

Penilaian Risiko Paparan Dermal pada Penggunaan Bahan Berbahaya & Beracun (B3) di Industri Pengolahan Bijih Mineral

Risk Assessment of Dermal Exposure to the Use of Chemical Hazards & Toxic Substances (CHTS) in the Minerals Ore Processing Industry

Arif Susanto^{1,2,3}, Novie E. Mauliku¹, Suhat Suhat¹, Dyan K. Nugrahaeni¹

1. Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia
2. Green Technology Research Center, Program Doktor Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
3. Departemen Health Safety Environmental, Divisi Concentrating PT Freeport Indonesia, Tembagapura, Indonesia

Corresponding Author : arifssnt1@gmail.com

Info Artikel : Diterima bulan Februari 2023; Disetujui bulan Maret 2023; Publikasi bulan Maret 2023

ABSTRAK

Pajanan bahan kimia berupa bahan berbahaya dan beracun (B3) dapat terjadi melalui penghirupan, pencernaan, dan kontak dermal. Paparan B3 ini dapat menyebabkan penyakit serius, iritasi dan/atau korosi, cedera, dan bahkan kematian. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengkaji dan menganalisis risiko kesehatan B3 yang digunakan dalam proses pengolahan bijih mineral terhadap paparan dermal pada pekerja di perusahaan tambang. Jenis penelitian yaitu deskriptif dengan metode penelitian yang digunakan merupakan studi kasus. Penilaian paparan dermal menggunakan metode *Chemical Health Risk Assessment* (CHRA) yang diterbitkan oleh Departemen Keselamatan dan Kesehatan Malaysia Tahun 2018. Bahan kimia yang dianalisis terbatas pada reagen yang digunakan dalam produksi yang memiliki rute paparan dermal. Pengumpulan data menggunakan metode kualitatif untuk pengenalan bahaya dan evaluasi paparan melalui paparan dermal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat risiko paparan dermal dikategorikan sebagai risiko sedang hingga tinggi. Risiko paparan dermal tersebut menyebabkan efek kesehatan seperti iritasi dermal, iritasi mata, kerusakan mata serius, dan sensitisasi dermal. Terdapat sebanyak 5 (lima) dari 7 (tujuh) reagen yang diidentifikasi memiliki risiko paparan dermal yang signifikan. Pengendalian yang berkaitan dengan keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan kerja (K3LK) pada proses pengolahan bijih mineral tersebut harus ditingkatkan untuk meminimalkan risiko paparan dermal.

Kata Kunci : B3, CHRA, Paparan Dermal, Penilaian Risiko Kesehatan.

ABSTRACT

Chemical exposure to hazardous and toxic materials (B3), which occur through inhalation, ingestion, and dermal contact causes serious diseases, irritation, corrosion, injury, and even death. Therefore, this descriptive study aims to examine and analyze the health risks of mining workers in the mineral ore processing industry using the case study method. The Chemical Health Risk Assessment (CHRA) method published by the Department of Safety and Health, Malaysia in 2018 was used to assess the dermal exposure. The chemicals analyzed are limited to the reagents used in the production process, in addition to a dermal exposure route. Data on hazards identification and exposure evaluation were collected through dermal contact. The results showed that the dermal exposure risk level is in the moderate to high category, thereby leading to health defects, such as skin irritation and sensitization, as well as eye irritation and serious damage. Out of 7 reagents identified, 5 have significant dermal exposure risk. Therefore, the Occupational safety and health known as K3LK in Indonesia, which controls in the mineral ore processing process should be improved to minimize dermal exposure risk.

Keywords: CHTS, CHRA, Dermal Exposure, Health Risk Assessment.

