

TESIS

**INDEKS KESELAMATAN LABORATORIUM DI UNIVERSITAS HASANUDDIN
(*SAFETY INDEX LABORATORY AT HASANUDDIN UNIVERSITY*)**

Disusun dan Diajukan oleh

FITRIYANI
K012191020



**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**INDEKS KESELAMATAN LABORATORIUM DI UNIVERSITAS HASANUDDIN
(SAFETY INDEX LABORATORY AT HASANUDDIN UNIVERSITY)**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

**Program Studi
Kesehatan Masyarakat**

Disusun dan diajukan oleh

FITRIYANI

Kepada

**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**INDEKS KESELAMATAN LABORATORIUM DI UNIVERSITAS HASANUDDIN
(SAFETY INDEX LABORATORY AT HASANUDDIN UNIVERSITY)**

Disusun dan diajukan oleh

**FITRIYANI
K012191020**

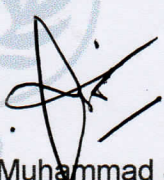
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 13 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,


Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc., Ph.D
NIP. 195804041989031001


Dr. Lalu Muhammad Saleh, S.KM., M.Kes
NIP. 197908162005011005


Dekan Fakultas
Kesehatan Masyarakat


Ketua Program Studi S2
Kesehatan Masyarakat

Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.Ed
NIP. 19670617 199903 1 001

Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH.
NIP. 19590605 198601 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitriyani
Nomor Mahasiswa : K012191020
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S2

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya berjudul :

Indeks Keselamatan Laboratorium di Universitas Hasanuddin (*Safety Index Laboratory at Hasanuddin University*)

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Tesis yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan dari tesis ini adalah hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2022

Yang menyatakan,



Fitriyani

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami mampu untuk menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “Indeks Keselamatan Laboratorium di Universitas Hasanuddin”. Tidak lupa Shalawat dan salam selalu kita haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat yang telah menyampaikan petunjuk Allah SWT untuk kita semua sebagai umatnya.

Penyusunan tesis ini kami harapkan dapat memberi banyak manfaat kepada Universitas Hasanuddin sebagai tempat kami mengabdikan. Banyak rintangan yang kami hadapi dalam penyusunan tesis ini dan kami sangat bersyukur mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak berupa dukungan moril maupun materil, sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, kami ucapkan terima kasih kepada dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc. Ph.D selaku Ketua Komisi Penasehat yang sangat intensif memberikan bimbingan dan arahan secara langsung walau di masa pandemik, Dr. Lalu Muhammad Saleh, S.KM., M.Kes Sekretaris Komisi Penasehat yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta arahan dalam penyelesaian tesis penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga kami haturkan kepada Bapak Prof. Yahya Thamrin, S.KM. M.Kes. M.OHS., Ph.D selaku Ketua Departemen Keselamatan Kesehatan Kerja sekaligus sebagai penguji yang senantiasa memberikan masukan dan arahan, Bapak Ansariadi, SKM. M.Sc.PH., Ph.D

selaku Dosen Penguji dan Prof. Dr. A. Ummu Salmah, SKM. M.Sc juga sebagai Dosen Penguji tesis ini.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada:

1. Direktorat Kualifikasi Sumber Daya Manusia dan Direktorat Jenderal Sumber Daya IPTEK dan Dikti Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan kesempatan kepada kami sebagai salah satu penerima “Beasiswa PasTi”.
2. Prof.Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak sekretaris Universitas Serta Para Wakil Rektor yang telah memberikan bantuan baik langsung maupun tidak langsung.
3. Dr. Amiruddin Syam, SKM, M.Kes., M.Med.Ed. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin beserta Wakil Dekan.
4. Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan motivasi yang sangat berharga selama kami mengikuti pendidikan serta seluruh staf atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.
7. Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan rekomendasi.

8. Para Dekan Fakultas Eksakta di lingkup Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin penelitian serta seluruh dosen dan tenaga pendidik yang terlibat selama pengumpulan data
9. Seluruh teman sejawat Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam memberikan informasi yang dibutuhkan oleh penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.
10. Seluruh teman seperjuangan di S2 Kesmas Angkatan 2019 terkhusus kelas C dan Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selalu solid dan saling mendukung.

Penyusunan tesis ini kami banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang telah menyumbangkan waktu, pikiran, tenaga dan materi, Oleh karena itu dengan setulus hati mengucapkan terima kasih kepada Suami Muchsin Situju yang memberikan ijin dan restu untuk melanjutkan studi dan Anak-anakku Meizalfa Fathyah, Fakhirazzahra Ramadhani, Manhazalwatul Falisha yang sabar dan sangat pengertian selama ibu sibuk dalam proses perkuliahan sampai pada tahap penyelesaian tesis ini. Semoga Allah SWT mengabulkan doa ibu menjadikan kalian anak-anak yang sholeha. Terima kasih juga terkhusus Ibunda Tercinta Hj. Amanah Nurdin yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk kelancaran studi penulis, Ayahanda Zainuddin Cani dan saudara-saudaraku, ipar-iparku, serta ponakan-ponakan tersayang yang selalu membantu dan mendukung penulis. Tidak lupa terima kasih untuk dukungan, semangat dan canda yang merupakan *moodbooster* buat

kami, kepada teman-teman Crew Departemen Perikanan, Crew Agro Kompleks serta teman-teman SMAK Angkatan 29, Mahasiswa Program PMDSU Batch 6 2017 FIKP terkhusus Ega, Amriana dan Lulu serta semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tesis ini semoga Allah SWT meridhoi.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik serta saran dari semua pihak untuk tesis ini, agar nantinya bisa menjadi tesis yang lebih baik lagi.

Makassar, Januari 2022

Penulis

ABSTRAK

FITRIYANI. Indeks Keselamatan Laboratorium di Universitas Hasanuddin.
(Dibimbing oleh **M. Furqaan Naiem** dan **Lalu Muhammad Saleh**)

Laboratorium akademis memiliki beragam bahaya dan risiko, bahaya ini dapat menjadi signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Produktivitas laboratorium tentu berbanding lurus dengan aktivitas pemakaian peralatan, penggunaan bahan dan metode dalam suatu proses yang berpotensi mengakibatkan bahaya dan risiko kecelakaan. Penelitian ini bertujuan menggambarkan indeks keselamatan (*safety index*) laboratorium.

Observasi dilakukan pada 220 laboratorium di 11 fakultas ekstakta di Universitas Hasanuddin menggunakan *instrument chekcist* berdasarkan OHSAS 18001:2007 dan dikembangkan dari beberapa peraturan perundang-undangan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan desain deskriptif untuk mendeskripsikan tingkat keamanan laboratorium beserta kesesuaiannya. Pembobotan variabel dan sub variabel menggunakan analisis AHP (*Analitycal Hierarchy Process*) dengan aplikasi Expert Choice.

Hasil menunjukkan indeks keselamatan laboratorium Universitas Hasanuddin antara 0,002-0,025 pada skala 0-1. Kesesuaian variabel identifikasi potensi bahaya 42 %, pencegahan 36 % dan variabel *emergency* 22 % termasuk dalam kategori kurang aman berdasarkan *checklist safety index*. Indeks keselamatan laboratorium universitas memiliki potensi bahaya, risiko yang tinggi serta kurangnya sarana dan prasarana tanggap darurat sehingga disarankan universitas membuat kebijakan yang dapat menjamin terwujudnya tingkat keselamatan yang optimal.

Kata Kunci: *Indeks keselamatan, emergency, ledakan, laboratorium akademik*



ABSTRACT

FITRIYANI. *Laboratory Safety Index at Hasanuddin University. (Supervised by M. Furqaan Naiem and Lalu Muhammad Saleh)*

Academic laboratories have a variety of hazards and risks, these hazards can be significant if not managed properly. Laboratory productivity is certainly directly proportional to the activity of using equipment, using materials and methods in a process that has the potential to cause danger and risk of accidents. This study aims to describe the safety index laboratory.

Observations were carried out in 220 laboratories in 11 exact faculties at Hasanuddin University using a checklist instrument based on OHSAS 18001:2007 and developed from several laws and regulations. This research was conducted using a descriptive design to describe the level of laboratory safety and its suitability. The weighting of variables and sub-variables uses AHP (Analytical Hierarchy Process) analysis with the Expert Choice Application.

The results showed that safety index laboratory of Hasanuddin University between 0.002-0.025 on a scale of 0-1. The suitability of the hazard identification variable is 42%, prevention is 36% and the emergency variable is 22% included in the less safe category based on the safety index checklist. The safety index of university laboratories has the potential for danger, high risk and lack of emergency response facilities and infrastructure, so it is recommended that universities make policies that can ensure the realization of an optimal level of safety.

Keywords: *Safety index, emergency, explosive, academic laboratory*



DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|---|-----|
| PRAKATA..... | v |
| ABSTRAK..... | ix |
| ABSTRACT | x |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| DAFTAR SINGKATAN..... | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 6 |
| C. Tujuan Penelitian | 7 |
| 1. Tujuan Umum..... | 7 |
| 2. Tujuan Khusus | 7 |
| D. Manfaat Penelitian | 7 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 3. Peraturan Dasar Laboratorium | 11 |
| 4. Struktur Organisasi Laboratorium | 14 |
| 5. Akreditasi Laboratorium..... | 14 |
| 6. Aturan Penyimpanan Peralatan, Bahan dan Sarana Penunjang ... | 16 |
| 7. Potensi dan Risiko Bahaya di Laboratorium | 26 |
| 8. Identifikasi Bahaya di Laboratorium..... | 32 |
| 9. Penanganan Limbah Laboratorium | 40 |
| 10. Aspek Pengkomunikasian Bahaya di Laboratorium..... | 48 |
| 11. Fasilitas Keselamatan di Laboratorium..... | 51 |
| B. Tinjauan Umum Tentang Kecelakaan | 51 |
| 1. Teori Kecelakaan Kerja | 51 |
| 2. Kecelakaan Kerja di Laboratorium..... | 58 |
| C. Tinjauan Umum Sistem Tanggap Darurat (Emergency) | 62 |
| 1. Pengertian Sistem Tanggap Darurat (Emergency) | 62 |

| | |
|--|-----|
| 2. Tahapan Keadaan Darurat | 63 |
| 3. Tingkatan Keadaan Darurat | 64 |
| 4. Elemen Pokok Sistem Tanggap Darurat..... | 65 |
| 5. Kesiapsiagaan Keadaan Darurat Laboratorium | 66 |
| 6. Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K)..... | 71 |
| 7. Simulasi Keadaan Darurat..... | 73 |
| D. Penilaian Tingkat Keselamatan di Laboratorium | 85 |
| E. SAFETY INDEX | 88 |
| 1. Pengertian Safety Index | 88 |
| 2. Metode-Metode Pengukuran safety Index | 91 |
| F. Matriks Sintesa Penelitian yang Relevan..... | 97 |
| G. Kerangka Teori | 102 |
| H. Kerangka Konsep | 103 |
| I. Definisi Operasional | 104 |
| J. Variabel objektif | 106 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 108 |
| A. Jenis Penelitian | 108 |
| B. Lokasi dan Waktu Penelitian | 108 |
| C. Populasi dan Sampel | 108 |
| D. Teknik Pengumpulan Data..... | 109 |
| E. Instrumen Penelitian | 111 |
| F. Pengolahan dan Penyajian Data | 111 |
| G. Analisis Data..... | 112 |
| a. Definisi AHP (Analytic Hierarchy Process) | 114 |
| b. Prinsip Kerja AHP..... | 114 |
| c. Prosedur AHP | 115 |
| H. Alur Penelitian..... | 119 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 120 |
| A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian | 120 |
| 1. Laboratorium Universitas Hasanuddin | 120 |
| 2. Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) Universitas | 122 |
| B. Hasil..... | 124 |
| 1. Karakteristik Umum Laboratorium | 124 |
| 2. Variabel Penelitian | 126 |

| | |
|---|-----|
| 2. 1. Penentuan Nilai Prioritas Variabel <i>Safety Index</i> (Level 1/Goals) | 126 |
| 2.2. Penentuan Nilai Prioritas Variabel Identifikasi Potensi Bahaya | 127 |
| 2.3. Penentuan Nilai Prioritas Variabel Pencegahan | 128 |
| 2.4. Penentuan Nilai Prioritas Variabel <i>Emergency</i> | 128 |
| 3. Penanganan bahan kimia di laboratorium | 129 |
| 4. Penanganan Kelistrikan di Laboratorium | 130 |
| 5. Ketersediaan Standart Operational Procedure (SOP) di Laboratorium | 131 |
| 6. Ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) | 132 |
| 7. Kesiapan Peralatan Tanggap Darurat | 132 |
| 8. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel | 133 |
| 8.1.1. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Bahaya Mekanik | 133 |
| 8.1.2. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Bahaya Kelistrikan | 134 |
| 8.1.3. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Bahaya Ledakan | 135 |
| 8.1.4. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Bahaya Kebakaran | 136 |
| 8.1.5. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Komunikasi Bahaya | 137 |
| 8.2.1. Nilai Indeks Prioritas laboratorium Terhadap Sub Variabel Kebijakan | 138 |
| 8.2.2. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Perencanaan Awal (Planning) | 139 |
| 8.2.3. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Pembinaan dan Pelatihan | 140 |
| 8.2.4. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Komunikasi | 141 |
| 8.3.1. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Prosedur Keadaan Darurat | 142 |
| 8.3.2. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Organisasi Keadaan Darurat | 143 |
| 8.3.3. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Sarana dan Prasarana Keadaan Darurat | 144 |
| 8.3.4. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Sub Variabel Komunikasi Keadaan Darurat | 145 |

| | |
|--|-----|
| 9.1. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Variabel Identifikasi Potensi Bahaya | 146 |
| 9.2. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Variabel Pencegahan | 147 |
| 9.3. Nilai Indeks Prioritas Laboratorium Terhadap Variabel <i>Emergency</i> | 148 |
| 10. Nilai Prioritas Indeks Keselamatan (<i>Safety Index</i>) Laboratorium | 150 |
| 13. Distribusi Sub Variabel Indeks Keselamatan (<i>Safety Index</i>) | 153 |
| 14. Distribusi Variabel Indeks Keselamatan (<i>Safety Index</i>) Fakultas | 154 |
| C. PEMBAHASAN | 155 |
| 1. Kesesuaian Penanganan bahan kimia di laboratorium | 155 |
| 2. Kesesuaian Penanganan Kelistrikan di Laboratorium..... | 161 |
| 3. Ketersediaan SOP di Laboratorium | 164 |
| 4. Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Pelindung Diri (APD) | 166 |
| 5. Ketersediaan dan Kesesuaian Kesiapan Peralatan Tanggap Darurat | 169 |
| 6.1. Sub Variabel Indeks Keselamatan Laboratorium | 175 |
| 6.1.1. Identifikasi Potensi Bahaya Mekanik | 175 |
| 6.1.2. Identifikasi Potensi Bahaya Kelistrikan | 178 |
| 6.1.3. Identifikasi Potensi Bahaya Ledakan | 181 |
| 6.1.4. Identifikasi Potensi Bahaya Kebakaran | 183 |
| 6.1.5. Konunikasi Bahaya | 186 |
| 6.1.6. Kebijakan | 187 |
| 6.1.7. Perencanaan Awal (<i>planning</i>)..... | 190 |
| 6.1.8. Pembinaan dan Pelatihan | 192 |
| 6.1.9. Komunikasi Pencegahan Bahaya | 197 |
| 6.1.10. Prosedur Tanggap Darurat | 198 |
| 6.1.11. Organisasi Tanggap Darurat | 200 |
| 6.1.12. Sarana dan Prasarana Tanggap Darurat..... | 203 |
| 6.1.13. Komunikasi Tanggap Darurat | 207 |
| 6.2. Variabel Indeks Keselamatan Laboratorium | 208 |
| 6.2.1. Variabel Identifikasi Potensi Bahaya..... | 208 |
| 6.2. 2. Variabel Pencegahan | 210 |
| 6.2.3. Variabel <i>Emergency</i> | 211 |

| | |
|--|-----|
| 7. Indeks Keselamatan (Safety Index) Laboratorium | 212 |
| 8. Kategori Indeks Keselamatan (Safety Index) Laboratorium..... | 213 |
| 9. Distribusi Variabel Indeks Keselamatan (Safety Index) Laboratorium..... | 215 |
| 10. Distribusi Sub Variabel Indeks Keselamatan (Safety Index) Laboratorium..... | 218 |
| 11. Distribusi Variabel Indeks Keselamatan (<i>Safety Index</i>) di Fakultas | 223 |
| 12. Implikasi Hasil Penelitian..... | 225 |
| BAB V PENUTUP | 227 |
| A. Kesimpulan | 227 |
| B. Saran | 228 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 229 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 2.1. Tingkat Kesulitan Pengelolaan Peralatan..... | 17 |
| Tabel 2.2. Tingkat Kesulitan Pengelolaan Bahan..... | 21 |
| Tabel 2.3. Klasifikasi Bahaya Laboratorium | 31 |
| Tabel 2.4. Fitur Keamanan untuk Tingkat Keamanan 1 | 86 |
| Tabel 2.5. Fitur Keamanan untuk Tingkat Keamanan 2 | 86 |
| Tabel 2.6. Fitur Keamanan untuk Tingkat Keamanan 3 | 87 |
| Tabel 2.7. Sintesa Penelitian | 97 |
| Tabel 2.8. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan | 107 |
| Tabel3.1. Nilai Indeks Konsistensi Random (Random Consistency Index/RI) | 118 |
| Tabel 4. 1. Distribusi frekuensi laboratorium berdasarkan Unit | 125 |
| Tabel 4. 2. Distribusi frekuensi laboratorium berdasarkan Tipe Laboratorium | 125 |
| Tabel 4 3. Distribusi frekuensi laboratorium berdasarkan Jenis laboratorium | 126 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 2.1 Struktur Organisasi Laboratorium..... | 14 |
| Gambar 2.2. Teori Domino | 52 |
| Gambar 2.3. Loss Causation Model..... | 54 |
| Gambar 2.4. Teori Swiss Cheese Model..... | 56 |
| Gambar 2.5. Human Factors Theory | 57 |
| Gambar 2.6. Accident/Incident Theory..... | 58 |
| Gambar 2.7. Kerangka Teori (Sumber : OHSAS 18001:2007 OHSAS 18001:2007Occupational health and safety management systems – Requirements) | 102 |
| Gambar 2.8. Kerangka Konsep Indeks Keselamatan..... | 103 |
| Gambar 3.1. Struktur Hirarki Indeks Keselamatan (safety index) menggunakan AHP | 115 |
| Gambar 4. 1. Diagram Batang Perbandingan Berpasangan antara Variabel | 126 |
| Gambar 4. 2. Diagram Batang Perbandingan Berpasangan antara Sub Variabel Identifikasi Potensi Bahaya | 127 |
| Gambar 4. 3. Diagram Batang Perbandingan Berpasangan antara Sub Variabel Pencegahan..... | 128 |
| Gambar 4. 4. Diagram Batang Perbandingan Berpasangan antara Sub Variabel Emergency..... | 129 |
| Gambar 4. 5. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Bahaya Mekanik | 134 |
| Gambar 4. 6. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Bahaya Kelistrikan..... | 135 |
| Gambar 4. 7. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Bahaya Ledakan | 136 |
| Gambar 4. 8. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Bahaya Kebakaran..... | 137 |
| Gambar 4. 9. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Komunikasi Bahaya..... | 138 |
| Gambar 4. 10. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Kebijakan | 139 |
| Gambar 4. 11. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel perencanaan awal (planning) | 140 |
| Gambar 4. 12. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Pembinaan dan Pelatihan | 141 |
| Gambar 4. 13. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Komunikasi | 142 |
| Gambar 4. 14. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Prosedur Keadaan Darurat..... | 143 |
| Gambar 4. 15. Nilai Indeks (priority) laboratorium pada Sub Variabel Organisasi Keadaan Darurat..... | 144 |
| Gambar 4. 16. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Sarana dan Prasarana Keadaan Darurat | 145 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4. 17. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Sub Variabel Komunikasi Keadaan Darurat | 146 |
| Gambar 4. 18. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Variabel Identifikasi Potensi Bahaya | 147 |
| Gambar 4. 19. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Variabel Pencegahan | 148 |
| Gambar 4. 20. Nilai Indeks (priority) Laboratorium pada Variabel Emergency | 149 |
| Gambar 4. 21. Nilai (priority) Safety Index pada alternative (laboratorium) | 150 |
| Gambar 4. 22. Distribusi Variabel Safety Indeks..... | 152 |
| Gambar 4. 23. Distribusi Sub Variabel <i>Safety Index</i> | 153 |
| Gambar 4. 24. Distribusi Variabel <i>Safety Indeks</i> tiap Fakultas..... | 154 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|----------------|---|
| BSC | : <i>Biological Safety Cabinet</i> |
| B3 | : Bahan Berbahaya dan Beracun |
| APD | : Alat Pelindung Diri |
| APAR | : Alat Pemadam Api Ringan |
| HIS | : <i>Hospital Safety Index</i> |
| ISV | : <i>Index Safety Value</i> |
| IVC | : <i>Inherent Value Chemical</i> |
| IVP | : <i>Inherent Value Process</i> |
| SOP | : <i>Standart Operational Procedure</i> |
| K3 | : Keselamatan dan Kesehatan Kerja |
| PERMENPANRB | : Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi |
| PPPK | : Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan |
| KAN | : Komite Akreditasi Nasional |
| BSN | : Badan Standar Nasional |
| ISO | : <i>International Organization for Standardization</i> |
| IEC | : <i>Electrotechnical Commission</i> |
| ILAC | : <i>International Laboratory Accreditation Cooperation</i> |
| SLO | : Sertifikat Layak Operasi |
| AKLI | : Asosiasi Kontraktor Listrik Indonesia |
| SNI | : Standar Nasional Indonesia |
| LMK | : Lembaga Masalah Kelistrikan |
| PLN | : Perusahaan Listrik Negara |
| SPLN | : Standar Perusahaan Listrik Negara |
| PUIL | : Persyaratan Umum Instalasi |
| MCK | : Mandi, Cuci, Kakus |
| ILO | : <i>International Labour Organization</i> |
| OHS | : <i>Occupational Safety and Health</i> |
| OHSAS | : <i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i> |
| OSHA | : <i>Occupational Safety and Health Administration</i> |
| CFR | : Case Fatality Rate |
| NFPA | : <i>National Fire Protection Association</i> |
| O ₂ | : Oksigen |
| H ₂ | : Hidrogen |
| RF | : Frekuensi radio |
| KHz | : <i>Kilohertz</i> |
| MHz | : <i>Megahertz</i> |
| PP | : Peraturan Pemerintah |
| Hg | : Raksa |
| Cr | : Khromium |
| Pb | : Plumbum/Timbal |
| Zn | : Zink |
| MSDS | : Material Safety Data Sheet |
| GHS | : <i>Globally Harmonized System</i> |

