

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

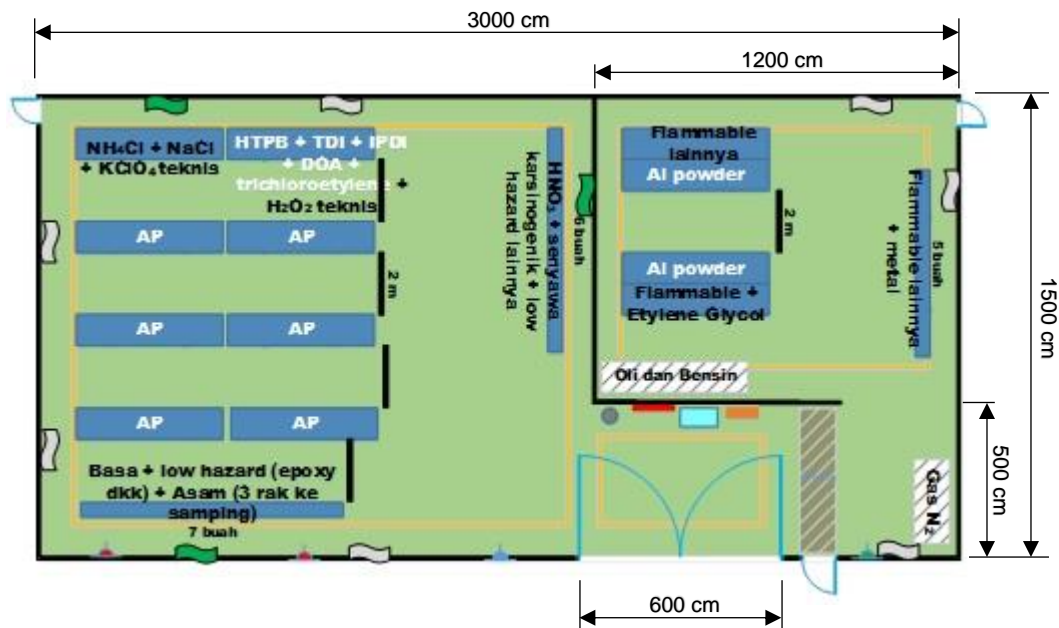
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Gudang Bahan Baku Kimia yang terletak di PR Tekroket. Bangunan ini memiliki luas 450 m². Kondisi sekitar Gudang Bahan Baku Kimia terdapat laboratorium-laboratorium untuk mendukung produksi propelan. Diukur melalui aplikasi *Google Earth*, jarak Gudang bahan baku kimia dengan bangunan disebelah timur sekitar 48,67 m, sedangkan jarak pada bangunan yang berada di bagian selatan sekitar 60,15 m dan kondisi lingkungan sekitar Gudang Bahan Baku Kimia terdapat banyak ditumbuhi pepohonan.



Gambar 4. 1 Kondisi Sekitar Gudang Bahan Baku Kimia

Gudang Bahan Baku Kimia berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan-bahan kimia. Bahan-bahan kimia yang terdapat di dalam Gudang diletakkan sesuai wadahnya seperti, menggunakan drum, botol-botol kaca, tabung untuk bahan kimia yang berbentuk gas, dan terdapat tempat pendingin untuk meletakkan bahan kimia yang sensitif dengan suhu tinggi. Bahan-bahan kimia tersebut diletakkan secara tertata dan tersusun rapi di dalam rak-rak, selain itu untuk beberapa bahan kimia diletakkan terpisah dengan bahan kimia lain karena dikhawatirkan bereaksi satu sama lain.



Gambar 4. 2 Layout Gudang Bahan Baku Kimia

4.2 Hasil Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Proses pengumpulan datanya dilakukan dengan cara pengamatan langsung, wawancara dengan pihak PR Tekroket dan kajian literatur.

A. Data Primer

Penelitian ini data primer sebagai berikut:

1. Sistem Proteksi Kebakaran

Gudang Bahan Baku Kimia sistem proteksi kebakaran yang ada hanya berupa alat pemadam api ringan (APAR) berukuran 25 kg dan 6 kg yang berjenis CO_2 (Sanjaya, 2021).



Gambar 4. 3 APAR yang Digunakan

Gudang Bahan Baku Kimia tidak diterapkan sistem *sprinkle* karena pertimbangan terdapat beberapa bahan kimia yang sensitif atau *reactive* terhadap air, dikhawatirkan akan memicu risiko kebakaran apabila menggunakan sistem *sprinkle*.

Perangkat *Hydrant* terletak pada bagian timur dan selatan dari Gudang Bahan Baku Kimia sedangkan, pos pemadam kebakaran terdekat adalah Dinas Pemadam Kebakaran Sektor Parung Panjang yang berjarak 8.2 km dari PR Tekroket BRIN dan menurut aplikasi *google maps* waktu perjalanan yang dibutuhkan 24 menit.

2. Aktivitas Pada Gudang Bahan Baku Kimia

Hasil wawancara didapatkan informasi pada Gudang Bahan Baku Kimia terdapat beberapa aktivitas yang memiliki beberapa potensi bahaya, yaitu (Dewi, 2021):

- a. Penerimaan Barang Bahan Kimia
- b. Proses Penyimpanan dan Penempatan Bahan Kimia
- c. Proses Pengambilan Bahan Kimia
- d. Perawatan Gudang Bahan Baku Kimia

3. Potensi-Potensi Risiko Yang Bisa Saja Terjadi

Potensi risiko yang dapat terjadi didapatkan secara pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak Gudang Bahan Baku Kimia.

Didapatkan beberapa potensi risiko yang terdapat pada Gudang, yaitu sebagai berikut (Dewi, 2021) (Sanjaya, 2021):

- a. Ketidakterterimaan Dokumen *Safety Data Sheet*
- b. Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)
- c. Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap *Topical* (Fisik)
- d. Ketidaksesuaian Data Bahan Kimia yang diterima
- e. Tertabrak Forklift
- f. Tumpahan Bahan Kimia

- g. Terjatuh
 - h. Suhu Ruangan Meningkatkan
 - i. Bahan Kimia Tercampur dengan Air
 - j. Kebakaran
 - k. Gudang Tersambar Listrik
 - l. Tersengat atau Tergigit Hewan Berbahaya dan Berbisa
 - m. Berdebu
 - n. Suhu lingkungan Meningkatkan di sekitar Gudang bahan kimia
4. Kondisi Tempat Penyimpanan Bahan Kimia

Data ini dilakukan dengan pengamatan langsung. Didapatkan bahan-bahan kimia Gudang diletakkan pada rak-rak tersusun dan dikelompokkan sesuai jenisnya.



Gambar 4. 4 Kondisi di Dalam Gudang Bahan Baku Kimia

Beberapa bahan kimia disimpan dengan wadah yang beragam, ada yang botol-botol kaca, tabung gas, tempat pendingin untuk beberapa bahan kimia yang sensitif dengan peningkatan suhu, dan menggunakan drum dengan berbagai kapasitas. Drum-drum dilapisi dengan lapisan *coating* untuk minimalisir sifat korosif bahan kimia agar drum tempat penyimpanan tidak mengalami kebocoran.

