

## Penilaian Risiko Inhalasi Penggunaan Bahan Kimia pada Air Umpan Boiler di Fasilitas Produksi Minyak dan Gas di PT X

### *Inhalation Risk Assessment of Chemicals utilization i Boiler feedwater in oil and gas production facility at PT X*

Mirsupi Usman<sup>1\*</sup>, Mila Tejamaya<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Occupational Safety and Health Department, Faculty of Public Health, Universitas Indonesia

(\*Email Korespondensi: [mirsupiusman@gmail.com](mailto:mirsupiusman@gmail.com))

#### Abstrak

Penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya yang semakin meningkat didalam kegiatan produksi minyak dan gas semakin memunculkan kekhawatiran akan potensi bahaya kesehatan bagi pekerja. Salah satu kegiatannya adalah penambahan bahan kimia yaitu Amerzine (CAS: 302-01-2), Adjunct B (CAS:7558-79-4), GC Alkaline concentrate (1310-73-2) dan SLCC-A (CAS:110-91-8) pada air umpan boiler (*boiler feedwater*). Air umpan boiler atau *boiler feedwater* adalah air yang di salurkan ke dalam ketel uap (*boiler*) yang kemudian menghasilkan uap panas yang dapat digunakan dalam proses produksi minyak dan gas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat risiko dan tindakan prioritas dari risiko pajanan inhalasi penggunaan bahan kimia pada *boiler feedwater*. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan studi kasus di fasilitas produksi minyak dan gas kapal FPSO PT X. Metode yang digunakan adalah *Chemical Health Risk Assessment (CHRA)* yang diperkenalkan oleh DOSH (*Department Occupational Health and Safety*) Malaysia, ditentukan oleh faktor *Hazard Rating (HR)*, *Exposure Rating (ER)*, dan *Risk Rating (RR)*, dimana *Exposure Rating (ER)* ditentukan oleh nilai *frequency-duration rating (FDR)* dan *magnitude rating (MR)*. Hasil CHRA menunjukkan bahwa tingkat risiko (RR) dari bahan kimia yang digunakan, tiga diantaranya yaitu *amerzine (hydrazine)* skor :12, *Adjunct B (sodium phosphate)* skor: 9, *SLCC-A (morpholine)* skor: 9 yang ketiganya masuk dalam kategori risiko sedang (*moderate risk*) dan satu bahan kimia *GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)* skor: 3 kategori risiko rendah (*low risk*). Hasil *risk rating (RR)* kategori sedang (*moderate*) menentukan pula tindakan prioritas untuk pengendalian potensi bahaya dari bahan kimia yang digunakan, yaitu *Action Priority (AP-2)*, dimana aktivitas pekerjaan tidak harus dihentikan segera ketika melakukan upaya pengendalian risiko, dengan syarat praktek kerja aman diterapkan hingga proses penerapan tindakan pengendalian diterapkan secara permanen. Selanjutnya merekomendasikan tahapan pengendalian bahaya (*hierarchy control*) bertujuan menurunkan tingkat risiko dari bahaya pajanan inhalasi ke kondisi ALARP sehingga tercipta lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi pekerja. Diharapkan bisa dilanjutkan penilaian risiko secara semi-kuantitatif atau kuantitatif.

**Kata kunci:** CHRA; Air Umpan Boiler; Pajanan Inhalasi; Tingkat Risiko; Prioritas Tindakan

#### Abstract

*The increasing use of hazardous chemicals in oil and gas production activities raises concerns about potential health hazards for workers. One of the activities is the addition of chemicals, namely Amerzine (CAS: 302-01-2), Adjunct B (CAS:7558-79-4), GC Alkaline Concentrate (1310-73-2), and SLCC-A (CAS:110-2) 2) 91-8) in boiler feedwater. Boiler feedwater is water channeled into a steam boiler which then produces hot steam used in the oil and gas production process. This study aims to analyze the level of risk (RR) and action priority (AP) of the risk of inhalation exposure to the use of chemicals in boiler feedwater. This research is descriptive research with a case study approach in the oil and gas production facility of the FPSO ship PT X. The research is using Chemical Health Risk Assessment (CHRA) method that was introduced by DOSH (Department Occupational Health and Safety) Malaysia, which is determined by the Hazard Rating (HR), Exposure Rating (ER), and Risk Rating (RR) factors, where the Exposure Rating (ER) is determined by the value of the frequency-duration rating (FDR) and magnitude rating (MR). The CHRA results show that the risk level (RR) of the chemicals used, three of which are Amerzine (hydrazine) score:12, Adjunct B (sodium phosphate) score: 9, SLCC-A (morpholine) score: 9, all three of which fall into the category moderate risk and one chemical GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide) score: 3 low-risk categories. The results of the risk rating (RR) also determine priority actions to control the potential hazards of the chemicals used, namely Action Priority (AP-2), where work activities do not have to be stopped immediately when carrying out risk control measures, provided that safe work practice is implemented until the process of control measures permanently implemented. Furthermore, recommending the stages of hierarchy control to reduce the risk of inhalation exposure hazards to ALARP conditions to create a safe and healthy work environment for workers. It is hoped that a semi-quantitative or quantitative risk assessment can be continued.*

**Keywords:** CHRA; Boiler Feedwater; Inhalation Exposure; Risk Rating; Action Priority

## PENDAHULUAN

Sejak beberapa dekade, bahan kimia telah berperan penting dalam beagai kegiatan manusia. Setiap hari bermunculan produk-produk bahan kimia yang diperkenalkan seiring dengan perkembangan industri, tidak terkecuali dalam industri minyak dan gas. Penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya yang semakin meningkat di dalam kegiatan produksi minyak dan gas semakin memunculkan kekhawatiran akan potensi bahaya kesehatan bagi pekerja di tempat kerja. Sumber bahaya penggunaan bahan kimia bisa ditemukan pada *corrosion inhibitor, drilling fluid, mud pits, storage tanks, cementing, completion and simulation process, boiler feedwater, refining process*, dan lainnya (12)