| | |
|-----------------|---|
| LCSS | : <i>Laboratory Chemical Safety Summary</i> |
| ILCI | : <i>International Loss Control Institute</i> |
| PSN | : Penilai Standar Nasional |
| PHA | : <i>Preliminary Hazard Analysis</i> |
| MCB | : <i>Mini Circuit Breaker</i> |
| kWh | : Kilowatt Hour |
| CO ₂ | : Karbon dioksida |
| HAZOP | : <i>Hazard and Operability Study</i> |
| SI | : Indeks Keselamatan |
| Dow F dan EI | : <i>Dow Fire and Explosion Index</i> |
| PIIS | : <i>Indeks Prototipe Inherent Safety</i> |
| CE | : <i>Critical Examination</i> |
| CHA | : Concept Hazard Analysis |
| PCA | : <i>Preliminary Qonsequence Analysis</i> |
| PHA | : <i>Preliminary Hazard Analysis</i> |
| P&I | : <i>Marine Protection & Indemnity</i> |
| SWeHI | : <i>Safety Weighted Hazard Index</i> |
| AHP | : <i>Analitycal Hierarchy Process</i> |
| CR | : <i>Consistensy Ratio</i> |
| CI | : Consistensy Index |
| IR | : <i>Indekx Random Consistensy</i> |
| UNHAS | : Universitas Hasanuddin |
| PTN-BH | : Perguruan Tinggi Negeri Berbadan Hukum |
| BMI | : Benua Maritim Indonesia |
| RENSTRA | : Rencana Strategi |
| LAB | : Laboratorium |
| FKG | : Fakultas Kedokteran Gigi |
| FKM | : Fakultas Kesehatan Masyarakat |
| FIKP | : Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan |
| MIPA | : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam |
| HSE | : <i>Health Safety Environment</i> |
| PPE | : <i>Personal Protection Equipment</i> |
| UPS | : <i>Uninterruptible power supply</i> |
| PLP | : Pranata Laboratorium Pendidikan |
| CCTV | : <i>Closed Circuit Television</i> |
| PERMEN PUPR | : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat |
| IBPR | : Identifikasi Bahaya Dan Pengendalian Risiko |
| SMK3 | : Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja |
| IK | : Instruksi Kerja |
| UV | : Ultra Violet |
| KEMENLH | : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-------|
| Lampiran 1. Surat Permohonan Menjadi Informan..... | 235 |
| Lampiran 2. Persetujuan Menjadi Informan Penelitian | 236 |
| Lampiran 3. Pedoman Wawancara..... | 237 |
| Lampiran 4. Lembar Cheklist..... | 238 |
| Lampiran 5. Output SPSS Distribusi Frekuensi, Unit Kerja, Tipe dan Jenis Laboratorium..... | ..259 |
| Lampiran 6. Hasil Perhitungan Indeks Prioritas laboratorium pada Sub Variabel..... | ..260 |
| Lampiran 7. Hasil Perhitungan Indeks Prioritas laboratorium pada Variabel..... | ..269 |
| Lampiran 8. Hasil Perhitungan Indeks Keselamatan (<i>Safety Index</i>) Laboratorium | ..273 |
| Lampiran 9. Output Distribusi Kategori Indeks Keselamatan (<i>Safety Index</i>) | ..275 |
| Lampiran 10. Daftar Nama Laboratorium Universitas Hasanuddin..... | 276 |
| Lampiran 11. Surat Ijin Penelitian | 283 |
| Lampiran 12. Surat Rekomendasi Persetujuan Etik..... | 284 |
| Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian..... | 285 |
| Lampiran 12. Curriculum Vitae..... | 295 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laboratorium merupakan salah satu unsur dan persyaratan penting universitas sebagai unit penunjang akademik bagi kegiatan pendidikan, penelitian dan pengujian. Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi sejalan dengan aktivitas ilmiah melalui riset di laboratorium dengan penggunaan peralatan dan bahan yang mengakibatkan potensi bahaya.

Bahaya di laboratorium melekat dan merupakan bagian dari zat, sistem, kondisi atau peralatan (Nielsen et al., 2013). Sumber bahaya di laboratorium berasal dari bahan kimia termasuk karsinogen, racun, iritasi, polutan, zat yang mudah terbakar, asam kuat dan alkali, dll. Bahaya biologis dapat berasal dari darah dan cairan tubuh, spesimen kultur, jaringan tubuh, hewan laboratorium, atau pekerjaan lain. Bahaya fisik meliputi radiasi ionik dan non-ionik, ergonomis, kebisingan, tekanan panas, penerangan, listrik, dan kebakaran (Keith Furr, 1995).

Laporan perusahaan riset keselamatan global Underwriters Laboratories (UL) mengungkapkan, Indonesia berada di posisi ke-82 dari 187 negara yang disurvei terkait Indeks Keselamatan. Laporan bertajuk *UL Safety Index* itu memberikan analisis mendalam tentang keadaan keselamatan di Indonesia. Adapun Indonesia meraih skor 64 dari

skala 100 dan cenderung flat dalam beberapa tahun terakhir. Riset ini memberikan gambaran kinerja keselamatan relatif suatu negara berdasarkan tiga tipe indikator, yaitu institusional (misalnya, ekonomi dan pendidikan), kerangka kerja keselamatan (peraturan-peraturan yang sedang berlaku dan infrastruktur keselamatan), serta *safety outcomes* (cedera dan kematian yang tidak disengaja). Tujuan laporan ini adalah ikut berkontribusi dalam pengambilan keputusan terkait isu-isu keselamatan oleh pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan lainnya di Indonesia (Hariyanto, 2018).

Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat (2005) mendapatkan ± 10.000 Kecelakaan kerja di Laboratorium Akademik (Salazar-Escoboza et al., 2020). Selain itu, ringkasan sejarah kematian pada kecelakaan laboratorium, dikumpulkan oleh Laboratory Safety Institute (LSI), menunjukkan bahwa pada tahun 2000 ada 49 kematian yang dilaporkan sebagai akibat dari 34 kecelakaan laboratorium, 11 di antaranya terjadi di laboratorium universitas (Connor, 2017).

Universitas Hasanuddin mempunyai 229 laboratorium yang terdiri dari 220 laboratorium di Fakultas eksakta dan 9 laboratorium di Fakultas noneksakta. Penelitian ini berfokus pada laboratorium eksakta di Universitas Hasanuddin. Fakta mencatat selama 10 tahun terakhir ini pernah terjadi kecelakaan di Universitas Hasanuddin berupa kebakaran besar di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi pada Tahun 2009 yang kerugiannya ditaksir sekitar 10 Milyar dan juga di Laboratorium

Teknologi Hasil Pertanian di Fakultas Pertanian pada Tahun 2014 (Detiknews, 2014).

Kecelakaan laboratorium juga terjadi di sejumlah laboratorium di Indonesia diantaranya dialami oleh Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Syiah Kuala Tahun 2017 yang mengakibatkan guru besar tersebut dilarikan ke Rumah Sakit karena labu destilasi yang meledak merobek telinganya. Kejadian serupa terjadi pada laboratorium Kimia Fakultas Farmasi Universitas Indonesia tanggal 16 Maret 2015 yaitu terjadinya ledakan labu destilasi sewaktu praktikum sedang dilaksanakan. Tidak sedikit mahasiswa dirawat dampak pecahan labu destilasi tersebut.

Kecelakaan juga pernah terjadi di beberapa laboratorium diluar negeri salah satunya peristiwa ledakan di laboratorium Teknik Lingkungan universitas China, pada Rabu Tanggal 26 Desember 2018 saat dilangsungkan eksperimen penelitian ilmiah pengolahan air limbah setidaknya tiga Mahasiswa dinyatakan tewas.

Ledakan juga terjadi di Laboratorium Universitas Hawaii pada 16 Maret 2016 yang menyebabkan seorang asisten riset kehilangan lengannya. Kerugian finansial mencapai \$ 1 Juta. Insiden juga mengakibatkan seorang mahasiswa pascasarjana mengalami luka pada mata, tangan terbakar juga wajah yang terkena serpihan kaca ketika kabinet keselamatan biologis (BSC) yang ia gunakan meledak pada Tahun 2010 di Departemen Biokimia di Universitas Irak (Al-Dahhan et al., 2016).

Terdapat 10 jenis kecelakaan yang diidentifikasi di laboratorium yaitu terkena tumpahan bahan, terjatuh atau terpeleset, kontak dengan panas, terkena pecahan glassware, terkena sengatan listrik, mata terpercik bahan kimia, kebakaran, ledakan, iritasi kulit, dan keluhan pusing (Cahyaningrum et al., 2019).

Sederet peristiwa kecelakaan di laboratorium tersebut menunjukkan kurangnya penerapan keselamatan kerja sehingga pentingnya melakukan indentifikasi bahaya dan menghitung indeks keselamatan (*Safety Index*) di laboratorium. *Safety index* adalah nilai yang menggambarkan kesiapan dalam menghadapi kecelakaan atau bencana. *Safety index* mengukur pencegahan terjadinya kecelakaan yang berkaitan dengan potensi bahaya yang bersumber dari bahan kimia, kelistrikan, ledakan, kebakaran, dan radiasi.

Penelitian Zoran menggunakan metode evaluasi Hospital Safety Index (HSI) di sebuah Rumah Sakit dengan menilai indeks keamanan keselamatan struktural, keselamatan non-struktural, dan manajemen darurat bencana menyimpulkan indeks keamanan kategori A dengan indeks keamanan 0,82 yang berarti kesiapan Rumah Sakit tersebut menghadapi bencana sangat bagus (Lapčević et al., 2019). Penelitian indeks keamanan juga dilakukan oleh (Mulyati, 2018) di sebuah perusahaan bahan kimia dengan tiga integrasi yang disebut nilai keamanan indeks atau *Index Safety Value* (ISV) yang terdiri dari dua parameter utama

yaitu *Inherent Value Chemical (IVC)* dan *Inherent Value Process (IVP)* dan hasil penelitian tersebut dapat mengklasifikasikan tingkat potensi bahaya.

Kesiapan menghadapi keadaan darurat (*Emergency*) atau kesiapan siagaan sangat penting dilakukan karena dengan *planning* jelas serta tindakan yang tepat maka institusi dapat mencegah ataupun setidaknya meminimalisir resiko dan kerugian yang timbul akibat dari keadaan bencana atau darurat baik itu berupa korban jiwa, asset, maupun terganggunya aktivitas operasional selain itu untuk meningkatkan standar keselamatan di laboratorium, juga membangun kesadaran penanganan kecelakaan secara efektif (Foundation, 2019).

Kegagalan dalam menyiapkan perencanaan terhadap kecelakaan, bencana dan keadaan darurat memungkinkan institusi gagal dalam menghadapi bencana (FENS Laboratory Safety Team, 2016). Risiko yang terkait dengan penelitian akademis sering dianggap jauh lebih rendah dari pada risiko dalam operasi industri skala besar dan Rumah Sakit sehingga penelitian tingkat keamanan di Universitas jarang ditemukan dan belum pernah dilakukan khususnya di Universitas Hasanuddin.

Beberapa laboratorium tidak hanya melayani lingkup Civitas Akademik Universitas Hasanuddin tetapi juga melayani praktikum, penelitian dan pengujian dari Universitas lain, instansi bahkan bekerjasama dengan beberapa industri. Produktivitas laboratorium tersebut tentu berbanding lurus dengan aktivitas pemakaian peralatan, penggunaan bahan dan metode dalam suatu proses yang berpotensi mengakibatkan

bahaya dan risiko kecelakaan bagi pengguna laboratorium dan lingkungan sekitarnya.

Laboratorium akademis mengandung beragam bahaya dan risiko, bahaya ini dapat menjadi signifikan jika tidak dikelola dengan baik (Olewski & Snakard, 2017). Oleh karena itu identifikasi dan penilaian tingkat keamanan (*safety index*) di laboratorium perlu dilakukan dengan sesuai standar yang sudah ada dan dikembangkan berdasarkan peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang klasifikasi penyimpanan bahan, temperatur ruang penyimpanan, penanganan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), instalasi, stop kontak, pengaman grounding, penempatan kabel, peralatan tegangan tinggi, data sumber radiasi, nilai dosis radiasi, ketersediaan APD, APAR dan alat kedaruratan lainnya (Vendamawan et al., 2015). Hal ini penting untuk meningkatkan dan mencapai keselamatan kesehatan kerja laboratorium di Universitas Hasanuddin.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kesiapan tanggap darurat bencana kebakaran, kecelakaan ataupun bencana lainnya di laboratorium Universitas Hasanuddin
2. Berapa nilai indeks keselamatan (*safety index*) kesiapan tanggap darurat (*Emergency*) laboratorium di Universitas Hasanuddin.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian adalah untuk menganalisis indeks keselamatan (*safety index*) laboratorium di Universitas Hasanuddin.

2. Tujuan Khusus

Berdasarkan rumusan masalah maka dapat ditetapkan tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk menganalisis penanganan bahan kimia di laboratorium
- b. Untuk menganalisis penanganan kelistrikan di laboratorium
- c. Untuk menganalisis ketersediaan SOP laboratorium
- d. Untuk menganalisis ketersediaan APD
- e. Untuk menganalisis kesiapan peralatan tanggap darurat

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan memberikan tambahan literatur dan memperkuat teori yang sudah ada.

2. Bagi Institusi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi dan sebagai langkah awal untuk perbaikan penerapan K3 dan menaikkan level keamanan laboratorium di Universitas Hasanuddin.

3. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan menambah keilmuan dan wahana tentang penerapan K3 di laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang Laboratorium

1. Pengertian Laboratorium

Merujuk pada PERMENPAN No. 3 tahun 2010 laboratorium adalah unit penunjang akademik pada lembaga pendidikan, berupa ruangan tertutup atau terbuka, bersifat permanen atau bergerak, dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi dan/atau produksi dalam skala terbatas, dengan menggunakan peralatan dan bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu, dalam rangka pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan/atau pengabdian kepada masyarakat (Sangi & Tanauma, 2018).

Laboratorium merupakan aset strategis yang meliputi sumber daya manusia, fasilitas, dan infrastruktur membutuhkan perlindungan karena menyelenggarakan kegiatan yang kompleks yang melibatkan manusia, mikroorganisme, tumbuhan, hewan, dan partikel nano (Fatma Lestari et al., 2016) dan dengan menggunakan bahan kimia berbahaya, peralatan dengan tingkat penggunaan yang sulit serta penggunaan sarana pendukung seperti listrik, air dan api. Kegiatan tersebut memiliki risiko tinggi yang berpotensi menimbulkan kebakaran, ledakan, keracunan, iritasi, luka, dan sengatan listrik (Maharani & Sari, 2018).

2. Tipe Laboratorium

Laboratorium Pendidikan dibagi menjadi 4 tipe yaitu:

- a. Laboratorium Tipe I adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di sekolah pada jenjang pendidikan menengah, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan siswa.
- b. Laboratorium Tipe II adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di perguruan tinggi tingkat persiapan (semester I, II), atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan mahasiswa.
- c. Laboratorium Tipe III adalah laboratorium bidang keilmuan terdapat di jurusan atau program studi, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan pendidikan, penelitian mahasiswa dan dosen.
- d. Laboratorium Tipe IV adalah laboratorium terpadu yang terdapat di pusat studi fakultas atau universitas, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas

penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa dan dosen (PermenPANRB 7 Tahun 2019, 2019).

3. Peraturan Dasar Laboratorium

Setiap laboratorium mempunyai peraturan dan tata tertib yang harus dijalankan oleh setiap pengguna laboratorium. Secara umum tata tertib penggunaan laboratorium antara lain adalah (Vendamawan et al., 2015) :

- a. Pengguna laboratorium mendapatkan persetujuan dari penanggungjawab laboratorium.
- b. Tanpa izin staf laboratorium, pengguna laboratorium tidak diperbolehkan masuk.
- c. Jangan bekerja sendirian di laboratorium.
- d. Pengguna laboratorium harus datang tepat pada waktu.
- e. Sebelum bekerja, pengguna laboratorium harus mengisi agenda penggunaan laboratorium.
- f. Sebelum bekerja, pengguna laboratorium harus mengisi daftar alat dan bahan yang akan digunakan.
- g. Pengguna laboratorium harus menempati ruang yang disediakan.
- h. Pengguna laboratorium harus memperhatikan keutuhan alat dan bahan yang disediakan oleh personel laboratorium.
- i. Alat dan bahan yang tidak lengkap harus dilaporkan kepada penanggungjawab laboratorium.

- j. Penggunaan alat dan bahan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan.
- k. Tidak membawa alat dan bahan yang lain yang tidak berhubungan dengan kegiatan yang dilakukan.
- l. Kerusakan alat yang dipinjam menjadi tanggungjawab pengguna laboratorium.
- m. Peralatan dan bahan harus digunakan dengan hati-hati.
- n. Peralatan laboratorium yang rusak selama berlangsungnya praktikum dilaporkan kepada penanggungjawab laboratorium dan jangan mencoba memperbaikinya sendiri.
- o. Alat, bahan, air, dan listrik harus digunakan seefisien mungkin.
- p. Bahan kimia yang dapat digunakan kembali harus disimpan ditempat yang khusus dan diberi label.
- q. Pelabeian harus lengkap, terutama terhadap penggunaan bahan kimia.
- r. Setelah kegiatan selesai, peralatan dan meja praktikum harus dalam keadaan bersih.

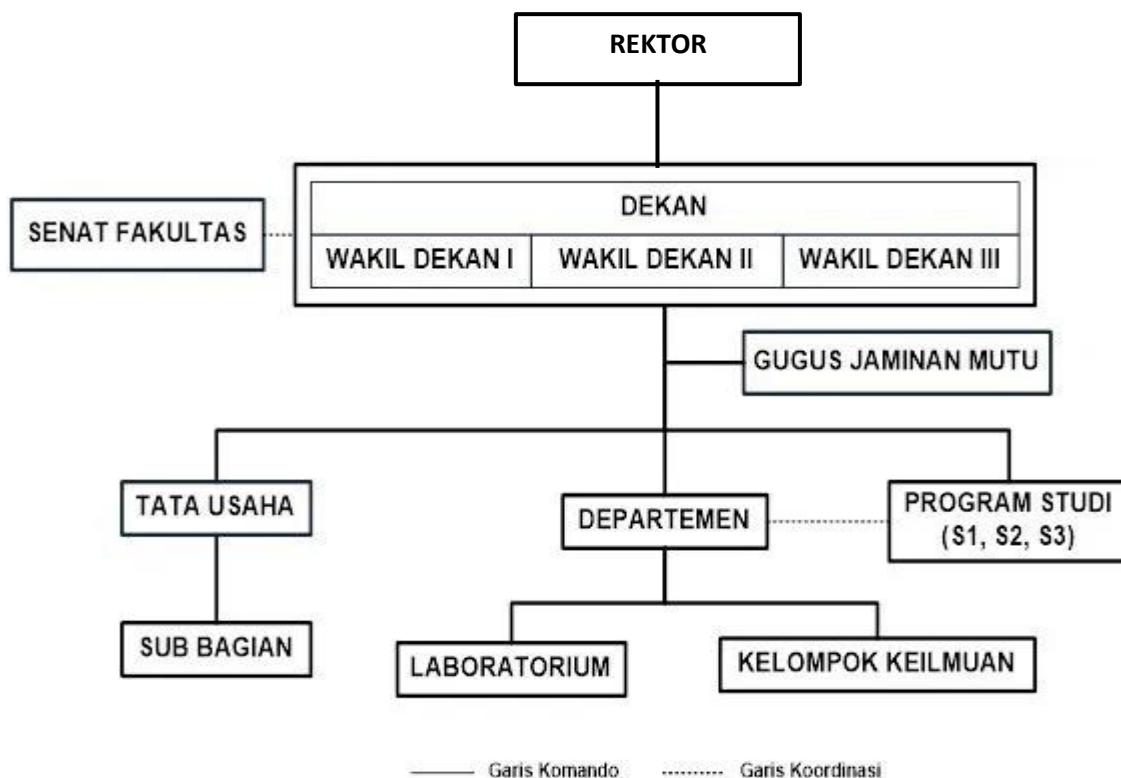
Selain tata tertib diatas, untuk menjaga keamanan dan keselamatan kerja di laboratorium, setiap laboratorium juga memiliki peraturan, antara lain:

- a. Dilarang makan, minum, dan merokok di dalam laboratorium.
- b. Tidak dibenarkan meludah karena dapat menyebabkan kontaminasi.
- c. Tidak berlari dalam laboratorium, tetap tenang dan berjalan santai bila ada bahaya kebakaran, gempa, dan sebagainya.

- d. Jangan menggunakan alat laboratorium jika belum tahu cara penggunaannya.
- e. Semua alat pipet harus menggunakan bola karet pengisap (pipet - pump). Jangan mengisap/menyedot dengan mulut.
- f. Pengguna laboratorium harus mengetahui sumber listrik, gas, dan air di laboratorium serta cara membuka dan menutupnya.
- g. Pengguna laboratorium harus mengetahui lokasi alat pemadam kebakaran, safety shower, eye shower, hidran kebakaran, dan kotak P3K di laboratorium, serta mempelajari cara penggunaannya.
- h. Kenakan jas laboratorium, sarung tangan, sepatu hak pendek tertutup, dan kaca mata pelindung (goggles), terutama saat menggunakan bahan kimia berbahaya (seperti asam kuat)
- i. Jika bahan kimia mengenai kulit atau mata, segeralah bilas dengan air mengalir dan sampaikan ke penanggungjawab laboratorium.
- j. Kuku tangan dipotong dan dirapikan sebelum bekerja di laboratorium.
- k. Gunakan bahan kimia dengan tepat, karena semua bahan kimia di laboratorium berbahaya.
- l. Mereaksikan bahan kimia yang menghasilkan gas harus menggunakan lemari asam.
- m. Bahan kimia sisa percobaan atau bahan lain ditampung dalam wadah yang telah disediakan. Jangan membuang di saluran pembuangan air.
- n. Bahan kimia dari botol induk dituang terlebih dahulu ke dalam botol lain dan jangan mengembalikan bahan kimia layak pakai ke botol induk.

- o. Bagi perempuan, rambut harus diikat dan tidak terurai sebelum bekerja di laboratorium.
- p. Jangan menghadapkan mulut tabung reaksi kearah orang lain saat memanaskan cairan.
- q. Jangan bereksperimen di luar prosedur yang ditetapkan

4. Struktur Organisasi Laboratorium



Gambar 2.1. Struktur Organisasi Laboratorium

5. Akreditasi Laboratorium

Akreditasi adalah pengakuan formal atas aktivitas organisasi yang memenuhi standar yang ditetapkan. Sedangkan akreditasi laboratorium merupakan pengakuan pemerintah terhadap laboratorium yang memenuhi

standar yang telah ditetapkan, dalam hal ini dilaksanakan oleh Badan Akreditasi Nasional (KAN) yang menyatakan bahwa suatu lembaga, institusi atau laboratorium yang memiliki kemampuan dan hak untuk melakukan penilaian kesesuaian di bidang laboratorium pengujian atau laboratorium kalibrasi, pemerintah Indonesia telah mengadopsi ISO/IEC 17025 sebagai dasar sertifikasi laboratorium melalui Badan Standar Nasional (UU-20_TAHUN_2014_TENTANG_SPK1, 2002).