Kondisi bahan baku kimia yang tergambarkan pada Gambar 4.4 telah memenuhi aturan matriks penyimpanan bahan kimia dimana sesuai dengan yang dilaporkan oleh pihak ahli pada hasil kajian riset nya bahwa pengelompokan bahan kimia perlu mengikuti segregasi sifat bahaya dari bahan kimia tersebut (Dewi, 2021).

B. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian berupa *Safety Data Sheet* (SDS) Amonium Perchlorate yang terdapat di bagian lampiran 2 dan layout bangunan Gudang Bahan Baku Kimia di gambar 4.2.

4.3 Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Identifikasi Bahaya dan Pemetaan Risiko Awal

4.3.1.1 Identifikasi Bahaya Potensial

Bagian ini dilakukan dengan mengobservasi secara langsung Gudang Bahan Baku Kimia dan wawancara dengan pihak Gudang Bahan Baku Kimia. Pertama adalah mengidentifikasi aktivitas secara umum yang terjadi di Gudang Bahan Baku Kimia, lalu mengidentifikasi risiko-risiko yang dapat terjadinya, setelah risiko-risiko didapatkan maka dapat ditentukan sumber atau penyebab risiko itu dapat terjadi dan konsekuensi yang dapat diterimanya.

Tabel 4. 1 Identifikasi Bahaya Potensial

No	Aktivitas	<i>Hazard</i>	Sumber/ Sebab	Konsekuensi
1	Penerimaan Barang Bahan Kimia	Ketidakterse diaan Dokumen <i>Safety Data Sheet</i>	Kurangnya pemahaman risiko bahaya bahan kimia oleh operator	Terlambat nya respon penanganan apabila terpapar bahan kimia
		Paparan Bahan Kimia	Tidak Menggunak	Gangguan Pernapasan

		Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)	an APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	
		Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap <i>Topical</i> (Fisik)	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Iritasi Kulit
		Ketidaksediaan Data Bahan Kimia	Dokumenasi bahan kimia tidak dilakukan dengan teliti dan sesuai	Data persediaan bahan tidak sesuai ketika diaudit oleh inspektorat / BPK
2	Proses Penyimpanan dan Penempatan Bahan Kimia	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur	Gangguan Pernapasan

			Secara Tepat	
		Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap <i>topical</i> (Fisik)	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Iritasi Kulit
		Tertabrak Forklift	Lebar Antar Rak Bahan Kimia Kurang untuk Forklift Melakukan Pergerakan	Luka Ringan, Luka Berat
		Tumpahan Bahan Kimia	<i>Human Error</i> , wadah bahan kimia tidak tertutup rapat	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil
		Terjatuh	<i>Human Error</i> , Terjatuh	Luka Ringan, Luka Berat

			dari Tempat Tinggi	
3	Proses pengambilan bahan kimia	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Gangguan Pernapasan
		Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap <i>topical</i> (Fisik)	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Iritasi Kulit
		Tertabrak <i>Forklift</i>	Lebar Antar Rak Bahan Kimia Kurang untuk Forklift Melakukan Pergerakan	Luka Ringan, Luka Berat

		Suhu Ruang Meningkat	Kurangnya Pendingin Ruang, Sirkulasi Udara yang Kurang	Tingkat Kelembaban Menurun, Kebakaran
		Tumpahan Bahan Kimia	<i>Human Error</i> , wadah bahan kimia tidak tertutup rapat	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil
		Bahan Kimia Tercampur Air	Terdapat Tetesan Air pada <i>Exhaust Fan</i> Ketika Hujan	Kerugian Materiil
4	Perawatan Gudang Bahan Baku Kimia	Kebakaran	Sabotase, Terorisme, Lampu pada Gudang Belum <i>Explosion Proof</i> , Sambaran Petir	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil

		Gudang Tersambar Petir	Tidak Terdapat Sistem Grounding	Kebakaran
		Tersengat atau Tergigit Hewan Berbahaya dan Berbisa	Tidak menggunakan APD yang Tepat, <i>Human Error</i>	Luka Ringan, Luka Berat
		Berdebu	Debu-Debu yang Terdapat pada Gudang	Iritasi Mata, Iritasi Kulit, Gangguan Pernapasan
		Terjatuh	<i>Human Error</i> , Terjatuh dari Tempat Tinggi	Luka Ringan, Luka Berat
		Suhu Lingkungan Meningkat di sekitar Gudang Bahan Kimia	Aktivitas Alami	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil, Kebakaran

Sumber : (Dewi, 2021) dan (Sanjaya, 2021)

4.3.1.2 Penentuan Tingkat Risiko Awal

Didapatkannya data identifikasi bahaya potensial perlu diperhatikan kontrol atau pengendalian yang sudah dilakukan untuk mengetahui penanganan apabila risiko tersebut terjadi.

Nilai risiko merupakan perkalian dari skor probabilitas dan skor dampak keparahan yang dialami. Dalam menentukan tingkatan risiko didasari pada persamaan (Sopiah & Salimah, 2020):

$$R (\text{Risiko}) = P (\text{Probabilitas}) \times S (\text{Severity}) \quad (4.1)$$

Skala yang digunakan dalam pengukuran S (*Severity*), berdasarkan tingkat keparahan nya (LAPAN, 2021):

- 1 = *Minor*
- 2 = *Medium*
- 3 = *Serious*
- 4 = *Severity*
- 5 = *Catastrophic*

Penilaian terhadap tingkat keparahan risiko dapat dikonversikan terhadap skala penilaian sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Tingkat Keparahannya

Severity (S) (tingkat keparahan)	Konsekuensi	
	Manusia (Safety)	Manusia (Health)
1. <i>Minor</i>	Kejadian tanpa luka atau kejadian dengan penanganan pertolongan pertama (karyawan dapat langsung bekerja kembali)	Tidak menyebabkan cedera sedikitpun, kaget (shock), near miss
2. <i>Medium</i>	Cidera yang memerlukan tindakan medis, tidak ada	Cedera ringan yang membutuhkan

	kehilangan jam kerja lebih dari 24 jam.	pengobatan P3K, seperti luka sobek, tergores, memar, terkilir, ketidaknyamanan, pusing. Dan dapat langsung bekerja (Tidak ada hari hilang)
3. <i>Serious</i>	Cidera yang mengakibatkan hilangnya hari kerja (LTI) tanpa kecacatan	Cedera ringan yang membutuhkan perawatan medis lanjut seperti: iritasi ringan, patah tulang, retak tulang, luka bakar sebagian. Menyebabkan hari hilang < 5 hari kerja.
4. <i>Major</i>	Cidera mengakibatkan kematian tunggal atau beberapa kasus LTI dengan kecacatan	Terjadi cacat permanen, amputasi, kehilangan fungsi tubuh, PAK yang berkepanjangan yang menyebabkan hari hilang >5 hari kerja, dan pemulihan <1 bulan.
5. <i>Catastrophic</i>	Mengakibatkan kematian lebih dari 1 korban jiwa	Kecelakaan fatal (kematian), cedera ringan sampai berat yang dialami lebih dari 1 orang. Pemulihan > 1 bulan.