PENDAHULUAN

Pada sektor industri pertambangan terdapat banyak bahaya yang berpotensi menimbulkan risiko bagi kesehatan pekerja. Pekerja secara rutin terpapar berbagai bahaya kimia. Bahaya kimia yang berasal dari bahan kimia ini dapat masuk ke dalam tubuh dengan cara terhirup ke dalam paru-paru, diserap melalui dermal, ataupun tertelan melalui mulut. Hal ini dapat menyebabkan penyakit serius, iritasi, cedera, dan bahkan kematian.^{1,2} Penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan menimbulkan beban kematian yang substantial. Pada tahun 2008 menurut *International Labour Organization* (ILO) terdapat 2,02 juta kematian yang disebabkan oleh PAK, dan 321.000 kecelakaan akibat kerja (KAK).^{3,4}

Mine Safety and Health Administration (MSHA) melaporkan bahwa terdapat 151 kasus PAK di tambang Amerika pada tahun 2008. Kasus tersebut termasuk 1 kasus dermatitis, 24 kasus gangguan pendengaran, 1 kasus serangan panas, 60 kasus persendian, tendon atau peradangan ataupun iritasi otot, 40 kasus penyakit paru-paru hitam (*pneumokoniosis pekerja batubara*), dan 25 kasus penyakit lainnya.⁵ Laporan lainnya dari MSHA menunjukkan bahwa sebanyak 66 bahan kimia bertanggung jawab atas 2.705 kasus cedera dan penyakit. Lima pekerjaan teratas dengan jumlah cedera dan penyakit tertinggi adalah operator pabrik pemurnian, pekerja penghancur, mekanik, pekerja utilitas atau pompa, operator mesin *muck*, dan pekerja perlistrikan.^{6,7}

Keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan kerja (K3LK) sangat penting bagi keberhasilan perusahaan, khususnya pada industri pertambangan. Semua tempat kerja pertambangan wajib mengelola risiko K3LK yang terkait dengan penggunaan, penyimpanan, dan penanganan bahan kimia berbahaya.⁸ Potensi terkena berbagai penyakit pada pekerja tambang sangat tinggi, sehingga penting dilaksanakan penilaian risiko untuk meminimalkan risiko, terlebih akibat pajanan bahan berbahaya dan beracun (B3) yang digunakan dalam proses pengolahan hasil tambang. Penilaian risiko ini merupakan bagian dari manajemen risiko dengan menyediakan proses terstruktur untuk mengidentifikasi tujuan organisasi yang dipengaruhi oleh risiko tersebut. Adapun

analisis risiko berkenaan dengan konsekuensi dan probabilitas suatu kejadian sebelum diputuskan mengenai tindakan yang diperlukan untuk mengurangi risiko.^{9,10}

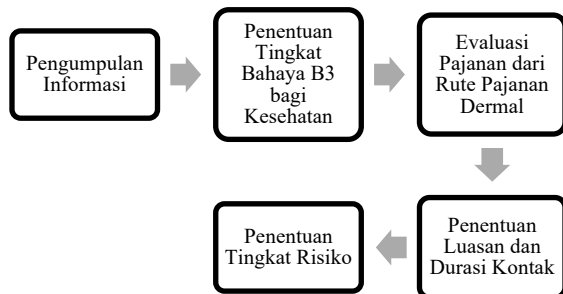
Metode *Chemical Health Risk Assessment* (CHRA) digunakan karena memiliki keunggulan dalam penilaian risiko secara detail berdasarkan rute pajanan bahan kimia. Metode ini dikembangkan untuk menilai dan mengevaluasi risiko kesehatan pada setiap kegiatan yang melibatkan bahan kimia beracun. Setiap B3 dinilai tingkat bahayanya. Penilaian risiko dibagi berdasarkan perbedaan rute pajanan bahan kimia, terutama rute pajanan dermal. Rute pajanan ini dapat menjadi dasar dalam menghasilkan rekomendasi untuk tindakan pengendalian risiko dengan lebih detail dan tepat sesuai dengan rute pajanannya. Tingkat pajanan dievaluasi sesuai dengan rute pajanan yang kemungkinan ada pada pemakaian bahan kimia tersebut baik secara kualitatif, ataupun kuantitatif yaitu dengan melakukan pemantauan udara.¹¹