ISO / IEC 17025 adalah referensi internasional untuk standar utama yang digunakan oleh laboratorium pengujian dan kalibrasi. Dikeluarkan oleh ILAC untuk standarisasi pada tahun 1999. Dua bagian utama ISO / IEC 17025 adalah Manajemen Persyaratan dan Persyaratan Teknis. Tujuan umum dari akreditasi laboratorium memacu untuk memenuhi standar dan memberikan layanan yang berkualitas dan bertanggung jawab. Sedangkan tujuan spesifiknya adalah:

- a. Memberikan pengakuan terhadap laboratorium yang tingkat pelayanannya telah sesuai dengan standar yang ditetapkan.
- b. Meyakinkan personel laboratorium bahwa semua fasilitas, personel, dan lingkungan yang diperlukan memenuhi standar untuk mendukung layanan laboratorium yang baik.
- c. Menjamin dan memuaskan pelanggan dan masyarakat bahwa pelayanan yang diberikan oleh laboratorium telah dilaksanakan dengan baik.

Akreditasi laboratorium erat kaitannya dengan standar pengelolaan laboratorium dimana disinggung syarat mutu laboratorium yang dapat disinkronisasikan dengan penerapan K3 seperti mengenai tata letak laboratorium, syarat ruang kantor, alat pelindung diri, kebersihan, peralatan darurat, bahan kimia, kelistrikan dan instalasi pembuangan limbah.

6. Aturan Penyimpanan Peralatan, Bahan dan Sarana Penunjang

a. Peralatan

Peralatan laboratorium adalah mesin, perkakas, perlengkapan, dan alat-alat kerja lain yang secara khusus dipergunakan untuk pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi dalam skala terbatas sehingga harus selalu dalam keadaan bersih, kondisi yang baik dan terkalibrasi.

Peralatan di laboratoium dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori, yaitu:

- 1) Kategori 1 adalah peralatan yang peralatan yang mudah dioperasikan dan dirawat, risiko penggunaan rendah, akurasi/ketepatan pengukuran rendah, dan sistem kerja sederhana, yang hanya dapat dioperasikan dengan menggunakan manual.
- 2) Kategori 2 adalah peralatan yang cara pengoperasian dan perawatannya sedang, risiko penggunaan sedang, akurasi/kecermatan pengukurannya sedang, serta sistem kerja yang tidak begitu rumit dan pengoperasiannya memerlukan pelatihan khusus/tertentu.
- 3) Kategori 3 adalah alat yang cara pengoperasian dan perawatannya sulit, risiko penggunaan tinggi, akurasi/ kecermatan pengukurannya

tinggi, serta sistem kerja rumit yang pengoperasiannya memerlukan pelatihan khusus/tertentu dan bersertifikat (PermenPANRB, 2010).

Tabel 2.1. Tingkat Kesulitan Pengelolaan Peralatan

| Kriteria | Kategori 1 | Kategori 2 | Kategori 3 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Pengelolaan | | | |
| Pengoperasian | Mudah | Sedang | Sulit |
| Perawatan | Mudah | Sedang | Sulit |
| Resiko | Rendah | Sedang | Tinggi |
| Pengukuran | Kecermatan/ akurasi rendah | Kecermatan/ akurasi sedang | Kecermatan/ akurasi tinggi |
| Persyaratan Pengoperasian | Dengan panduan | Dengan pelatihan | Dengan Pelatihan khusus |
| Sistem Kerja | Sederhana | Sedang | Rumit |

Penyimpanan, penataan dan perawatan alat sangat penting memperhatikan jenis bahan dasar penyusun, bobot dan kelengkapan dari alat tersebut. Setiap peralatan harus dilengkapi dengan petunjuk (instruction manual) yang diberikan oleh produsen. Petunjuk penggunaan umumnya mencakup metode pengoperasian dan hal-hal lain yang harus diperhatikan. Cara menggunakan atau mengoperasikan setiap jenis peralatan laboratorium harus tertulis dalam petunjuk kerja. Hal-hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan peralatan:

- 1) Kelengkapan peralatan laboratorium harus dilengkapi dengan semua peralatan yang diperlukan dan sesuai dengan jenis layanan yang diberikan termasuk peralatan yang tidak rutin digunakan.

- 2) Persyaratan kemampuan peralatan selama pemasangan alat atau pekerjaan sehari-hari harus mempertimbangkan tampilan peralatan atau kinerja yang memenuhi persyaratan, dan harus memenuhi spesifikasi yang sesuai untuk pemeriksaan terkait.
- 3) Identifikasi setiap jenis peralatan harus memiliki label, tanda atau symbol yang spesifik.
- 4) Setiap alat yang digunakan harus memiliki catatan pemeliharaan dan pengendalian, meliputi:
 - (a) Identitas peralatan.
 - (b) Nama pabrikan, tipe identifikasi dan nomor seri atau ciri khas lain.
 - (c) Kontak person dari pemasok.
 - (d) Tanggal penerimaan dan tanggal pemeliharaan.
 - (e) Lokasi (jika perlu).
 - (f) Kondisi saat peralatan diterima (alat baru/lama atau kondisi lain).
 - (g) Instruksi pabrik atau bahan referensi.
 - (h) Catatan kinerja peralatan untuk memastikan bahwa peralatan tersebut layak digunakan.
 - (i) Merencanakan pemeliharaan untuk jangka panjang.
 - (j) Kerusakan, malfungsi, modifikasi atau perbaikan alat.
 - (k) Perkiraan waktu penggantian alat, jika memungkinkan.
- 5) Pengoperasian alat disyaratkan hanya dapat dilakukan oleh petugas yang berwenang. Personil laboratorium juga memiliki Instruksi

penggunaan dan perawatan peralatan terbaru (termasuk manual dan instruksi yang sesuai yang diberikan produsen).

- 6) Jaminan keselamatan kerja peralatan harus disimpan dalam keadaan kerja yang aman, termasuk keselamatan listrik, perangkat penghenti darurat dan penanganan yang aman oleh personel yang berwenang. Semua ini harus sesuai dengan spesifikasi atau instruksi pabrik, termasuk pembuangan limbah kimia, radioaktif dan biologis.
- 7) Alat yang rusak atau diduga mengalami gangguan tidak boleh digunakan, harus diberi tanda yang jelas dan disimpan dengan baik sampai diperbaiki dan memenuhi standar yang ditentukan (pengujian dan kalibrasi). Laboratorium harus mengambil tindakan yang memadai sebelum menggunakannya lagi.
- 8) Peralatan laboratorium yang akan dipindahkan harus mempunyai prosedur penanganan, pemindahan, penyimpanan yang aman untuk mencegah kontaminasi dan kerusakan. Peralatan yang telah diperbaiki harus dicek kembali untuk memastikan telah berfungsi dengan baik.
- 9) Laboratorium harus mempunyai prosedur pemutahiran hasil kalibrasi untuk menjamin hasil koreksi kalibrasi telah dilakukan dengan benar
- 10) Untuk mencegah hasil pemeriksaan yang tidak sah oleh orang yang tidak berwenang maka semua peralatan termasuk perangkat keras, perangkat lunak, bahan acuan, bahan habis pakai, pereaksi dan sistem analitik dipastikan aman dan terkendali.

b. Bahan

Bahan merupakan segala sesuatu yang diolah/digunakan untuk pengujian, kalibrasi, ataupun produksi dalam skala terbatas, yang dibagi menjadi dua kategori yaitu:

- 1). Bahan khusus, bahan yang penanganannya membutuhkan perlakuan dan persyaratan khusus.
- 2). Bahan umum, merupakan bahan yang penanganannya tidak membutuhkan perlakuan dan persyaratan khusus, (PermenPANRB, 2010).

Untuk mengurangi resiko kecelakaan di laboratorium, penyimpanan zat dan bahan kimia yang benar merupakan strategi rencana yang harus dilakukan (Vendamawan et al., 2015). Aspek - aspek yang harus diperhatikan dalam penyimpanan dan penataan bahan kimia yaitu: aspek pemisahan (segregation), tingkat resiko bahaya (multiple hazards), pelabelan (labeling), fasilitas penyimpanan (storage facilities), wadah sekunder (secondary containment), bahan kadaluarsa (outdate chemicals), inventarisasi (inventory), dan informasi resiko bahaya (hazard information).

Pengurutan secara alfabet akan tepat jika dikelompokkan menurut sifat fisik dan sifat kimianya. Untuk mencegah terjadinya interaksi antar bahan dengan sumber bahaya lain seperti api, gas beracun, ledakan atau degradasi kimia, beberapa bahan harus disimpan secara khusus dalam wadah sekunder yang terisolasi.

Tabel 2.2. Tingkat Kesulitan Pengelolaan Bahan

| Bahan Penanganan | Umum (1) | Khusus (2) |
|---------------------|---|------------------------------------|
| Penyimpanan | Tidak memerlukan persyaratan khusus | Memerlukan persyaratan khusus |
| Sifat Fisik | Tidak eksplosif, tidak korosif, tidak iritant, stabil | Eksplosif, korosif, iritant, labil |
| Sifat Kimia | Non Toksik, tidak berbahaya | Toksik, berbahaya |
| Persyaratan Metode | Tidak memerlukan kemurnian tinggi | Memerlukan kemurnian tinggi |

Adapun prinsip yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan bahan di laboratorium yaitu:

- 1). Aman: bahan disimpan supaya aman dari pencuri.
- 2). Mudah dicari: Untuk memudahkan mencari letak bahan, perlu diberi tanda yaitu dengan menggunakan label pada setiap tempat penyimpanan bahan (lemari, rak atau laci).
- 3). Mudah diambil: Penyimpanan bahan diperlukan ruang penyimpanan dan perlengkapan (Handayana et al., 2016).

Adapun syarat penyimpanan bahan kimia sebagai berikut:

- 1) Stok bahan kimia di laboratorium dalam jumlah secukupnya di dalam ruang penyimpanan bahan.
- 2) Khusus ruang penyimpanan stok bahan kimia harus berlantai beton.
- 3) Penyimpanan ruang terpisah untuk bahan kimia yang mudah terbakar.

- 4) Tombol lampu ruang penyimpanan bahan harus berada di luar ruangan yang dilengkapi dengan kap lampu untuk mencegah timbulnya kebakaran dan ledakan dari uap karena terkena bunga api dari alat listrik.
- 5) Pengaturan bahan kimia tidak boleh berdasarkan urutan abjad, karena dapat menyebabkan interaksi bahan seperti tercampur/incompatible jika berdekatan satu sama lain yang berbeda sifat. Mengabaikan sifat fisik dan kimia dari bahan yang disimpan dapat menimbulkan bahaya kebakaran, ledakan, keluarnya gas beracun, uap, debu dan kombinasi dari semua bahaya.

Untuk menghindari hal tersebut maka perlu memperhatikan penyimpanan bahan kimia sebagai berikut:

- 1) Pengaruh panas/api. Kenaikan suhu akan mengakibatkan terjadinya reaksi atau perubahan kimia. Selain itu, percikan api sangat berbahaya untuk bahan yang bersifat mudah terbakar.
- 2) Pengaruh kelembaban. Zat mudah menyerap uap air (higroskopis) dari udara dan reaksi hidrasi yang eksotermis dapat menyebabkan panas di dalam ruang penyimpanan bahan.
- 3) Interaksi wadah. Kebocoran/kerusakan pada wadah dapat disebabkan oleh interaksi bahan kimia tertentu dengan wadahnya.
- 4) Interaksi antar bahan
Ledakan, kebakaran, atau timbulnya gas yang berbahaya dapat terjadi karena interaksi antar bahan yang tidak compatible satu sama lain

c. Sarana Penunjang

Penggunaan peralatan laboratorium yang beraneka macam fungsinya tentunya didukung dengan penggunaan kelistrikan air dan api.

1). Kelistrikan

Listrik merupakan faktor penunjang utama dalam kegiatan yang ada di laboratorium sebab hampir semua peralatan memerlukan arus listrik untuk bekerja. Kelistrikan yaitu sifat benda yang timbul dari adanya perpindahan muatan listrik positif atau proton kedalam muatan negatif atau elektron. dikarenakan adanya perbedaan potensial yang akhirnya menghasilkan sumber listrik. (Effendi, 2018)

Keamanan listrik sangat erat terkait dengan keselamatan dari kebakaran. Perawatan rutin dan perbaikan instalasi listrik dan utilitas lain merupakan unsur dasar dalam menghindari terjadinya kecelakaan di laboratorium. Keamanan kelistrikan termasuk pemasangan kawat/kabel, penyambungan tahanan pembumian (grounding system) dan pembatasan, distribusi/panel listrik, saluran atau tombol peralatan listrik (Araneo et al., 2019)

Langkah – langkah keselamatan kerja berhubungan dengan peralatan listrik, tempat kerja diantaranya (Camp, 2005) :

- a) Peralatan listrik yang rusak harus segera diganti dan diperbaiki.
- b) Tidak diperbolehkan:

- 1). Mengganti pengaman arus lebih dengan kapasitas yang lebih besar
 - 2). Mengganti kawat pengaman lebur dengan kawat yang kapasitasnya lebih besar
 - 3). Memasang kawat tambahan pada pengaman lebur untuk menambah daya
- c) Bagian yang bertegangan harus ditutup dan tidak boleh disentuh seperti terminal-terminal sambungan kabel, dan lain -lain.
 - d) Peralatan listrik yang rangkaiannya terbuat dari logam harus ditanahkan.

Keselamatan listrik berkaitan dengan tempat kerja, diantaranya:

- a) Ruang yang didalamnya terdapat peralatan listrik terbuka, harus diberi tanda peringatan "AWAS BERBAHAYA"
- b) Berhati-hatilah bekerja dibawah jaringan listrik
- c) Perlu digunakan peralatan pelindung bila bekerja di daerah yang rawan bahaya listrik

Adapun langkah - langkah pencegahan korsleting yaitu:

- a) Menggunakan penyedia jasa instalasi listrik yang memiliki kompetensi dan dibuktikan Sertifikat Layak Operasi (SLO) atau paling tidak terdaftar sebagai anggota Asosiasi Kontraktor Listrik Indonesia (AKLI).
- b) Menggunakan peralatan listrik seperti kabel, saklar, stop kontak, dan steker dan lainnya yang memiliki label Standar Nasional Indonesia (SNI), Lembaga Masalah Kelistrikan (LMK), atau Standar PLN (SPLN)

- c) Menggunakan kabel dengan jenis dan ukuran sesuai peruntukan dan kapasitas hantar arusnya
- d) Jika sekring putus, jangan menyambunginya dengan kawat, karena setiap sekring sudah mempunyai standar seberapa jauh bisa menerima beban
- e) Melakukan perawatan berkala terhadap instalasi listrik, seperti memeriksa kondisi kabel, panel listrik, sambungan kabel, dan lainnya
- f) Memperbarui instalasi listrik minimal lima tahun sekali
- g) Melakukan pemeriksaan kualitas daya listrik (power quality) secara rutin yang melibatkan orang berpengalaman, karena daya listrik yang tidak stabil juga dapat menyebabkan korsleting
- h) Menghindari penumpukan colokan listrik di satu tempat karena bisa mengakumulasikan panas dan mengakibatkan korsleting listrik. (Badan Standarisasi Nasional, 2011)

2). Air

Air merupakan unit penunjang utama dalam memperlancar jalannya suatu proses pengujian di laboratorium. Oleh sebab itu, segala sarana dan prasarananya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan dan kelancaran suatu kegiatan. Selain untuk keperluan umum seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan untuk kebutuhan kantor lainnya air juga diperlukan dalam proses pengujian sebagai sistem pendingin untuk peralatan, sistem injeksi bahan kimia dan juga untuk pencucian atau pembersihan peralatan laboratorium ((ILO), 2013)

Kebutuhan air juga tak kalah pentingnya dibutuhkan untuk ketersediaan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran. Penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu, tetapi hanya bersifat insidental. Dalam praktiknya, kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa hidran yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi gedung. Pipa- pipa hidran terutama dipersiapkan pada lokasi gedung yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi gedung. Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 1 m³/jam yang akan ditampung dalam bak penampung. (Office, 1992)

3). Api

Aktivitas penelitian tidak lepas dari pengujian suatu metode. Api adalah salah satu penunjang paling penting di pusat-pusat pendidikan terutama di laboratorium. Beberapa metode pengujian menggunakan api yang dibutuhkan pada pemanasan dalam proses afiksasi, isolasi mikroba, inkubasi, pengeringan, pembakaran, pengabuan dan kegiatan pemanasan lainnya.

Penggunaan dan jenis api disetiap laboratorium berbeda-beda tergantung pengujian dan peralatan apa yang digunakan (Wiryosumarto & IrrHSol, 2000)

7. Potensi dan Risiko Bahaya di Laboratorium

Bahaya adalah segala sesuatu yang berpotensi untuk menyebabkan kecelakaan sedangkan risiko adalah kemungkinan kecelakaan yg dapat

terjadi karena suatu bahaya (cedera pada manusia, kerusakan pada alat/proses /lingkungan sekitar) (Antam, 2009).

Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Management jenis-jenis bahaya itu antara lain (Pertiwi et al., 2019):

- a. Bahaya Mekanis, yaitu bersumber dari peralatan mekanis atau benda yang bergerak dengan gaya mekanika baik yang digerakkan secara manual maupun dengan penggerak. Misalnya mesin gerinda, bubut, potong, press, tempa pengaduk dan lain-lain, yang dapat menimbulkan cedera atau kerusakan seperti tersayat, terjepit, terpotong.
- b. Bahaya Listrik, yaitu berasal dari energi listrik yang dapat mengakibatkan risiko seperti kebakaran, sengatan listrik, dan hubungan singkat. Di lingkungan kerja ditemukan bahaya listrik baik dari jaringan listrik maupun peralatan kerja atau mesin mesin yang menggunakan energi listrik.
- c. Bahaya Kimiawi, yaitu bersumber dari senyawa atau unsur atau bahan kimia. Bahan kimia mengandung berbagai potensi bahaya sesuai dengan sifat dan kandungannya yang dapat ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia antara lain keracunan oleh bahan kimia yang bersifat racun (toxic), iritasi oleh bahan kimia yang memiliki sifat iritasi seperti asam kuat, kebakaran dan ledakan, polusi, dan pencemaran lingkungan.

- d. Bahaya Fisik, yaitu berasal dari faktor-faktor fisik seperti bising (mengakibatkan ketulian atau kerusakan indera pendengaran), tekanan, getaran, suhu panas atau dingin, cahaya atau penerangan.
- e. Bahaya Biologis, yaitu bersumber dari unsur biologis seperti flora fauna yang terdapat di lingkungan kerja.
- f. Bahaya Ergonomi, yang disebabkan karena desain kerja, penataan tempat kerja yang tidak nyaman bagi pekerja sehingga dapat menimbulkan kelelahan pada pekerja.
- g. Bahaya Psikologis, yang disebabkan karena jam kerja yang panjang, shift kerja yang tidak menentu, hubungan antara pekerja yang kurang baik. Hal ini juga dapat ditimbulkan karena faktor stress berupa pembagian pekerjaan yang tidak proporsional, serta mengabaikan kehidupan sosial pekerja.

Menurut standar laboratorium OSHA 29 CFR 1910.1450, Potensi dan risiko bahaya di laboratorium yaitu (Osha, n.d.):

a. Bahan-Bahan Kimia di Laboratorium

Salah satu risiko yang sulit diprediksi dan paling berbahaya dihadapi pekerja di laboratorium adalah kadar racun berbagai bahan kimia. Di laboratorium kimia, tidak ada satu zat pun yang sepenuhnya aman dan semua bahan kimia menghasilkan efek beracun. Bahan-bahan kimia berbahaya adalah bahan-bahan yang selama proses pembuatan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan penggunaannya mempunyai kemungkinan menimbulkan debu,

kabut, uap, gas, atau radisai pengion yang menimbulkan iritasi, keracunan, kebakaran, ledakan, dan bahaya lain dalam jumlah tertentu dan menimbulkan gangguan kesehatan terhadap orang yang terpapar (Suma'mur, 2009).

Secara umum bahan-bahan kimia berbahaya dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- 1) Bahan kimia beracun (Toxic substances), yaitu dapat menyebabkan bahaya terhadap kesehatan manusia atau menyebabkan kematian apabila terpapar ke dalam tubuh karena tertelan, terhirup, atau kontak lewat kulit.
- 2) Bahan kimia korosif/iritan (Corrosive substances), yaitu dapat meyebabkan kerusakan apabila kontak dengan jaringan tubuh, seperti kulit, mata, dan saluran pernafasan yang mengakibatkan luka, peradangan, iritasi, dan sensitisasi. Bahan kimia korosif dapat dikelompokkan sesuai wujud zatnya, yaitu cair (asam nitrat, asam sulfat, asam klorida), padat (natrium hidroksida, kalium hidroksida, kalsium hidroksida), dan gas.
- 3) Bahan kimia mudah terbakar yaitu bereaksi dengan oksigen dan dapat menimbulkan kebakaran. Contoh: alkohol, metanol, benzena.
- 4) Bahan kimia mudah meledak, yaitu suatu zat padatan atau cair atau campuran keduanya yang karena suatu reaksi kimia dapat

menghasilkan gas dalam jumlah dan tekanan yang besar serta suhu yang tinggi.

- 5) Bahan kimia oksidator, yaitu bahan kimia yang dapat menghasilkan oksigen dalam penguraian atau reaksinya dengan senyawa lain serta dapat menimbulkan kebakaran. Contoh: permanganat, hidrogen peroksida.
- 6) Bahan kimia reaktif terhadap air, yaitu bahan kimia yang mudah bereaksi dengan air menghasilkan panas dan atau gas yang mudah terbakar.
- 7) Bahan kimia reaktif terhadap asam, yaitu bahan kimia yang mudah bereaksi dengan asam dan menghasilkan panas serta gas yang mudah terbakar atau yang beracun dan korosif.
- 8) Bahan kimia radioaktif, yaitu bahan kimia yang mempunyai kemampuan memancarkan sinar-sinar radiasi, seperti alpha, beta, atau gamma yang dapat membahayakan tubuh manusia.

Menurut buku Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Kimia, bahaya yang ditimbulkan oleh bahan kimia dapat diklasifikasikan dalam 4 kategori, yaitu health hazard, flammability, reactivity, dan speceial hazard. Klasifikasi bahaya bahan kimia ini mengacu pada NFPA 704: *Labeling Guide*.