Sumber : (LAPAN, 2021)

Skala yang digunakan dalam pengukuran P (Probabilitas), berdasarkan tingkat kemungkinannya:

A = Sangat jarang terjadi (1x dalam lebih dari 1 tahun)

B = Jarang terjadi (bisa terjadi 1x dalam 1 tahun) / Kemungkinan Kecil terjadi

C = Kadang terjadi (> 1x setiap tahun) / Mungkin Terjadi

D = Sering terjadi hampir di setiap bulan

E = Sangat sering terjadi beberapa kali setiap bulan

Proses penilaian tingkatan risiko akan dibuat matriks untuk menginput nilai risiko yang telah diperoleh. Matriks merupakan analisa yang bertujuan untuk memberikan tingkatan risiko pada risiko yang akan terjadi dengan tingkatan, *High*, *Medium*, dan *Low* (Leondro, 2017). Diketuainya nilai konsekuensi dan nilai probabilitas dapat diinput pada matriks untuk menghubungkan antara nilai konsekuensi dan probabilitas.

Kombinasi tiap nilai akan didapatkan tingkatan risiko tiap variabel nya. Nilai yang didapatkan dapat menjadi acuan untuk mengetahui risiko yang kemungkinan terjadinya besar dan berdampak besar.

Tabel 4. 3 Matriks Probabilitas dan Keparahan Risiko

Severity (S)	Frekuensi / Probability (P)				
	Sangat jarang terjadi (1x dalam lebih dari 1 tahun)	Jarang terjadi (bisa terjadi 1x dalam 1 tahun) / Kemungkinan Kecil terjadi	Kadang terjadi (> 1x setiap tahun) / Mungkin Terjadi	Sering terjadi hampir di setiap bulan	Sangat sering terjadi beberapa kali setiap bulan
	A	B	C	D	E
1. minor	A1	B1	C1	D1	E1
2. medium	A2	B2	C2	D2	E2
3. serious	A3	B3	C3	D3	E3
4. major	A4	B4	C4	D4	E4
5. Catastrophic	A5	B5	C5	D5	E5

Sumber : (LAPAN, 2021)

Tabel 4. 4 *Grade* Tingkat Risiko

Grade	SxP Number	Tingkat Risiko	Significance
C	C5	High	Significant Risk/Opportunity
D	D5	High	
E	E3, E4, E5	High	
A	A5	Medium	
B	B4, B5	Medium	
C	C3, C4	Medium	
D	D2, D3, D4	Medium	
E	E2	Medium	
A	A1, A2, A3, A4	Low	Non-Significant Risk/Opportunity
B	B1, B2, B3	Low	
C	C1, C2	Low	
D	D1	Low	
E	E1	Low	

Sumber : (LAPAN, 2021)

Penentuan tingkat risiko awal dilakukan pada kondisi kontrol yang sudah ada atau upaya pengendalian yang sudah tersedia di Gudang Bahan Baku Kimia dari awal, maka didapatkan tingkatan risiko setiap *hazard*, sedangkan penentuan tingkat risiko residu dilakukan pada kondisi kontrol tambahan atau upaya pengendalian setelah melakukan evaluasi dari tingkat risiko yang sudah ada.

Tabel 4. 5 Penilaian Tingkat Risiko Awal

Kontrol yang Sudah Ada	TINGKAT RISIKO AWAL			
	P	S	Nilai Risiko	TR
Terdapat Kartu Keselamatan Bahan	D	1	D1	Low
Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	B	1	B1	Low
Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	B	1	B1	Low
Berita Acara Serah Terima (BAST), Kartu Bahan dan Form Permintaan/Pengambilan Bahan	B	1	B1	Low
Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	B	1	B1	Low
Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	B	1	B1	Low
Rambu K3	B	1	B1	Low

Pemeriksaan Secara Berkala Kondisi Gudang, pelapisan coating anti korosi pada drum penyimpanan, dan Penggunaan <i>Spill Kit</i>	C	1	C1	Low
Penggunaan APD, SOP Pembersihan Ruang	B	3	B3	Low
Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	B	1	B1	Low
Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	B	1	B1	Low
Rambu K3	B	1	B1	Low
Penggunaan Thermohigrometer, Penggunaan Pendingin Ruang (AC)	D	1	D1	Low
Pemeriksaan Secara Berkala Kondisi Gudang, pelapisan coating anti korosi pada drum penyimpanan, dan Penggunaan <i>Spill Kit</i>	C	1	C1	Low
Bahan Kimia Ditutupi Plastik	B	1	B1	Low
Alat Pemadam Api Ringan (APAR), Pelatihan Ketanggap Daruratan	A	5	A5	Medium
Terdapat Penangkal Petir	B	4	B4	Medium
SOP Ketanggap Daruratan, Pelatihan Ketanggap Daruratan	A	3	A3	Low
Penggunaan APD, SOP Pembersihan Ruang	B	1	B1	Low
Penggunaan APD, SOP Pembersihan Ruang	B	3	B3	Low
Penggunaan Pendingin Ruang (AC)	B	1	B1	Low

Sumber : (Dewi, 2021)(Sanjaya, 2021)

Hasil tingkat risiko awal ini menjadi bahan pertimbangan oleh pihak Gudang Bahan Baku Kimia PR Tekroket untuk dilakukan peningkatan pada kontrol yang ada sehingga nilai tingkat risiko dapat berkurang.

4.3.2 Penilaian Risiko Kebakaran

4.3.2.1 Penentuan *Process Unit*

Proses unit mempunyai potensi tingkat bahaya besar karena menyimpan material yang berbahaya (mudah terbakar atau mudah meledak), selain itu proses unit tersebut juga diperkirakan dapat menimbulkan kerugian yang besar jika terjadi insiden kebakaran dan ledakan (Engineers, 1994).

Gudang Bahan Baku Kimia di dalamnya terdapat berbagai macam jenis bahan kimia berbahaya dan memiliki sifat *flammable* atau *combustible*, namun jumlah total setiap bahan

berbeda. Amonium Perchlorate (AP) dipilih sebagai bahan kimia yang diukur potensi bahaya kebakaran dan ledakannya.

4.3.2.2 Penentuan *Material Factor*

Nilai material faktor suatu bahan dapat ditentukan dari nilai *flammability* (NF), dan nilai *reactivity* (NR) bahan tersebut.

Menurut *Safety Data Sheet* (Sciencelab, n.d.), spesifikasi untuk Amonium Perchlorate (AP) adalah sebagai berikut:

- Nilai Healthy (NH) : 2
- Nilai Flammability (NF) : 1
- Nilai Reactivity (NR) : 4
- Densitas : 1,95 kg/cm³

Tabel 4. 6 Penentuan Nilai *Material Factor*

Liquids & Gases Flammability or Combustibility ¹	NFPA 325M or 49	Reactivity or Instability				
		N _R = 0	N _R = 1	N _R = 2	N _R = 3	N _R = 4
Non-combustible ²	N _F = 0	1	14	24	29	40
F.P. > 200 °F (> 93.3 °C)	N _F = 1	4	14	24	29	40
F.P. > 100 °F (> 37.8 °C) ≤ 200 °F (≤ 93.3 °C)	N _F = 2	10	14	24	29	40
F.P. ≥ 73 °F (≥ 22.8 °C) < 100 °F (< 37.8 °C) or F.P. < 73 °F (< 22.8 °C) & B.P. ≥ 100 °F (≥ 37.8 °C)	N _F = 3	16	16	24	29	40
F.P. < 73 °F (< 22.8 °C) & B.P. < 100 °F (< 37.8 °C)	N _F = 4	21	21	24	29	40
Combustible Dust or Mist³						
St-1 (K _{St} ≤ 200 bar m/sec)		16	16	24	29	40
St-2 (K _{St} 201-300 bar m/sec)		21	21	24	29	40
St-3 (K _{St} > 300 bar m/sec)		24	24	24	29	40
Combustible Solids						
Dense > 40 mm thick ⁴	N _F = 1	4	14	24	29	40
Open < 40 mm thick ⁵	N _F = 2	10	14	24	29	40
Foam, fiber, powder, etc. ⁶	N _F = 3	16	16	24	29	40

Diketahui dari tabel 4.6 nilai *material factor* AP adalah 40. Nilai ini didapatkan dari perpotongan antara nilai N_R AP dan bentuk bahan kimia yang diukur. Karena AP memiliki bentuk *dust* maka, diukur melalui nilai K_{St} yaitu indeks deflagrasi awan debu

berdasarkan tekanan sekitarnya (National Fire Protection Association, 2004).