Metode CHRA ini bertujuan untuk memungkinkan sebuah keputusan dibuat pada tindakan pengendalian yang tepat. Tindakan pengendalian tersebut meliputi kegiatan induksi dan pelatihan karyawan, pemantauan dan kegiatan pengawasan kesehatan yang mungkin diperlukan untuk melindungi kesehatan karyawan yang mungkin terpajan bahan kimia berbahaya untuk kesehatan di tempat kerja.¹² Atribut penilaian risiko pada CHRA^{13,14} merupakan semi-kuantitatif.¹⁵⁻¹⁷ Penelitian ini dilakukan untuk menilai B3 yang digunakan dalam proses pengolahan bijih mineral secara objektif, dan untuk menganalisis risiko kesehatan khususnya pajanan dermal terkait penggunaan B3 kepada pekerja di Divisi Concentrating PTFI.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Adapun metode penelitian yang digunakan dengan pendekatan survei atau studi kasus. Sumber data yang digunakan yaitu data primer yang diperoleh dari wawancara, observasi aktivitas kerja, evaluasi standar prosedur operasi (SOP), dan *Safety Data Sheet* (SDS) atau Lembar Data Keselamatan (LDK). Sumber data sekunder diperoleh dari hasil pemeriksaan silang informasi bahaya bahan kimia dari *website The European Chemicals*

Agency (ECHA), ataupun *ASEAN-Japan Chemical Safety Database* (AJCSD). Penelitian ini melibatkan populasi B3 yang digunakan oleh Departemen Produksi di Divisi Concentrating PTFI yang berjumlah sebanyak 7 (tujuh) jenis bahan kimia atau biasa disebut dengan reagen.



Gambar 1. Diagram alir penilaian risiko pajanan dermal oleh B3.

Sumber: adaptasi dan modifikasi dari buku pedoman CHRA (DOSH, 2018).

Diagram alir CHRA ditunjukkan pada Gambar 1. Adaptasi diagram alir penilaian risiko tetap disesuaikan dengan langkah-langkah penilaian risiko sesuai CHRA. Diagram alir pada penelitian ini dilakukan modifikasi dalam penulisan agar sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu khusus untuk penilaian risiko pajanan dermal saja. Adapun diagram alir untuk penilaian risiko pajanan lain, seperti inhalasi tidak disertakan. Hal ini ditujukan agar penilaian risiko dapat lebih mudah dilakukan.

Berdasarkan jumlah populasi reagen yang digunakan pada proses produksi bijih mineral, maka sampel dalam penelitian ini menggunakan sampel jenuh, sehingga semua bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi tersebut menjadi sampel. Penilaian risiko kesehatan B3 dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif untuk pajanan dermal yang bersumber dari buku pedoman CHRA¹¹. B3 yang dinilai dibatasi untuk rute pajanannya hanya melalui rute pajanan dermal. CHRA terdiri dari beberapa proses yang menggunakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi bahaya, proses dalam penggunaan dan pengelolaan B3, tingkat risiko di tempat kerja, dan efektivitas pengendalian yang diterapkan.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data Prosedur Operasional Standar

(SOP) yang diaplikasikan pada Departemen Produksi Divisi Concentrating PTFI. SOP tersebut memuat metode, data profil B3 dan dampak kesehatannya, data durasi dan frekuensi pekerjaan yang melibatkan bahan kimia, data tingkat pelepasan bahan kimia ke lingkungan kerja, data kondisi aktivitas yang melibatkan B3, serta area atau tingkat kontak pada dermal. Data profil bahaya B3 didapatkan dari website The European Chemicals Agency (ECHA). Pada website tersebut tingkat bahaya bahan kimia dapat diperoleh dengan menyesuaikan nama B3 yang berpotensi terpajan kepada pekerja. Selain dari website ECHA Europe, data ini bisa didapatkan dari ASEAN-Japan Chemical Safety Database (AJCSD), dan SDS yang dikeluarkan oleh produsen B3 tersebut. Data tersebut adalah mengenai klasifikasi bahaya, *H-code*, toksisitas akut, dan efek kesehatan.

