

ANALISIS *FIRE RISK ASSESSMENT* DAN EVALUASI SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN ALAT PEMADAM API RINGAN PADA AREA *WAREHOUSE* PERUSAHAAN *SUPPORT OIL AND GAS*

Salsabila Rizkamala Putri¹, Moch. Luqman Ashari², Mades Darul Khairansyah³

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

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

Abstrak

Warehouse merupakan salah satu area vital dalam operasional perusahaan *support oil and gas* yang digunakan untuk penyimpanan material, alat, dan bahan pendukung yang sebagian besar mudah terbakar. Berdasarkan hasil observasi pada area *warehouse* dengan luas total 900m², diketahui bahwa sistem proteksi kebakaran aktif berupa Alat Pemadam Api Ringan (APAR) belum memenuhi standar yang dipersyaratkan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis *Fire Risk Assessment* (FRA) dan evaluasi sistem proteksi kebakaran aktif, khususnya pada jumlah dan peletakan pada APAR. Penyusunan FRA mengacu pada NFPA 551 2019, sedangkan evaluasi kebutuhan APAR didasarkan pada Permenaker No.04 Tahun 1980. Hasil FRA menunjukkan adanya 3 titik dengan tingkat risiko kebakaran sangat tinggi (*Extreme High*) dan 4 titik dengan tingkat risiko tinggi (*High*). Sementara itu, hasil evaluasi kebutuhan APAR menunjukkan bahwa pada *warehouse* dengan luasan 900m² saat ini hanya dilengkapi 2 unit APAR. Untuk keseluruhan 8 bangunan *warehouse* dengan luasan yang sama dibutuhkan total 40 unit APAR atau 5 unit APAR per bangunan *warehouse*. Jenis APAR yang direkomendasikan adalah *Dry Chemical Powder* dengan kapasitas 6kg, yang mampu mengatasi kebakaran kelas A,B, dan C. Kondisi ini mengindikasikan adanya kekurangan signifikan pada sistem proteksi kebakaran aktif. Oleh karena itu, diperlukan rekomendasi penambahan APAR dan penyesuaian penempatan sesuai dengan standar agar sistem proteksi kebakaran dapat berfungsi secara efektif dalam mencegah dan mengendalikan kebakaran pada area *warehouse*.

Kata Kunci: APAR, *Fire Risk Assessment*, *Oil and Gas*, Risiko Kebakaran, *Warehouse*

Abstract

The warehouse is one of the vital areas in the operational activities of oil and gas support companies, serving as a storage facility for materials, tools and supporting equipment, most of which are highly flammable. Based on observations in a warehouse with a total area of 900m², it was found that active fire protection system, in the form of Portable Fire Extinguisher (APAR), does not yet meet the required standards. This study aims to conduct a Fire Risk Assessment (FRA) and evaluate the active fire protection system, particularly regarding the number and placement of APAR units. The FRA was carried out based on NFPA 551 (2019), while the evaluation of APAR requirements referred to the Ministry of Manpower Regulation No. 04 of 1980. The FRA results indicated 3 areas with an extreme fire risk level and 4 areas with a high fire risk level. Meanwhile, the evaluation of APAR needs showed that in a warehouse with an area of 900 m², only 2 APAR units are currently available. For all 8 warehouse buildings of the same size, a total of 40 APAR units, or 5 units per warehouse, are required. The recommended type of APAR is a 6 kg Dry Chemical Powder, which is capable of extinguishing class A, B, and C fires. This condition highlights a significant shortage in the active fire protection system. Therefore, recommendations for the addition of APAR units and proper placement in accordance with standards are necessary to ensure the fire protection system functions effectively in preventing and controlling fires in the warehouse area.

Keywords: *Fire Risk Assessment*, *Fire Extinguisher*, *Fire Risk*, *Oil and Gas*, *Warehouse*