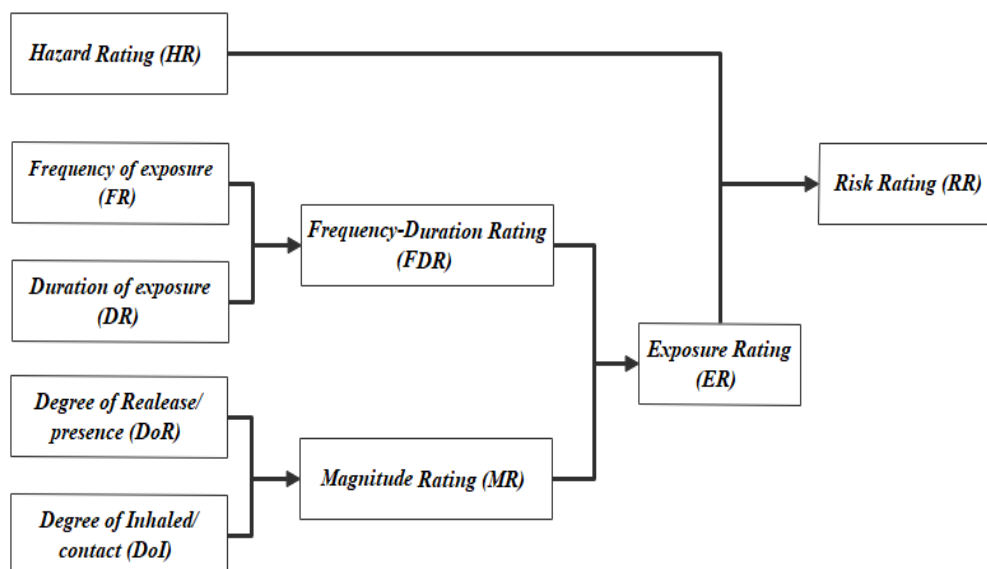
Emisi yang dilepaskan dari suatu bahan kimia kemudian memajan (kontak) tubuh manusia melalui jalur (*route of entry*) seperti inhalasi (terhirup), ingesti (tertelan), dermal (kulit dan mata), serta injeksi (penetrasi). Jalur pajanan inhalasi merupakan jalur pajanan yang paling sering ditemukan ditempat kerja hal ini terkait dengan sifat toksikan berwujud debu/partikel, gas, cair, atau uap. Jika konsentrasi atau jumlah pajanan masuk melalui tubuh lewat *route the entry* tadi, maka tubuh mengabsorpsi dan terdistribusi ke organ-organ target melalui sistem pembuluh darah yang kemudian dapat menimbulkan bahaya kesehatan bagi pekerja (3).

Menurut data *International Labour organization* (ILO) bahwa tercatat 651.279 kematian pekerja pertahun yang diakibatkan oleh bahan berbahaya ditempat kerja (4). Pada sebuah studi kohort rentang tahun 1985 – 1991, juga menemukan 863 kasus kanker pada awak/kru kapal berkebangsaan swedia yang bekerja di kapal tanker dengan sebaran jenis penyakit kanker paru, leukemia (kanker darah), *lymphoma, multiple myeloma* (5). Pada dua studi kohort periode 1981 – 2003 (*registered-based*) dan 1999-2005 (*survey-based*) yang dilakukan pada 41.140 pekerja lepas pantai (Offshore) di North Sea, Norwegia, ditemukan insidens kanker (SIR dengan 95% CI) bermakna pada pekerja offshore seperti kanker *Acute myeloid Leukemia* (AML), *Malignant melanoma*, kanker paru, kanker pleura, kanker kandung kemih (6).

Penggunaan bahan kimia di fasilitas produksi minyak dan gas lepas pantai di PT X juga semakin meningkat seiring target pemenuhan energi di dalam negeri yang semakin besar, termasuk penggunaan pada *boiler feedwater* sebagai bagian dari proses produksi minyak dan gas. Berdasarkan pengamatan pada label dan simbol yang tertera pada kemasan bahan kimia yang digunakan, memperlihatkan beberapa bahan kimia tersebut memiliki bahaya-bahaya berupa fisik (mudah meledak, mudah terbakar, teroksidasi), bahaya lingkungan (lingkungan akuatik), dan terutama adanya bahaya kesehatan (toksik akut, iritasi kulit dan mata, sensitisasi saluran nafas dan kulit, bahaya aspirasi, karsinogenik, gangguan sistem reproduksi). Hal ini tentunya berpotensi terjadinya pajanan terhadap pekerja mungkin juga lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat risiko inhalasi penggunaan bahan kimia pada *boiler feedwater* di fasilitas produksi minyak dan gas Kapal FPSO PT X.

## METODE

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan studi kasus di fasilitas produksi minyak dan gas kapal FPSO PT X. Unit analisis adalah tingkat risiko pajanan inhalasi dari penggunaan empat bahan kimia yang digunakan pada *boiler feedwater*. Data diperoleh dari hasil telaah data SDS bahan kimia, observasi lapangan, serta wawancara kepada pekerja (operator) yang kontak langsung dengan empat bahan kimia yang akan diteliti. Metode yang digunakan adalah *Chemical Health Risk Assessment* (CHRA) yang diperkenalkan oleh DOSH Malaysia (*Department Occupational Health and Safety*), ditentukan oleh faktor *Hazard Rating* (HR), *Exposure Rating* (ER), dan *Risk Rating* (RR), dimana *Exposure Rating* (ER) ditentukan oleh nilai *frequency-duration rating* (FDR), *magnitude rating* (MR). Penentuan RR pajanan inhalasi secara kualitatif sesuai DOSH di gambarkan pada skema dibawah (7).



