Anindita, G. (2023). Pengklasifikasian Bahaya Kebakaran dan Perencanaan Kebutuhan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) Sebagai Proteksi Awal Kebakaran pada Pabrik Pengolahan Kayu X. *CONFERENCE ON SAFETY ENGINEERING AND IT'S APPLICATION*, 7(2581).