Didapatkan melalui *safety data sheet* AP nilai N_R AP adalah 4 dan karena proses unit di Gudang Bahan Baku Kimia berada di tekanan atmosfer maka, nilai untuk *combustible dust* AP berada di St-1 atau ≤ 200 bar.

4.3.2.3 Penilaian *Hazard General Process Hazards Unit Factor* (F1)

General Process Hazard Unit Factor (F1) didapatkan dari penjumlahan nilai *base factor* sebesar 1,00 dan seluruh nilai penalti yang termasuk ke dalam F1, nilai penalti ini berkontribusi terhadap insiden bahaya kebakaran dan ledakan yang dapat terjadi, berikut enam faktor yang dinilai, yaitu:

A. Reaksi Eksotermik

Gudang Bahan Baku Kimia terdapat reaksi eksotermik ringan yaitu reaksi Penetralan, merupakan reaksi antara asam dan basa untuk menghasilkan garam dan air atau basa dan alcohol untuk menghasilkan yang sesuai dengan alcoholate dan air maka, nilai penalti yang diberikan adalah 0,30.

B. Reaksi Endotermis

Gudang Bahan Baku Kimia tidak terdapat reaksi endotermis maka, nilai penalti yang diberikan adalah 0,00.

C. Pemindahan dan Penanganan Material

Bagian ini tidak terdapat kualifikasi yang sesuai dengan keadaan lapangan di Gudang Bahan Baku Kimia maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

D. Unit Proses Tertutup

Gudang Bahan Baku Kimia merupakan ruangan tertutup dengan area beratap dengan memiliki 4 sisi yang tertutup. Secara kualifikasi penalti yang terdapat pada pedoman

Dow's F&EI, tidak terdapat kualifikasi yang sesuai dengan Gudang Bahan Baku Kimia namun dengan pertimbangan bahwa Gudang bahan baku merupakan bangunan tertutup atau dalam ruangan maka, penalti yang diberikan adalah 0,25.

E. Akses

Gudang Bahan Baku Kimia memiliki 3 buah pintu untuk akses keluar masuk maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

F. Saluran Pembuangan dan Pengendalian Tumpahan

Penalti tahap ini diterapkan pada bahan yang sedang di proses diatas titik nyala, sedangkan Gudang Bahan Baku Kimia AP berada disimpan dan tidak terdapat suatu proses yang membuat AP berada di suhu titik nyalanya atau lebih. Maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

Setelah semua faktor penalti F1 didapatkan, selanjutnya nilai *base factor* dijumlahkan dengan nilai penalti yang terdapat pada F1, maka nilai F1 adalah 1,55.

4.3.2.4 Penilaian *Special Process Hazards Unit Factor (F2)*

Nilai *Special Process Hazards Factor (F2)* ditentukan dengan penjumlahan nilai *base factor* 1,00 dan nilai penalti dari 12 item faktor. Setiap penalti merupakan faktor-faktor yang berkontribusi pada kemungkinan penyebab utama insiden dan terdiri dari kondisi proses yang spesifik. Berikut ini item-item yang dinilai dalam *special process hazard factor*.

A. *Toxic Material*

Nilai *healthy (NH)* yang dimiliki AP adalah 2. Nilai NH ini memiliki kategori apabila terpapar secara intens atau pendek dapat menyebabkan ketidakmampuan sementara atau kemungkinan cedera residual, termasuk yang membutuhkan

penggunaan peralatan perlindungan pernapasan yang memiliki pasokan udara tersendiri.

Maka, penalti yang diberikan adalah

$$\begin{aligned} NH &= 0,20 \times NH \text{ AP} && (4.2) \\ &= 0,20 \times 2 \\ &= 0,40 \end{aligned}$$

B. Tekanan Bawah *Atmosfir (Sub Atmospheric Pressure)*

Gudang Bahan Baku Kimia kondisi yang terjadi berada di tekanan atmosfer, 1 atm maka, nilai penalti yang diberikan adalah 0,00.

C. Temperatur Operasi yang Pada atau Dekat dengan *Flammable Range (Operation in or Near Flammable Range)*

Gudang Bahan Baku Kimia tidak terdapat karakteristik yang sesuai dengan pedoman *Dow's F&EI* maka, nilai penalti yang diberikan adalah 0,00.

D. *Dust Explosion*

Ukuran AP yang terdapat pada Gudang Bahan Baku Kimia berbagai macam mikron, dari 50 μ - 200 μ . Penalti ini diputuskan untuk menggunakan ukuran terbesar yang dimiliki oleh Gudang Bahan Baku Kimia yaitu 200 μ , hal ini dengan pertimbangan jumlah AP 200 μ lebih mendominasi di Gudang Bahan Baku Kimia maka, sesuai dengan Tabel 2.10 untuk ukuran 175+ diberikan penalti 0,25.

E. *Pressure Relief*

bahan kimia AP yang diukur berbentuk debu (*dust*). Maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

F. *Low Temperature*

Penalti berlaku hanya jika suhu operasi proses unit berada atau dibawah 50°F atau 10°C, sedangkan Gudang Bahan Baku Kimia suhu yang berlakunya nya diatas tersebut

atau sesuai suhu lingkungan normal. Maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

G. *Quantity of Flammable/Unstable Material*

Amonium Perchlorate (AP) adalah material bahan kimia yang memiliki bentuk debu (*dust*). AP memiliki densitas 1,95 kg/cm³ (Sciencelab) maka, persamaan yang digunakan adalah kurva B untuk material yang densitas nya > 10lb/ft³ atau 160 kg/m³

$$\begin{aligned} \text{Log } Y &= -0,358311 + 0,459926(\log X) \\ &\quad - 0,141022(\log X)^2 - 0,02276(\log X)^3 \end{aligned} \quad (4.3)$$

X adalah total energi massa dalam proses (BTU x 10⁹),
X didapat dari perhitungan:

Diketahui bahwa,

Nilai energi (Hc) AP	= 5,24 KJ/g
	= 2252,79 Btu/lb
Massa (M) AP	= 21.470.878 g
	= 47.335,0731 lb

$$\begin{aligned} \text{Total Energi} &= 47.335,0731 \text{ lb} \times 2252,79 \text{ BTU/lb} \\ &= 106.635.979,32 \text{ BTU} \\ &= 0,106 \times 10^9 \text{ BTU} \end{aligned}$$

Dalam BTU = 0,106

Maka nilai X adalah 0,106. Setelah itu, masukan ke persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Log } Y &= -0,358311 + 0,459926(\log X) - 0,141022(\log X)^2 - \\ &\quad 0,02276(\log X)^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } Y &= -0,358311 + 0,459926(\log 0,106) - 0,141022(\log \\ &\quad 0,106)^2 - 0,02276(\log 0,106)^3 \end{aligned}$$

$$\text{Log } Y = -0,919498$$

$$Y = \frac{1}{10^{0,919498}}$$

$$Y = 0,12$$

Maka, penalti yang diberikan adalah 0,12.

