

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Lingkungan laboratorium kimia adalah tempat di mana berbagai jenis bahan kimia digunakan dan diproses untuk keperluan penelitian, pengembangan, dan produksi. Kecelakaan kerja dan paparan bahan kimia berbahaya menjadi fokus utama karena potensi bahaya yang melekat. Kecelakaan di laboratorium kimia bisa mengakibatkan cedera serius seperti luka bakar, keracunan, bahkan kematian (Scott & Pocock, 2021). Di samping itu, paparan bahan kimia berbahaya juga dapat menyebabkan dampak jangka panjang terhadap kesehatan, termasuk masalah pernapasan, penyakit kulit, dan risiko kanker (Zaini et al., 2021).

Permasalahan di laboratorium kimia berkaitan dengan pengelolaan zat kimia berbahaya yang dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi pekerja dan lingkungan sekitar. Selain itu, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan juga menjadi perhatian karena dapat mengakibatkan pencemaran tanah dan air serta mengganggu keseimbangan ekosistem. Penting untuk mengimplementasikan praktik pengelolaan limbah dan zat kimia yang aman serta mengadopsi strategi pemupukan yang berkelanjutan demi menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesehatan manusia.

Alat Pelindung Diri (APD) di lingkungan laboratorium kimia merupakan perlengkapan penting untuk melindungi pekerja dari risiko paparan bahan kimia berbahaya (Subamia et al., 2021). APD yang digunakan di laboratorium kimia biasanya mencakup berbagai jenis perlindungan seperti sarung tangan, kacamata pelindung, pelindung wajah, mantel kimia, sepatu pelindung, dan masker respirator. Fungsi APD ini adalah untuk mencegah kontak langsung antara bahan kimia dengan kulit, mata, atau saluran pernapasan pekerja, sehingga mengurangi risiko cedera atau kerusakan kesehatan yang dapat ditimbulkan oleh paparan bahan kimia (Zaini et al., 2021).

Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium kimia diatur oleh berbagai standar internasional seperti ISO 45001 dan ASTM F739-12 yang

mengatur tentang manajemen kesehatan dan keselamatan kerja serta spesifikasi untuk APD yang efektif (Veronica, 2024). Di Indonesia, penggunaan APD di laboratorium juga diatur oleh kebijakan pemerintah, terutama melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 12 Tahun 2021 tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Tempat Kerja yang menetapkan tata cara pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja di tempat kerja, termasuk penggunaan APD (Kartikasari & Sukwika, 2021). Dengan mengacu pada standar internasional dan kebijakan pemerintah Indonesia, penggunaan APD di laboratorium kimia dapat diatur secara komprehensif, memastikan perlindungan yang optimal bagi pekerja dari risiko paparan bahan kimia berbahaya (Garrigou et al., 2020).

Lingkungan laboratorium kimia menampilkan beragam bahan kimia dengan sifat-sifat yang berbeda, seperti toksisitas, korosivitas, dan reaktivitas, yang dapat memunculkan risiko yang bervariasi (Alshammari et al., 2021). Selain itu, berbagai prosedur kerja yang berbeda juga dapat meningkatkan risiko yang terkait. Kurangnya kesadaran akan risiko terkait bahan kimia, pelatihan yang kurang memadai, dan penegakan kebijakan keselamatan yang lemah menjadi tantangan utama dalam mengelola keselamatan di laboratorium kimia. Hal ini dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang dapat dihindari (Nugroho & Sundana, 2023).

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengurangi risiko potensial dalam suatu proses, produk, atau system (Alshammari et al., 2021). Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi setiap kemungkinan kegagalan dalam suatu proses dan mengevaluasi dampaknya serta kemungkinan terjadinya, sehingga tindakan pencegahan atau perbaikan dapat diambil sebelum kegagalan tersebut terjadi (Sutopo & Grasella, 2021). Proses FMEA melibatkan beberapa langkah, termasuk identifikasi potensi mode kegagalan, penilaian dampak atau efek dari setiap mode kegagalan tersebut, penilaian tingkat kemungkinan terjadinya setiap mode kegagalan, serta penilaian tingkat kemungkinan terdeteksinya setiap mode kegagalan sebelum mencapai pelanggan atau pengguna (Wulandari, 2020).