Gambar 1. Skema penentuan Risk Rating pajanan inhalasi

Tahapan metode CHRA meliputi;

**Identifikasi sifat kimia dan menentukan tingkat bahaya (hazard rating-HR)**

Tingkat bahaya (HR) dinilai dengan skala skoring dari 1 (bahaya rendah) hingga 5 (bahaya tinggi)

Tabel 1. HR pajanan inhalasi berdasarkan klasifikasi bahaya dan H-Code

| HR | Hazard Classification   | H-Code                                 |
|----|---|--|
| 5  | Acute toxicity category 1 (inhalation)                        | H330                                   |
|    | Carcinogenicity Category 1A                                   | H350, H350i                            |
|    | Mutagenicity category 1A                                      | H340,                                  |
|    | Reproductive toxicity category 1A                             | H360,H360D,H360F,H360FD,H360Fd,H360Df  |
|    | Specific target organ toxicity – single-exposure category 1   | H370                                   |
| 4  | Acute toxicity category 2 (inhalation)                        | H330                                   |
|    | Carcinogenicity category 1B                                   | H350, H350i                            |
|    | Mutagenicity category 1B                                      | H340                                   |
|    | Reproductive toxicity category 1B                             | H360,H360D,H36F,H360FD, H360Fd, H360Df |
|    | Effects on or via lactation                                   | H362                                   |
|    | Specific target organ toxicity – single-exposure category 2   | H371                                   |
|    | Specific target organ toxicity – repeated exposure category 1 | H372                                   |
| 3  | Respiratory sensitization category 1                          | H334                                   |
|    | Acute toxicity category 3 (inhalation)                        | H331                                   |
|    | Carcinogenicity category 2                                    | H351                                   |
|    | Mutagenicity category 2                                       | H341                                   |
|    | Reproductive toxicity category 2                              | H361,H361f, H361d, H361fd              |
|    | Specific target organ toxicity – repeated                     | H373                                   |

|   |   |      |
|---|---|------|
|   | <i>exposure category 2</i>  |      |
|   | <i>Specific target organ toxicity – single exposure category 3 (respiratory tract irritation)</i> | H335 |
|   | <i>Acute toxicity category 4 (inhalation)</i>   | H332 |
| 2 | <i>Specific target organ toxicity – single exposure category 3 (Narcotic effect)</i>              | H336 |
| 1 | <i>Chemical not otherwise classified</i>  | H333 |

sumber: (7)

**Menentukan frequency of exposure (FR)**

Tingkat frekuensi pajanan dinilai dari skala 1 (sangat jarang) hingga 5 (sangat sering).

**Tabel 2.** Tingkat frekuensi pajanan inhalasi (FR)

| <i>Rating</i> | <i>Description</i> | <i>Defenition</i>                                      |
|---------------|--------------------|--|
| 5             | <i>Frequent</i>    | <i>Exposure one or more times per shift or per day</i> |
| 4             | <i>Probable</i>    | <i>Exposure greater than one time per week</i>         |
| 3             | <i>Occasional</i>  | <i>Exposure greater than one time per month</i>        |
| 2             | <i>Remote</i>      | <i>Exposure greater than one time per year</i>         |
| 1             | <i>Improbable</i>  | <i>Exposure once per year or less</i>                  |

Sumber: (7)

**Menentukan duration of exposure (DR)**

Tingkat durasi pajanan dinilai dari skala 1 (< 1 jam) hingga 5 (≥ 7 jam)

**Tabel 3.** Tingkat durasi pajanan (DR) inhalasi

| <i>Rating</i> | <i>Duration of exposure per shift (x)</i> |
|---------------|---|
| 5             | $x \geq 7$ hours                          |
| 4             | $4 \leq x < 7$ hours                      |
| 3             | $2 \leq x < 4$ hours                      |
| 2             | $1 \leq x < 2$ hours                      |
| 1             | $x < 1$ hour                              |

Sumber: (7)

**Menentukan frequency-duration rating (FDR)**

Nilai FDR ditentukan dari FR dan DR skala 1 (rendah) hingga 5 (tinggi)

**Tabel 4.** Matriks frekuensi-durasi (FDR) inhalasi

|                             | FDR | <i>Frequency Rating (FR)</i> |   |   |   |   |
|-----------------------------|-----|------------------------------|---|---|---|---|
|                             |     | 1                            | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Duration Rating (DR)</i> | 1   | 1                            | 2 | 2 | 2 | 3 |
|                             | 2   | 2                            | 2 | 3 | 3 | 4 |
|                             | 3   | 2                            | 3 | 3 | 4 | 4 |
|                             | 4   | 2                            | 3 | 4 | 4 | 5 |
|                             | 5   | 3                            | 4 | 4 | 5 | 5 |

Sumber: (7)

**Menentukan *degree of release (DoR)***

Derajat pelepasan suatu bahan kimia dinilai dari pengamatan dilapangan, data SDS, skala penilaian dari *low* (rendah), hingga *high* (tinggi).