Tabel 2.3. Klasifikasi Bahaya Laboratorium

| <i>Health Hazard (Blue)</i> | | |
|-------------------------------|---------|---|
| 4 | Danger | Dapat menyebabkan kematian atau luka parah. Perlu peralatan khusus |
| 3 | Warning | Dapat menyebabkan luka serius meskipun telah mendapat pengobatan |
| 2 | Warning | Dapat menyebabkan luka. Berbahaya jika terhirup |
| 1 | Caution | Dapat menimbulkan iritasi |
| 0 | | Tidak menimbulkan bahaya |
| <i>Flammability (Red)</i> | | |
| 4 | Danger | Gas mudah terbakar atau cairan yang sangat mudah terbakar |
| 3 | Warning | Bahan kimia flammable cair dengan flash point di bawah 100°F |
| 2 | Warning | Bahan kimia combustible dengan flash point antara 100-200°F |
| 1 | Caution | Terbakar jika dipanaskan |
| 0 | | Tidak mudah terbakar |
| <i>Reactivity (Yellow)</i> | | |
| 4 | Danger | Dapat segera meledak |
| 3 | Danger | Dapat meledak jika ada pencetus yang kuat atau dipanaskan dalam ruangan tertutup |
| 2 | Warning | Tidak stabil dan dapat bereaksi hebat dengan air |
| 1 | Caution | Bersifat tidak stabil pada suhu tinggi dan jika ada tekanan, bereaksi dengan air. |
| 0 | Stable | Tidak bereaksi dengan air |
| <i>Special Hazard (White)</i> | | |
| W | | Reaktif dengan air |
| Oxy | | Oksidasi |

Sumber : Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Kimia

b. Bahaya Fisik Akibat Peralatan Laboratorium

Beberapa pengoperasian peralatan laboratorium menimbulkan bahaya fisik bagi pekerja yang meliputi: gas mampat, kriogen tidak mudah menyala, reaksi tekanan tinggi, kerja vakum, bahaya frekuensi radio dan gelombang mikro, bahaya peralatan listrik.

c. Bahaya Limbah

Limbah laboratorium diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya atau tidak berbahaya dan bisa meliputi barang-barang seperti bahan laboratorium sekali pakai, media filter, larutan cair, dan bahan kimia berbahaya.

8. Identifikasi Bahaya di Laboratorium

Identifikasi bahaya di laboratorium bersumber dari:

a). Bahaya Bahan Mudah Terbakar, Reaktif, dan Mudah Meledak

Selain bahaya yang disebabkan oleh efek racun bahan kimia, penilaian risiko harus mempertimbangkan bahaya bahan kimia karena kemudahbakaran, reaktivitas, eksplosivitas (mudahnya meledak) yang bisa menyebabkan kebakaran (Stuart & McEwen, 2016).

b). Bahaya Ledakan

1). Bahan Peledak

Bahan peledak adalah senyawa kimia atau campuran mekanis apa pun yang, jika terkena getaran, benturan, gesekan, detonasi, atau inisiasi lainnya yang sesuai, mengalami perubahan kimia cepat dan menciptakan gas yang sangat panas dalam volume besar yang menggunakan tekanan di media sekeliling. Ketentuan ini berlaku pada material baik yang meledak atau terbakar dengan cepat. Panas, cahaya, kejutan mekanis, dan katalis tertentu memulai reaksi ledakan

2). Senyawa Azo, Peroksida, dan Tidak Jenuh (Penghasil Peroksida)

Senyawa azo organik dan peroksida adalah beberapa zat paling berbahaya yang ditangani di laboratorium. Tetapi, zat ini juga merupakan reagen umum yang digunakan sebagai sumber radikal bebas dan oksidan. Keduanya biasanya merupakan bahan peledak berdaya rendah yang peka terhadap guncangan, percikan, atau penyulutan yang tidak disengaja lainnya.

3). Pengoksidasi Lainnya

Bahan pengoksidasi dapat bereaksi kuat jika mengalami kontak dengan bahan pereduksi dan terkadang dengan bahan yang memiliki sifat mudah terbakar.

4). Bubuk dan Debu

Suspensi partikel yang mengandung oksigen atau dapat mengoksidasi (msl., tepung, debu batu bara, bubuk magnesium, debu seng, bubuk karbon, bubuk sulfur di udara merupakan campuran peledak yang dahsyat. Gunakan material ini dengan ventilasi memadai dan jangan sampai terpapar sumber penyulutan. Beberapa bahan padat, jika terpisahkan dengan baik, dapat menyala secara spontan jika dibiarkan kering saat terpapar ke udara. Bahan ini meliputi zirkonium, titanium, nikel Raney, timbal yang terpisahkan dengan baik (msl., seperti yang

disiapkan oleh pirolisis timbal tartrat), dan katalis seperti karbon aktif yang mengandung logam aktif dan hidrogen.

5). Bahan Peledak yang Sangat Panas

Tidak semua ledakan disebabkan oleh reaksi kimia. Beberapa ledakan memiliki penyebab fisika. Ledakan berbahaya dapat terjadi jika cairan panas atau kumpulan partikel yang sangat panas mengalami kontak tiba-tiba dengan bahan yang memiliki titik didih lebih rendah. Letupan didih tiba-tiba terjadi saat zat pembening (msl., arang, serpihan didih) ditambahkan ke cairan yang dipanaskan di atas titik didihnya. Meski material itu tidak meledak secara langsung, pembentukan tiba-tiba massa bahan peledak atau uap yang dapat meledak dapat sangat berbahaya.

6). Pertimbangan Lainnya

(a) Menjalankan reaksi baru dapat menyebabkan bahaya.

Pertimbangkan bahaya ini dengan hati-hati jika spesies kimia yang terlibat

- (1) mengandung kelompok fungsional yang terkait dengan ledakan;
- (2) tidak stabil di dekat reaksi atau suhu kerja;
- (3) dipengaruhi periode induksi selama reaksi; atau
- (4) menghasilkan gas sebagai produk sampingan.

(b). Mempercepat reaksi memperkenalkan beberapa bahaya.

Masalah ini meliputi peningkatan panas dan bahaya serius

ledakan dari material yang tidak dapat sesuai. Tingkat masukan dan produksi panas harus dipertimbangkan dengan pengeluaran panas. Larutan yang bergejolak atau reaksi pelepasan panas tak terkontrol yang terkadang menyebabkan ledakan (runaway reaction) dapat terjadi jika panas bertambah terlalu cepat.

(c). Reaksi eksotermik dapat kehilangan kendali jika panas yang meningkat tidak dihilangkan. Jika mempercepat eksperimen, sediakan pendinginan dan permukaan yang memadai untuk pertukaran kalor, dan pertimbangkan laju pencampuran dan pengadukan.

(d). Reaksi yang rentan terhadap periode induksi juga dapat menyebabkan masalah. Perhatian khusus pada tingkat penambahan reagen dibanding tingkat konsumsinya. Bahaya reaksi eksotermik atau tidak stabil atau bahan kimia reaktif diperburuk pada kondisi ekstrem, seperti suhu tinggi atau tekanan tinggi yang digunakan untuk hidrogenasi, oksigenasi, atau kerja dengan cairan superkritis.

c). Bahaya Fisik

1). Gas yang Dimampatkan

Gas yang dimampatkan dapat memapar pekerja baik ke bahaya mekanik maupun kimia, tergantung gasnya. Bahaya dapat disebabkan oleh kemudahbakaran, reaktivitas, atau

toksisitas gas; dari kemungkinan asfiksiasi; dan dari pemampatan gas itu sendiri, yang dapat menyebabkan pecahnya tangki atau katup.

2). Kriogen yang Tidak Mudah Terbakar

Kriogen yang tidak mudah terbakar (terutama nitrogen cair) dapat menyebabkan kerusakan jaringan akibat dingin yang disebabkan kontak baik dengan gas cair maupun mendidih. Di area dengan ventilasi buruk, penghirupan gas karena uap yang timbul (boil off) atau tumpahan dapat menyebabkan asfiksiasi. Bahaya lainnya meliputi ledakan dari kondensasi oksigen cair dalam jebakan vakum, pembentukan sumbat es, atau kurangnya katup ventilasi yang berfungsi dalam Dewars penyimpanan. Karena satu volume nitrogen cair pada tekanan atmosfer menguap hingga 694 volume gas nitrogen pada suhu 20°C, pemanasan cairan kriogenik semacam itu dalam wadah bersegel menghasilkan tekanan luar biasa, yang dapat memecahkan wadah.

3). Reaksi Tekanan Tinggi

Eksperimen yang dilakukan pada tekanan di atas satu atmosfer dapat menyebabkan ledakan karena kegagalan peralatan. Reaksi hidrogenasi sering dilakukan pada tekanan lebih tinggi. Potensi bahayanya adalah pembentukan campuran O_2-H_2 eksplosif dan reaktivitas atau piroforisitas katalis.

Penggunaan cairan superkritis juga dapat menyebabkan tekanan tinggi.

d). Kerja Vakum

Saluran vakum dan pecah-belah lainnya yang digunakan pada tekanan subambien dapat menyebabkan bahaya cedera besar jika kaca pecah. Namun, cedera akibat pecahan kaca yang beterbangan tidak hanya satu-satunya bahaya dalam kerja vakum. Bahaya lain mungkin disebabkan kemungkinan toksisitas bahan kimia yang ada di sistem vakum, serta kebakaran setelah pecahnya tabung (misalnya, tabung-tabung cairan pelarut yang disimpan di atas sodium atau potasium). Karena saluran vakum biasanya memerlukan perangkat dingin (umumnya nitrogen cair) antara pompa dan saluran vakum, patuhi juga tindakan pencegahan mengenai penggunaan kriogen. Bahaya kesehatan yang terkait dengan pengukur vakum termasuk toksisitas merkuri yang digunakan di manometer dan pengukur McLeod; situasi kelebihan dan kekurangan tekanan yang timbul pada pengukur konduktivitas termal; sengatan listrik pada sistem ionisasi katoda pijar; dan radioaktivitas torium dioksida yang digunakan di beberapa katoda.

e). Bahaya Frekuensi Radio dan Gelombang Mikro

Frekuensi radio (RF) dan gelombang mikro yang digunakan di oven dan tanur RF, pemanas induksi, dan oven gelombang

mikro terjadi dalam kisaran 10 kHz hingga 300.000 MHz. Paparan berlebih yang ekstrem pada gelombang mikro bisa menyebabkan gangguan katarak, kemandulan, atau keduanya. Laboratorium harus menggunakan oven gelombang mikro yang dirancang untuk digunakan di laboratorium atau industri. Penggunaan logam di oven gelombang mikro bisa menyebabkan terbentuknya busur listrik dan terjadinya kebakaran atau ledakan, jika ada pelarut yang mudah terbakar. Super-pemanasan pada cairan bisa terjadi. Tutup vial dan wadah lain yang digunakan di oven bisa menyebabkan ledakan akibat menumpuknya tekanan di dalam botol vial. Wadah plastik yang salah pilih bisa meleleh.

f). Bahaya listrik

Laboratorium bisa meniadakan bahaya kematian karena tersengat listrik dari instrumen, perangkat, dan peralatan listrik lain jika melakukan tindakan pencegahan yang tepat. Namun, kemungkinan terjadinya cedera parah atau kematian akibat tersengat listrik sangat besar jika pekerjaan rekayasa, perawatan, dan praktik kerja pribadi tidak dilakukan dengan hati-hati. Semua pegawai laboratorium harus tahu cara mematikan daya ke peralatan yang terbakar dengan menggunakan sakelar pemutus aliran listrik dan/atau sakelar pemutus rangkaian.

Ada beberapa hal khusus yang perlu diperhatikan di laboratorium. Isolasi kabel bisa terkikis oleh bahan kimia korosif,

uap cairan pelarut organis, atau ozon (dari cahaya ultraviolet, mesin fotokopi, dan lain-lain). Segera perbaiki isolasi yang terkikis pada peralatan listrik di lokasi yang basah seperti ruang yang sejuk atau bak pendingin. Selain itu, percikan api dari peralatan listrik bisa menyulut api jika ada uap yang mudah terbakar. Pengoperasian peralatan tertentu (misalnya, peralatan laser atau elektroforesis) mungkin memerlukan voltase tinggi dan menyebabkan tersimpannya energi listrik. Kapasitor besar yang digunakan di banyak lampu flash dan sistem lain bisa menyimpan energi listrik yang bisa menyebabkan kematian dan harus dianggap masih hidup meskipun sumber dayanya sudah dilepaskan.

Hilangnya daya listrik bisa mengakibatkan situasi yang sangat berbahaya. Uap yang mudah terbakar atau beracun bisa keluar dari freezer dan refrigerator karena bahan kimia yang tersimpan di dalamnya menghangat. Beberapa bahan reaktif bisa terurai dengan cepat jika keadaannya panas. Tutup bahan kimia laboratorium mungkin berhenti berfungsi. Pengadukan (motor atau magnetis) yang diperlukan untuk pencampuran pereaksi yang aman mungkin terhenti. Daya yang menyala kembali di area yang berisi uap mudah terbakar bisa menyalakannya.

g). Bahaya Lain

Beberapa di antara cedera paling umum di laboratorium adalah bahaya akibat kaca yang pecah dan akibat tergelincir, tersandung, atau pengangkatan yang salah. Bahaya umum di tempat kerja juga terjadi di laboratorium. Misalnya, pegawai laboratorium bisa menderita cedera gerakan berulang atau cedera otot punggung. Masalah ini perlu disadari dan dikontrol sehingga mengurangi cedera kerja.

9. Penanganan Limbah Laboratorium

Limbah laboratorium sebagian besar merupakan bahan berbahaya dan beracun (B3) yang bersumber dari kegiatan praktikum, eksperimen, penelitian, dan pembelajaran yang berlangsung secara rutin.

Limbah B3 berdasarkan ialah setiap bahan sisa (limbah) suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat (toxicity, flammability, reactivity, dan corrosivity) serta konsentrasi atau jumlahnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia. (*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, n.d.)

B3 adalah bahan buangan bentuk (padat, cair dan gas) yang dihasilkan baik dari proses produksi maupun dari proses pemanfaatan produksi industri tersebut yang mempunyai sifat berbahaya dan sifat

beracun terhadap ekosistem karena dapat bersifat korosif, eksplosif, toksik, reaktif, mudah terbakar, menghasilkan bau, radioaktif dan bersifat karsinogenik maupun mutagenik terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (PP No. 12, 1995).

Oleh karena limbah tersebut berpotensi menimbulkan bahaya terhadap kesehatan pengguna laboratorium maupun bahaya kecelakaan seperti kebakaran dan ledakan maka pengelolaannya harus sesuai peraturan perundang-undangan untuk mencegah hal tersebut.

a. Klasifikasi Limbah

Menurut (PP No. 12, 1995), limbah B3 berdasarkan sumbernya dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

- 1). Limbah dari sumber spesifik. Limbah B3 ini merupakan sisa proses suatu industri kegiatan tertentu.
- 2). Limbah dari sumber yang tidak spesifik. Untuk limbah B3 ini berasal bukan dari proses utamanya, misalnya dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, inhibitor, korosi, pelarut perak, pengemasan dan lain-lain.
- 3). Limbah B3 dari bahan kadaluarsa, tumpahan, sisa kemasan, atau buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Limbah jenis ini tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, sehingga memerlukan pengelolaan seperti limbah B3 lainnya (Kenneth P. Fivizzani, 2011).

Selain berdasarkan sumber, limbah B3 dibedakan atas jenis buangan yaitu:

- 1). Buangan radioaktif, buangan yang mengemisikan radioaktif berbahaya, persisten untuk periode waktu yang lama.
- 2). Buangan bahan kimia, umumnya digolongkan lagi menjadi:
 - a) sintetik organik;
 - b) anorganik logam, garam-garam, asam dan basa;
 - c) flamable dan
 - d) explosive.
- 3). Buangan biologikal, dengan sumber utama: rumah sakit, penelitian biologi. Sifat terpenting sumber ini menyebabkan sakit pada mahluk hidup dan menghasilkan toxin.
- 4). Buangan mudah terbakar (flamable), dengan bentuk bahan kimia padat, cair, gas dan paling umum berbentuk cairan. Tingkat bahaya jenis ini selama penyimpanan, pengumpulan dan pembuangan akhir.
- 5). Buangan mudah meledak (Explosive), yang dihasilkan dari pabrik bahan peledak. Bahan ini berbahaya pada waktu penyimpanan, pengumpulan dan pembuangan akhir.

Pengelompokan limbah B3 yang lain dapat dibedakan berdasarkan sifatnya, yaitu:

- 1). Mudah terbakar (Flamable). Buangan ini apabila dekat dengan api/sumber api, percikan, gesekan mudah menyala dalam waktu yang lama baik selama pengangkutan, penyimpanan atau pembuangan. Contoh jenis ini buangan BBM atau buangan pelarut (benzena, toluen, aseton).

- 2). Mudah meledak (Explosive), yaitu buangan yang melalui reaksi kimia menghasilkan ledakan dengan cepat, suhu, tekanan tinggi mampu merusak lingkungan. Penanganan secara khusus selama pengumpulan, penyimpanan, maupun pengangkutan.
- 3). Menimbulkan karat (Corrosive), yaitu buangan yang pH nya sangat rendah ($\text{pH} < 3$) atau sangat tinggi ($\text{pH} > 12,5$) karena dapat bereaksi dengan buangan lain, dapat menyebabkan karat besi dengan adanya buangan lain, dapat menyebabkan karat baja/besi. Contoh: sisa asam terutama asam sulfat, limbah asam dan baterai.
- 4). Buangan pengoksidasi (Oxidizing waste), yaitu buangan yang dapat menyebabkan kebakaran karena melepaskan oksigen atau buangan peroksida (organik) yang tidak stabil dalam suhu tinggi. Contoh: magnesium, perklorat dan metil etil keton peroksida
- 5). Buangan yang menimbulkan penyakit (Infectious Waste), yaitu dapat menularkan penyakit. Contoh: tubuh manusia, cairan tubuh manusia yang terinfeksi, limbah laboratorium yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular.
- 6). Buangan beracun (Toxic waste), yaitu buangan berkemampuan meracuni, menjadikan cacat sampai membunuh mahluk hidup dalam jangka panjang ataupun jangka pendek. Sebagai contoh logam berat (seperti Hg, Cr), pestisida, pelarut, halogenida

b. Pola Penanganan Limbah

Pola penanganan limbah sangat baik bila bersifat terintegrasi, yaitu penanganan dimulai dari sumbernya (point of generation). Tujuannya untuk mengeliminasi limbah yang diikuti dengan pewadahan di tempat, pengumpulan, pengangkutan, penyimpanan, pengolahan sampai dengan pengolahan akhir (ultimate disposal) yang dilakukan secara aman, sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Untuk tujuan penanganan, komposisi kimia dari setiap limbah harus ditentukan di laboratorium dengan tujuan untuk dapat menentukan tingkat potensi toksisitasnya dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Sebagai contoh kandungan B3 yang dominan dalam limbah pestisida adalah As, Cl-Hidrokarbon, sianida, Pb, Hg, Zn, dan senyawa organik (Nerren w& Nelson L, 1991).

c. Penyimpanan Limbah

Penyimpanan merupakan kegiatan penampungan sementara limbah B3 sampai jumlah yang mencukupi untuk diangkut atau diolah. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan efisien ekonomis. Penyimpanan limbah B3 untuk waktu yang lama tanpa kepastian yang jelas memindahkan ke tempat fasilitas pengolahan, penyimpanan dan pengolahan diperbolehkan. Penyimpanan dalam jumlah yang banyak dapat dikumpulkan di pengumpulan limbah. Limbah cair maupun limbah padat dapat disimpan, untuk limbah cair dapat dimasukkan ke dalam drum dan disimpan dalam gudang yang terlindungi dari panas dan hujan. Limbah B3 bentuk padat/lumpur disimpan dalam bak penimbun yang dasarnya dilapisi dengan

lapisan kedap air. Penyimpanan harus mempertimbangkan jenis dan jumlah B3 yang dihasilkan.

Jenis dan karakteristik B3 akan menentukan bentuk bahan pewadahan yang sesuai dengan sifat limbah B3, sedangkan jumlah timbunan limbah B3 dan periode timbunan menentukan volume yang harus disediakan. Bahan yang digunakan untuk wadah dan sarana lainnya dipilih berdasar karakteristik buangan. Contoh untuk buangan yang korosif disimpan dalam wadah yang terbuat dari fiber glass. Pedoman umum jenis kontainer yang dipakai sesuai dengan karakteristik buangan, dan tipe drum yang umum dipakai untuk pewadahan B3.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi.

- 1) Bahan kontainer harus sesuai dengan karakter dari limbah B3
- 2) Semua kontainer harus disimpan di areal yang tertutup untuk melindungi dari hujan dan berventilasi.
- 3) Lantai dasar bangunan harus kedap air untuk menghindari meresapnya ceceran atau bocoran.
- 4) Drum yang berisi limbah yang bisa bereaksi harus disimpan terpisah, untuk mengurangi kemungkinan kebakaran, ledakan dan atau keluarnya gas beracun.
- 5) Semua drum yang disimpan harus dalam keadaan baik yaitu tertutup dan tidak bocor.
- 6) Semua drum harus diberi label yang memuat informasi jelas tentang pernyataan bahwa limbah adalah B3.

d. Pengangkutan

Apabila tidak ditangani di tempat, limbah B3 diangkut ke sarana penyimpanan, pengolahan/pembuangan akhir. Sarana pengangkutan yang dipakai mengangkut limbah B3: truk, keretaapi dan kapal. Pengangkutan dengan mengemasi limbah B3 ke dalam kontainer dengan drum kapasitas 200 liter. Untuk limbah B3 cair jumlah besar digunakan tanker sedangkan limbah B3 padat digunakan lugger box dari baja. Untuk menjaga agar limbah B3 ditangani sesuai prosedur yang benar, harus dilakukan sejak sumber sampai ke tempat pembuangan akhir (tracking system).

e. Pengolahan Limbah B3

Limbah B3 memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke pembuangan akhir atau didaurulang. Pengolahan limbah B3 dapat dilaksanakan secara fisik, kimia, biologis atau pembakaran. Kombinasi dari cara pengolahan seringkali diterapkan untuk memperoleh hasil yang efektif tetapi murah biayanya dan dapat diterima oleh lingkungan. Pengolahan ditujukan untuk mengurangi dan menghilangkan racun/detoksitasi, merubah bahan berbahaya menjadi kurang berbahaya atau untuk mempersiapkan proses berikutnya.

Menurut PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), upaya pengelolaan limbah B3 dimaksudkan untuk menghilangkan atau mengurangi sifat atau karakteristik berbahaya dan beracun yang dikandungnya agar tidak membahayakan kesehatan manusia sekaligus mencegah terjadinya segala resiko pencemaran yang

dapat merusak kualitas lingkungan. Penanganan atau pengolahan limbah padat atau lumpur B3 pada dasarnya dapat dilaksanakan di dalam unit kegiatan laboratorium (on-site treatment) maupun oleh pihak ketiga (off-site treatment) di pusat pengolahan limbah. Apabila pengolahan dilaksanakan secara on-site treatment, perlu dipertimbangkan hal-hal berikut (Pemerintah, 1995) :

- 1) jenis dan karakteristik limbah padat yang harus diketahui secara pasti agar teknologi pengolahan dapat ditentukan dengan tepat; selain itu, antisipasi terhadap jenis limbah di masa mendatang juga perlu dipertimbangkan.
- 2) Jumlah limbah yang dihasilkan harus cukup memadai sehingga dapat menjustifikasi biaya yang akan dikeluarkan dan perlu dipertimbangkan pula berapa jumlah limbah dalam waktu mendatang (1 hingga 2 tahun ke depan).
- 3) Pengolahan on-site memerlukan tenaga tetap (in-house staff) yang menangani proses pengolahan sehingga perlu dipertimbangkan manajemen sumber daya manusianya.
- 4) peraturan yang berlaku dan antisipasi peraturan yang akan dikeluarkan Pemerintah di masa mendatang agar teknologi yang dipilih tetap dapat memenuhi standar Peraturan pemerintah No. 12 Tahun 1995 ini merupakan strategi pemerintah yang bersifat kuratif (pengumpulan, pengangkutan, penyimpanan, pengolahan dan pembuangan).