1. PENDAHULUAN

Industri *oil and gas* merupakan salah satu sektor dengan tingkat risiko kebakaran yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh karakteristik material yang digunakan maupun disimpan, seperti bahan bakar dan komponen peralatan *Offshore* yang mudah terbakar atau meledak. Salah satu area dengan potensi risiko kebakaran yang signifikan adalah *warehouse* (Brkić, 2025), yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan material, alat dan bahan pendukung operasional perusahaan. Oleh karena itu, penerapan sistem proteksi kebakaran aktif menjadi sangat penting untuk mencegah dan mengendalikan potensi kebakaran yang dapat terjadi sewaktu-waktu dengan luasan

warehouse atau area penyimpanan material sebanyak 8 bangunan dengan luasan 900m²

Menurut beberapa penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa masih banyak area industri, termasuk warehouse yang belum dilengkapi dengan sistem proteksi kebakaran aktif yang memadai, sehingga meningkatkan risiko dan dampak kebakaran. Pentingnya evaluasi sistem proteksi kebakaran secara berkala, khususnya pada area penyimpanan material mudah terbakar untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja akibat kebakaran. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan di area warehouse perusahaan support oil and gas dengan luas 900 m², diketahui bahwa sistem proteksi kebakaran aktif berupa Alat Pemadam Api Ringan (APAR) masih belum sesuai standar, hanya terdapat 2 unit APAR yang terpasang.

Namun berdasarkan hasil perhitungan sesuai Peraturan Pemerintah Ketenagakerjaan No.04 Tahun 1980 (Pemenakertrans, 1980), seharusnya tersedia 5 unit APAR dengan tipe Dry Chemical Powder kapasitas 6 kg agar seluruh area warehouse dapat terproteksi secara optimal. Selain itu hasil Fire Risk Assessment (FRA) menunjukkan adanya 3 titik dengan tingkat risiko sangat tinggi dan 4 titik dengan risiko tinggi di area warehouse tersebut. Permasalahan ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara kondisi sistem proteksi kebakaran aktif yang ada dengan standar yang berlaku. Oleh karena itu, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana tingkat risiko kebakaran yang ada di area warehouse perusahaan support oil and gas serta apakah jumlah dan penempatan APAR yang ada saat ini sudah sesuai dengan standar proteksi kebakaran yang berlaku.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tingkat risiko kebakaran di area warehouse perusahaan support oil and gas melalui Fire Risk Assessment (National Fire Protection Association, 2019), dan melakukan evaluasi terhadap sistem proteksi kebakaran aktif, khususnya kelengkapan dan penempatan APAR, guna penelitian ini juga bertujuan memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan agar sistem proteksi kebakaran aktif berfungsi secara optimal dalam mencegah dan mengendalikan kebakaran. Ruang lingkup kajian ini dalam penelitian ini difokuskan pada area warehouse perusahaan support oil and gas dengan objek penelitian berupa sistem proteksi kebakaran aktif yang meliputi jumlah, jenis dan penempatan APAR, dan kondisi existing APAR terdapat 2 buah. Melalui penelitian ini, diharapkan perusahaan dapat mengetahui tingkat risiko kebakaran yang ada di area warehouse, memahami kekurangan sistem proteksi kebakaran aktif yang saat ini tersedia, serta mendapatkan rekomendasi perbaikan yang sesuai standar. Dengan demikian, diharapkan dapat meminimalkan risiko kebakaran, meningkatkan keselamatan kerja, serta menjaga kelangsungan operasional perusahaan.

2. METODE

Dalam penelitian ini akan menggunakan fire risk assessment secara kualitatif dengan checklist dan menggunakan NFPA 551 tahun 2019 sebagai panduan. Checklist dapat membantu untuk mengetahui kondisi dari existing sistem proteksi kebakaran yang berada pada area warehouse atau area penyimpanan. Dari FRA tersebut juga akan diperoleh nilai risiko kebakaran, penentuan nilai risiko kebakaran didapatkan dari likelihood dan consequence yang ditentukan menggunakan risk matriks. Untuk risk matrix akan menggunakan risk matrix dari NFPA 551 sebagai panduan yang bisa dilihat pada gambar 1.

<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>

Gambar 1. Risk Matrix

Ketika melakukan suatu evaluasi sebuah sistem proteksi kebakaran perlu untuk memperhatikan kesesuaiannya dengan ketentuan yang berlaku. Dalam evaluasi Alat Pemadam Api Ringan (APAR) mengacu pada Peraturan Pemerintah Menteri Tenaga Kerja No.04 Tahun 1980 (Permenakertrans, 1980) sebagai panduan sebagai perhitungan APAR sebagai evaluasi pada sistem kebakaran Alat Pemadam Api Ringan dengan rumus dibawah ini.