**Tabel 5.** Derajat pelepasan (DoR) inhalasi

| <i>Degree</i>   | <i>Observation</i>   |
|-----------------|--|
| <i>Low</i>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Low or little release into the air.</i></li> <li>• <i>No contamination of air, clothing, and work surfaces with chemicals.</i></li> <li>• <i>Low volatility with the boiling point of more than 150oC at room temperature (20oC). **</i></li> <li>• <i>Low dustiness such as pellet-like solids that don't break up. Little dust is seen during use e.g., PVC pellets, waxed flakes.</i></li> </ul>  |
| <i>Moderate</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Moderate release such as:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>a) Solvents with medium drying time* in uncovered containers or exposed to the work environment.</i></li> <li><i>b) Detectable odor of chemicals. Check the odor threshold.</i></li> </ol> </li> <li>• <i>Medium volatility with the boiling point at 50oC to 150oC at room temperature (20oC). **</i></li> <li>• <i>Medium dustiness such as crystalline, granular solids. When used, dust is seen but settles out quickly. Dust is left on surfaces after use e.g., soap powder.</i></li> <li>• <i>Evidence of contamination of air, clothing, and work surfaces with chemicals.</i></li> </ul>  |
| <i>high</i>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Substantial release such as:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>a) Solvents with fast drying time* in uncovered containers.</i></li> <li><i>b) Sprays or dust clouds in poorly ventilated areas.</i></li> <li><i>c) Chemicals with high rates of evaporation exposed to work environment.</i></li> <li><i>d) Detectable odor of chemicals with odor threshold at/above PEL/OEL.</i></li> </ol> </li> <li>• <i>High volatility with the boiling point less than 50oC at room temperature (20oC). **</i></li> <li>• <i>High dustiness such as fine, light powders. When used, dust clouds can be seen to form and remain in the air for several minutes e.g. cement, carbon black, chalk dust.</i></li> <li>• <i>Gross contamination of air, clothing, and work surfaces with chemicals.</i></li> </ul> |

Sumber: (7)

**Menentukan *degree of inhaled (DoI)***

Derajat terhirup dari suatu bahan kimia dinilai dari pengamatan dilapangan, skala penilaian skala penilaian dari *low* (rendah), hingga *high* (tinggi).

**Tabel 6.** Derajat suatu bahan kimia terhirup

| <i>Degree</i>   | <i>Observation</i>   |
|-----------------|--|
| <i>Low</i>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Low breathing rate (light work) *</i></li> <li>• <i>Source far from the breathing zone</i></li> </ul>        |
| <i>Moderate</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Moderate breathing rate (moderate work)*</i></li> <li>• <i>Source close to the breathing zone</i></li> </ul> |
| <i>high</i>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>High breathing rate (heavy work) *</i></li> <li>• <i>Source within the breathing zone</i></li> </ul>         |

Sumber: (7)

Untuk penentuan kategori berat-ringannya aktivitas dan laju pernafasan dari pengamatan yang dilakukan mengacu pada tabel dibawah.

**Tabel 7. Derajat aktivitas dan laju pernafasan**

| <i>Physical Activity</i>   | <i>Breathing Rate</i> |
|--|-----------------------|
| <i>Light Work</i><br>Sitting, moderate arm and trunk movements<br>(e.g., desk work, typing)<br>Sitting, moderate arm and leg movements<br>(e.g., hand soldering and QC inspection)<br>Standing, light work at machine or bench, mostly arms                                  | Low                   |
| <i>Moderate Work</i><br>Sitting, heavy arms and legs movement<br>Standing, light work at machine or bench, some walking about<br>Standing, moderate work at machine or bench, some walking about<br>Walking about, with moderate lifting or pushing (e.g., machine operator) | Moderate              |
| <i>Heavy Work</i><br>Intermittent heavy lifting, pushing, or pulling (e.g., pick and shovel work)<br>Hardest sustained work  | High                  |

Sumber: (7)

### Menentukan Magnitude Rating (MR)

Ditentukan dari nilai derajat pelepasan (DoR) dan derajat terhirup (DoI) dari suatu bahan kimia dalam suatu matriks tingkat besaran pajanan atau *magnitude rating* (MR) pada tabel dibawah.

**Tabel 8.** Tingkat besaran pajanan Inhalasi

| MR              | <i>Degree of Inhaled (DoI)</i> |                 |             |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|-------------|
|                 | <i>Low</i>                     | <i>Moderate</i> | <i>High</i> |
| <i>Low</i>      | 1                              | 2               | 3           |
| <i>Moderate</i> | 2                              | 3               | 4           |
| <i>High</i>     | 3                              | 4               | 5           |

Sumber: (7)

Nilai MR ini dipengaruhi oleh faktor modifikasi (*modifying factor*) dengan penambahan Nilai +1 atau -1 sesuai kategori tabel dibawah.

**Tabel 9.** Faktor yang memodifikasi

| <i>MR modifying factor</i>          | <i>Criteria for modifying factors</i>  |
|-------------------------------------|--|
| + 1<br>(Maximum MR not to exceed 5) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bad work practice and or poor personal hygiene that may have the potentials for the chemical agents to remain on skin or clothing once contact occurs.</li> <li>• Reported cases of chemical exposure incidences. Results of biological monitoring exceed the Biological Exposure Index (BEI) (such as those described by the ACGIH).</li> <li>• Widespread complaints of ill effects related to exposure to the CHTH, in the work unit.</li> <li>• Reported cases of workers with pre-clinical symptoms related to CHTH exposure.</li> <li>• Susceptible persons in the work unit.</li> <li>• Cross airborne contamination.</li> </ul> |
| -1<br>(Minimum MR not less than 1)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantity used is small for solid (weight in grams or typically received in packets or bottles) and for liquid (volume in milliliters or typically received in bottles).</li> </ul>  |

Sumber: (7)

### Menentukan exposure rating (ER)

Ditentukan dari nilai tingkat frekuensi-durasi (FDR) dan tingkat besaran (MR) dengan membandingkan keduanya kedalam sebuah matriks tingkat pajanan (ER) berikut ini.