H. Korosi dan Erosi

Wadah penyimpanan AP yang berupa drum dilapisi oleh lapisan coating untuk meminimalisir laju korosi atau mencegah terjadinya korosi maka, penalti yang diberikan 0,20.

I. Kebocoran (*Leakage*)

Bagian ini tidak ada kemungkinan mengalami kebocoran yang sesuai dengan kategori kebocoran nya. maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

J. Penggunaan Alat Pembakar

Gudang Bahan Baku Kimia tidak terdapat penggunaan alat pembakar. Maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

K. Sistem Pertukaran Minyak Panas (*Hot Oil Heat Exchange System*)

Tidak terdapat sistem pertukaran minyak pada Gudang Bahan Baku Kimia. Maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

L. Peralatan Berputar (*Rotating Equipment*)

Tidak terdapat *rotating equipment* pada Gudang Bahan Baku Kimia. Maka, penalti yang diberikan adalah 0,00.

Setelah semua faktor penalti F2 didapatkan, selanjutnya nilai *base factor* dijumlahkan dengan nilai penalti yang terdapat pada F2, maka nilai F2 adalah 1,97.

4.3.2.5 Penilaian *Process Unit Hazards Factor* (F3)

Nilai F3 merupakan faktor bahaya yang ada pada proses unit, baik berhubungan dengan material yang ada di unit proses tersebut maupun yang berhubungan dengan jenis proses serta operasi proses.

Nilai F3 diperoleh dari hasil perkalian nilai *General process Hazards Factor* (F1) dengan *Special Process Hazards Factor*

(F2). Untuk rentang nilainya diantara 1 sampai 8, jika nilai penalti lebih tinggi maka gunakan angka maksimal (Engineers, 1994).

$$F3 = F1 \times F2 \quad (4.4)$$

$$F3 = 1,55 \times 1,97$$

$$F3 = 3,0535$$

4.3.2.6 Penilaian *Fire and Explosion Index (F&EI)*

Penilaian ini untuk memperkirakan kerusakan yang mungkin akan dihasilkan dari sebuah insiden kebakaran dan ledakan. Besarnya nilai F&EI diperoleh dari hasil perkalian nilai *Process Unit Hazards Factor (F3)* dengan nilai *Material Factor (MF)* proses unit yang diteliti (Engineers, 1994).

$$F\&EI = F3 \times MF \quad (4.5)$$

$$F\&EI = 3,0535 \times 40$$

$$F\&EI = 122,14$$

Didapatkan nilai F&EI adalah 122,14, sehingga tingkat potensi kebakaran dan ledakan termasuk ke dalam klasifikasi tingkat bahaya *intermediate*.

4.3.2.7 Penilaian Radius Paparan (*The Radius of Exposure*)

Radius paparan merupakan radius yang terdampak apabila terjadi kebakaran dan ledakan. Nilai radius paparan dapat didapatkan dari perkalian Nilai F&EI dengan konstanta 0,84 (Engineers, 1994):

$$\text{Radius Paparan (R) ft} = \text{Nilai F\&EI} \times 0,84 \quad (4.6)$$

$$= 122,14 \times 0,84$$

$$= 102,59 \text{ ft} = 31,26 \text{ m}$$

4.3.2.8 Penentuan *Damage Factor*

Material faktor (MF) pada penelitian ini sebesar 40 dan nilai F3 sebesar 3,0535 maka, persamaan yang digunakan untuk MF sebesar 40 adalah, sebagai berikut (Engineers, 1994):

$$Y = 0,554175 + 0,080772(X) + 0,000332(X^2) - 0,00044(X^3) \quad (4.7)$$

$$Y = 0,554175 + 0,080772(3,0535) + 0,000332(3,0535^2) - 0,00044(3,0535^3)$$

$$Y = 0,79 = 79\%$$

Maka, nilai damage factor nya 79%

4.3.3. Penentuan Tingkat Risiko Residu

Dilakukannya peningkatan atau pengubahan kontrol risiko yang ada untuk melihat hasil perubahan pada nilai tingkat risiko yang terdapat di Gudang Bahan Baku Kimia dan akan ditulis ke dalam tabel 4.7. Penilaian tingkat risiko residu.

Tabel 4. 7 Penilaian Tingkat Risiko Residu

KONTROL TAMBAHAN	TINGKAT RISIKO RESIDU			
	P	S	Nilai Risk	TR
Tersedia SOP Pengadaan Barang dan SOP penanganan Bahan Kimia	C	1	C1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low
Sosialisasi PJ Bahan Persediaan Masing-masing Lab	A	1	B1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low
Mengganti Forklift dengan Hand Strecker / Drum Hand Stacker untuk drum	A	1	A1	Low
penambahan compartment tambahan untuk menampung tumpahan	B	1	B1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	B	2	B2	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low
Mengganti Forklift dengan Hand Strecker / Drum Hand Stacker untuk drum	A	1	B1	Low
Penambahan unit pendingin ruangan	C	1	C1	Low
penambahan compartment tambahan untuk menampung tumpahan	B	1	B1	Low
Box plastik khusus untuk bahan kimia yang dikemas dengan karung kertas	A	1	B1	Low
Penggunaan detektor asap, detektor panas, dan detektor gas serta alarm kebakaran	A	4	A4	Low
Penggunaan Sistem Grounding	A	4	A4	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja (P3K)	A	2	A2	Low
Pembersihan gudang berkala, Pemeriksaan Secara Berkala oleh Tim 5R	A	1	A1	Low
Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	B	2	B2	Low
Penambahan unit pendingin ruangan	A	1	A1	Low

4.3.4. Penentuan Hirarki Pengendalian Risiko

Setelah didapatkan hasil penilaian tingkat risiko residu, selanjutnya menentukan pengendalian risiko. Berikut hirarki pengendalian risiko Gudang Bahan Baku Kimia, sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Penetapan Pengendalian / Mitigasi

PENETAPAN PENGENDALIAN / MITIGASI
SOP Pengadaan Barang, SOP penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP penanganan Bahan Kimia
SOP Pengadaan Barang, SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK Penanganan Tumpahan Bahan Kimia dan Kebocoran Gas, OTP 01- Pengadaan Secondary Containments
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 02-Pengadaan Pendingin Ruangan
IK Penanganan Tumpahan Bahan Kimia dan Kebocoran Gas, SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP penanganan Bahan Kimia, dan SOP Pemindahan dan penyimpanan B3
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 03-Pengadaan sistem deteksi gas, panas dan alarm kebakaran
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 04- Pengadaan sistem grounding
IK <i>General Safety</i> , IK Penanganan Gigitan Ular Berbisa
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 02-Pengadaan Pendingin Ruangan

Sumber : (Dewi, 2021)

4.4 Interpretasi Data

4.4.1 Interpretasi pada Metode HIRADC

Metode HIRADC digunakan dalam menentukan identifikasi bahaya potensial, penentuan tingkatan risiko awal, penentuan tingkatan risiko residu dan penentuan hirarki pengendalian risiko.