$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$

Tabel 1. Luas Perlindungan Kelas Kebakaran A

<i>Class A Rating Shown on</i>	<i>Light Hazard Occupancy (ft²)</i>	<i>Ordinary Hazard Occupancy (ft²)</i>	<i>Extra Hazard Occupancy (ft²)</i>
--------------------------------	--	---	--

<i>Extinguisher</i>			
1-A	-	-	-
2-A	6000	3000	-
3-A	9000	4500	-
4-A	11250	6000	4000
6-A	11250	9000	6000
10-A	11250	11250	10000
20-A	11250	11250	11250
30-A	11250	11250	11250
40-A	11250	11250	11250

Sumber : (Permenakertrans, 1980)

Tabel 2. Luas Perlindungan Kelas Kebakaran B

<i>Type of Hazard</i>	<i>Basic Max Extinguisher Rating</i>	<i>Max Travel Distance to Extinguisher</i>	
		ft	m
<i>Light</i>	5-B	30	9,14
	10-B	50	15,25
<i>Ordinary</i>	10-B	30	9,14
	20-B	50	15,25
<i>Extra</i>	40-B	30	9,14
	80-B	50	15,25

Sumber : (Permenakertrans, 1980)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fire Risk Assessment

Dalam penyusunan *Fire Risk Assessment* (FRA) dilakukan identifikasi dan penilaian risiko kebakaran pada masing-masing area kerja di *warehouse* perusahaan *support oil and gas*. Hasil penilaian ini digunakan untuk menentukan kebutuhan sistem proteksi kebakaran tambahan yang diperlukan agar risiko kebakaran dapat diminimalkan. Salah satu sistem proteksi aktif yang menjadi fokus evaluasi adalah Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Berdasarkan hasil FRA yang dilakukan, diketahui bahwa area *warehouse* memiliki beberapa titik dengan tingkat risiko kebakaran yang tergolong tinggi hingga ekstrem. Pada area *chemical area*, risiko kebakaran akibat kebocoran drum bahan bakar termasuk dalam kategori risiko ekstrem dengan konsekuensi kebakaran yang bersifat *catastrophic*. Sistem proteksi yang telah ada berupa APAR, namun masih diperlukan penambahan sistem seperti *hydrant* dan *smoke detector* untuk menurunkan tingkat resiko menjadi moderat.

Area penyimpanan *sparepart* dan jalur *Forklift* juga memiliki tingkat risiko kebakaran tinggi akibat kemaasan yang mudah terbakar dan potensi percikan api dari mesin *forklift*. Meskipun tersedia APAR, diperlukan penambahan *smoke detector* dan *fire alarm* untuk mengurangi tingkat resiko menjadi moderat. Pada area *electrical Panel*, potensi konsleting listrik berisiko signifikan dengan kategori tinggi. Penambahan sistem proteksi seperti *fire alarm* dan perawatan rutin instalasi listrik direkomendasikan agar tingkat risiko dapat diturunkan menjadi rendah.

Selanjutnya, area *Loading/Unloading Zone* memiliki tingkat risiko kebakaran ekstrem akibat potensi kebakaran saat proses pemindahan drum bahan bakar. Penambahan sistem proteksi seperti *hydrant*, prosedur kerja aman (SOP), dan alat bantu pemindahan drum direkomendasikan untuk mengurangi risiko menjadi moderat. Selain itu hasil observasi terhadap sistem proteksi kebakaran aktif pada *warehouse* menunjukkan bahwa jumlah APAR yang tersedia saat ini hanya sebanyak 2 unit. Jumlah tersebut masih belum memenuhi standar minimum yang dipersyaratkan dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No.4 Tahun 1980 yang harus segera dipenuhi untuk memastikan area *warehouse* terlindungi secara optimal.

Pada area *warehouse* secara umum juga ditemukan dua permasalahan utama, yaitu potensi penyebaran api akibat ventilasi yang buruk serta keterlambatan deteksi awal kebakaran. Kondisi ini menempatkan *warehouse* dalam tingkat risiko kebakaran ekstrem hingga tinggi. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan sistem ventilasi, serta pelatihan tanggap darurat untuk memastikan risiko kebakaran dapat ditekan ke tingkat moderat. Dan hasil FRA dapat dilihat pada tabel 3. Contoh Hasil FRA pada area *Warehouse* Berdasarkan hasil FRA pada tabel dibawah ini dapat disimpulkan sistem proteksi kebakaran aktif yang telah tersedia berupa APAR perlu dilengkapi dengan penambahan alat proteksi lain seperti, *smoke detector*, *fire alarm* dan *hydrant*, serta penyesuaian jumlah APAR. Dengan implementasi rekomendasi tersebut, diharapkan tingkat risiko kebakaran di area *warehouse* dapat diminimalkan, sehingga keselamatan pekerja dan perlindungan terhadap aset perusahaan dapat lebih terjamin.