Tabel 10. Matriks Tingkat Paparan (ER)

| ER                                     |   | Magnitude Rating (MR) |   |   |   |   |
|--|---|-----------------------|---|---|---|---|
|  |   | 1                     | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Frequency-<br>duration Rating<br>(FDR) | 1 | 1                     | 2 | 2 | 2 | 3 |
|  | 2 | 2                     | 2 | 3 | 3 | 4 |
|  | 3 | 2                     | 3 | 3 | 4 | 4 |
|  | 4 | 2                     | 3 | 4 | 4 | 5 |
|  | 5 | 3                     | 4 | 4 | 5 | 5 |

Sumber: (7)

### Menentukan Risk Rating (RR)

Tahapan akhir adalah penentuan tingkat risiko (RR) dengan membandingkan nilai tingkat bahaya (HR) dengan tingkat paparan (ER) pada suatu matriks risiko. yang jika secara persamaan sebagai berikut:  $RR = HR \times ER$

Tabel 11. Matriks Risk Rating

|                      |   | Exposure Rating (ER) |       |       |       |       |
|----------------------|---|----------------------|-------|-------|-------|-------|
|                      |   | 1                    | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Hazard Rating (HR)   | 1 | RR=1                 | RR=2  | RR=3  | RR=4  | RR=5  |
|                      | 2 | RR=2                 | RR=4  | RR=6  | RR=8  | RR=10 |
|                      | 3 | RR=3                 | RR=6  | RR=9  | RR=12 | RR=15 |
|                      | 4 | RR=4                 | RR=8  | RR=12 | RR=16 | RR=20 |
|                      | 5 | RR=5                 | RR=10 | RR=15 | RR=20 | RR=25 |
| <i>Low risk</i>      |   | RR = 1 to RR = 4     |       |       |       |       |
| <i>Moderate Risk</i> |   | RR = 5 to RR = 12    |       |       |       |       |
| <i>High Risk</i>     |   | RR = 15 to RR = 25   |       |       |       |       |

Sumber: (7)

### Menentukan prioritas tindakan (Action priority)

Kategori tingkat risiko menentukan urutan prioritas tindakan yang akan dilakukan.

Tabel 12. Prioritas Tindakan

| Level of risk                             | Adequacy of control    | Action Priority |
|---|------------------------|-----------------|
| High<br>HR and ER could not be determined | inadequate<br>-        | 1               |
| Moderate/low<br>high/moderate/low         | inadequate<br>Adequate | 2<br>3          |

Sumber: (7)

Ada tiga tingkatan prioritas tindakan (*action priority/AP*) yang dapat disimpulkan dari nilai *risk rating* sebagai berikut;

*Action priority 1 (AP-1)*, dimana  $RR \geq 15$ , dan pengendalian tidak adekuat, atau HR / ER tidak dapat ditentukan. Tindakan segera untuk memperbaiki pengendalian yang ada sesuai hirarki pengendalian, sambil mempraktikkan cara kerja yang baik dengan alat pelindung diri sebagai langkah pengendalian jangka pendek untuk meminimalkan paparan hingga pengendalian permanen diterapkan. Aktivitas atau proses kerja dihentikan sementara.

*Action priority 2 (AP-2)*, dimana  $RR \leq 15$ , dan pengendalian tidak adekuat, tindakan dilakukan dengan prioritas lebih rendah dari AP-1, Aktivitas pekerjaan tidak harus di hentikan segera.

*Action priority 3 (AP-3)*, pengendalian adekuat, tanpa melihat nilai *risk rating*. Tindakan pengendalian yang telah ada di pertahankan (7).

Penelitian ini sudah memenuhi prosedur kaji etik dan mendapatkan sertifikat etik dari komite etik Universitas Indonesia dengan nomor: Ket-147/UN2.F10.D11/PPM.00.02/2022 dan sudah mendapatkan izin dari perusahaan X.

## HASIL

Air umpan boiler atau *boiler feedwater* adalah air yang di salurkan ke dalam ketel uap (*boiler*) yang kemudian menghasilkan uap panas yang dapat digunakan dalam proses produksi minyak dan gas di fasilitas pengolahan minyak dan gas lepas pantai PT X. Dari hasil pengamatan dan identifikasi dilapangan, ada empat jenis bahan kimia yang di tambahkan kedalam *boiler feedwater* tersebut yaitu; *Amerzine* (CAS: 302-01-2), *Adjunct B* (CAS:7558-79-4), *GC Alkaline concentrate* (1310-73-2) dan *SLCC-A* (CAS:110-91-8).

### Identifikasi sifat kimia dan menentukan tingkat bahaya inhalasi atau *hazard rating (HR)*

Tingkat bahaya atau *hazard rating (HR)* inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.1 dengan melihat data SDS terkait klasifikasi bahaya dan kode-H sebagai berikut:

**Tabel 13.** *Hazard Rating* inhalasi (HR)

| <i>Chemical name</i>                              | <i>H-code</i> | <i>Hazard Classification</i>  | <b>HR</b> |
|---|---------------|---|-----------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | H350<br>H331  | <i>Carcinogenicity category 1B, Acute toxicity category 3(inhalation)</i>                         | 4         |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | H335          | <i>Specific target organ toxicity – single exposure category 3 (respiratory tract irritation)</i> | 3         |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | H333          | <i>Chemical not otherwise classified</i>  | 1         |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | H331          | <i>Acute toxicity category 3(inhalation)</i>  | 3         |

### Menentukan *frequency of exposure (FR)*

Tingkat keseringan pajanan atau *frequency rating (FR)* inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.2 dengan observasi dan wawancara di lapangan pada pekerja yang berinteraksi langsung dengan bahan kimia tersebut.