Data durasi dan frekuensi pekerjaan didapatkan dari wawancara dan observasi yang dilakukan pada pekerja Departemen Produksi Divisi Concentrating PTFI yang terlibat dalam pekerjaan dengan B3 tersebut. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan lembar observasi dan wawancara. Data-data yang didapatkan pada setiap bahan kimia kemudian dievaluasi untuk dapat dimasukkan ke dalam alat yang dipakai dalam penilaian risiko ini yaitu CHRA. Kemudian data dievaluasi dari sumber informasi di atas, dan pengolahan data dengan CHRA ini akan menghasilkan tingkat risiko dermal.

Bahaya B3 di tempat kerja diidentifikasi dengan melakukan survei dan memahami alur proses produksi dalam pemurnian di pabrik pengolahan bijih. Tingkat bahaya ditentukan dengan menggunakan klasifikasi bahaya, toksisitas akut dan efek kesehatan dari B3. Tingkat bahaya pajanan dermal dikategorikan berdasarkan efeknya pada dermal dan mata. Langkah selanjutnya kemudian membagi sifat bahaya spesifiknya, seperti iritasi, korosi, sensitisasi, toksisitas akut, dan penyerapan dermal. Sifat berbahaya untuk pajanan dermal diuraikan dalam **Tabel 1**. Kategorisasi bahaya melalui kontak dermal didasarkan pada klasifikasi bahaya B3, dan disesuaikan dengan Sistem Klasifikasi dan Pelabelan Bahan Kimia Harmonisasi Global (GHS).¹⁸

Tabel 1. Sifat Bahaya Pajanan Dermal

Sifat Bahaya	Klasifikasi Bahaya dan H-code
Iritasi	Iritasi atau korosi dermal kategori 2 (H315) Kerusakan mata serius atau iritasi mata kategori 2 (H319)
Korosi	Iritasi atau korosi dermal kategori 1 (H314) Kerusakan mata serius atau iritasi mata kategori 1 (H318)
Sensitisasi	Sensitisasi dermal kategori 1 (H317)
Toksisitas Akut	Toksisitas akut (dermal) kategori 1 (H310) Toksisitas akut (dermal) kategori 2 (H310) Toksisitas akut (dermal) kategori 3 (H311) Toksisitas akut (dermal) kategori 4 (H312)
Penyerapan dermal dan sifat lainnya	Specific target organ toxicity-single exposure (STOT-SE) kategori 1* (H370) Specific target organ toxicity-single exposure (STOT-SE) kategori 2* (H371) Specific target organ toxicity-repeated exposure (STOT-RE) kategori 1* (H372) Specific target organ toxicity-repeated exposure (STOT-RE) kategori 2* (H373) Carcinogenicity kategori 1*(H350) Carcinogenicity kategori 2*(H351) Germ cell mutagenicity kategori 1*(H340) Germ cell mutagenicity kategori 2*(H341) Reproductive toxicity kategori 1*(H360, H360D, H360F, H360FD, H360Fd, H360Df) Reproductive toxicity kategori 2*(H361, H361f, H361d, H361fd)

Sumber: CHRA (DOSHS, 2018).

Tabel 2. Matriks Risiko Pajanan Dermal

Sifat Bahaya	H-Code Terkait	Durasi/ Luasan Kontak Dermal			
		Jangka Pendek (<15 menit)		Jangka Panjang (≥15 menit)	
		Area Kecil	Area Besar	Area Kecil	Area Besar
Iritasi	H315	L	M1	M1	M2
	H319		M1		M2
Korosi	H314	M1	H1	H1	H2
	H318		H1		H2
Sensitisasi	H317	L	M1	M1	H1
Toksisitas akut	H312	M1	M1	M2	H1
	H311	M1	M1	M1	H1
	H310	H1	H1	H1	H2
	H310 dan H314	H1	H1	H1	H2
Dampak Kombinasi	H351	M1	M1	M2	H1
	H350	H1	H1	H1	H2
	H341	M1	M1	M2	H1
	H340	H1	H1	H1	H2
	H361, H2361f, H361d, H361fd	M1	M1	M2	H1
	H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360fD	H1	H1	H1	H2
	H370	H1	H1	H1	H2
	H371	M1	M2	M2	H1
	H372	M1	M1	M2	H1
	H373	L	M1	M2	M2

Sumber: CHRA (DOSHS, 2018).