10. Aspek Pengkomunikasian Bahaya di Laboratorium

Informasi mengenai data substansi bahan kimia yang bersifat toksik, flammable, dan lain-lain bisa didapatkan melalui pelabelan bahan kimia, lembar data keselamatan bahan kimia atau MSDS, sistem klasifikasi bahaya GHS (Globally Harmonized System), Laboratory Chemical Safety Summary (LCSS), pelatihan, dan sumber informasi lainnya (Asmara et al., 2012).

a. Material Safety Data Sheet (MSDS)

Standar Pengkomunikasian Bahaya OSHA 29 CFR 1910.1200 menyarankan manufaktur/produsen dan distributor bahan kimia berbahaya untuk menyediakan MSDS bagi pengguna, yang berisi tentang informasi terkait bahaya dari bahan kimia serta informasi lainnya. Material Safety Data Sheet (MSDS) merupakan dokumen yang berisi informasi mengenai bahaya potensial suatu bahan kimia. MSDS merupakan sebuah dokumen teknis, yang secara umum dimulai dengan kompilasi data tentang karakteristik fisik, kimia, dan sifat toksikologi dari bahan kimia, disertai dengan rekomendasi singkat penanganan, penyimpanan, dan pembuangan juga terdapat prosedur pertolongan pertama dan tanggap darurat. Adapun informasi umum yang biasa ditemukan dalam MSDS, yaitu:

- 1) Nama bahan kimia yaitu berisi tentang nama bahan kimia produk itu.

- 2) Produsen yaitu data tentang produsen bahan kimia yang meliputi alamat, kontak telepon ataupun email guna memudahkan pengguna dalam menghubungi produsen untuk mendapatkan informasi tambahan terkait bahan kimia.
- 3) Informasi bahan kimia yang berisi tentang kode bahan kimia, nama lain dari bahan kimia tersebut, dan komposisinya.
- 4) Karakteristik fisik dan kimia, yaitu berisi tentang bentuk, warna, berat molekul, titik didih, titik lebur, dan sebagainya.
- 5) Data reaktivitas, yaitu berisi tentang data reaktivitas suatu bahan kimia dengan bahan lainnya.
- 6) Bahaya kesehatan, yaitu berupa bahaya kesehatan akut dan kronik yang disertai dengan gejala maupun tanda-tanda.
- 7) Prosedur penanganan dan penyimpanan, yaitu terdiri atas daftar tindakan pencegahan yang harus diambil dalam menangani dan menyimpan bahan kimia.
- 8) Prosedur tanggap darurat, yaitu rekomendasi mengenai prosedur penanganan kebakaran, tindakan pertolongan pertama, serta langkah-langkah yang harus diambil jika ada tumpahan, dan hal-hal lainnya yang tidak diinginkan.

b. *Globally Harmonized System (GHS)*

Sistem pengklasifikasian dan pelabelan bahan kimia GHS merupakan suatu sistem yang bersifat internasional untuk pengklasifikasian dan pengkomunikasian bahaya. GHS mengkomunikasikan informasi

kesehatan serta keselamatan yang terdapat pada label dan MSDS berdasarkan sifat fisiknya, bahaya kesehatan, dan bahaya lingkungan, memberikan sinyal dalam bentuk kata-kata, pernyataan bahaya, dan standar pictogram untuk menunjukkan bahaya dan tingkat keparahan dari suatu bahan kimia.

c. Label

Standar OSHA mengharuskan produsen dan importir bahan kimia untuk memberikan label peringatan bahaya pada kontainer atau wadah tempat bahan kimia yang terdiri dari nama bahan kimia, konsentrasi, purity, tanggal bahan kimia tersebut dikemas, informasi mengenai bahaya, dan tindakan pencegahan saat pemakaian. Label bahan kimia harus tahan air dan menggunakan tinta tahan air juga.

d. *Laboratory Chemical Safety Summary (LCSS)*

Laboratory Chemical Safety Summary merupakan informasi ringkasan tentang keselamatan bahan kimia di laboratorium. LCSS memberikan informasi antara lain yaitu karakteristik fisik, kimia, dan data toksisitas.

e. Pelatihan

Salah satu sumber bagi petugas laboratorium adalah sesi pelatihan, terutama dalam menciptakan kondisi yang aman saat kegiatan praktikum berlangsung. Pelatihan dapat menyediakan konteks yang diperlukan oleh peserta pelatihan.

11. Fasilitas Keselamatan di Laboratorium

Setiap laboratorium atau tempat kerja yang memakai bahan kimia harus menyediakan fasilitas keselamatan, seperti safety shower, eyewash fountain, alat pemadam api ringan (APAR), ventilasi yang memadai, bak cuci, dan juga tempat pembuangan limbah yang sesuai. Semua fasilitas keselamatan tersebut harus tersedia pada lokasi yang mudah dijangkau, mendapatkan perawatan yang baik, dan dilakukan pengujian/pengecekan secara rutin. Setiap laboratorium juga harus memiliki dua atau lebih pintu keluar untuk jalur evakuasi. Dalam laboratorium juga perlu terdapat tanda-tanda dengan ukuran yang besar disesuaikan dengan area penempatan dan penggunaan bahan kimia yang bersifat toksik, reaktif, radioaktif, ataupun bahan kimia sangat flammable. Selain itu, harus diperhatikan juga mengenai batas kuantitas maksimum dan minimum penyimpanan bahan kimia dalam laboratorium, terutama bahan kimia flammable dan combustible.

B. Tinjauan Umum Tentang Kecelakaan

1. Teori Kecelakaan Kerja

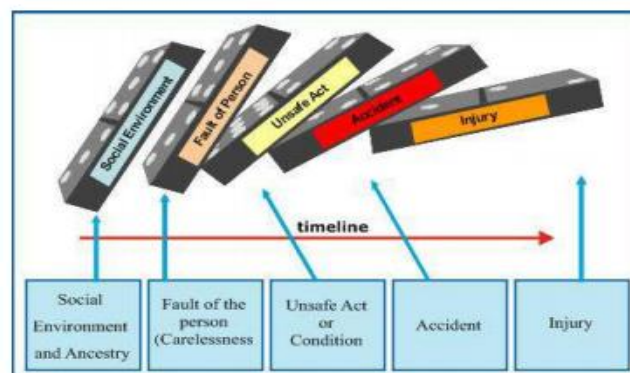
Menurut Suma'mur (2009), kecelakaan adalah suatu kejadian yang berhubungan dengan hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja yang dimaksud adalah kecelakaan yang terjadi pada waktu melaksanakan pekerjaan. Kecelakaan kerja sebagai kejadian tak terkontrol atau tak direncanakan yang disebabkan oleh faktor manusia, situasi, atau

lingkungan, yang membuat terganggunya proses kerja dengan atau tanpa berakibat pada cedera, sakit, kematian, atau kerusakan properti kerja.

Kecelakaan menjadi perhatian bagi pembuat kebijakan K3, karena selain untuk mencegah kecelakaan mereka juga perlu mengetahui penyebab kecelakaan. Beberapa teori terkait dengan kecelakaan kerja antara lain:

a. Teori Domino

Menurut H.W. Heinrich kejadian sebuah cedera disebabkan oleh bermacam-macam faktor yang terangkai, dimana pada akhir dari rangkaian itu adalah cedera (loss). Kecelakaan yang menimbulkan cedera disebabkan secara langsung oleh perilaku yang tidak aman dan atau potensi bahaya mekanik atau fisik. Prinsip dasar tersebut kemudian dikenal dengan “Teori Domino”, dimana Heinrich menggambarkan seri rangkaian terjadinya kecelakaan (Morphology, 2016).



Gambar 2.2. Teori Domino

Teori domino disebutkan oleh W.H Heinrich terdiri dari 5 elemen, yaitu:

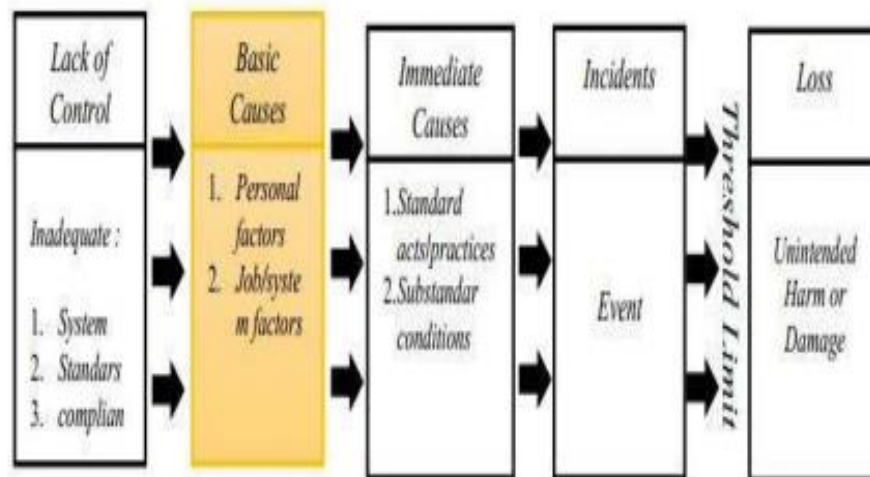
- 1) *Ancestry and sosial environment*: karakter negatif dari seseorang untuk berperilaku tidak aman, seperti ceroboh.
- 2) *Fault of person*: karakter negatif yang menyebabkan kesalahan pada seseorang yang menjadi penyebab melakukan tindakan tidak aman.
- 3) *Unsafe act and/or mechanical or physical hazard*: tindakan tidak aman seseorang.
- 4) *Accident*: kejadian kecelakaan, seperti jatuh, terkena benda yang menghasilkan penyebab kecelakaan.
- 5) *Injury*: cedera yang merupakan hasil dari kecelakaan.

Penggunaan teori domino ini digunakan sebagai petunjuk pertama, satu domino dapat menghancurkan empat domino yang lain, kecuali pada titik tertentu sebuah domino diangkat untuk menghentikan rangkaian. Domino yang paling mudah dan paling efektif dihilangkan adalah domino yang tengah yang berlabel "tindakan dan atau kondisi tidak aman". Menurut penelitian yang dilakukannya, tindakan tidak aman ini menyumbang 98% penyebab kecelakaan (Morphology, 2016).

b. Teori Kecelakaan Kerja Frank E. Bird Petersen

International Loss Control Institute (ILCI) pada tahun 1972 yang dipelopori oleh Frank E. Bird mengemukakan teori *Loss Cauton Model* yang menyatakan bahwa faktor manajemen merupakan latar belakang penyebab terjadinya kecelakaan. Teori yang dikemukakan Frank E. Bird pada dasarnya merupakan penyempurnaan dari yang ditemukan H.W. Heinrich. Frank E. Bird menggambarkan cara berpikir modern terjadinya

kecelakaan/banyak dipergunakan sebagai landasan berpikir untuk pencegahan terjadinya kecelakaan (Morphology, 2016). Model yang dikemukakan Frank E. Bird dalam Riyadi (2007) adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3. Loss Causation Model

Menurut Frank E. Bird (pakar ilmu keselamatan) dalam Suardi (2007:5) mengemukakan teori penyebab kecelakaan sebagai berikut:

- 1) Perencanaan, meliputi organisasi, pimpinan dan pengawasan.
- 2) Sebab-sebab utama
 - a) Human Factor (faktor manusia), meliputi pengetahuan kurang, motivasi kurang, keterampilan kurang, problem/stress fisik atau mental, kemampuan yang tidak cukup secara fisik dan mental.
 - b) Job Factor (faktor pekerjaan), meliputi standar mutu pekerjaan yang tidak memadai, desain dan maintenance yang tidak baik, pemakaian yang normal dan lain-lain.

3) Penyebab langsung, meliputi unsafe action (tindakan yang tidak aman) dan unsafe condition (keadaan yang tidak aman).

4) Incident (peristiwa)

Terjadinya kontak dengan sumber energi (energi kinetik, elektrik, panas, radiasi, kimia dan lain-lain) yang melebihi nilai ambang batas kemampuan badan atau struktur, misalnya beban berlebih, kontak sumber energi berbahaya.

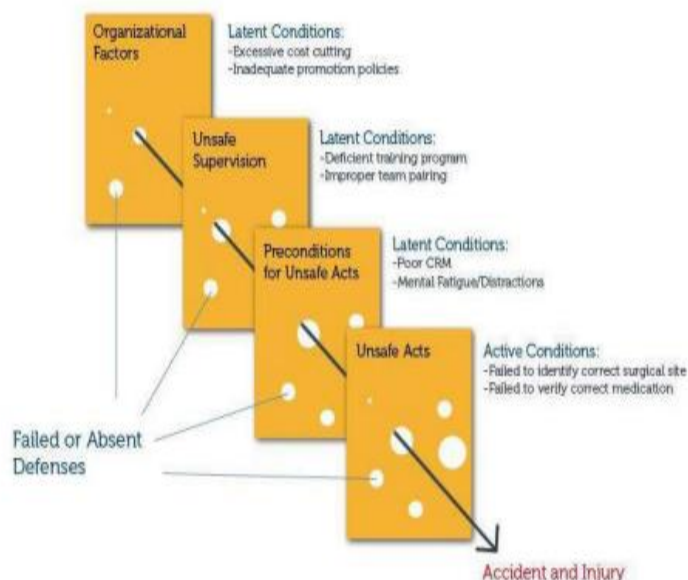
5) Loss (kerugian) Kehilangan manusia, harta benda, proses produksi dan image pada perusahaan. Biaya yang ditanggung dari kejadian kecelakaan seperti fenomena gunung es. Dalam *Loss Caution Model* terlihat bahwa kehilangan (loss) apa saja terjadi karena akibat dari ketidakseimbangan yang dialami oleh sesuatu. Ketidakseimbangan terjadi karena ada sesuatu kejadian yang tidak normal karena adanya sebab-sebab langsung, kemudian kalau ditelusuri ada sebab-sebab dasarnya yang datang dari kontrol yang lemah, tergantung bagaimana dan di mana kejadian itu terjadi.

c. Teori Swiss Cheese Model

Di teori ini, James Reason membagi penyebab kelalaian atau kesalahan manusia menjadi 4 tingkatan:

1. Tindakan tidak aman (*unsafe acts*)
2. Pra-kondisi yang dapat menyebabkan tindakan tidak aman (*precondition for unsafe acts*)
3. Pengawasan yang tidak aman (*unsafe supervision*)

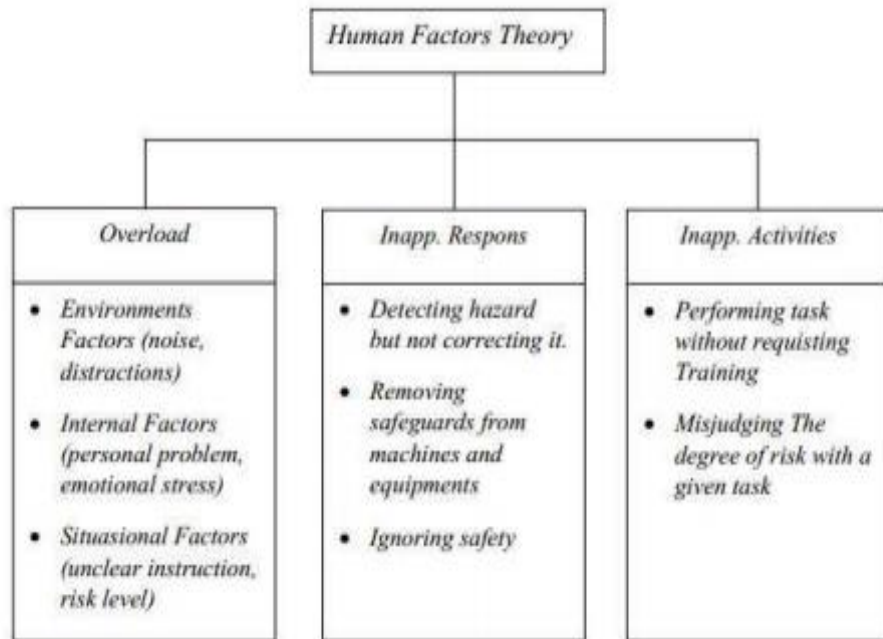
4. Pengaruh organisasi (*organizational influences*) Dalam Swiss Cheese Model, berbagai macam tipe dari kesalahan manusia ini merepresentasikan lubang pada sebuah keju. Jika keempatnya sama-sama mempunyai lubang, maka kecelakaan menjadi tak terhindarkan (Naval Safety Center, 2010).



Gambar 2.4. Teori Swiss Cheese Model

d. Human Factors Theory

Menurut Geotsh (2008) teori human factor menyebutkan kecelakaan disebabkan karena kesalahan manusia. Teori ini dikembangkan oleh Ferrel dalam Geotsh (2008). Ada tiga faktor yang menyebabkan kesalahan manusia yaitu: *overload*, *inappropriate respons*, *incompatibility* dan *inapproriate activities*.

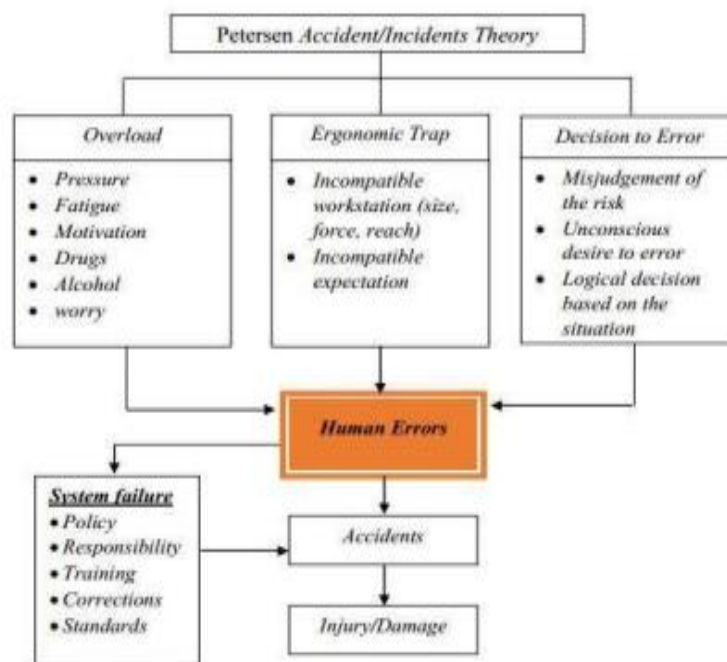


Gambar 2.5. Human Factors Theory

e. Accident/Incidents Model

Teori ini dikembangkan oleh Dan Petersen dalam Geotsh (2008). Teori ini merupakan pengembangan dari *Ferrel's Human Factors Theory* dan *Heinrich's Domino Theory*. Menurut Petersen, *human error* terjadi karena *ergonomic trap*, dan *decision to error*. *Human error* dapat menjadi penyebab langsung terjadinya kecelakaan atau dapat menyebabkan kegagalan sistem yang akhirnya juga dapat menyebabkan kecelakaan. Komponen kegagalan sistem adalah kontribusi yang penting menurut teori Peterson. Pertama, hal ini menunjukkan potensi hubungan penyebab antara keputusan manajemen atau perilaku manajemen dan keselamatan. Kedua, itu membangun

peran manajemen dalam mencegah kecelakaan seperti konsep keselamatan dan kesehatan di tempat kerja. Kegagalan itu dapat disebabkan karena manajemen tidak membangun kebijakan keselamatan, tanggung jawab yang berkaitan dengan keselamatan tidak secara jelas ditentukan, prosedur keselamatan seperti standar, inspeksi, pengukuran, investigasi diabaikan, pekerja tidak diberikan pelatihan (Geotsh, 2008).



Gambar 2.6. Accident/Incident Theory

2. Kecelakaan Kerja di Laboratorium

Laboratorium merupakan tempat kerja yang mempunyai risiko tinggi untuk terjadinya kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

- a. Kurangnya pengetahuan dan pemahaman tentang bahan dan proses-proses serta perlengkapan atau peralatan yang digunakan dalam melakukan kegiatan.
- b. Kurangnya kejelasan petunjuk kegiatan laboratorium dan juga kurangnya pengawasan yang dilakukan selama melakukan kegiatan laboratorium.
- c. Kurangnya bimbingan terhadap mahasiswa yang sedang melakukan kegiatan laboratorium.
- d. Kurangnya atau tidak tersedianya perlengkapan keamanan dan perlengkapan perlindungan kegiatan laboratorium.
- e. Kurangnya kesadaran atau tidak mengikuti petunjuk atau aturan-aturan yang semestinya harus ditaati.
- f. Tidak menggunakan perlengkapan pelindung yang seharusnya digunakan atau menggunakan peralatan atau bahan yang tidak sesuai.
- g. Tidak bersikap hati-hati di dalam melakukan kegiatan.

Beberapa contoh kecelakaan yang terjadi di laboratorium :

- a. Kebakaran

Kebakaran di laboratorium sangat mungkin terjadi yang dapat disebabkan oleh arus pendek, pemanasan zat yang mudah terbakar atau kertas yang berserakan di atas meja pada saat ada api. Peristiwa kebakaran di laboratorium akibat arus pendek pernah terjadi di Universitas Hasanuddin. Kebakaran besar melalap habis laboratorium beserta isinya di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas

Farmasi pada Tahun 2009 yang kerugiannya ditaksir sekitar 10 Miliar dan juga di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian di Fakultas Pertanian pada Tahun 2014 (Detiknews, 2014)

b. Ledakan

Ledakan di dalam laboratorium bisa terjadi karena banyak faktor. Selain akibat reaksi bahan kimia yang berlebihan, kesalahan dalam menggunakan alat hingga cara melakukan eksperimen yang keliru juga bisa menyebabkan ledakan. Contoh kejadian ledakan di laboratorium pernah terjadi di laboratorium Kimia Fakultas Farmasi Universitas Indonesia pada Tahun 2015. Ledakan labu destilasi saat praktikum sedang dilaksanakan. Kejadian tersebut mengakibatkan beberapa mahasiswa yang harus dirawat akibat pecahan kaca dari labu destilasi. Kejadian ledakan dengan penyebab yang sama pernah juga terjadi di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Syiah Kuala Tahun 2017 yang mengakibatkan Dekan yang juga merupakan seorang guru besar dilarikan ke Rumah Sakit karena labu destilasi yang meledak merobek telinganya pada saat melakukan penelitian di laboratorium.

Tahun 2010 ledakan juga pernah terjadi di Departemen Biokimia di Universitas Irak mengakibatkan seorang mahasiswa pascasarjana mengalami luka pada mata, tangan terbakar juga wajah yang terkena serpihan kaca ketika kabinet keselamatan biologis (BSC). Ledakan juga terjadi di Laboratorium Universitas Hawaii yang menyebabkan seorang asisten riset kehilangan lengannya. Pada Tahun 2018 tiga Mahasiswa

dinyatakan tewas karena di laboratorium Teknik Lingkungan universitas China saat dilangsungkan eksperimen penelitian ilmiah pengolahan air limbah.

c. Kelistrikan.