Setelah data-data yang dibutuhkan dalam menyusun HIRADC didapatkan, semua data tersebut digabungkan ke dalam tabel. Tabel 4.9 digambarkan HIRADC pada Gudang Bahan Baku Kimia PR Tekroket.

Tabel 4. 9 HIRADC Gudang Bahan Baku Kimia PR Tekroket

NO	AKTIVITAS	N / A / N / E	IDENTIFIKASI BAHAYA POTENSIAL				KONTROL YANG ADA	PERATURAN/STANDAR/PERSYARATAN LAIN YANG TERKAIT/RELEVAN	TINGKAT RISIKO AWAL				KONTROL TAMBAHAN	TINGKAT RISIKO RESIDU				PENETAPAN PENGENDALIAN / MITIGASI	
			Sub. No	HAZARD	JENIS	SUMBER/SEBAB			KONSEKUENSI	P	S	Nilai Risiko		TR	P	S	Nilai Risk		TR
1	Penerimaan Barang Bahan Kimia	N	1.1	Ketidakterseediaan Dokumen <i>Safety Data Sheet</i>	H	Kurangnya pemahaman risiko bahaya bahan kimia oleh operator	Terlambatnya respon penanganan apabila terpapar bahan kimia	Terdapat Kartu Keselamatan Bahan	Kepmennaker 187/1999, Kemeperin 19/2019, Kemenperin 23/2013	D	1	D 1	Low	Tersedia SOP Pengadaan Barang dan SOP penanganan Bahan Kimia	C	1	C1	Low	SOP Pengadaan Barang, SOP penanganan Bahan Kimia
		N	1.2	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)	K	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Gangguan Pernapasan	Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP penanganan Bahan Kimia

		N	1.3	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap <i>topical</i> (Fisik)	K	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Iritasi Kulit	Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP penanganan Bahan Kimia
		N	1.4	Ketidaksesuaian Data Bahan Kimia	H	Dokumentasi bahan kimia tidak dilakukan dengan teliti dan sesuai	Data persediaan bahan tidak sesuai ketika diaudit oleh inspektoralat / BPK	Berita Acara Serah Terima (BAST), Kartu Bahan dan Form Permintaan/Pengambilan Bahan	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Sosialisasi PJ Bahan Persediaan Masing-masing Lab	A	1	A1	Low	SOP Pengadaan Barang, SOP Penanganan Bahan Kimia
2	Proses Penyimpanan dan Penempatan Bahan Kimia	N	2.1	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)	K	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Gangguan Pernapasan	Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia

N	2.2	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap <i>topical</i> (Fisik)	K	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Iritasi Kulit	Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia
N	2.3	Tertabrak Forklift	F	Lebar Antar Rak Bahan Kimia Kurang untuk Forklift Melakukan Pergerakan	Luka Ringan, Luka Berat	Rambu K3	Permenaker 09 / 2010	B	1	B 1	Low	Mengganti Forklift dengan Hand Stacker / Drum Hand Stacker untuk drum	A	1	A1	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia

N	2.4	Tumpahan Bahan Kimia	K	<i>Human Error, wadah bahan kimia tidak tertutup rapat</i>	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil	Pemeriksaan Secara Berkala Kondisi Gudang, pelapisan coating anti korosi pada drum penyimpanan, dan Penggunaan <i>Spill Kit</i>	Kepmennaker 187/1999	C	1	C 1	Low	penambahan compartment tambahan untuk menampung tumpahan	B	1	B1	Low	IK Penanganan Tumpahan Bahan Kimia dan Kebocoran Gas, OTP 01-Pengadaan Secondary Containers
N	2.5	Terjatuh	F	<i>Human Error, Terjatuh dari Tempat Tinggi</i>	Luka Ringan, Luka Berat	Penggunaan APD, SOP Pembersihan Ruangan	Permenaker 09 / 2010	B	3	B 3	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	B	2	B2	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia

3	Proses pengambilan bahan kimia	N	3.1	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap Pernapasan (Inhalasi)	K	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Gangguan Pernapasan	Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia
		N	3.2	Paparan Bahan Kimia Berbahaya Terhadap topical (Fisik)	K	Tidak Menggunakan APD yang Tepat, Tidak Melakukan Prosedur Secara Tepat	Iritasi Kulit	Penggunaan APD, Rambu K3, SOP	Kepmennaker 187/1999	B	1	B 1	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	A	1	A1	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia
		N	3.3	Tertabrak Forklift	F	Lebar Antar Rak Bahan Kimia Kurang untuk Forklift Melakukan Pergerakan	Luka Ringan, Luka Berat	Rambu K3	Permenaker 09 / 2010	B	1	B 1	Low	Menganti Forklift dengan Hand Strecker / Drum Hand Stacker untuk drum	A	1	A1	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia

		N	3.4	Suhu Ruang Meningkat	F	Kurangnya Pendingin Ruangan, Sirkulasi Udara yang Kurang	Tingkat Kelembaban Menurun, Kebakaran	Penggunaan Thermohigrometer, Penggunaan Pendingin Ruangan (AC)	Kepmenaker 186 / 1999	D	1	D1	Low	Penambahan unit pendingin ruangan	C	1	C1	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 02- Pengadaan Pendingin Ruangan
		N	3.5	Tumpahan Bahan Kimia	K	Human Error, wadah bahan kimia tidak tertutup rapat	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil	Pemeriksaan Secara Berkala Kondisi Gudang, pelapisan coating anti korosi pada drum penyimpanan, dan Penggunaan Spill Kit	Kepmennaker 187/1999	C	1	C1	Low	penambahan compartment tambahan untuk menampung tumpahan	B	1	B1	Low	IK Penanganan Tumpahan Bahan Kimia dan Kebocoran Gas, SOP Penanganan Bahan Kimia

		N	3.6	Bahan Kimia Tercampur Air	K	terdapat Tetesan Air pada Exhaust Fan Ketika Hujan	Kerugian Materiil	Bahan Kimia Ditutupi Plastik	Kepmennaker 187/1999, Kemeperin No.19 tahun 2019	B	1	B 1	Low	Box plastik khusus untuk bahan kimia yang dikemas dengan karung kertas	A	1	A1	Low	IK General Safety, SOP penanganan Bahan Kimia, dan SOP Pemindahan dan penyimpanan B3
4	Perawatan Gudang Bahan Baku Kimia	E	4.1	Kebakaran	F	Sabotase, Terorisme, Lampu pada Gudang Belum Explosion Proof, Sambaran Petir	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil	Alat Pemadam Api Ringan (APAR), Pelatihan Ketanggap Daruratan	Kepmenaker 186 / 1999	A	5	A 5	Medium	Penggunaan detektor asap, detektor panas, dan detektor gas serta alarm kebakaran	A	4	A4	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 03- Pengadaan sistem deteksi gas, panas dan alarm kebakaran