Penerapan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dalam mengevaluasi efektivitas Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium kimia

merupakan langkah yang kritis untuk meningkatkan keselamatan dan mengurangi risiko paparan bahan kimia berbahaya (Alshammari et al., 2021). FMEA memungkinkan identifikasi sistematis terhadap potensi mode kegagalan dari APD, termasuk kemungkinan penyebab kegagalan dan dampaknya terhadap keselamatan pekerja. FMEA dapat mengungkapkan mode kegagalan seperti ketidakcocokan APD dengan jenis bahan kimia yang digunakan atau kekurangan dalam penyediaan APD yang memadai (Peccin et al., 2022).

PT. Bina Sawit Makmur adalah perusahaan perkebunan kelapa sawit yang juga terlibat dalam pengolahan dan pemasaran produk-produk kelapa sawit. Perusahaan ini memiliki unit bisnis yang mungkin terlibat dalam pengolahan limbah dan produk sampingan. Studi pendahuluan mencatat empat kecelakaan dalam tiga bulan terakhir akibat kelalaian dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium perusahaan. Kecelakaan tersebut termasuk kontaminasi bahan kimia karena penggunaan sarung tangan yang tidak sesuai standar, insiden terkena percikan bahan kimia pada mata karena penggunaan kacamata pelindung yang tidak sempurna, dan keracunan inhalasi karena tidak menggunakan masker respirator dengan benar. Kejadian-kejadian ini menyoroti pentingnya peningkatan kesadaran dan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan kerja.

Penerapan efektivitas Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium kimia menggunakan *Metode Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah penting mengingat risiko yang terkait dengan paparan bahan kimia berbahaya (Alshammari et al., 2021). Urgensi ini diperkuat oleh semakin berkembangnya pengetahuan tentang risiko kesehatan dan keselamatan di lingkungan kerja, serta kebutuhan untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan standar keselamatan yang semakin ketat (Kartikasari & Sukwika, 2021). Dengan mengadopsi FMEA dalam analisis efektivitas APD, laboratorium kimia dapat meningkatkan respons terhadap perubahan risiko yang dinamis dan memastikan bahwa penggunaan APD yang efektif dan tepat terus dipertahankan untuk melindungi pekerja dan lingkungan (Sutopo & Grasella, 2021). Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti ingin meneliti lebih lanjut penelitian yang berjudul

“Analisis Efektivitas Alat Pelindung Diri (APD) di Laboratorium Kimia Menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : Bagaimana efektivitas Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium kimia menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)?

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini terfokus pada analisis efektivitas APD khususnya di laboratorium kimia, dengan menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi mode-mode kegagalan. Analisis dibatasi pada jenis APD yang paling umum digunakan, termasuk sarung tangan, jas lab, kacamata pelindung, dan masker.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium kimia menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk meningkatkan keselamatan pekerja dan mengurangi risiko paparan bahan kimia berbahaya.

## **1.5 Manfaat penelitian**

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

Diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi terhadap pemahaman teoritis tentang efektivitas Alat Pelindung Diri (APD) di laboratorium kimia menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Dengan memperluas pengetahuan tentang bagaimana FMEA dapat diterapkan dalam konteks ini, penelitian ini akan membantu mengisi celah pengetahuan dalam literatur tentang keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan laboratorium kimia. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat memberikan wawasan baru tentang metode evaluasi risiko yang lebih terstruktur dalam penggunaan APD, yang dapat diterapkan di berbagai industri dan konteks lainnya.

### 1.5.2 Manfaat Praktis

#### a. Bagi Laboran

Penelitian ini akan memberikan panduan praktis tentang cara meningkatkan efektivitas penggunaan APD di laboratorium kimia untuk melindungi pekerja dari risiko paparan bahan kimia berbahaya.

#### b. Bagi Institusi laboratorium

Penelitian ini diharapkan akan menjadi bahan evaluasi terhadap penggunaan APD dan masukan dalam analisis efektifitas untuk meningkatkan keamanan dan kesehatan kerja di lingkungan mereka.

#### c. Bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar untuk penelitian lebih lanjut tentang pengembangan metodologi evaluasi risiko yang lebih lanjut atau pengembangan APD yang lebih efektif. Dengan demikian, penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan manfaat langsung dalam meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja di laboratorium kimia serta memajukan pengetahuan dalam bidang keselamatan kerja secara keseluruhan.