Faktor utama dalam kegiatan di laboratorium adalah listrik, sebab hampir semua peralatan memerlukan arus listrik untuk bekerja. Bahaya dan tidaknya sentuhan langsung atau sentuhan tidak langsung pada instalasi listrik tergantung dari tegangan, arus, waktu serta kondisi badan manusia. Umumnya kebakaran karena listrik disebabkan adanya pembebanan berlebihan, terdapat sambungan yang tidak sempurna, penggunaan perlengkapan yang tidak standar, pembatas arus tidak sesuai, terjadinya kebocoran isolasi serta adanya sambaran petir.

Peristiwa korsleting listrik yang menyebabkan kebakaran baru-baru ini terjadi di gedung Laboratorium Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya (UPR) pada bulan Maret lalu dilansir diberita online *KaltengEkspres.com*.

Korsleting listrik yang mengakibatkan kebakaran juga terjadi di Laboratorium milik PT Penilai Standar Nasional (PSN) pada Bulan Oktober 2019 yang diberitakan di *Kompas.com* dengan judul "Korsleting Listrik, Laboratorium Milik PT PSN di Duren Sawit Terbakar.

d. Mekanik

Kondisi mekanik atau fisik yang tidak aman mengakibatkan kecelakaan yang bersumber dari bahaya fisik seperti bising, penerangan, getaran, iklim kerja, jatuh, tidak adanya perlindungan atau pengaman dari peralatan mesin dan sebagainya ((ILO), 2013).

C. Tinjauan Umum Sistem Tanggap Darurat (Emergency)

1. Pengertian Sistem Tanggap Darurat (Emergency)

Keadaan darurat adalah suatu kejadian yang tidak direncanakan dan tidak diharapkan yang dapat membahayakan jiwa dan kesehatan baik manusia maupun makhluk hidup lain, serta menimbulkan kerusakan pada bangunan, harta benda dan lain-lain. Sedangkan Tanggap darurat adalah serangkaian kejadian yang dilakukan dengan segera pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan, yang meliputi kegiatan penyelamatan dan evakuasi korban, harta benda, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan, penyelamatan, serta pemulihan prasarana dan sarana (Mózo, 2017).

Sistem Kedaruratan adalah tindakan yang harus dilakukan pada saat terjadinya keadaan darurat yang meliputi tindakan pencegahan dan persiapan-persiapan jika terjadi keadaan darurat, latihan dan simulasi tanggap darurat, manajemen tanggap darurat, dan sampai pada pemulihan kondisi pasca keadaan darurat. Tujuan persiapan tanggap darurat ialah

untuk membatasi kerugian baik berupa material maupun korban manusia jika terjadi suatu keadaan darurat di tempat kerja.

Keadaan darurat bisa terjadi di laboratorium untuk itu perlu adanya perencanaan dan prosedur penanganan yang tepat dalam menangani keadaan darurat.

2. Tahapan Keadaan Darurat

Ada empat tahap utama untuk mengelola keadaan darurat berskala besar: mitigasi, kesiapsiagaan, tanggap darurat, dan pemulihan:

- a. Tahap mitigasi meliputi upaya untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya insiden dan membatasi pengaruh insiden yang terjadi. Upaya mitigasi bisa jadi prosedural, seperti penyimpanan bahan dengan aman, atau bersifat fisik, seperti sistem sembur.
- b. Tahap kesiapsiagaan adalah proses pengembangan rencana untuk mengelola keadaan darurat dan mengambil tindakan untuk memastikan bahwa laboratorium siap menangani keadaan darurat. Tahap ini termasuk menyimpan bahan dengan tepat, melatih pegawai, dan menyiapkan rencana komunikasi.
- c. Tahap tanggap darurat mencakup upaya untuk mengelola keadaan darurat saat terjadi dan mungkin menyertakan lembaga tanggap darurat luar serta staf laboratorium. Keefektifan dan keefisienan tanggap darurat bergantung pada pemahaman semua orang terhadap peran mereka masing-masing dan perlengkapan yang mereka butuhkan. Maka dari itu,

pelatihan dan perencanaan sebelumnya melakukan pekerjaan laboratorium sangatlah penting.

- d. Tahap pemulihan meliputi tindakan yang diambil untuk mengembalikan laboratorium dan daerah yang terpengaruh ke keadaan sebelumnya sehingga kembali berfungsi dengan aman. Tahap ini juga memberikan peluang untuk mengkaji tahap lainnya.

Keempat tahap tersebut saling berkaitan. Setiap tahap mempengaruhi tahap lainnya. Namun, langkah terpenting dalam mengelola keadaan darurat adalah perencanaan.

3. Tingkatan Keadaan Darurat

- a. Tingkat 1 (Situasi Darurat Lokal)

Tingkat 1 adalah suatu keadaan darurat yang langsung dapat diatasi sepenuhnya oleh personil Tim Tanggap Darurat yang sudah ada di unit kerjanya dan tidak memerlukan daya tambahan lagi, serta tidak berdampak pada terhentinya suatu proses kegiatan dalam waktu lama.

- b. Tingkat 2 (Situasi Darurat Terbatas)

Tingkat 2 adalah keadaan darurat yang terjadi di satu/beberapa unit kerja dalam satu wilayah (fakutas/fasilitas umum) dan mungkin membutuhkan beberapa sumber daya tambahan dari Tim Tanggap Darurat yang tersedia di unit kerja lainnya, serta dapat berdampak pada terhentinya suatu proses kegiatan dalam satu hari/lebih.

c. Tingkat 3 (Situasi Darurat Besar)

Tingkat 3 adalah keadaan darurat yang dapat menyebar melampaui batas satu unit kerja atau bahkan batas wilayah institusi, dan untuk penanggulangannya membutuhkan sumber daya tambahan dari pihak berwenang di luar wilayah institusi, seperti kepolisian, Pemda setempat, dan lain-lain.

4. Elemen Pokok Sistem Tanggap Darurat

Pengembangan suatu sistem tanggap darurat menurut OHSAS 18001 klausul 4.4.7 terdapat 10 sub-elemen tanggap darurat sebagai berikut (OHSAS, 2007).

- a. Kebijakan
- b. Identifikasi keadaan darurat
- c. Perencanaan awal (preplanning)
- d. Prosedur keadaan darurat
- e. Organisasi keadaan darurat
- f. Prasarana keadaan darurat
- g. Pembinaan dan pelatihan
- h. Komunikasi
- i. Investigasi dan sistem pelaporan
- j. Inspeksi dan audit

5. Kesiapsiagaan Keadaan Darurat Laboratorium

Setiap laboratorium harus memiliki rencana kesiapsiagaan keadaan darurat. Tingkat rincian rencana beragam, tergantung pada departemen dan rencana yang sudah ada. Perencanaan mengikuti beberapa langkah:

- 1) Mengakses jenis insiden apa yang paling mungkin terjadi untuk menentukan jenis dan lingkup perencanaan yang diperlukan.
- 2) Mengidentifikasi pembuat keputusan dan pemangku kepentingan serta prioritas laboratorium.
- 3) Membuat rencana untuk jenis keadaan darurat yang teridentifikasi dalam langkah pertama, termasuk rencana cara menangani komunikasi.
- 4) Melatih staf tentang prosedur yang dijabarkan dalam rencana tersebut.

a. Mekanik

1. Tindakan Pencegahan
 - a. Merancang tata letak laboratorium
 - b. Membuat prosedur kerja aman
 - c. Melakukan simulasi keadaan darurat
 - d. Sistem pemeliharaan rutin peralatan
 - e. Mengklasifikasikan area laboratorium menjadi daerah kerja terbatas
 - f. Tidak berlari, bercanda, berkelahi maupun berteriak keras di dalam laboratorium

- g. Selalu menggunakan alat yang benar untuk setiap pekerjaan

2. Tindakan Mitigasi

- a. Safety induction sebelum melakukan kegiatan laboratorium
- b. Menyediakan APD
- c. Membuat Prosedur Tanggap Darurat
- d. Membuat Pre-Incident Planning serta Prosedur Tanggap Daruratnya berdasarkan hasil simulasi
- e. Melakukan *Emergency Drill* secara rutin.

b. Kebakaran

1. Tindakan Pencegahan

- a. Tidak bermain-main dengan benda- benda yang memicu api.
- b. Menjauhkan benda-benda padat seperti kertas, kayu, plastik, karet, busa dari sumber api
- c. Menyimpan cairan yang mudah terbakar seperti bahan kimia di tempat aman.
- d. Merapikan instalasi listrik karena kebakaran biasanya disebabkan oleh arus pendek listrik
- e. Menyimpan nomor penting (pemadam kebakaran, polisi dan ambulans).
- f. Melakukan latihan/simulasi kebakaran.

2. Tindakan Mitigasi

- a. Safety induction sebelum melakukan kegiatan di laboratorium

- b. Tersedia sistem pendeteksian kebakaran baik manual ataupun otomatis, sistem pemadam kebakaran berbasis air seperti sprinkler, pipa tegak, dan selang kebakaran, serta sistem pemadam kebakaran berbasis bahan kimia, seperti APAR dan pemadam khusus.
- c. Apabila tidak ada alat pemadam, jika sumber api dari bahan plastik dan busa lakukan pemadaman dengan air/karung basah.
- d. Jika sumber api dari aliran listrik, matikan saklar terlebih dahulu baru memadamkan api dengan siraman air.
- e. Jika sumber api dari bahan bakar bensin, solar, spiritus, padamkan dengan alat pemadam kebakaran.
- f. Apabila api sudah terlalu besar, segera keluar ruangan dan minta bantuan orang disekitar tempat tinggal dan pemadam kebakaran
- g. Apabila api sudah terlalu besar, segera keluar dan minta bantuan tetangga dan pemadam kebakaran
- h. Membuat batas, penghalang atau penutup pada ruangan yang menyimpan peralatan atau bahan yang mempunyai potensi bahaya kebakaran
- i. Tersedia APD

c. Ledakan

1. Tindakan Pencegahan

- a. Memisahkan peralatan, bahan, proses kerja yang dapat menimbulkan potensi pemanasan, percikan api, penyalaan api atau peledakan;
- b. Identifikasi bahaya (*Material Safety Data Sheets*, pencarian literatur, tes skrining, identifikasi potensi reaksi, lakukan PHA).
- c. Memahami konsekuensi dalam hal keparahan dan kemungkinan (dapatkan data uji adiabatik dan kinetika, tentukan jika reaksi yang diinginkan dapat menyebabkan reaksi yang tidak diinginkan jika terjadi proses perubahan, identifikasi kuantitas dan laju panas dan gas).
- d. Tentukan kontrol keamanan proses, perlindungan, dan mitigasi strategi (melindungi dari situasi overpressure, kontrol dan titik set alarm, perubahan dalam desain proses atau prosedur, desain sistem bantuan darurat).
- e. Menerapkan dan memelihara langkah-langkah keamanan (dokumen rentang aman suatu prosedur, melakukan perawatan pencegahan, melatih personel yang sesuai)

2. Tindakan Mitigasi

- a. Safety induction sebelum melakukan kegiatan di laboratorium
- b. Lemari penyimpanan berventilasi (Biasanya lokasi penyimpanan standar dan dalam ukuran yang cukup untuk memisahkan senyawa yang berpotensi bereaksi silang).

- c. pembentukan sistem pengelolaan limbah B3 yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.
- d. pengaturan kebijakan pengelolaan sampah dan limbah B3
- e. pembatasan penggunaan bahan berbahaya dan beracun (B3)
- f. pengurangan bahan-bahan yang mengandung emisi gas
- g. Memasang alat atau sarana untuk mendeteksi adanya kebocoran gas yang mudah terbakar
- h. Memasang atau membuat pengatur ventilasi agar penyebaran asap dan gas dapat dikendalikan
- i. Tersedia APD

d. Kelistrikan

1. Tindakan Pencegahan

- a. Pemilihan dan penggunaan listrik, lampu, pendingin ruangan (AC) yang hemat energi dan tindakan-tindakan lainnya serta meningkatkan penggunaan energi terbarukan (energi matahari untuk pencahayaan).
- b. Memastikan bahwa semua peralatan yang menggunakan listrik tidak menyala saat tidak ada aktifitas.

2. Tindakan Mitigasi

- a. Safety induction sebelum melakukan kegiatan di laboratorium
- b. Segera matikan aliran listrik jika terjadi Korsleting
- c. Bunyikan tanda bahaya atau alarm

- d. Jika terjadi kebakaran akibat korsleting yang dipicu MCB (Mini Circuit Breaker) tidak berfungsi, segera matikan listrik dari kWh meter
- e. Jangan menyiram sumber listrik dengan air jika terjadi kebakaran
- f. Padamkan kebakaran dengan dry chemical atau CO₂
- g. Jangan menggunakan air atau busa pada saat terjadi kebakaran akibat listrik sebab malah berpotensi mengalirkan arus listrik.
- h. Segera hubungi Pemadam Kebakaran di nomor 112 dan PLN di nomor 123

6. Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K)

Pertolongan pertama pada kecelakaan dimaksudkan untuk memberikan perawatan darurat bagi korban sebelum pertolongan yang lebih lanjut diberikan oleh dokter. Tindakan yang diambil dalam PPPK tidak dimaksudkan untuk memberikan pertolongan sampai selesai. Hal-hal yang belum dapat diselesaikan harus diserahkan kepada dokter. Namun demikian usaha yang dilakukan dalam PPPK harus semaksimal mungkin dan ditujukan untuk:

- 1) Menyelamatkan jiwa korban.
- 2) Meringankan penderitaan korban serta mencegah terjadinya cedera yang lebih parah.
- 3) Mempertahankan daya tahan korban sampai pertolongan yang lebih pasti dapat diberikan.

Kecelakaan biasanya datang ketika kita tidak siap menghadapinya. Kekagetan yang ditimbulkan oleh peristiwa mendadak itu dan rasa takut melihat akibatnya membuat orang cepat panik. Oleh karena itu ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan tindakan PPPK, yaitu:

1. Jangan panik tidak berarti boleh lamban. Bertindaklah cekatan tetapi tetap tenang.
2. Perhatikan pernafasan korban. Jika terhenti segera kerjakanlah pernafasan buatan dari mulut ke mulut.
3. Hentikan pendarahan.
4. Perhatikan tanda-tanda shock.
5. Jangan memindahkan korban terburu-buru.

Fasilitas P3K di Tempat Kerja meliputi : Ruang P3K, Kotak P3K dan isi, Alat evakuasi dan alat transportasi, dan fasilitas tambahan berupa alat pelindung diri dan/atau peralatan khusus di tempat kerja yang memiliki potensi bahaya yang bersifat khusus. Alat pelindung diri khusus disesuaikan dengan potensi bahaya yang ada di tempat kerja yang digunakan dalam keadaan darurat, misalnya alat untuk pembasahan tubuh cepat (*shower*) dan pembilasan/pencucian mata.

Kotak P3K harus terbuat dari bahan yang kuat dan mudah dipindah/diangkat dari tempatnya jika ada kecelakaan dan diberi label. Kotak P3K ditempatkan pada tempat yang mudah dilihat dan dijangkau, diberi tanda arah yang jelas serta cukup cahaya. Penempatan dan jumlah

minimum kotak P3K disesuaikan dengan jenis tempat kerja dan jumlah pekerja.

7. Simulasi Keadaan Darurat

a. Pengertian

Simulasi keadaan darurat adalah latihan kesiapsiagaan dalam bentuk koordinasi, komunikasi dan evakuasi dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan (pemerintah dan masyarakat umum). Seluruh pihak yang terlibat mensimulasikan situasi bencana sesungguhnya menggunakan skenario bencana yang dibuat mendekati atau sesuai kondisi nyata. Simulasi ini berguna untuk membangun dan menyempurnakan sistem kesiapsiagaan sekaligus meningkatkan keterampilan dalam koordinasi serta pelaksanaan operasi penanggulangan bencana (Roskusumah, 2013).

Kegiatan latihan kesiapsiagaan dibagi menjadi 5 (lima) tahapan utama, yakni tahap perencanaan, persiapan, pelaksanaan, serta monitoring dan evaluasi.

1).Tahap Perencanaan

a). Membentuk Tim Perencana:

(1) Bentuk organisasi latihan kesiapsiagaan agar pelaksanaan evakuasi berjalan dengan baik dan teratur.

(2) Tim Perencana terdiri dari pengarah, penanggung jawab, bidang perencanaan yang ketika pelaksanaan tim perencana

berperan sebagai tim pengendali. Fungsi masing-masing, yakni:

- (a) Pengarah, bertanggung jawab memberi masukan yang bersifat kebijakan untuk penyelenggaraan latihan kesiapsiagaan, dan dapat memberikan masukan yang bersifat teknis dan operasional, mengadakan koordinasi, serta menunjuk penanggung jawab organisasi latihan kesiapsiagaan.
- (b) Penanggung Jawab, membantu pengarah dengan memberikan masukan-masukan yang bersifat kebijakan, teknis, dan operasional dalam penyelenggaraan latihan kesiapsiagaan.
- (c) Bidang Perencanaan/Pengendali, merencanakan latihan kesiapsiagaan secara menyeluruh, sekaligus menjadi pengendali ketika latihan dilaksanakan.
- (d) Bidang Operasional Latihan menjalankan perannya saat latihan. Yang terdiri dari Peringatan Dini, Pertolongan Pertama, Evakuasi dan Penyelamatan, Logistik serta Keamanan turut diuji dalam setiap latihan.
- (e) Bidang Evaluasi, mengevaluasi latihan kesiapsiagaan yang digunakan untuk perbaikan latihan ke depannya.

(3).Jumlah anggota tergantung tingkat kompleksitas latihan yang dirancang.

(4).Anggota organisasi bertanggung jawab pada perencanaan, pelaksanaan, hingga akhir latihan.

b). Tugas dari tim perencana ini meliputi:

- a) Menentukan risiko/ancaman yang akan disimulasikan.
- b) Menentukan skenario bencana yang akan disimulasikan.
- c) Merumuskan strategi pelaksanaan latihan kesiapsiagaan.
- d) Menyiapkan kerangka kegiatan simulasi kesiapsiagaan (tipe simulasi, maksud, tujuan dan ruang lingkup latihan).

2).Tahap Menyusun Rencana Latihan Kesiapsiagaan

Menyusun rencana latihan kesiapsiagaan (aktivasi sirine dan evakuasi mandiri) yang melibatkan populasi di lingkungan tempat tinggal, kantor, sekolah, area publik, dan lain-lain. Rencana latihan tersebut berisi:

- a) Tujuan, sasaran, dan waktu pelaksanaan latihan kesiapsiagaan.
- b) Jenis ancaman yang dipilih atau disepakati untuk latihan kesiapsiagaan. Sebaiknya, latihan disesuaikan dengan ancaman di wilayah masing- masing. Informasi ancaman bisa dilihat di inarisk.bnpb.go.id
- c) Membuat skenario latihan kesiapsiagaan. Skenario adalah acuan jalan cerita kejadian yang dipakai untuk keperluan latihan. Skenario dibuat berdasarkan kejadian yang paling mungkin terjadi. Skenario

perlu dipahami oleh pelaksana dan peserta yang terlibat dalam latihan.

- d) Menyiapkan atau mengkaji ulang SOP/Protap yang sudah ada yaitu memastikan kembali: Memastikan beberapa area/tempat alternatif yang akan dijadikan sebagai pusat evakuasi maupun tempat perlindungan sementara berdasarkan keamanan, aksesibilitas, juga lingkungan lokasi.
- e) Menetapkan dan menyiapkan jalur evakuasi, dengan memperhatikan beberapa hal penting sebagai berikut:
 - (1) Jalur evakuasi yang merupakan rute tercepat dan teraman bagi pengungsi menuju tempat pengungsian.
 - (2) Rute alternatif selain rute utama.
 - (3) Kesesuaian waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tempat evakuasi.
 - (4) Kelengkapan sumber daya termasuk ketersediaan kendaraan yang dapat digunakan dalam proses evakuasi. Penting juga mempertimbangkan posisi.
 - (5) Peta evakuasi berdasarkan hasil survei dan desain yang menginformasikan jalur evakuasi dan waktu untuk mencapainya, jalur alternatif, lokasi-lokasi aman, serta posisi tim evakuasi.
 - (6) Orientasi sebelum Latihan

- (a) Sosialisasi untuk mendapat pembelajaran terbaik, seluruh peserta latih dan pelaksana yang terlibat perlu memahami tujuan dari latihan. Tidak dianjurkan membuat latihan tanpa kesiapan yang baik dari peserta latih maupun pelaksana.
 - (b) Perkenalkan kembali pemahaman risiko bencana di lingkungan, sebelum dan sesudah latihan dilakukan.
 - (c) Sampaikan tujuan latihan, waktu pelaksanaan dan hal-hal yang perlu dipersiapkan.
 - (d) Himbau pentingnya keterlibatan aktif dan keseriusan semua pihak dalam mengikuti latihan.
 - (e) Sampaikan tanda bunyi yang akan digunakan dalam latihan (tanda latihan dimulai, tanda evakuasi, tanda latihan berakhir). Pastikan seluruh peserta latih memahami tanda ini.
- (7). Dalam melaksanakan latihan, yang akan melakukan simulasi juga dapat mengundang pengamat atau observer untuk membantu memberikan masukan dan umpan balik proses latihan, untuk perbaikan kedepan.
- (8). Perencanaan Dokumentasi
- Bagian penting lainnya dari kegiatan latihan kesiapsiagaan adalah dokumentasi. Oleh karena itu, diperlukan berbagai macam dokumentasi sebagai salah satu alat untuk pelaporan

maupun monitoring dan evaluasi. Kegiatan pendokumentasian ini dilakukan pada keseluruhan tahap kegiatan penyelenggaraan, mulai dari perencanaan, persiapan dan pelaksanaan hingga selesainya pelaksanaan simulasi bencana. Dokumentasi kegiatan tidak hanya berupa foto dan video saja, tetapi juga mencakup laporan, dokumen-dokumen output termasuk peta-peta, surat edaran, manual latihan/SOP, dokumen skenario dan SOP simulasi, formulir evaluasi (atau panduannya jika ada), kumpulan catatan masukan, rencana perbaikan dan tindak lanjut, ringkasan laporan dan rekomendasi.

3).Tahap Persiapan

Persiapan dilakukan beberapa hari sebelum pelaksanaan kegiatan latihan kesiapsiagaan. Dalam persiapan ini yang terutama dilakukan adalah:

- a) Briefing-briefing untuk mematangkan perencanaan latihan. Pihak-pihak yang perlu melakukan briefing antara lain tim perencana, peserta simulasi, dan tim evaluator/observer. Informasi penting yang harus disampaikan selama kegiatan ini, yakni: Waktu: alur waktu dan durasi waktu simulasi yang ditentukan sesuai PROTAP/ SOP simulasi.
- b) Batasan Simulasi: batasan-batasan yang ditentukan selama simulasi, berupa apa yang dapat dan tidak dapat dilakukan selama simulasi. Lokasi: tempat di mana simulasi akan dilakukan.