Evaluasi kualitatif pajanan melalui rute dermal dilakukan dengan menentukan luas dan durasi kontak dermal. Luas kontak dermal dibagi menjadi 2 (dua) kriteria, yaitu luasan kecil dan luasan besar. Luasan kontak dermal kecil ditentukan apabila area kontak kecil dengan B3 yang dapat menyerap dermal, menyebabkan kepekaan atau menyebabkan kerusakan pada dermal, misalnya terbatas pada telapak tangan (dermal utuh) (< 2% atau 0,04 m²); tidak ada indikasi kondisi dermal apapun; dermal utuh/normal; dan tidak ada kontaminasi dermal atau mata. Adapun luasan kontak dermal besar apabila kontak dengan B3 yang mampu menyerap dermal, menyebabkan kepekaan atau menyebabkan kerusakan pada dermal; kontaminasi kasar dengan B3 yang dapat menyerap dermal, menyebabkan kepekaan atau kerusakan pada dermal basah atau terendam B3; area kontak tidak hanya terbatas pada tangan tetapi juga bagian tubuh lainnya. Area dermal >2%; daerah kaya folikel; dermal kering atau kondisi dermal yang terdeteksi (misalnya mengelupas, pecah-pecah, atau dermal kemerahan).

Durasi kontak dermal diperkirakan dengan kategori durasi. Kategori durasi ini dibagi menjadi 2 (dua), yaitu jangka pendek dan jangka panjang. Jangka pendek berarti pekerja kontak dengan B3 selama kurang dari 15 menit per shift kerja (<15 menit/shift). Sedangkan untuk jangka panjang berarti pekerja kontak dengan B3 selama sama dengan atau lebih dari 15 menit per shift kerja (≥15

menit/shift). Penetapan durasi dan luasan kontak dermal ini diuraikan dalam matriks risiko pajanan dermal seperti pada **Tabel 2**.

HASIL PENELITIAN

Tabel 3 menunjukkan penilaian terukur dari pajanan dermal. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, kelima reagen termasuk dalam kategori kontak dermal dengan area kontak kecil, yang menunjukkan bahwa kontak langsung hanya terbatas pada telapak tangan (<2% atau 0,04 m²). Ditemukan juga berada di bawah kategori durasi jangka panjang (≥ 15 menit/shift). Hasil akhir penilaian dermal menunjukkan 3 (tiga) reagen dikategorikan berisiko tinggi, yaitu AERO® 7249 Promoter, OREPREP OTX-140PTFI Frother, dan Lime. Adapun dua reagen lainnya dikategorikan dalam risiko sedang, yaitu AERO® 317 Xanthate dan Solutrix 11.

Penilaian risiko penting untuk dilakukan dalam meminimalkan pajanan B3 ini. Penilaian risiko tersebut dapat memperkecil potensi kecelakaan dan terutama penyakit yang ditimbulkan. Beberapa reagen mengandung B3, dan penggunaannya akan dapat menimbulkan masalah lingkungan dan bahaya kesehatan.²⁰ Dari 7 (tujuh) jenis reagen yang digunakan hanya 5 (lima) reagen yang dinilai memiliki dampak terhadap kesehatan, khususnya melalui pajanan dermal.

Tabel 3. Hasil Penilaian Sifat Bahaya Pajanan Dermal

Jenis B3	Komposisi	Klasifikasi Bahaya	Kategori Bahaya	H-Code	Sifat Bahaya
AERO® 317 Xanthate	Xanthate, 2-methylpropan-1-ol, Carbonic acid, Disodium salt, Disodium sulfide	Toksisitas akut	Kategori 4	H302	Iritasi, korosi
		Toksisitas akut	Kategori 4	H312	
		Toksisitas akut	Kategori 3	H301	
		Iritasi dermal	Kategori 2	H315	
		Korosi dermal	Kategori 1B	H314	
		Iritasi mata	Kategori 2A	H319	
		Kerusakan mata serius	Kategori 1	H318	
		Sensitisasi dermal	Kategori 1B	H317	
		STOT-SE	Kategori 3	H335	
		STOT-SE	Kategori 3	H336	
		Korosi dermal	Kategori 1A	H314	Korosi