Tabel 3. Contoh Hasil FRA pada area Warehouse

No	Area Kerja	Fire Hazard	Existing Fire Protection	Inherent Fire Risk			Additional Fire Protection	Residual Fire Risk		
				P	C	R		P	C	R
1.	Chemical Area	Kebakaran akibat kebocoran drum bahan bakar	APAR	Remote	Catastrophic	Moderate	Hydrant, Smoke Detector	Remote	Moderate	Low
2.	Area Penyimpanan Sparepart	Kebakaran karena kemasan sparepart mudah terbakar	APAR	Remote	Critical	Moderate	Smoke Detector, Fire Alarm	Remote	Moderate	Low
3.	Jalur Forklift	Percikan api dari Forklift diesel	APAR	Remote	Critical	Moderate	Smoke Detector, Fire Alarm, SOP Forklift	improbable	Moderate	Low
4.	Electrical Panel dan Area Penyimpanan	Korsleting listrik di area penyimpanan	APAR	Remote	Critical	Moderate	Fire Alarm, Perawatan rutin listrik	improbable	Moderate	Low
5.	Loading/unloading Zone	Kebocoran bahan bakar saat melakukan pemindahan drum	APAR	Occasional	Catastrophic	High	Hydrant, SOP Pengoperasian Pemindahan Drum	Remote	Moderate	Low
6.	Seluruh Area Warehouse	Terlambatnya deteksi awal kebakaran	Smoke Detector	Occasional	Critical	Moderate	Melakukan kalibrasi sistem, Pelatihan Tanggap Darurat	Remote	Moderate	Low

Evaluasi Perhitungan dan Peletakan Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

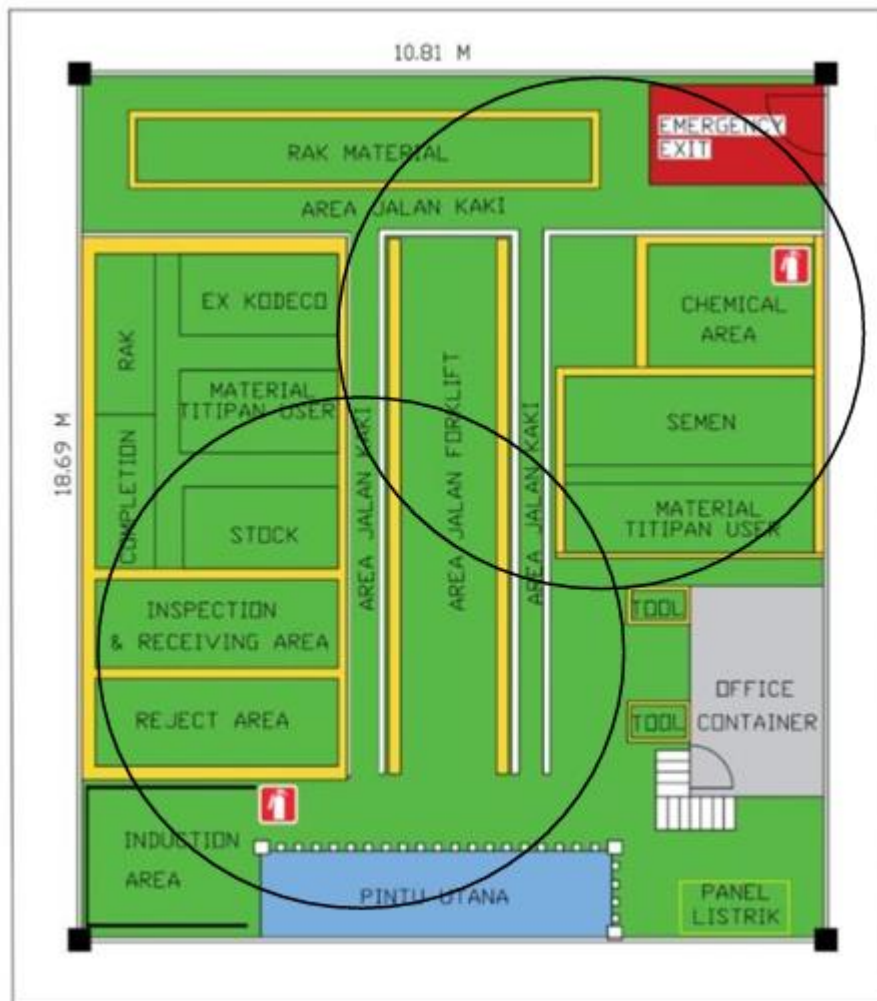
Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada Permenaker no. 4 tahun 1980 didapatkan hasil bahwa dibutuhkan 40 buah APAR untuk memenuhi kebutuhan 8 bangunan warehouse dengan klasifikasi bahaya sedang (moderate) dan luasan bangunan 900m² dengan rincian 5 buah pada setiap bangunan warehouse berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan APAR pada setiap warehousenya :