Keamanan: hal-hal yang harus dilakukan untuk keamanan simulasi dan prosedur darurat selama simulasi.

- c) Memberikan poster, leaflet, atau surat edaran kepada siapa saja yang terlibat latihan kesiapsiagaan.
- d) Menyiapkan gedung dan beberapa peralatan pendukung, khususnya yang berkaitan dengan keselamatan masyarakat. Misalnya, gedung dan fasilitas medis, persediaan barang-barang untuk kondisi darurat, dan lain-lain.
- e) Memasang peta lokasi dan jalur evakuasi di tempat umum yang mudah dilihat semua orang.

4).Tahap Pelaksanaan

Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan saat LATIHAN KESIAPSIAGAAN BERLANGSUNG:

a) Tanda Peringatan Tentukan tiga ganda peringatan berikut:

- (1) Tanda latihan dimulai
- (2) Tanda Evakuasi
- (3) Tanda Latihan Berakhir

Tanda bunyi yang menandakan dimulainya latihan, tanda evakuasi, dan tanda latihan berakhir. Tanda mulainya latihan dapat menggunakan tiupan peluit, atau tanda bunyi lainnya. Tanda ini harus berbeda dengan tanda peringatan dini untuk evakuasi seperti pukulan lonceng/sirine/megaphone/bel panjang menerus dan cepat, atau yang

telah disepakati. Tanda latihan berakhir dapat kembali menggunakan peluit panjang.

b) Reaksi Terhadap Peringatan

Latihan ini ditujukan untuk menguji reaksi peserta latih dan prosedur yang ditetapkan. Pastikan semua peserta latih, memahami bagaimana harus bereaksi terhadap tanda-tanda peringatan di atas. Seluruh komponen latihan, harus bahu membahu menjalankan tugasnya dengan baik.

c) Dokumentasi

Rekamlah proses latihan dengan kamera foto. Jika memungkinkan, rekam juga dengan video. Seluruh peserta latih, pelaksanaan maupun yang bertugas, dapat bersama-sama melihat hal-hal yang baik atau masih perlu diperbaiki, secara lebih baik dengan rekaman dokumentasi.

5). Tahap Evaluasi dan Rencana

Perbaikan Evaluasi adalah salah satu komponen yang paling penting dalam latihan. Tanpa evaluasi, tujuan dari latihan tidak dapat diketahui, apakah tercapai atau tidak. Dalam mengevaluasi latihan, beberapa hal berikut ini perlu dipertimbangkan:

- a) Apakah peserta memahami tujuan dari latihan?
- b) Siapa saja yang berperan aktif dalam latihan?
- c) Bagaimana kelengkapan peralatan pendukung latihan?
- d) Bagaimana respon peserta latih?

- e) Berapa lama waktu yang diperlukan untuk melakukan tindakan-tindakan di dalam setiap langkah latihan?
- f) Apa hal-hal yang sudah baik dan hal-hal yang masih perlu diperbaiki?

b.Simulasi Evakuasi di Dalam Gedung

- 1) Petugas membunyikan tanda peringatan dini untuk evakuasi seperti pukulan lonceng/megaphone/sirine/ bel panjang menerus dan cepat, atau alat bunyi lain yang telah disepakati sebelumnya.
- 2) Seluruh peserta latih keluar dengan cara merangkak dan upayakan untuk menutup mulut. Berlatih menajamkan intuisi untuk mencari jalan keluar dengan mata tertutup.
- 3) Saat terjadi kebakaran dan kebakaran semakin tebal, kemungkinan kita tidak dapat melihat apapun.
- 4) Jika jalan keluar harus melewati api, tutup kepala dan badan dengan kain/selimut basah
- 5) Balut tangan saat memegang pegangan pintu yang kemungkinan panas akibat terbakar, atau keluar lewat jendela. Jika pegangan pintu tidak panas, buka perlahan dan lihatlah apakah jalan terblokir oleh asap/api. Apabila terblokir, keluarlah melalui jendela. Jika tidak, segera tutup pintu dari belakang untuk menghambat api menyambar keluar.
- 6) Jika ada asap, merunduklah karena udara bersih berada di bawah.

- 7) Setelah keluar gedung, segera minta bantuan dan telpon pemadam kebakaran.
- 8) Seluruh peserta latih, berlatih untuk berhenti, menjauhkan diri ke lantai, serta menggulingkan badan di lantai jika pakaian kita terbakar. Jika baju Anda terbakar atau terkena api, jangan lari melainkan rebahkan tubuh ke tanah dan berguling untuk mematikan api.
- 9) Petugas membunyikan peluit panjang/tanda bunyi lain yang menandakan latihan berakhir
- 10) Lakukan evaluasi setelah latihan selesai dilakukan untuk mengetahui tindakan apa yang masih perlu diperbaiki.

c. Simulasi Evakuasi di dalam Gedung Bertingkat

- 1) Petugas membunyikan peluit/ alat bunyi lain, yang menandakan dimulainya latihan.
- 2) Saat mendengar alarm kebakaran/ tanda peringatan dini untuk evakuasi, seluruh peserta latih melakukan evakuasi (keluar gedung), menuju tempat berhimpun sementara (assembly area).
- 3) Jika sumber api berada di sekitar kita, usahakan memadamkan api sebisa mungkin menggunakan alat pemadam api yang tersedia.
- 4) Jangan menyentuh kabel listrik karena berbahaya.
- 5) Tinggalkan barang-barang yang bisa menyulitkan proses menyelamatkan diri.
- 6) Jangan gunakan elevator, tetapi gunakan tangga darurat.

- 7) Gunakan masker dan ikuti instruksi pihak berwenang dan berkompeten.
- 8) Apabila hendak membuka pintu, rabalah dan rasakan lebih dahulu pintunya untuk meyakinkan apakah di balik pintu tersebut ada api atau tidak
- 9) Saat terjadi kebakaran, floor warden akan memberikan petunjuk evakuasi. Ikuti petunjuk tersebut.
- 10) Jika memungkinkan, tutuplah semua kaca dan pintu untuk menghambat meluasnya kebakaran.
- 11) Apabila berada di lantai dasar, segera keluar dari gedung mengikuti petunjuk atau jalur evakuasi. Berjalanlah cepat, namun jangan berlari karena berisiko jatuh.
- 12) Apabila berada di lantai tinggi, upayakan naik ke atap gedung menggunakan tangga darurat agar tidak tercekik asap.
- 13) Menuruni tangga dengan cara berjalan berturut-turut sesuai lebar tangga.
- 14) Dalam kondisi ramai, hati-hati dalam bergerak sehingga tidak menimbulkan kepanikan yang mengakibatkan korban.
- 15) Jika memungkinkan, bantulah orang disabilitas, wanita hamil, anak-anak, atau mereka yang membutuhkan bantuan.
- 16) Apabila menggunakan sepatu hak tinggi, lepaskan agar tidak menyulitkan langkah.

- 17) Bagi wanita yang mengenakan stoking, lepaskan segera karena membahayakan.
- 18) Bila pandangan tertutup asap, berjalanlah dengan merayap pada lantai, dinding, atau tangga, dan bernapaslah secara pendek.
- 19) Jangan memutuskan berbalik arah karena bisa bertabrakan dengan penghuni gedung lain serta menghambat evakuasi.
- 20) Kepanikan bisa membuat seseorang tidak menyadari jika anggota tubuhnya terluka. Saling melihat kondisi satu sama lain adalah pilihan yang baik untuk saling menyelamatkan.
- 21) Hindari bersentuhan dengan kabel atau sumber listrik.
- 22) Jika terjebak dalam kebakaran dan tidak bisa bergerak, jangan berteriak tetapi ketuklah benda di sekitar.
- 23) Tetaplah berada menuju tempat berhimpun sementara (assembly area) dan beri kabar pada keluarga jika memungkinkan.
- 24) Ketika proses evakuasi berlangsung malam hari, gunakan senter untuk mencegah tersandung dan jatuh.
- 25) Kesalahan informasi bias membahayakan, Jadi pastikan dengarkan informasi dari sumber terpercaya (pihak berwenang) saat berada di titik kumpul
- 26) Pengelola (manajemen) gedung memastikan apakah ada di antara penghuni gedung yang mungkin terperangkap di dalam dan perlu pertolongan segera. Kepastian tersebut dapat diperoleh setelah

dilakukan pengecekan terhadap seluruh penghuni yang selamat dan berada di tempat berhimpun tersebut.

27) Petugas membunyikan peluit panjang/tanda bunyi lain yang menandakan latihan berakhir.

28) Tim pengendali latihan menyatakan latihan selesai dilaksanakan masyarakat dan tim evaluator memberitahukan hasil evaluasi berupa rekomendasi untuk penyelenggaraan maupun substansi latihan, termasuk memberikan masukan bagian persiapan yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan.

D. Penilaian Tingkat Keselamatan di Laboratorium

Suatu Laboratorium harus menentukan tingkat keamanan yang diperlukan untuk laboratorium atau untuk bagian laboratorium. Penentuan tingkat keamanan memudahkan pengkajian keamanan yang diperlukan untuk laboratorium dan memastikan konsistensi penerapan prinsip-prinsip keamanan. Sistem manajemen keamanan laboratorium, yang menentukan tiga tingkat keamanan berdasarkan pengoperasian peralatan dan bahan.

1. Normal atau Tingkat Keamanan 1

Laboratorium atau daerah yang ditandai sebagai Tingkat Keamanan 1 mempunyai risiko yang rendah untuk bahaya kimia, biologis, atau radioaktif yang luar biasa. Kehilangan akibat pencurian, tindakan membahayakan, atau sabotase akan memberikan dampak minimal terhadap pengoperasian laboratorium.

Tabel 2.4. Fitur Keamanan untuk Tingkat Keamanan 1

| | |
|--------------------|--|
| Fisik | <ul style="list-style-type: none"> • Pintu atau jendela dapat dikunci |
| Operasional | <ul style="list-style-type: none"> • Mengunci pintu saat tidak digunakan • Memastikan bahwa semua pegawai laboratorium menerima pelatihan kesadaran keamanan • Mengontrol akses terhadap kunci dan menggunakan penilaian sebelum memberikan kunci kepada pengunjung |

2. Menengah atau Tingkat Keamanan 2

Laboratorium atau daerah yang ditandai sebagai Tingkat Keamanan 2 mempunyai risiko menengah untuk potensi bahaya bahan kimia, biologis, atau radioaktif. Laboratorium mungkin berisi peralatan atau bahan yang menarik bagi pencuri, dapat mengancam masyarakat, atau dapat disalahgunakan. Kehilangan akibat pencurian, tindakan membahayakan, atau sabotase akan memberikan dampak cukup serius pada program penelitian dan reputasi laboratorium.

Tabel 2.5. Fitur Keamanan untuk Tingkat Keamanan 2

| | |
|--------------------|---|
| Fisik | <ul style="list-style-type: none"> • Pintu atau jendela, dan koridor lainnya dapat dikunci • Kunci pintu dengan inti keamanan tinggi • Pemisahan dari area publik • Pintu, rangka, dan kunci diperkeras • Tembok keliling (perimeter) yang dibangun dari lantai hingga langit-langit untuk mencegah akses dari satu area ke area lainnya melalui plafon gantung (drop ceiling) |
| Operasional | <ul style="list-style-type: none"> • Mengamankan pintu, jendela, dan koridor saat tidak digunakan • Memastikan bahwa semua pegawai laboratorium menerima pelatihan kesadaran keamanan • Mempekerjakan penjaga keamanan untuk mendeteksi pelanggaran keamanan • Mengawal pengunjung dan kontraktor dan mencatat mereka dalam catatan masuk |
| Elektronik | <ul style="list-style-type: none"> • Sistem kendali akses disarankan • Alarm pembobolan disarankan jika ada kekhawatiran terhadap sabotase, pencurian, atau penyalahgunaan |

3. Tinggi atau Tingkat Keamanan 3

Laboratorium atau daerah yang ditandai sebagai Tingkat Keamanan 3 mempunyai risiko serius untuk potensi bahaya biologi, kimia, atau radioaktif yang mematikan terhadap manusia dan lingkungan. Laboratorium mungkin berisi peralatan atau bahan yang dapat disalahgunakan, dapat mengancam masyarakat, atau bernilai tinggi. Kehilangan peralatan atau bahan akibat pencurian, tindakan membahayakan, atau sabotase akan memberikan dampak dan konsekuensi serius terhadap program penelitian, fasilitas dan reputasi laboratorium (Walters et al., 2017).

Tabel 2.6. Fitur Keamanan untuk Tingkat Keamanan 3

| | |
|--------------------|--|
| Fisik | <ul style="list-style-type: none">• Kunci keamanan tinggi• Pintu masuk ganda untuk ruang depan |
| Operasional | <ul style="list-style-type: none">• Mengunci pintu, jendela, dan koridor <i>sepanjang waktu</i>• Mengawal dan mencatat pengunjung dan kontraktor• Melakukan inspeksi barang yang dimasukkan atau dikeluarkan dari laboratorium• Membuat sistem inventaris untuk bahan yang perlu diperhatikan• Melakukan pemeriksaan latar belakang pada individu dengan akses langsung pada bahan yang perlu diperhatikan atau zona kontrol |
| Elektronik | <ul style="list-style-type: none">• Sistem kendali akses yang mencatat riwayat transaksi semua individu yang mendapatkan izin• Teknologi biometrik verifikasi pribadi disarankan• Sistem alarm pembobolan• Kamera jaringan televisi tertutup untuk pintu keluar, titik keluar, penyimpanan bahan, dan peralatan khusus |

E. SAFETY INDEX

1. Pengertian Safety Index

Indeks Keselamatan (*Safety index*) menilai keamanan pada suatu tempat, peralatan atau proses, dengan peringkat yang berbeda. *Safety Index* adalah nilai yang menggambarkan kesiapan dalam menghadapi tanggap darurat dan bencana. Safety index mengukur pencegahan terjadinya kecelakaan sehingga bisa menggambarkan tingkat keamanan suatu tempat kerja (Vázquez et al., 2019).

Umumnya, indeks keselamatan seperti Dow, 1994 (Edition, n.d.) atau Safety Hazard Index (Khan et al., 2001) melakukan evaluasi secara bertahap terhadap risiko bahaya kebakaran, ledakan, dan potensial reaktifitas dari peralatan beserta isinya secara obyektif dan realistis. Tujuannya adalah untuk mengkuantifikasi potensi kerusakan yang akan dialami jika terjadi kebakaran dan ledakan atau bencana lainnya, mengidentifikasi peralatan yang dapat berkontribusi menimbulkan atau meningkatkan keparahan dari suatu insiden, dan mengkomunikasikan potensi risiko bahaya kepada manajemen. Metode seperti Dow dan Indeks Mond umumnya digunakan dalam industri kimia, tetapi sebagian besar terkhusus pada bahaya kebakaran dan ledakan.

Analisis keselamatan umumnya dilakukan dengan teknik metode *Hazard and Operability Analysis* (HAZOP) dengan bantuan Indeks Keselamatan (SI) dan komitmen ahli, biasanya *Dow Fire and Explosion Hazard Index* (Dow F dan EI), menilai titik lemah suatu proses atau

tempat. Dimana kata kunci dari penilaian keselamatan, seperti "bahaya sedang" dan "bahaya kecil", yang tidak dapat langsung diukur.

Safety Index telah dianggap sebagai metode kuantitatif penting yang digunakan untuk melacak perubahan keselamatan dan juga membantu dalam memfasilitasi proses pengambilan keputusan (Singh & Pal Singh, 2017)

Proses Industri telah menggunakan *Dow Fire and Explosion Hazard Index* (DOW,1987) dan Indeks Mond (ICI, 1985) selama bertahun-tahun. Indeks-indeks ini berurusan dengan peringkat bahaya kebakaran dan ledakan proses pabrik. Indeks Dow dan Mond adalah metode penilaian bahaya yang cepat untuk digunakan pada pabrik kimia, selama proses dan pengembangan pabrik, dan dalam desain tata letak pabrik. Metode ini paling sesuai digunakan pada tahap desain proses suatu peralatan, bahan kimia dan yang sudah diketahui kondisinya (Heikkilä, 1999).

Metode analisis keselamatan yang banyak digunakan dalam proses industri adalah Hazard dan Analisis Operabilitas, lebih dikenal sebagai Hazop (Trevor A. Kletz, 1992). Hazop konvensional dikembangkan untuk mengidentifikasi kemungkinan gangguan pada proses dan instrumentasi yang ada. Karena itu sangat perlu untuk menetapkan konsep desain proses. Kletz juga menyebutkan Hazop dari flowheet, yang dapat digunakan dalam proses awal desain, tetapi tidak banyak digunakan. Metode yang lebih banyak digunakan dalam proses desain awal

adalah PIIS (Edwards dan Lawrence, 1993), yang telah dikembangkan untuk memilih proses dengan rute yang aman.

Metode analisis keselamatan awal lainnya yang mungkin adalah concept safety review (CSR), critical examination of system safety (CE), concept hazard analysis (CHA), preliminary qonsequence analysis (PCA) dan preliminary hazard analysis (PHA) (Wells et al., 1993). Metode-metode ini bertujuan untuk melakukan konsep keamanan sampai waktu yang cukup lama sampai tersedia diagram alir proses atau diagram awal P&I. CSR menyediakan sarana untuk penilaian awal keselamatan, kesehatan dan bahaya lingkungan. Metode ini berkontribusi pada keputusan seperti penentuan lokasi dan pilihan rute. CHA mengidentifikasi karakteristik berbahaya dari proyek. Karakteristik berbahaya mencakup keduanya bahaya dan kondisi berbahaya. CE memberikan studi awal tentang maksud desain dari bagian pemrosesan tertentu. Dapat digunakan untuk menghilangkan atau untuk mengurangi kemungkinan konsekuensi dari peristiwa berbahaya. PCA digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan kecelakaan besar dan untuk memeriksa dampak kemungkinan kecelakaan pada sebuah pabrik. PHA dimaksudkan untuk identifikasi bahaya dan kemungkinan konsekuensinya dengan tujuan pengurangan risiko. PHA harus dilakukan pada tahap ketika perubahan desain masih memungkinkan.

Desain awal biasanya mempertimbangkan dampak lingkungan, Oleh karena itu, variabel utama, seperti suhu proses dan tekanan, proses

reaksi dan unit proses sudah ditetapkan sebelum analisis keselamatan dimulai (Vázquez et al., 2019).

2. Metode-Metode Pengukuran safety Index

a. Dow Fire and Explosion Index

Tujuan dari Dow Fire and Explosion Index (Dow, 1987) adalah:

- 1). menghitung potensi kerusakan yang diperkirakan terjadi akibat ledakan secara realistis.
- 2). mengidentifikasi peralatan yang kemungkinan akan berkontribusi terjadinya insiden.
- 3). mengomunikasikan potensi risiko api dan ledakan bagi manajemen.

Indeks Dow adalah produk dari Satuan Faktor Bahaya dan Faktor Material. Unit Factor Hazard adalah produk proses bahaya umum dan bahaya khusus. Proses bahaya umum berkaitan dengan reaksi kimia eksotermik, proses endotermik, penanganan material dan transfer, unit proses tertutup, akses ke area, dan drainase dan kontrol tumpahan. Bahaya proses khusus mengandung faktor bahan beracun, tekanan atmosfer, operasi di dalam atau di dekat jangkauan yang mudah terbakar, ledakan debu, tekanan bantuan, suhu rendah, jumlah bahan yang mudah terbakar dan tidak stabil, korosi dan erosi, kebocoran dalam kasus sambungan dan pengepakan, penggunaan pemanas, sistem minyak panas dan peralatan berputar (Edition, n.d.).

Nilai-nilai faktor ditentukan berdasarkan Dow's Fire & Panduan Klasifikasi Fire and Explosion Index (Dow, 1987). Panduan ini termasuk aturan dan tabel, yang mencakup sebagian besar zat dan unit proses kimiawi.

b. Mond Index

Modifikasi utama untuk metode Dow meliputi (Lees, 1996):

- 1) Proses dan instalasi penyimpanan
- 2) Mencakup pengolahan bahan kimia yang memiliki sifat mudah meledak
- 3) Peningkatan bahaya pertimbangan untuk hydrogen
- 4) Tambahan bahaya proses khusus
- 5) Penilaian toksisitas

Dalam Mond Indeks pabrik dibagi menjadi unit individu berdasarkan kelayakan menciptakan hambatan pemisah. Salah satu faktor yang diperhitungkan dalam indeks karena itu tata letak pabrik. Bahaya potensial dinyatakan dalam istilah dari nilai awal dari seperangkat indeks untuk kebakaran, ledakan dan toksisitas. Bahaya review faktor kemudian dilakukan untuk melihat apakah perubahan desain mengurangi bahaya, dan nilai tengah dari indeks ditentukan. Faktor pengimbang untuk fitur pencegahan dan perlindungan diterapkan dan nilai akhir dari indeks, atau menghitung indeks offset (Heikkilä, 1999).

c. *Hazard and Operability Analysis (HAZOP)*

Hazard and Operability Analysis (Hazop) (Kletz, 1992) adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan pada metode analisis keselamatan dalam proses industri. Metode ini adalah salah satu yang pendekatannya paling sederhana untuk identifikasi bahaya. Hazop didasarkan pada kata-kata panduan seperti tidak ada, lebih banyak, lebih sedikit, mundur. Maksud kata-kata panduan adalah untuk merangsang imajinasi, dan metodenya sangat bergantung pada keahlian orang yang melakukan analisis.

Gagasan di balik pertanyaan adalah bahwa ada gangguan dalam pabrik kimia dapat dijelaskan dalam hal variabel keadaan fisik. Hazop bisa digunakan dalam berbagai tahap desain proses tetapi dalam mode terbatas. Studi Hazop direkomendasikan untuk dilakukan sepanjang siklus hidup suatu sistem. Tetapi untuk fase konsep dan definisi siklus hidup suatu sistem disarankan menggunakan metode dasar lainnya.

d. *Prototype Index of Inherent Safety (PIIS)*

Edwards dan Lawrence (1993) telah mengembangkan Indeks Prototipe Inherent Safety (PIIS) untuk desain proses. Indeks keamanan bawaan ditujukan untuk menganalisis pilihan rute proses; yaitu bahan baku yang digunakan dan urutan langkah-langkah reaksi. Metode ini sangat berorientasi pada reaksi dan tidak mempertimbangkan dengan baik bagian lain dari proses bahkan

yang biasanya mereka wakili sebagian besar peralatan. PIIS telah dihitung sebagai skor total, yang merupakan jumlah skor suatu bahan kimia dan skor proses. Skor kimia terdiri dari persediaan, sifat mudah terbakar, mudah meledak dan toksisitas. Skor proses termasuk suhu, tekanan dan hasil.