Jenis B3	Komposisi	Klasifikasi Bahaya	Kategori Bahaya	H-Code	Sifat Bahaya
AERO® 7249 Promoter	Dithiophosphate, Monothiophosphate, 2- methylpropan-1-ol, Sodium hydroxide	Korosi dermal	Kategori 1B	H314	
		Iritasi dermal	Kategori 2	H315	
		Kerusakan mata serius	Kategori 1	H318	
		STOT-SE	Kategori 3	H335	
		STOT-SE	Kategori 3	H336	
OREPREP® OTX-140 PTFI Frother	Alcohols, glycols, glycols ethers	Toksisitas akut	Kategori 4	H302	Iritasi, Sensitisasi
		Iritasi dermal	Kategori 2	H315	
		Kerusakan mata serius	Kategori 1	H318	
		Sensitisasi dermal	Kategori 1	H317	
Solutrix 11	Phosphonic acid, nitrilotris(methylene)tris-, 2-methyl-2H-isothiazol-3- one	Toksisitas akut	Kategori 3	H313	Iritasi, Sensitisasi
		Korosi/Iritasi dermal	Kategori 1B	H314	
		Korosi/Iritasi dermal	Kategori 2	H315	
		Iritasi dermal	Kategori 2	H315	
		Sensitisasi dermal	Kategori 1A	H317	
		Kerusakan mata serius	Kategori 1	H318	
		Kerusakan mata serius	Kategori 2A	H319	
Lime	Kapur	Kerusakan mata serius	Kategori 1	H318	Iritasi, korosi
		Iritasi dermal	Kategori 2	H315	
		STOT-SE	Kategori 3	H335	

Sumber: hasil penelitian (2023).

Tabel 4. Penilaian Tingkat Risiko untuk Pajanan Dermal

Jenis B3	Sifat Bahaya	Pajanan		Derajat Risiko	Tingkat Risiko
		Luasan Kontak	Durasi Kontak		
AERO® 317 Xanthate	Iritasi	Kecil	Jangka panjang	M2	Moderat
	Korosi		Jangka panjang	H2	
AERO® 7249 Promoter	Korosi	Kecil	Jangka panjang	H2	Tinggi
OREPREP® OTX- 140PTFI Frother	Iritasi	Kecil	Jangka panjang	M2	Tinggi
	Sensitisasi			H1	
Solutrix 11	Iritasi	Kecil	Jangka panjang	M1	Moderat
	Sensitisasi			M2	
Lime	Korosi	Kecil	Jangka panjang	H2	Tinggi
	Iritasi			M2	

Sumber: hasil penelitian (2023).

PEMBAHASAN

Divisi Concentrating PTFI merupakan kompleks bangunan yang menampung fasilitas penggilingan dan pengolahan bijih mineral yang terletak di ujung Lembah Aghawagon pada ketinggian 2.850 meter di atas permukaan laut (mdpl). Pada kompleks ini bijih dihancurkan, kemudian mineral tembaga dan emas dikonsentrasikan. Bubur konsentrat yang

dihasilkan di pabrik ini kemudian dikirim ke pabrik pengeringan di *Portsite* melalui pipa. Pabrik pengolahan menghasilkan konsentrat dari bijih yang ditambang melalui proses pemisahan mineral berharga dari pengotor yang menutupinya. Langkah-langkah utama proses pengolahan dimulai dari penghancuran, penggilingan, pengapungan, dan pengeringan. Penghancuran dan penggilingan yang disebut sebagai proses *comminution*. Proses ini bertujuan untuk mengubah bentuk besaran bijih

menjadi ukuran pasir halus guna membebaskan butiran yang mengandung tembaga dan emas.¹⁹