**Tabel 14.** *Frequency Rating* inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <i>Defenition</i>                               | <i>Description</i> | <b>FR</b> |
|---|---|--------------------|-----------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | <i>Exposure greater than one time per week</i>  | <i>Probable</i>    | 4         |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | <i>Exposure greater than one time per month</i> | <i>Occasional</i>  | 3         |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | <i>Exposure greater than one time per month</i> | <i>Occasional</i>  | 3         |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | <i>Exposure greater than one time per month</i> | <i>Occasional</i>  | 3         |



### Menentukan *duration of exposure inhalasi (DR)*

Tingkat lamanya pajanan atau *duration rating (DR)* inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.2 dengan observasi dan wawancara dilapangan pada pekerja yang berinteraksi langsung dengan bahan kimia tersebut.

**Tabel 15.** *Duration Rating* inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <i>Duration of exposure per shift (x)</i> | <b>DR</b> |
|---|---|-----------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | $x < 1$ hour                              | 1         |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | $x < 1$ hour                              | 1         |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | $x < 1$ hour                              | 1         |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | $x < 1$ hour                              | 1         |

### Menentukan *frequency-duration rating (FDR)*

Tingkat keseringan-durasi atau *frequency-duration rating (FDR)* inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.4 Matriks tingkat FDR dengan membandingkan nilai FR dengan nilai DR sebagai berikut:

**Tabel 16.** *Frequency-Duration Rating* inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <b>FR</b> | <b>DR</b> | <b>FDR</b> |
|---|-----------|-----------|------------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | 4         | 1         | 2          |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | 3         | 1         | 2          |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | 3         | 1         | 2          |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | 3         | 1         | 2          |

### Menentukan *degree of release (DoR)*

Derajat pelepasan atau *degree of release (DoR)* inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.5 dengan mengambil data dari *Safety Data Sheet (SDS)* serta observasi dan wawancara di lapangan pada pekerja yang berinteraksi langsung dengan bahan kimia tersebut.

**Tabel 17.** *Degree of Release (DoR)* inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <b>boiling point (°C)</b> | <i>Observation</i>  | <b>DoR</b>          |
|---|---------------------------|---|---------------------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | 113.5                     | <i>Medium volatility with the boiling point at 50°C to 150°C at room temperature (20°C)</i> | <i>Moderate (M)</i> |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | N/A                       | <i>High dustiness such as fine, light powders</i>   | <i>High (H)</i>     |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | 147                       | <i>Medium volatility with the boiling point at 50°C to 150°C at room temperature (20°C)</i> | <i>Moderate (M)</i> |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | 128.3                     | <i>Medium volatility with the boiling point at 50°C to 150°C at room temperature (20°C)</i> | <i>Moderate (M)</i> |

### Menentukan *degree of inhaled* (DoI)

Derajat pelepasan atau *degree of release* (DoR) inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.6 dengan mengambil data dari observasi dan wawancara di lapangan pada pekerja yang berinteraksi langsung dengan bahan kimia tersebut.

Tabel 18. *Degree of inhaled* (DoI) inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <i>Physical Activity</i> | <i>Breathing rate</i> |
|---|--------------------------|-----------------------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | <i>Moderate work</i>     | <i>Moderate (M)</i>   |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | <i>Moderate work</i>     | <i>Moderate (M)</i>   |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | <i>Moderate work</i>     | <i>Moderate (M)</i>   |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | <i>Moderate work</i>     | <i>Moderate (M)</i>   |

### Menentukan *Magnitude Rating* (MR)

Tingkat besaran atau *magnitude rating* (MR) inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.7 Matriks tingkat MR dengan membandingkan nilai DoR dengan nilai DoI sebagai berikut:

Tabel 19. *Magnitude rating* Inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <b>DoR</b> | <b>DoI</b> | <b>MR</b> |
|---|------------|------------|-----------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | M          | M          | 3         |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | H          | M          | 4         |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | M          | M          | 3         |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | M          | M          | 3         |

### Menentukan *exposure rating* (ER)

Tingkat pajanan atau *exposure rating* (ER) inhalasi secara kualitatif mengacu pada tabel 1.8 Matriks tingkat pajanan, dengan membandingkan nilai FDR dengan nilai MR sebagai berikut:

Tabel 20. *Exposure Rating* Inhalasi

| <i>Chemical name</i>                              | <b>FDR</b> | <b>MR</b> | <b>ER</b> |
|---|------------|-----------|-----------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | 2          | 3         | 3         |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | 2          | 4         | 3         |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | 2          | 3         | 3         |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | 2          | 3         | 3         |

### Menentukan *Risk Rating* (RR)

Tingkat bahaya atau *Risk Rating* (RR) dari bahan kimia yang ditambahkan pada *boiler feed water* ditentukan dari perkalian tingkat bahaya (HR) dengan tingkat besaran (MR) dengan mengacu pada tabel 1.9 Matriks *Risk Rating* (RR).