## 1.6 Keaslian penelitian

Penelitian Nasrallah et al. (2023) yang berjudul *Evaluating the academic scientific laboratories' safety by applying failure mode and effect analysis (FMEA) at the public university in Lebanon*. Metode yang digunakan Failure Mode and Effects Analysis/FMEA. Objek penelitian adalah Laboratorium kimia dan biologi di sebuah universitas negeri di Lebanon. Hasil penelitian didapatkan 24 mode kegagalan potensial, di mana mode kegagalan yang paling memprihatinkan memiliki skor RPN tertinggi (80), terutama terkait dengan kekurangan tindakan korektif (CA) yang mendesak, seperti kurangnya plot piktogram bahaya dan pelabelan bahan kimia dan wadah limbah. Persamaannya adalah keduanya menggunakan metode yang sama, yaitu FMEA, dalam mengevaluasi keselamatan di laboratorium kimia.

Penelitian Zaini et al. (2021) yang berjudul Analisis Resiko Paparan Bahan Kimia Di Laboratorium Kimia Dasar Smk Farmasi Ikasari Pekanbaru Tahun 2020. Objek penelitian adalah Laboratorium Kimia Dasar Smk Farmasi Ikasari Pekanbaru. Metode penelitian menggunakan penelitian kualitatif. Hasil penelitian didapatkan SDM belum mencukupi, identifikasi risiko dan pengendalian risiko belum terlaksana dengan baik karena di laboratorium tersebut tidak memiliki petugas K3. Perbedaannya rencana penelitian akan menggunakan FMEA sebagai variabel penelitian. Sama-sama menggunakan metode kualitatif dalam pengumpulan data.

Penelitian Alshammari et al. (2021) yang berjudul Risk Management Assessments and Recommendations Among Students, Staffs, and Health Care Workers in Educational Biomedical Laboratories. Objek penelitian adalah Pelajar, Staf, dan Tenaga Kesehatan di Laboratorium Biomedis Pendidikan. FMEA digunakan sebagai alat evaluasi. Hasil penelitian didapatkan bahwa Jumlah bahaya yang teridentifikasi sebanyak tiga belas ( $n=13$ ) di laboratorium hematologi dan enam belas ( $n=16$ ) di laboratorium mikrobiologi. Bahaya kimia dan ergonomi memiliki persentase tertinggi di kedua laboratorium, yaitu 25% di laboratorium mikrobiologi dan 31% di laboratorium hematologi. Kedua laboratorium tersebut bebas dari bahaya radiasi. Terdapat perbedaan yang signifikan antara tindakan pengendalian yang dilakukan dan yang direkomendasikan di setiap laboratorium dalam hal kemungkinan, tingkat keparahan, dan nomor prioritas risiko (RPN). Persamaannya adalah sama-sama menggunakan FMEA.

Penelitian Rimawan dan Sri (2019) yang berjudul Work Accident Risk Analysis in the Laboratory of PT. X with FMEA Method. Objek penelitian adalah Laboratory X. Metode analisis yang digunakan FMEA (Failure Mode Effects Analysis) – kuantitatif dan kualitatif. Hasil penelitian didapatkan bahwa sepuluh kecelakaan kerja yang berpotensi terjadi pada proyek gedung yang dijadikan objek penelitian. Kesepuluh kecelakaan kerja tersebut dihitung masing-masing nilai RPNnya untuk mengetahui tingkat risikonya. Berdasarkan nilai RPN penelitian diperoleh bahwa pekerjaan persiapan analisis di meja praktikum

mempunyai nilai RPN yang paling tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa pekerjaan ini perlu mendapat perhatian untuk meningkatkan keselamatannya terhadap kecelakaan kerja. Persamaan yang didaatkan adalah sama-sama menggunakan FMEA