Tabel 4. Penentuan Rating APAR

No	Area	Luas		Klasifikasi Kebakaran	Rating APAR
		(m ²)	(ft ²)		
1.	Warehouse A-H	900	9687.5	Extra	40B

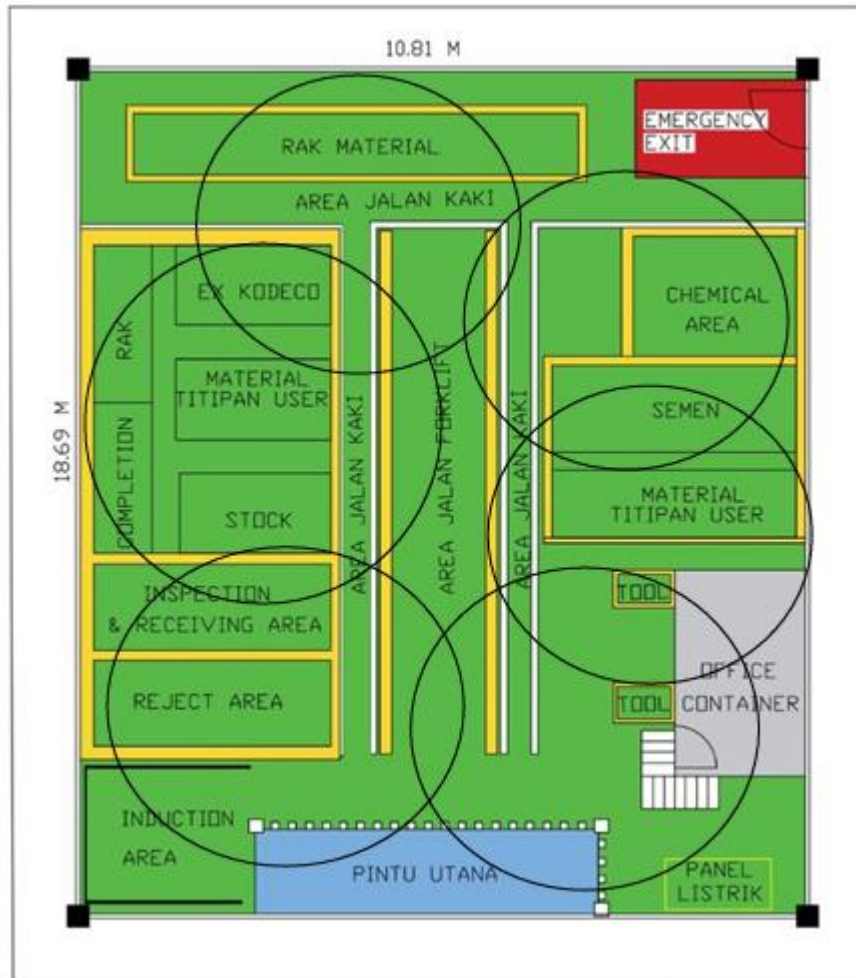
- *Warehouse A*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse B*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse C*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse D*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse E*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse F*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse G*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$
- *Warehouse H*
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Luas Bangunan Yang Dilindungi (m}^2\text{)}}$$
$$\text{Jumlah APAR} = \frac{900\text{m}^2}{176,625 \text{ m}^2} = 5,095 \rightarrow 5 \text{ APAR}$$

Berikut peletakan existing APAR sesuai kondisi dilapangan dan hasil perhitungan dibutuhkan 5 buah APAR untuk bisa memenuhi kebutuhan APAR pada setiap *warehouse* untuk peletakannya bisa dilihat pada gambar 5 dan gambar 6 berikut ini :



Gambar 3. Denah Peletakan APAR Existing pada Warehouse 900m

Penentuan jenis APAR disesuaikan dengan karakteristik bahan yang tersimpan sebagai penentu klasifikasi kebakaran dari setiap area. Pada bangunan *warehouse* ini terdapat bahan yang disimpan mulai dari drum bahan bakar, *sparepart* untuk keperluan *offshore* berbahan dasar logam, elektronik, hingga bahan kimia. Maka jenis APAR yang sesuai untuk gedung ini adalah jenis *Dry Chemical Powder*, berdasarkan Permenaker no.4 Tahun 1980 APAR dengan media jenis *Dry Chemical Powder* memiliki kemampuan untuk mengatasi kebakaran kelas A,B, dan C.