Tabel 21. *Risk Rating* inhalasi

| <i>Chemical name</i>                | <b>HR</b> | <b>ER</b> | <b>RR</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>         | 4         | 3         | 12        |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i> | 3         | 3         | 9         |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | 1 | 3 | 3 |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | 3 | 3 | 9 |

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| <i>Low risk</i>      | RR = 1 to RR = 4   |
| <i>Moderate Risk</i> | RR = 5 to RR = 12  |
| <i>High Risk</i>     | RR = 15 to RR = 25 |

### Menentukan prioritas tindakan (*Action priority*)

Penentuan urutan tindakan prioritas yang akan dilakukan dari bahan kimia yang ditambahkan pada *boiler feed water* mengacu pada tabel 1.10 prioritas tindakan.

**Tabel 22.** Prioritas tindakan (*Action Priority*)

| <i>Chemical name</i>                              | <i>Level of risk</i> | <i>Adequacy of control</i> | <i>Action Priority</i> |
|---|----------------------|----------------------------|------------------------|
| <i>Amerzine (hydrazine)</i>                       | <i>Moderate</i>      | <i>inadequate</i>          | 2                      |
| <i>Adjunct B (sodium phosphate)</i>               | <i>Moderate</i>      | <i>inadequate</i>          | 2                      |
| <i>GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)</i> | <i>Low</i>           | <i>inadequate</i>          | 2                      |
| <i>SLCC-A (morpholine)</i>                        | <i>Moderate</i>      | <i>inadequate</i>          | 2                      |

### PEMBAHASAN

Hasil CHRA menunjukkan bahwa tingkat risiko (RR) dari bahan kimia yang digunakan, tiga diantaranya yaitu *amerzine (hygdrazine)* skor :12, *Adjunct B (sodium phosphate)* skor: 9, *SLCC-A (morpholine)* skor: 9 yang ketiganya masuk dalam kategori risiko sedang (*moderate risk*) dan satu bahan kimia *GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)* skor: 3 kategori risiko rendah (*low risk*). Meskipun diketahui dari tingkat bahaya (HR) terdapat bahan kimia yaitu *amerzine (hydrazine)* yang masuk kategori tingkat bahaya tinggi (skor: 4) yang dapat menimbulkan kanker serta gangguan pernafasan jika terhirup oleh pekerja, namun secara potensi tingkat pajanannya (ER) tergolong tingkat sedang. (skor: 3)

Tingkat pajanan (ER) bahan kimia yang digunakan tergolong sedang (skor: 3) karena dipengaruhi oleh faktor-faktor yang mempengaruhi pajanan (*exposure*) seperti faktor seberapa sering penggunaan bahan kimia tersebut (*frequency*), dimana hanya satu bahan kimia yaitu *amerzine (hydrazine)* yang digunakan tiap hari, sedangkan tiga sisanya sisanya yaitu *Adjunct B (sodium phosphate)*, *SLCC-A (morpholine)* dan *GC Alkaline concentrate (sodium hydroxide)* rata-rata hanya digunakan sekali dalam sebulan. Faktor lainnya adalah durasi penggunaan, dimana keempat bahan kimia tersebut durasi penggunaannya semuanya di bawah satu jam (skor :1). Menurut Marquart et al., (2008) besarnya pajanan (*exposure*) dari suatu bahan kimia kepada pekerja, selain ditentukan oleh besarnya konsentrasi suatu bahan kimia, ditentukan pula oleh seberapa sering digunakan (*frequency*) dan lamanya interaksi dengan bahan kimia tersebut (*duration*). Semakin sering dan semakin lama interaksi pekerja (operator) dengan bahan kimia tersebut, maka risiko pajanan juga semakin besar dan begitu pun sebaliknya. Kedua faktor ini nantinya akan menentukan tingkat frekuensi-durasi (FDR) dalam menilai risiko pajanan dari suatu bahan kimia. Dari tabel 2.4 menunjukkan skor FDR dari keempat bahan kimia adalah “2” dengan skala skoring dari 1 (rendah) hingga 5 (tinggi).

Menurut DOSH, (2018) Faktor selanjutnya yang menentukan tingkat pajanan (ER) dari bahan kimia adalah sifat *volatility (liquid)* atau *dustiness (solid)* yang mana menentukan suatu bahan kimia mudah menguap (cair) atau menghasilkan partikel debu (padat) atau disebut sebagai derajat pelepasan (DoR). Selain itu faktor aktivitas penanganan (berat ringannya aktivitas kerja) juga menentukan seberapa besar potensi partikel debu atau uap bahan kimia tersebut terhirup. hal ini disebabkan semakin berat aktivitas penanganan bahan kimia, maka laju pernafasan juga akan semakin meningkat, sehingga potensi jumlah emisi (debu atau uap) yang terhirup semakin besar, dan begitu pun sebaliknya, faktor ini disebut sebagai derajat terhirup (DoI). Kedua faktor ini menentukan tingkat intensitas atau *magnitude (MR)* seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.7 dimanah skor MR tertinggi ada pada bahan kimia *Adjunct B (sodium phosphate)* yang sifat fisiknya berbentuk bubuk (*powder*) dengan skor:4, sedangkan bahan kimia lainnya berbentuk cair (*liquid*) dengan skori 3, skala skoring dari 1 (rendah) hingga 5 (tinggi). Maka besarnya tingkat pajanan inhalasi (ER) secara kualitatif dari penggunaan keempat bahan kimia

adalah perbandingan nilai FDR dan nilai MR pada matriks ER, dihasilkan skor: 3, dengan skala skoring dari 1 (rendah) hingga 5 (tinggi) seperti pada tabel 2.8.