N	4.2	Gudang Tersambar Petir	F	Tidak Terdapat Sistem <i>Grounding</i>	Kebakaran	Terdapat Penangkal Petir	Permenaker 12 / 2015	B	4	B 4	Medium	Penggunaan Sistem <i>Grounding</i>	A	4	A4	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 04- Pengadaan sistem <i>grounding</i>
N	4.3	Tersengat atau Tergigit Hewan Berbahaya dan Berbisa	F	Tidak menggunakan APD yang Tepat, <i>Human Error</i>	Luka Ringan, Luka Berat	SOP Ketanggap Daruratan, Pelatihan Ketanggap Daruratan	UU 01/1970	A	3	A 3	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja (P3K)	A	2	A2	Low	IK <i>General Safety</i> , IK Penanganan Gigitan Ular Berbisa
N	4.4	Berdebu	F	Debu-Debu yang Terdapat pada Gudang	Iritasi Mata, Iritasi Kulit, Gangguan Pernapasan	Penggunaan APD, SOP Pembersihan Ruangan	Permenaker 05 / 2018	B	1	B 1	Low	Pembersihan gudang berkala, Pemeriksaan Secara Berkala oleh Tim 5R	A	1	A1	Low	IK <i>General Safety</i> , SOP Penanganan Bahan Kimia

	N	4.5	Terjatuh	F	<i>Human Error, Terjatuh dari Tempat Tinggi</i>	Luka Ringan, Luka Berat	Penggunaan APD, SOP Pembersihan Ruangan	Permenaker 09 / 2010	B	3	B 3	Low	Pelatihan penanganan kecelakaan kerja	B	2	B2	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia
	E	4.6	Suhu Lingkungan Meningkat di sekitar Gudang Bahan Kimia	F	Aktivitas Alami	Kerugian Fisik, Kerugian Materiil, Kebakaran	Penggunaan Pendingin Ruangan (AC)	Kepmenaker 186 / 1999	B	1	B 1	Low	Penanganan unit pendingin ruangan	A	1	A1	Low	IK General Safety, SOP Penanganan Bahan Kimia, OTP 02- Pengadaan Pendingin Ruangan

Keterangan :

Kategori Kondisi

N = Normal

AB = Abnormal

E = *Emergency*

Jenis Bahaya

F = Fisik

K = Kimia

B = Biologis

H = *Human*

4.4.2 Interpretasi pada Metode *Dow's Fire and Explosion Index*

Metode ini digunakan untuk melakukan penilaian risiko kebakaran dan ledakan, hasil dari penilaian ini berupa nilai F&EI untuk mengetahui besar potensi kebakaran dan ledakan yang dapat terjadi di Gudang Bahan Baku Kimia PR Tekroket, selain itu metode ini digunakan untuk mengetahui radius paparan dan *damage factor* apabila kebakaran dan ledakan itu terjadi.

Tabel 4. 10 *Fire and Explosion Index*

AREA/COUNTRY	DIVISION	LOCATION	DATE
Indonesia	PR Tekroket	Bogor	Sept – Nov 2021
BUILDING		PROCESS UNIT	
Gudang Bahan Baku Kimia		Penyimpanan Bahan Baku Kimia	
MATERIAL IN PROCESS UNIT		BASIC MATERIAL(S) FOR MATERIAL FACTOR	
Amonium Perchlorate		Amonium Perchlorate	
MATERIAL FACTOR			40
1. General Process Hazards		Penalty Factor Range	Penalty Factor Used
Base Factor		1,00	1
A. Exothermic Chemical Reactions		0,30 to 1,25	0,3
B. Endothermic Processes		0,20 to 0,40	0
C. Material Handling and Transfer		0,25 to 1,05	0
D. Enclosed or Indoor Process Units		0,25 to 0,90	0,25
E. Access		0,20 to 0,35	0
F. Drainage and Spill Control ___gal or cu.m		0,25 to 0,50	0
General Process Hazards Factors (F1)			1,55
2. Special Process Hazards			
Base Factor		1,00	1
A. Toxic Material(s)		0,20 to 0,80	0,4
B. Sub-Atmospheric Pressure (< 500 mm Hg)		0,50	0
C. Operation In or Near Flammable Range ___Inerted ___Not Inerted			0
1. Tank Farms Storage Flammable Liquids		0,50	
2. Process Upset or Purge Failure		0,30	
3. Always in Flammable Range		0,80	
D. Dust Explosion		0,25 to 2,00	0,25
E. Pressure Operating Pressure___psig or kPa gauge Relief Setting___psig or kPa gauge			0
F. Low Temperature		0,20 to 0,30	0

G. Quantity of Flammable/Unstable Material Quantity 47335,07 lb Hc = 2252,79 BTU/lb		
1. Liquids or Gasses in Process		
2. Liquids or Gasses in Storage		
3. Combustible Solids in Storage, Dust in Process		0,12
H. Corrosion and Erosion	0,10 to 0,75	0,20
I. Leakage - Joints and Packing	0,10 to 1,50	0
J. Use of Fired Equipment		0
K. Hot Oil Heat Exchange System	0,15 to 1,15	0
L. Rotating Equipment	0,50	0
Special Process Hazards Factor (F2).....		1,97
Process Unit Hazards Factor (F1 x F2) = F3.....		3,0535
Fire and Explosion Index (F3 x MF = F&EI).....		122,14

Tabel 4. 11 *Process Unit Analysis Summary*

No	Risk Analysis	Nilai
1.	Fire & Explosion Index (F&EI)	122,14
2.	Radius of Exposure	31,26 m
3.	Area of Exposure	79%

4.5 Pembahasan

4.5.1 Identifikasi Bahaya dan Pemetaan Risiko Menggunakan Metode HIRADC

Terdapat 4 aktivitas dengan total potensi bahaya 21 macam yang ditampilkan pada Tabel 4.9. Untuk pemetaan risiko awal diperoleh 19 *hazards* termasuk ke dalam tingkat risiko *low* dan 2 *hazards* termasuk ke dalam tingkat risiko medium, yaitu potensi risiko kebakaran dan Gudang tersambar petir.

Gudang Bahan Baku Kimia didominasi oleh tingkat risiko *low* namun, tetap menjadi perhatian khusus untuk tingkat risiko *medium* karena jika terjadi bahaya tersebut tetap akan menimbulkan kerugian bagi pihak PR Tekroket.

Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai Risiko Awal dan Residu

NO	TINGKAT RISIKO AWAL				TINGKAT RISIKO RESIDU			
	P	S	Nilai Risiko	TR	P	S	Nilai Risiko	TR
1.	D	1	D1	Low	C	1	C1	Low
2.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
3.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
4.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
5.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
6.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
7.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
8.	C	1	C1	Low	B	1	B1	Low
9.	B	3	B3	Low	B	2	B2	Low
10.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
11.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
12.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
13.	D	1	D1	Low	C	1	C1	Low
14.	C	1	C1	Low	B	1	B1	Low
15.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
16.	A	5	A5	Medium	A	4	A4	Low
17.	B	4	B4	Medium	A	4	A4	Low
18.	A	3	A3	Low	A	2	A2	Low
19.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low
20.	B	3	B3	Low	B	2	B2	Low
21.	B	1	B1	Low	A	1	A1	Low

Tingkat risiko awal potensi risiko kebakaran dan gudang tersambar petir masih dalam peringkat *medium*. Risiko kebakaran pada Gudang Bahan Baku Kimia dapat disebabkan oleh sabotase, Terorisme, Lampu Gudang Belum *Explosion Proof* dan Sambaran Petir selain itu, risiko Gudang tersambar petir disebabkan tidak terdapatnya sistem *grounding* pada Gudang dan dampak yang terjadi dapat berupa bencana kebakaran.