Gambar 4. Denah Peletakan hasil perhitungan APAR pada Warehouse 900m²

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penyusunan *Fire Risk Assessment* (FRA) dengan mengacu pada pedoman NFPA 551, diperoleh hasil sebagai berikut : 8 bangunan warehouse yang ada, ditemukan 3 titik dengan tingkat risiko kebakaran sangat tinggi (*Extreme High*) dan 4 titik dengan tingkat risiko tinggi (*High*). Setelah dilakukan analisis dan evaluasi terhadap sistem proteksi kebakaran aktif yang ada, yaitu Alat Pemadam Api Ringan (APAR), diketahui bahwa jumlah unit APAR yang tersedia saat ini hanya 2 unit, sementara kebutuhan minimum dan dari hasil perhitungan ada 40 unit atau 5 unit APAR disetiap *warehouse* dengan jenis APAR *Dry Chemical Powder* dengan kapasitas 6kg. Setelah itu, sistem proteksi yang ada perlu dilengkapi dengan *smoke detector*, *fire alarm*, dan *hydrant* untuk menurunkan tingkat risiko kebakaran menjadi *moderate* hingga rendah. Dengan penerapan rekomendasi tersebut, seluruh area *warehouse* diharapkan dapat mencapai tingkat risiko kebakaran yang lebih rendah dan perlindungan kebakaran yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Suprayitno, A. (2011). *Sistem Proteksi Kebakaran sebagai Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran di Pusdiklat Migas Cepu*.
- Dwi Agustin, I., et al. (2024). *Identifikasi Bahaya Kebakaran Mesin Hammer Mill dengan Mempertimbangkan Probabilitas Komponen dan Human Reliability Assasement*.
- Purnomo, H. (2020). *Evaluasi Kesiapan Sistem Proteksi Kebakaran di Industri Kimia*. Jurnal Keselamatan Kerja.
- Harsanto, R. (2019). *Simulasi Kebakaran dan Evaluasi Sistem Proteksi di Warehouse Industri Manufaktur*. Seminar

Nasional K3 PPNS.

- Prihatmoko, S., & Lestari, E. (2021). *Analisis Risiko Kebakaran pada Gudang Penyimpanan Bahan Kimia*. Jurnal Teknik Industri.
- NFPA 551. (2016). *Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments*.
- NFPA 10. (2018). *Standard for Portable Fire Extinguishers*.
- HSE Indonesia. (2023). *Statistik Kebakaran di Industri Migas Tahun 2022*.
- 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
- Kemnakertrans. (1980). Permennakertrans no : 04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan. 1(1), 1–15.
- Putri, N. A., Martono, Mawardi, Setyono, K. J., & Sukoyo. (2019). Analisis sistem proteksi kebakaran sebagai upaya pencegahan kebakaran. Bangun Rekaprima. 05, 59–69.
- Hajaningsih, E. I. K., Anindita, G., & Hardiyanti, F. (2018). Perencanaan Gudang Penyimpanan Bahan Kimia Pada GD01. Proceeding 2nd Conference On Safety Engineering, 99–104.
- Mayangsari, F. D., Ashari, M. L., & Khairansyah, M. D (2022). *Risk Assessment dan Redesign Sistem Sprinkler Gedung Direktorat dan Gedung J PPNS*. Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov). 3(1) 2.8(1), 612–619.
- Sasmito, F. B., et al. (2018). *Identifikasi Bahaya Pada Distribusi Natural Gas Unit BRF dengan Metode HAZOP Analysis dan Penentuan Solusi Alternatif Menggunakan BCA di Perusahaan Peleburan Baja*.
- Hidayat, C. (2022). Sebuah Gedung Kampus FKIP UNS Surakarta Kebakaran, Penyebab Belum Diketahui. Berita Sukoharjo. <https://sukoharjo.pikiran-rakyat.com/solo-raya/pr-2034942409/sebuah-gedung-kampus-fkip-uns-surakarta-kebakaran-penyebab-belum-diketahui> [Accessed 29 Juli 2025]