Besarnya tingkat bahaya (HR) inhalasi dan tingkat pajanan (ER) inhalasi menentukan besarnya risiko (RR) dari suatu pajanan inhalasi. Bahaya (*hazard*) inhalasi di dalam CHRA didefinisikan sebagai potensi inhalasi bahaya kesehatan (terhirup) dari bahan kimia yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan atau penyakit pada pekerja, pajanan inhalasi (*exposure*) adalah banyaknya bahan kimia yang dapat terhirup (inhalasi), sedangkan risiko inhalasi (*risk*) adalah seberapa besar kemungkinan dari suatu bahan kimia dapat menyebabkan gangguan kesehatan atau penyakit. Dapat dinyatakan dalam sebuah persamaan (7);

Bahaya (*hazard*) x Pajanan (*exposure*) = Risiko (*risk*)

Hasil tingkat risiko atau *risk rating* (RR) dengan kategori sedang (*moderate*) menentukan pula tindakan prioritas untuk pengendalian potensi bahaya dari bahan kimia yang digunakan, dimana pada tabel 2.10 masuk pada kategori *Action Priority* (AP-2), dimanah aktivitas pekerjaan tidak harus dihentikan segera ketika melakukan upaya pengendalian risiko, dengan syarat praktik kerja aman diterapkan hingga proses penerapan tindakan pengendalian diterapkan secara permanen. Tujuan dari tindakan pengendalian adalah meminimalkan risiko pajanan terhadap pekerja ke tingkat risiko yang serendah mungkin yang dapat di terima atau *as low as reasonably practicable* (ALARP). Tahapan pengendalian berupa menghilangkan bahan kimia yang kategori berbahaya (risiko tinggi), atau dengan mengganti dengan bahan kimia dengan tingkat risiko bahaya lebih rendah, kemudian dengan rekayasa teknik seperti pemberian *local exhaust ventilation* (LEV) atau otomatisasi proses penanganan bahan kimia. Menurunkan durasi dan frekuensi pajanan dengan melakukan rotasi pekerja, serta hierarki terakhir pengendalian dengan penggunaan alat pelindung diri (PPE) untuk masing-masing pekerja, sesuai spesifikasi pada SDS dari setiap bahan kimia, seperti sarung tangan kimia, *fullface respirator* dengan spesifikasi *cartridge respirator* yang sesuai bahan kimia, baju kerja khusus tahan kimia, serta pemeliharaan rutin dari PPE tersebut (9). Diharapkan ke depan dapat dilakukan penilaian risiko secara kuantitatif dengan melakukan pengukuran lingkungan kerja dan pajanan pada pekerja agar lebih meningkatkan akurasi penilaian risiko bahan kimia yang digunakan di tempat kerja.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penilaian risiko kesehatan bahan kimia atau *Chemical Health Risk Assessment* (CHRA) pajanan inhalasi dari penambahan bahan kimia *amersine* (*hydrazine*), *Adjunct B* (*sodium phospat*), *GC alkaline concentrate* (*sodium hydroxide*), dan *SLCC-A* (*morpholine*) pada air umpan boiler (*boiler feedwater*) di fasilitas produksi minyak dan gas PT X dilakukan dengan berpedoman pada panduan CHRA yang diterbitkan oleh *Department of Occupational Safety and Health* (DOSH) Malaysia edisi ketiga tahun 2018. Hasil penilaian menunjukkan tingkat risiko (RR) pajanan inhalasi masuk kategori *moderate* (sedang), dibutuhkan prioritas tindakan pengendalian (AP-2), kemudian melaksanakan tahapan pengendalian bahaya (*hierarchy control*) bertujuan menurunkan tingkat risiko dari bahaya pajanan inhalasi ke kondisi ALARP sehingga tercipta lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi pekerja. Diharapkan bisa dilanjutkan penilaian risiko secara semi-kuantitatif atau kuantitatif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

1. Benson C, Dimopoulos C, Argyropoulos CD, Varianou Mikellidou C, Boustras G. Assessing the common occupational health hazards and their health risks among oil and gas workers. *Safety Science*. 2021;140(March):105284.
2. El-Harbawi M. Development of a Chemical Health Risk Assessment Tool for Health Risk Assessment from Exposure to Hazardous Chemicals. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2020;28(3).
3. Kurniawidjaja LM, Lestari F, Tejamaya M, Ramdhan DH. Konsep Dasar Toksikologi Industri. FKM universitas indonesia; 2021. 54–118 p.
4. ILO. World Statistic [Internet]. 2022. Available from: [https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS\\_249278/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm)
5. Andersson E, Forsell K, Björ O, Nilsson R. 863 Cancer incidence among tanker crews in a cohort study of swedish seafarers. *Occupational and Environmental Medicine*. 2018 Apr 1;75(Suppl 2):A393 LP-A393.

6. Stenehjem JS, Babigumira R, Hosgood HD, Veierød MB, Samuelsen SO, Bråtveit M, et al. Cohort Profile: Norwegian Offshore Petroleum Workers (NOPW) Cohort. *Int J Epidemiol.* 2021;50(2):398–9.
7. DOSH. A Manual of Recommended Practice on assessment of the health risk arising from the use of chemicals hazardous to health at the at the workplace. Kuala Lumpur: Department of Occupational Safety and Health (DOSH) Malaysia, ministry of human resources; 2018.
8. Marquart H, Heussen H, Le Feber M, Noy D, Tielemans E, West J, et al. “Stoffenmanager”, a web-based control banding tool using an exposure process model. *Annals of Occupational Hygiene.* 2008;52(6):429–41.
9. Mat Dahan S, Taib Y, Mohd Zainudin N, Ismail F, Ahmad Nazif NK. Implementation and Analysis of Chemical Hazard Risk Assessment (CHRA) At A Petrochemicals Company, Malaysia. *International Journal of Technology Management.* 2012;1:47–56.