Kontrol yang ada penanganan bencana kebakaran baru berupa Alat Pemadam Api Ringan (APAR) dan pelatihan-pelatihan ketanggap darurat. Kondisi seperti ini membuat bahaya kebakaran termasuk ke dalam tingkat risiko A5 (*Medium*).

Hal yang perlu ditambahkan pada Gudang Bahan Baku Kimia adalah penambahan detektor gas untuk deteksi awal apabila terdapat kebocoran gas, detektor asap, detektor panas dan alarm

kebakaran yang berfungsi sebagai deteksi awal dan pemberitahuan darurat apabila terjadi kebakaran. Tersedianya perangkat ini diharapkan dapat merespon cepat para pegawai untuk mengevakuasi diri dan petugas pemadam untuk proses penyelamatan. Selain itu, penambahan SOP dan IK *General Safety* yang sebelumnya tidak tersedia di Gudang Bahan Baku Kimia sangat berperan bagi petugas dalam pekerjaannya. Sehingga tingkat risiko yang terdapat pada Gudang Bahan Baku Kimia pun dapat turun menjadi A4 (Low).

Perbandingan antara HIRADC yang dirancang dengan yang sudah dilakukan pihak PR Tekroket adalah jumlah aktivitas utama dan potensi risikonya. HIRADC pada tabel 4.9 menyajikan aktivitas utama dan potensi risiko Gudang Bahan Baku Kimia lebih banyak dan lengkap dibandingkan yang sudah dirancang pihak PR Tekroket. Diharapkannya perbedaan yang terdapat pada analisa HIRADC yang dilakukan menjadi bahan masukan dan evaluasi oleh pihak PR Tekroket untuk menjadi lebih baik lagi

4.5.2 Penilaian Risiko Kebakaran Menggunakan Metode *Dow's Fire and Explosion Index*

Nilai *Fire and Explosion Index* adalah 122,14 sehingga, apabila Gudang Bahan Baku Kimia mengalami kebakaran yang disebabkan oleh ammonium perchlorate dengan jumlah 21.470.828 g atau 47.335,07 lb termasuk ke dalam klasifikasi tingkat bahaya *intermediate*, sehingga tingkat bahaya ini memiliki potensi kebakaran yang tinggi dan daya jalar nya api yang sedang. Apabila kategori tingkat bahaya berdasarkan nilai F&EI adalah moderat atau lebih buruk, maka unit proses tersebut memerlukan perhatian keamanan secara khusus guna mengurangi kerugian atau dampak yang

dihasilkan apabila terjadi kebakaran dan ledakan (F. Lestari & Nurdiansyah, 2010).

Radius paparan apabila terjadi kebakaran adalah 31,26 m. Diketahui bahwa jarak bangunan terdekat dengan Gudang Bahan Baku Kimia adalah 48,67 m sehingga dengan hasil tersebut apabila terjadi kebakaran bangunan disekitarnya masih aman. Nilai radius paparan berpengaruh terhadap nilai F&EI yang dihasilkan, semakin besar nilai F&EI maka akan semakin besar radius paparan yang dihasilkan.

Untuk klasifikasi tingkat bahaya *intermediate* yang memiliki radius paparan 31,26 m berdasarkan aplikasi *Quantity Distance Calculator* sama dengan diledakkannya Trinitrotoluene (TNT) berukuran 2,79 kg dengan koefisien jarak antara gudang bahan peledak dan bangunan yang dihuni oleh warga sipil. Aplikasi *Quantity Distance Calculator* adalah aplikasi untuk menentukan parameter standar dalam menentukan level proteksi kepada manusia dan material (properti) dari kerusakan potensial yang diakibatkan oleh ledakan berdasarkan hubungan antara jumlah (quantity) material eksplosif (bahan peledak) dengan jarak (distance). Secara umum penentuan jumlah material dan jarak ledakan dihitung dengan pendekatan persamaan hukum penskalaan Hopkinson-Cranz (Guard, n.d.).

Nilai *damage factor* didapatkan 79%, dalam hal ini apabila terjadi insiden kebakaran dan ledakan maka tingkat kerusakan sebesar 79% akan terjadi pada Gudang Bahan Baku Kimia, nilai ini diasumsikan bahwa kondisi Gudang Bahan Baku Kimia Tidak terdapat sistem proteksi apapun.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas terkait potensi bahaya kebakaran dan ledakan yang disebabkan AP, maka dilakukan penilaian risiko kebakaran dan ledakan bahan kimia Aluminium Powder (terlampir) sebagai bahan kimia yang jumlahnya

kedua terbanyak di dalam Gudang Bahan Baku Kimia dan memiliki potensi kebakaran dan ledakan. Berikut tabel perbandingannya:

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Dow's F&EI Amonium Perchlorate dan Aluminium Powder

Hasil Perhitungan Dow's F&EI	Amonium Perchlorate	Aluminium Powder
Jumlah	21.470.878 g	3,109,004 g
Nilai F&EI	122,14	69,936
Klasifikasi	Intermediate	Moderate
Radius of Exposure	31,26 m	17,92 m
Damage Factor	79%	67%

Hasil perbandingan nilai perhitungan *Dow's F&EI* menunjukkan Amonium Perchlorate memiliki potensi risiko kebakaran dan ledakan lebih tinggi dibandingkan Aluminium Powder, hal ini disebabkan beberapa kondisi yaitu jumlah bahan kimia yang tersedia dan karakteristik bahan kimia yang dapat dilihat pada *safety data sheet*.

4.5.3 Hirarki Pengendalian Risiko

Hirarki pengendalian risiko merupakan hirarki yang dilakukan secara berurutan sampai tingkat risiko/bahaya berkurang menuju titik yang aman. Hirarki pengendalian tersebut antara lain ialah eliminasi, substitusi, perancangan, administrasi dan alat pelindung diri (APD).

Hirarki pengendalian risiko Gudang Bahan Baku Kimia yang sesuai dengan kebutuhan saat ini adalah dengan cara tindakan perancangan, tindakan administrasi dan penggunaan alat pelindung diri (APD).

- a. Tindakan perancangan yang dilakukan berupa penambahan – penambahan alat atau sistem seperti sistem detector kebakaran, alarm kebakaran, penambahan pendingin ruangan, dan penambahan sistem grounding.
- b. Tindakan administratif yang dilakukan berupa pembuatan SOP penanganan bahan kimia, IK *General Safety*, pelatihan ketanggap darurat, dan rambu-rambu K3.
- c. Penggunaan APD merupakan tindakan paling sederhana yang wajib dilakukan oleh petugas yang berada di Gudang Bahan Baku Kimia.

Semua dilakukan untuk memberikan perlindungan kepada petugas yang sedang berada di lokasi meningkatkan nilai keamanan Gudang Bahan Baku Kimia.