Divisi Concentrating PTFI melibatkan penggunaan B3 pada proses pengolahan bijih mineralnya, yang berfungsi sebagai reagen pada proses pengapungan (*floatasi*). *Floatasi* merupakan teknik penting yang digunakan untuk memisahkan mineral. Teknik ini merupakan proses pemisahan yang digunakan untuk menghasilkan konsentrat tembaga dan emas. Bubur konsentrat (*slurry*) yang terdiri dari bijih yang sudah halus dan air dicampur dengan reagen yang dimasukkan ke dalam serangkaian tangki pengaduk (sel *floatasi*). Reagen yang digunakan diantaranya kapur, pembuih (*frother*) dan kolektor. Metode *floatasi* bekerja karena reagen seperti pengumpul, pembuih, dan depresan.²⁰ Pulp *floatasi* terus-menerus menghasilkan senyawa beracun seperti karbon disulfida (CS₂), yang dapat terakumulasi di pabrik floatasi. Kondisi ini dapat menimbulkan bahaya yang signifikan terhadap K3LK dan lingkungan hidup.²⁰⁻²²

Langkah utama dalam proses pengolahan bijih mineral ini terdiri dari proses penghancuran, penggilingan, pengapungan, dan pengeringan. Perubahan ukuran bijih menjadi partikel halus untuk melepaskan elemen yang mengandung tembaga dan emas diselesaikan dalam langkah penghancuran dan penggilingan akhir. Adapun *floatasi* merupakan proses yang menghasilkan konsentrat tembaga-emas dari bijih yang dihancurkan. Pada proses *floatasi* ini merupakan proses di mana pekerja mengalami pajanan B3 paling banyak. Bubur konsentrat yang terdiri dari bijih yang ditumbuk halus dan air dicampur dengan reagen dimasukkan ke dalam tangki pencampur yang dikenal sebagai sel pengapungan, di mana udara juga dipompa ke dalam bubur. B3 yang digunakan adalah *collector*, *frothers*, dan kapur.

Sebanyak 5 (lima) dari 7 (tujuh) reagen sebagai B3 yang digunakan pada proses produksi bijih mineral memiliki klasifikasi sifat bahaya pada pajanan dermal. Kelima jenis reagen tersebut yaitu AERO® 317 Xanthate, AERO® 7249 Promoter, OREPREP® OTX-140 PTFI Frother, Solutrix 11, dan Lime yang terdapat pada **Tabel 3**. Adapun **Tabel 4** menunjukkan bahwa sebanyak 3 (tiga) dari 5 (lima) reagen tersebut masuk dalam kategori

berisiko tinggi, yaitu AERO® 7249 Promoter, OREPREP® OTX-140 PTFI Frother, dan Lime. Adapun 2 (dua) dari 5 (lima) reagen masuk ke dalam kategori risiko sedang, yaitu AERO® 317 Xanthate, dan Solutrix 11.

Efek kesehatan yang merugikan yang dapat terjadi dari pajanan reagen meliputi iritasi, korosi, dan sensitisasi. AERO® 317 Xanthate atau Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX). Reagen ini digunakan dalam proses pengolahan bijih mineral dalam skala besar dengan bentuk pelet. Pajanan SIBX secara langsung terjadi selama proses pemindahan SIBX dari kantong yang dikirimkan ke tangki untuk dicampur dengan air. Proses pencampuran dilakukan 3 sampai 5 kali dalam seminggu. Setiap proses pencampuran menggunakan empat kantong SIBX dengan berat 850 kg per kantong. Pajanan langsung juga terjadi pada proses pembersihan tangki yang dilakukan sebulan sekali.

OREPREP® OTX-140PTFI Frother juga digunakan dalam skala besar dalam bentuk cair. Reagen ini digunakan dalam volume kurang lebih 18 sampai 20-ton. Pajanan dermal secara langsung dapat terjadi pada saat kegiatan pembukaan katup untuk proses pemindahan reagen. Pemindahan reagen berlangsung dari *iso-tank* ke tanki penyimpanan. Pajanan langsung lainnya terhadap reagen ini terjadi pada saat pelaksanaan prosedur pemeriksaan aliran dalam pipa distribusi dari tanki ke proses produksi yang dilakukan sekitar sebulan sekali.