Penelitian Wulandari (2016) yang berjudul Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di Pengantongan Pupuk Urea (PPU) PT PUSRI Palembang 2016. Objek penelitian adalah proses pengantongan pupuk urea di PT Pusri Palembang. Metode penelitian adalah kualitatif. Hasil penelitian didapatkan Penelitian mengidentifikasi bahwa kegagalan peralatan di PPU, seperti belt conveyor dan bag ship loader, mengakibatkan gangguan pada proses pengantongan urea. Penyebabnya antara lain komponen sistem alat yang kurang handal, perawatan mesin yang tidak optimal, kondisi lingkungan kerja yang buruk, serta kesalahan manusia dalam metode kerja. Analisis RPN menunjukkan risiko tinggi dan ekstrem. Oleh karena itu, diperlukan tindakan perbaikan yang lebih efektif untuk mengatasi masalah ini. Perbedaan pada variabel yang akan diteliti yaitu APD di laboratorium kimiaa

Penelitian Fachrudin et al. (2020) yang berjudul Application of Risk Management Using HIRADC Method in Analytical Chemical Laboratory of University in Indonesia. Objek penelitian adalah Laboratorium kimia analitik Universitas Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah observasional. Hasil penelitian didapatkan terdapat 10 potensi bahaya yang dapat menimbulkan 10 risiko. Setelah dilakukan penilaian risiko diketahui terdapat 4 risiko rendah, 2 risiko sedang, 2 risiko tinggi, dan 2 risiko ekstrim. Upaya pengendalian telah dilakukan untuk meminimalkan risiko. Perbedaan yang didapatkan adalah penelitian ini menggunakan HIRADC, sedangkan rencana penelitian akan menggunakan FMEA.

Penelitian Risdianto Putra dan Dahda (2023) yang berjudul Penilaian Risiko pada Proses Pengambilan Sampel DI PT. XYZ Menggunakan Metode FMEA dengan Pendekatan RCA. Objek penelitian proses pengambilan sampel di perusahaan PT. XYZ. Metode penelitian adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan pendekatan Root Cause Analysis (RCA). Hasil penelitian

didapatkan ketiadaan pengawasan petugas K3 dan kebiasaan kerja pekerja yang tergesa-gesa merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja. Persamaannya adalah sama-sama menggunakan FMEA untuk menilai risiko, perbedaannya adalah variabel yang akan diteliti adalah APD di laboratorium kimia

Penelitian Garrigou et al.(2020) yang berjudul *Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use*. Objek penelitian adalah peran alat pelindung diri (PPE) dalam mencegah risiko yang terkait dengan penggunaan pestisida pertanian. Metode penelitian literature review. Hasil penelitian didapatkan bahwa penggunaan alat pelindung diri (PPE) menjadi kunci dalam mendapatkan izin pemasaran produk pestisida. Namun, efektivitas sebenarnya dari PPE dalam mengurangi risiko paparan pestisida di lapangan mungkin tidak seoptimal yang diharapkan. Persamaannya adalah keduanya mengevaluasi efektivitas APD, fokus penilaian risiko dalam penelitian kedua mungkin lebih terkonsentrasi pada paparan bahan kimia tertentu yang ditemui di laboratorium kimia, sementara penelitian pertama lebih terfokus pada paparan pestisida dalam konteks pertanian.

Penelitian Sutopo dan Grasella (2021) yang berjudul *Analisis Penerapan ISO 45001 : 2018 Terhadap Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Karyawan di PT Moya Tangerang Tahun 2023*. Objek penelitian adalah karyawan PT Moya Tangerang. Metode penelitian menggunakan FMEA. Hasil penelitian didapatkan bahwa evaluasi terhadap efektivitas langkah-langkah yang diambil oleh PT Moya Tangerang dalam mengendalikan risiko keselamatan dan kesehatan kerja yang teridentifikasi.dengan FMEA berdasarkan ISO 45001 sudah berjalan baik.

Penelitian Sari et al.(2023) yang berjudul *The Multi-Attribute Failure Mode Analysis to Reduce Work Accident in a Metal Fabrication Company*. Objek penelitian adalah perusahaan fabrikasi logam. Metode penelitian . Integrasi Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dengan Analytic Hierarchy Process (AHP), yang dikenal sebagai Multi-Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA). Hasil penelitian didapatkan terdapat 14 peristiwa risiko kecelakaan kerja yang telah terjadi dan divalidasi oleh perusahaan. Klasifikasi risiko kecelakaan kerja

menggunakan metode MAFMA menghasilkan bobot nilai risiko dalam bentuk desimal, yang diurutkan dari tertinggi hingga terendah, untuk dimasukkan dalam diagram Pareto.