Beberapa skor didasarkan pada tabel yang serupa di Indeks Dow dan Mond.Domain lainnya telah dibangun dengan membagi nilai parameter ke dalam rentang dan menetapkan skor untuk setiap rentang. Pengguna harus tunduk pada penilaian pengembang dari indeks atau harus memodifikasinya untuk memasukkan penilaiannya sendiri. PIIS dapat digunakan seperti itu atau faktor dapat ditambahkan oleh pengguna. Hendershot (1997) lebih suka sistem di mana faktor-faktor kontribusi dievaluasi oleh indeks yang dikenal seperti Dow F&E Index dan alternatifnya dibandingkan misalnya dengan metode Kepner-Tregoe (Kepner dan Tregoe, 1981). Kita harus ingat bahwa Dow F&E Index termasuk istilah. Penting dalam penilaian. PIIS memiliki beberapa keunggulan jelas dibandingkan beberapa indeks numerik lainnya di awal tahap desain, karena dapat digunakan saat sebagian besar proses rinci informasi masih kurang

e. Metode Delphi Index

Metode Delphi digunakan dan dipopulerkan pada awal tahun 1960-an oleh RAND, sebuah lembaga penelitian di Santa Monica, California, Amerika Serikat. Metode Delphi merupakan suatu metode

yang dilakukan dengan membentuk suatu kelompok atau komunikasi grup yang terdiri dari para ahli untuk membahas suatu permasalahan. Umumnya para ahli yang dilibatkan merupakan para ahli yang memiliki keahlian di bidang permasalahan yang sedang dibahas.

Umumnya pelaksanaan dari metode Delphi ini dilakukan dalam 4 tahap atau fase sebagai berikut (Gordon, 1994):

- 1). Pada fase pertama kuesioner yang diajukan bertujuan untuk melakukan eksplorasi terhadap hal atau permasalahan yang sedang dibahas dengan mengumpulkan informasi secukupnya mungkin dari kelompok responden.
- 2). Pengajuan kuesioner fase kedua bertujuan untuk mengetahui pandangan atau pendapat para responden terhadap permasalahan yang sedang dibahas. Pada fase kedua ini hasil yang didapat diteliti apakah terdapat pertentangan pendapat yang signifikan antar kelompok responden mengenai permasalahan yang dibahas.
- 3). Jika ada pertentangan, maka hal tersebut dijadikan dasar untuk mengetahui alasan mendasar yang menyebabkan pertentangan tersebut melalui pengajuan kuesioner tahap ketiga.
- 4). Pada fase keempat, seluruh hasil dan jawaban yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya dipresentasikan kembali oleh tim kepada para ahli atau kelompok responden untuk dilakukan penyimpulan akhir terhadap permasalahan yang sedang dibahas. Penyampaian

hasil yang diperoleh dapat dilakukan dalam bentuk mean atau median data.

Dalam literatur, Helmer (1983), Linstone dan Turoff (1975) dan Dalkey (1972) menemukan bahwa kelebihan utama dalam metode Delphi dalam kelompok adalah konsensus akan konvergen mencapai satu kesepakatan penilaian dari para panelis. Secara aplikasi, metode ini sangat mudah digunakan. Tidak dibutuhkan kemampuan statistik/matematika yang rumit dalam merancang, mengimplementasi, dan menganalisis metode Delphi. Metode ini juga menghindari adanya groupthink, yang terlihat adanya dominasi satu/dua orang dalam kelompok. Kekuatan dari metode ini juga adalah adanya fleksibilitas. Panelis yang mungkin memiliki keterbatasan waktu dan lokasi, bisa memiliki peluang untuk merespon disaat mereka memiliki waktu luang.

f. Safety Weighted Hazard Index (SWeHI)

Merupakan index potensi bahaya yang diperkenalkan oleh Faisal I Khan pada tahun 2001 dengan meramu Mond Index, DFEI dan DCEI dalam satu perhitungan index. Kuantifikasi dalam perhitungan digunakan untuk menentukan Index bersandar pada Fire-Explosion Factor (Fs) dan Toxic-Corrosive Factor (G) maka diperoleh kuantifikasi B1 (Fire-Explosion Hazard) serta B2 (Toxic Hazard) diperoleh nilai SWeHi untuk satu proses.

F. Matriks Sintesa Penelitian yang Relevan

Tabel 2.7. Sintesa Penelitian

| No. | Penelitian (Tahun) | Judul Penelitian | Desai/Metode Penelitian | Populasi/Sampel | Hasil Penelitian |
|-----|----------------------|--|-------------------------|-------------------------|--|
| 1 | Mulcahy et al (2017) | Using bowtie methodology to support laboratory hazard identification, risk management, and incident analysis | Deskriptif | Laboratorium Pendidikan | Metode Bowtie dapat digunakan dalam mengelola dan menurunkan risiko yang ada di laboratorium pendidikan. Metode tersebut menyajikan pendekatan yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mengendalikan hambatan serta hal utama dalam menerapkan keselamatan laboratorium, juga menyediakan informasi yang efektif untuk diterapkan dalam proses audit. metode ini dapat memberikan roadmap untuk menilai kualitas dan kuantitas pengendalian risiko untuk mencegah kecelakaan di laboratorium dan memberikan tindakan apa yang perlu diambil dan dilakukan untuk meningkatkan |

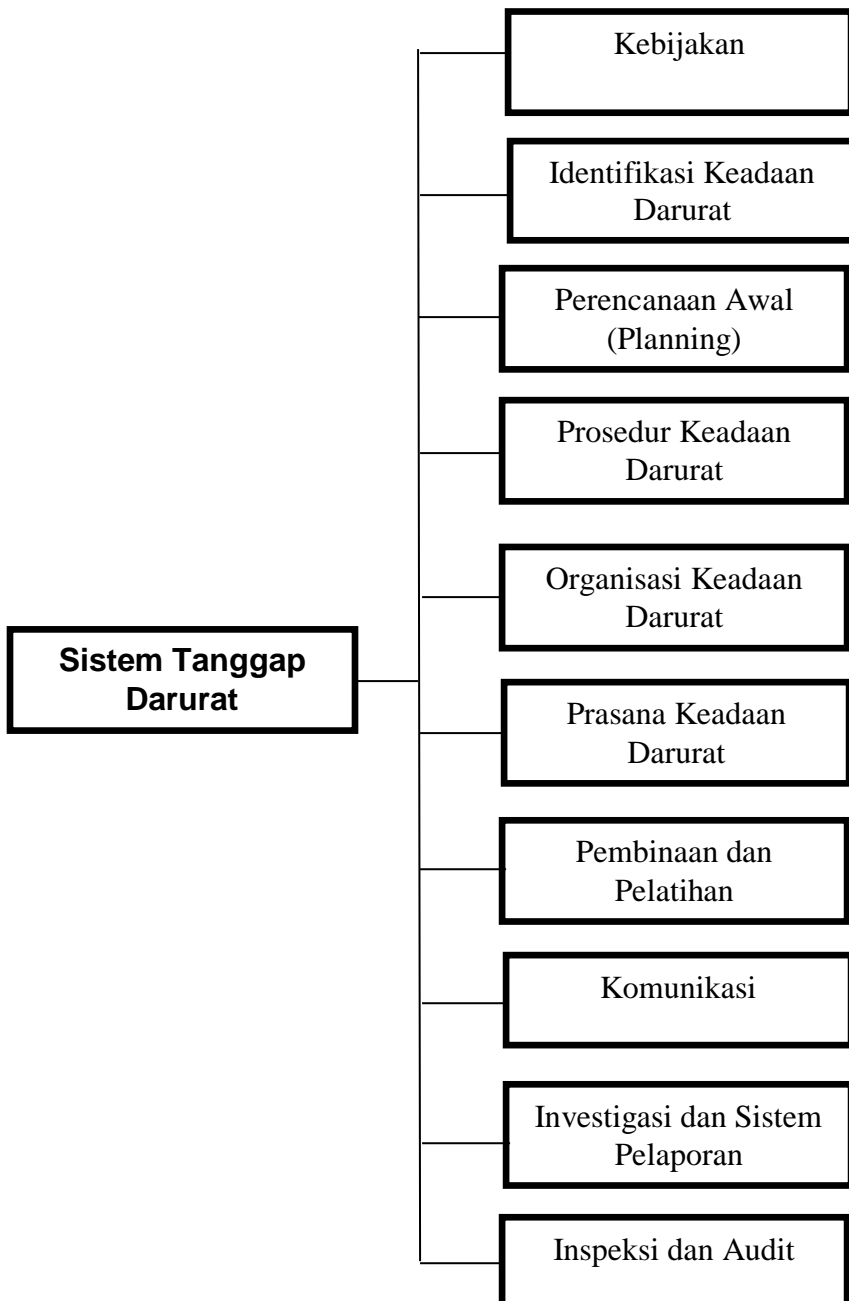
| No. | Penelitian (Tahun) | Judul Penelitian | Desai/Metode Penelitian | Populasi/Sampel | Hasil Penelitian |
|-----|----------------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| | | | | | kontrol manajemen dan budaya keselamatan |
| 2 | Nordin et al (2016) | Inherent safety Index for proton membrane fuel cell vehicle system | Deskriptif | Industri Sel Bahan Bakar Hidrogen | Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks yang dikembangkan (modified prototype index for inherent safety/m-PIIS) dapat mengidentifikasi, menunjukkan, dan menghitung keselamatan inheren (inherent safety) sistem sel bahan bakar hidrogen yang sebanding dengan indeks keselamatan lainnya seperti Prototype Index of Inherent Safety (PIIS) dan Inherent Safety Index (ISI). |
| 3 | Singh & Singh (2017) | Occupational Safety Culture of Workers at Shop Floor in Medium Scale Iron and Steel Industries of Punjab State in India: Development of Safety | Analitik, cross sectional study | 300 pekerja dari 30 Industri menengah | Indeks keselamatan dikembangkan dari indeks keselamatan yang ada sebelumnya dengan menggunakan Metode Delphi pada pekerja industri menengah Punjab didapatkan hasil bahwa budaya keselamatan dan keselamatan operasional pekerja sangat buruk, hanya memenuhi empat faktor dari |

| No. | Penelitian (Tahun) | Judul Penelitian | Desai/Metode Penelitian | Populasi/Sampel | Hasil Penelitian |
|-----|--|--|-------------------------|--|--|
| | | Index | | | sembilan faktor utama keselamatan |
| 4 | Marucci-Wellman et al (2015) | The direct cost burden of 13 years of disabling workplace injuries in the U.S. (1998–2010): Findings from the Liberty Mutual Workplace Safety Index | Deskriptif | Data kecelakaan kerja dan biaya kompensasi asuransi kecelakaan kerja Amerika Serikat | Liberty Mutual Workplace Safety Index (LMWSI) dibuat untuk dapat menetapkan beban relatif dari peristiwa yang mengakibatkan cedera terkait pekerjaan, sehingga dapat diidentifikasi dan beri peringkat. Peringkat tersebut dapat digunakan untuk menyusun dan mengembangkan kajian dan intervensi untuk mengurangi beban cedera di tempat kerja |
| 5 | Lestari, Fatma Budiawan Kurniawidjaja, Meily L. Hartono, Budi (2016) | Baseline survey on the implementation of laboratory chemical safety, health and security within health faculties laboratories at Universitas Indonesia | Deskriptif | 51 laboratorium di fakultas kesehatan Universitas Indonesia. | Penelitian ini menilai penerapan Program Kesehatan, Keselamatan dan Keamanan Kimia di dalam fakultas kesehatan laboratorium di Universitas Indonesia. menggunakan Metode Daftar Periksa Keselamatan Kesehatan Keamanan Kimia. 15 laboratorium (17%) telah memenuhi lebih 70% standar OHSEMS, dan 35 laboratorium (39%) memenuhi 50% –70% dari standar. |

| No. | Penelitian (Tahun) | Judul Penelitian | Desai/Metode Penelitian | Populasi/Sampel | Hasil Penelitian |
|-----|---|---|-------------------------|--|---|
| 6 | Alifyanti, Dian Furqani Tambunan (2016) | Penilaian Risiko Menggunakan Metode SWEHI (Safety Weighted Hazard Index) Pada Unit Gas Station PT. Indonesia Power UP Perak Grati | Deskriptif Kuantitatif | PT Indonesia Power UP Perak Grati (pembangkit listrik tenaga Gas Alam) | Metode ini mampu mengidentifikasi index bahaya kebakaran, ledakan, dan terlepasnya bahan berbahaya serta keefektifan penanganan bahaya yang ada. Hasil dari penelitian ini adalah besarnya bahaya dari tiap komponen dari gas station adalah Highly Hazardous untuk Inlet Scrubber dan Condensate Tank, serta Hazardous untuk Filter Separator. Bahaya yang ada pada tiap komponen adalah bahaya kebakaran dan ledakan. Risk Ranking menggunakan metode SWeHI pada tiap komponen adalah Less Hazardous untuk Inlet Scrubber dan Condensate Tank serta Non Hazardous untuk Filter Separator. |
| 7 | Fahmi, Annisa Nurul (2014) | Dow ' s Fire and Explosion Index untuk Menilai Potensi Bahaya | Deskriptif | Pabrik <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG) | metode <i>Dow's Fire and Explosion Index. Fire & Explosion Index</i> (F&EI) adalah suatu nstrumen untuk melakukan evaluasi secara |

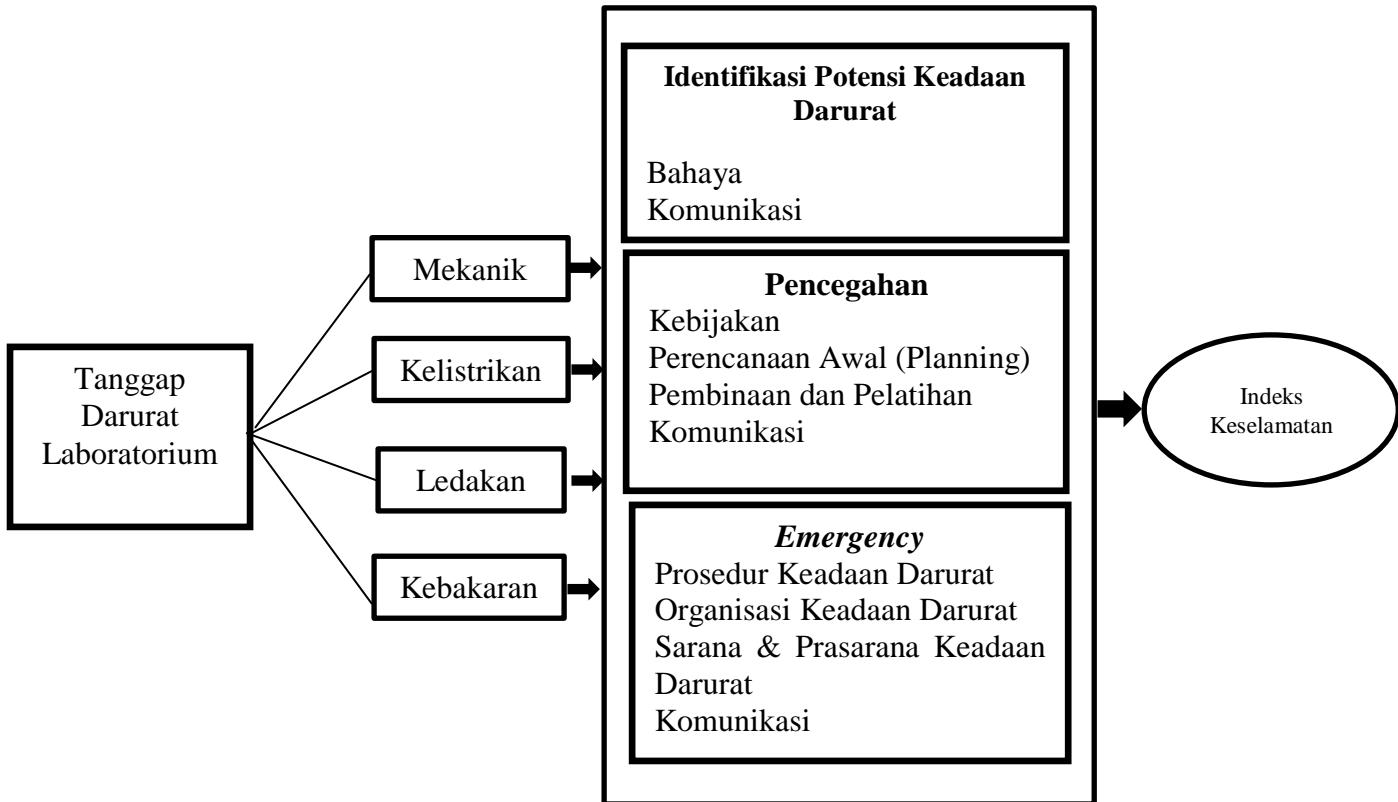
| No. | Penelitian (Tahun) | Judul Penelitian | Desai/Metode Penelitian | Populasi/Sampel | Hasil Penelitian |
|-----|----------------------|--|-------------------------|---|--|
| | | dan Resiko Terjadinya Kebakaran dan Ledakan Di Tangki Timbun LPG Hilirisasi Pertambangan Migas | | | bertahap risiko bahaya kebakaran, ledakan, dan potensial reaktifitas dari peralatan beserta isinya hingga dapat digunakan untuk menganalisis potensi kerugian terhadap <i>sewage treating facilities</i> , sistem distribusi, jalur pipa, tempat penyulingan, <i>transformers, boilers</i> , dan elemen tertentu dari <i>power plants</i> . |
| 8 | Mulyati, Busi (2018) | Pengukuran Indeks Keamanan Proses Produksi MMA (<i>Methyl Methacrylate</i>) dengan ISV (<i>Index Safety Value</i>) | Deskriptif | Pabrik Bahan Kimia produksi methyl methacrylate (MMA) | Penelitian ini berkaitan dengan penilaian keamanan dengan tiga integrasi yang disebut nilai keamanan indeks (ISV). Produksi MMA memiliki empat langkah proses produksi. Dimulai dengan produksi HCN, ACH, HMPA / HMPSE dan yang terakhir MMA. Dari empat langkah tersebut HCN memiliki tingkat risiko yang tinggi, dengan nilai indeks 0,299 dan karakteristik 'Moderate'. Sedangkan risiko yang rendah adalah MMA dengan nilai indeks 0,201 dan karakteristik 'Light' |

G. Kerangka Teori



Gambar 2.7. Kerangka Teori (Sumber : OHSAS 18001:2007 OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems – Requirements)

H. Kerangka Konsep



Gambar 2.8. Kerangka Konsep Indeks Keselamatan

I. Definisi Operasional

1. Identifikasi bahaya mekanik adalah mengobservasi bahaya yang berasal dari benda, peralatan yang bergerak, berputar, bergetar baik tata letak peralatan, tata letak bahan berbahaya, dan tata letak ruang di laboratorium.
2. Identifikasi bahaya kelistrikan adalah mengobservasi potensi bahaya yang berasal dari energi listrik yang terdiri dari kesesuaian daya listrik dan setting kabel di laboratorium.
3. Identifikasi bahaya ledakan adalah mengobservasi potensi bahaya yang bisa menimbulkan ledakan yang bersumber dari bahan kimia dan kelistrikan.
4. Identifikasi bahaya kebakaran adalah mengobservasi potensi bahaya yang ditimbulkan oleh bahan kimia yang mudah terbakar, peralatan yang menggunakan nyala api di laboratorium.
5. Komunikasi bahaya adalah segala bentuk informasi yang dapat disampaikan baik secara verbal, tanda atau rambu, simbol bahaya, MSDS, safety talk, serta sosialisasi prosedur di laboratorium.
6. Pencegahan adalah observasi tindakan pengendalian potensi bahaya kedaruratan dari bahaya mekanik, kelistrikan, ledakan dan kebakaran di laboratorium.
7. Kebijakan adalah dokumen berupa surat keputusan (SK) yang berisi komitmen untuk menerapkan K3 berdasarkan skala risiko dan peraturan perundang-undangan K3 yang dilaksanakan secara konsisten yang ditandatangani oleh pimpinan.

8. Perencanaan Awal (planning) adalah observasi strategi dasar laboratorium dalam pengendalian keadaan darurat berdasarkan hasil identifikasi bahaya.
9. Pembinaan dan Pelatihan adalah Semua unsur yg terlibat dalam keadaan darurat baik berkaitan dengan pencegahan, pengendalian atau penanggulangan dilatih dan di bina secara berkala dilakukan simulasi keadaan darurat sesuai dengan skenario yg telah disusun di laboratorium.
10. Komunikasi pencegahan bahaya adalah adanya peraturan, standar, SOP dan persyaratan penanggulangan keadaan darurat di laboratorium yang telah ditetapkan dan di sosialisasikan.
11. *Emergency* atau keadaan darurat adalah observasi kesiapan darurat bencana laboratorium jika terjadi bahaya mekanik, kelistrikan, ledakan dan kebakaran.
12. Organisasi Keadaan Darurat adalah penelusuran dokumen pengelompokan orang-orang serta penetapan tugas masing-masing dengan tujuan terciptanya aktivitas yang berkaitan dengan kedaruratan di laboratorium.
13. Sarana dan prasarana keadaan darurat adalah observasi keberadaan sistem proteksi aktif dan sistem penyelamatan jiwa yang merupakan kemampuan peralatan penyelamatan terdiri dari beberapa komponen yang saling menghubungkan.
14. Prosedur keadaan darurat adalah penelusuran dokumen prosedur penanggulangan bencana atau kecelakaan dan terkait dengan pedoman dalam mengambil langkah atau tindakan yang harus dilakukan jika terjadi bencana di laboratorium.

15. Komunikasi tanggap darurat yaitu peralatan tanggap darurat yang digunakan pada saat terjadi keadaan darurat seperti *fire alarm*, *handy talky* (HT) *load speaker*, *telephone socket* yang dapat memberikan instruksi suara yang dapat terdengar ke seluruh penjuru ruangan bilamana terjadi keadaan darurat.

J. Variabel objektif

1. Penilaian pada observasi tingkat kesesuaian persyaratan *Checklist Safety Index* laboratorium pada semua variabel dan sub variabel sebagai berikut :

0 = Tidak ada jika tidak tersedia, tidak sesuai, standar tidak terpenuhi, kondisi tidak baik, jenis tidak sesuai.

1 = Tidak sesuai jika tersedia, jumlah tidak sesuai, standar tidak terpenuhi, kondisi tidak baik, jenis sesuai

2 = Cukup sesuai jika tersedia, jumlah sesuai, standar tidak terpenuhi, kondisi baik, jenis sesuai.

3 = Sesuai jika tersedia, jumlah sesuai, sebagian standar terpenuhi, kondisi baik, jenis sesuai.

4 = Sangat sesuai jika tersedia, jumlah sesuai, standar terpenuhi, kondisi baik, jenis sesuai.

(Rohmah & Heru Sufianto, 2018), (Kementrian Pekerjaan Umum, 2006)

2. Penilaian pada indeks prioritas laboratorium pada variabel dan sub variabel safety index menggunakan metode AHP dengan aplikasi expert choice sebagai berikut :

Tabel 2.8. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

| Intensitas Kepentingan | Keterangan |
|------------------------|--|
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya |
| 3 | Elemen yang satu sedikit penting daripada elemen yang lainnya |
| 5 | Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya |
| 7 | Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya |
| 9 | Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya |
| 2,4,6,8 | Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan |

Saaty (1988).