Penelitian Topal dan Sanli (2021) yang berjudul *Risk Assessment In a Public University Chemistry Laboratories*. Objek penelitian adalah laboratorium kimia di Universitas Uşak. Metode penelitian analisis risiko menggunakan matriks tipe L (matriks pengambilan keputusan). Hasil penelitian didapatkan klasifikasi risiko menjadi 12 risiko dengan tingkat keparahan tinggi, 30 risiko dengan tingkat keparahan sedang, dan 6 risiko dengan tingkat keparahan rendah. Perbedaan yang didapatkan adalah penggunaan metode penelitian.

Penelitian Karampourian et al.(2023) yang berjudul *Risk Assessment of Operating Room Occupational Hazards Using Failure Modes and Effects Analysis ( FMEA )*. Objek penelitian adalah proses umum yang terjadi di ruang operasi serta personel yang terlibat dalam proses. Metode menggunakan *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)* berdasarkan angka prioritas risiko (*Risk Priority Number/RPN*). Hasil penelitian didapatkan berdasarkan analisis terhadap 16 proses umum di ruang operasi, ditemukan 23 mode kesalahan potensial, di antaranya 5 diidentifikasi sebagai risiko tidak dapat diterima dan tinggi. Kelima item ini termasuk "bekerja dengan alat tajam dengan RPN 8/311", "bekerja di bawah tekanan tinggi dan kondisi berisiko dengan RPN 292", "cuci tangan dengan RPN 254.6", "intubasi / ekstubasi / penghisapan sekresi dengan RPN 213.2", dan "bekerja dengan peralatan radiasi dengan RPN 206.9".

Penelitian Hossen et al. (2023) yang berjudul *Risk assessment of biological hazards to the nurses using ' Failure Modes and Effects Analysis ' ( FMEA ) in the intensive care unit*. Objek penelitian adalah perawat ICU. Metode penelitian menggunakan FGD dengan data analisis FMEA RPN. Ditemukan 53 kesalahan yang mungkin terjadi dalam 14 aktivitas umum di Unit Perawatan Intensif (ICU). Kasus kesalahan dengan risiko yang tidak dapat diterima telah diidentifikasi, termasuk "kurangnya kebersihan tangan" (RPN 177,75), "cedera jarum suntik"

(RPN 167,62), "kurangnya perlindungan diri pribadi" (RPN 133,92), dan "tidak adanya masker N95 atau FFP2 selama CPR pasien COVID-19" (RPN 111,60).

Penelitian Oliveira (2020) yang berjudul Risk Analysis And Prioritization In Water Supply Network Maintenance Works Through The Failure Modes And Effects Analysis : Occupational Safety FMEA Application. Objek penelitian adalah aplikasi FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) dalam pelaksanaan pemeliharaan jaringan air di sebuah kota berukuran sedang di negara bagian Maranhão. Analisis data menggunakan FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Hasil penelitian didapatkan tim layanan pemeliharaan sistem pasokan air menghadapi risiko tinggi terhadap kecelakaan yang disebabkan terutama oleh kondisi kerja yang buruk. Diamati bahwa layanan penggalian manual dan kurangnya penggunaan PPE (helm, sarung tangan, celana yang sesuai untuk lingkungan yang tergenang air, dll.) memiliki indeks risiko tinggi (RPN) dan bahwa manajemen yang buruk ditambah dengan perilaku yang tidak aman merupakan faktor utama terjadinya kecelakaan.

**Tabel 1. 1 Checklist Penelitian Terdahulu**

No	Tahun	Penulis	Objek		Metode				
			Laboratorium	Industri	FMEA	Kualitatif	HIRADC	Literature review	Matriks tipe L
1	2023	Nasrallah et al.	√		√				
2	2021	Zaini et al.,	√		√				
3	2021	Alshammari et al.	√		√				
4	2019	Rimawan & Sri,	√		√				
5	2016	Wulandari		√		√			
6	2020	Fachrudin et al.	√				√		
7	2023	Risdianto Putra & Dahda		√	√				
8	2020	Garrigou et al.	√					√	
9	2021	Sutopo dan Grasella		√	√				
10	2023	Sari		√	√				
11	2021	Topal dan Sanli	√						√
12	2023	Karampourian et al		√	√				
13	2020	Oliveira		√	√				
14	2023	Hossenli et al		√	√				

Universitas Bina  
Dharma