Frothers yang berfungsi sebagai pembuih dalam proses pengolahan bijih mineral. Proses pembuihan ini ditujukan untuk memisahkan logam berharga yaitu tembaga, emas, dan perak sebagai hasil produksi dengan bahan pengotor. Reagen ini termasuk ke dalam surfaktan organik aktif permukaan heteropolar yang mengandung gugus polar (OH, COOH, CO, OSO₂, dan SO₂OH), dan radikal hidrokarbon yang mampu teradsorpsi dalam antar muka air-udara. Adapun faktor yang perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi tingkat pajanan dermal pada penggunaan reagen dalam jumlah besar ini yaitu bahwa proses pencampuran reagen sebagian besar dilakukan dengan peralatan otomatis di mana hanya ada sedikit interaksi manusia. Selain itu ditemukan juga bahwa dalam kategori durasi memiliki durasi jangka panjang, mengingat reagen yang

digunakan dalam proses *floatasi* digunakan setiap hari.

Pajanan dermal pada pekerja dapat mengakibatkan dampak kesehatan yang merugikan. Pengendalian yang tepat harus digunakan untuk meminimalkan pajanan. Tempat penyimpanan AERO® 317 Xanthate harus disimpan pada ruang yang memiliki ventilasi cukup. Hal ini untuk mencegah penumpukan kelembaban di area penyimpanan. Selain itu penyimpanan reagen ini harus dipisahkan secara memadai dari bahan yang tidak kompatibel, melakukan pemantauan tingkat CS₂ pada area yang diketahui memiliki tingkat pajanan tinggi, seperti di area pencampuran dan penyimpanan, serta semaksimal mungkin menghilangkan keterlibatan orang dalam proses pencampuran.

Rute pajanan bahan kimia ke dalam tubuh melalui dermal yang terjadi merupakan indikasi salah satu dari 3 (tiga) kemungkinan terjadi pajanan. Kemungkinan pertama yaitu bahan kimia dapat bereaksi dengan permukaan dermal dan menyebabkan iritasi awal. Kedua yaitu bahan kimia dapat melakukan penetrasi melalui dermal, berkonjugasi dengan protein, dan menyebabkan sensitasi dermal. Adapun kemungkinan ketiga yaitu bahan kimia dapat melakukan penetrasi pada dermal melalui folikel sebacea. Subsea berupa folikel rambut yang berhubungan langsung dengan kelenjar sebacea, dan menjadi tempat penampungan sebum, lalu memasuki aliran darah dan bertindak sebagai racun sistemik.²⁴

Sebelum terjadi absorpsi pada dermal, sebenarnya dermal merupakan penahan (*barrier*) sebagai perlindungan dari bahan kimia berbahaya yang mengenai dermal. Keringat pun dapat berperan sebagai penahan selain kulit itu sendiri. Beberapa bahan kimia tertentu dapat berdifusi melalui epidermis pada permukaan luar filamen protein dari stratum korneum terhidrasi. Berbeda halnya untuk bahan kimia lain (seperti pelarut nonpolar) secara umum berdifusi melalui lipid antara filamen protein. Ketika dermal terdapat luka, hal ini dapat menjadi rute tambahan ketika kontak dengan bahan kimia.²⁵

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini bahwa sebanyak 5 (lima) reagen sebagai B3 yang digunakan pada proses produksi bijih mineral

di Divisi Concentrating PTFI memiliki tingkat risiko sedang sampai tinggi untuk pajanan dermal. Sebanyak 3 (tiga) masuk dalam kategori berisiko tinggi, yaitu AERO® 7249 Promoter, OREP® OTX-140 PTFI Frother, dan Lime. Adapun 2 (dua) reagen masuk ke dalam kategori risiko sedang, yaitu AERO® 317 Xanthate, dan Solutrix 11. Efek kesehatan yang merugikan yang dapat terjadi dari pajanan reagen meliputi iritasi, korosi, dan sensitisasi.

AERO® 317 Xanthate atau Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX). Reagen ini digunakan dalam proses pengolahan bijih mineral dalam skala besar dengan bentuk pelet. Pajanan SIBX secara langsung terjadi selama proses pemindahan SIBX dari kantong yang dikirimkan ke tangki untuk dicampur dengan air. Proses pencampuran dilakukan 3 sampai 5 kali dalam seminggu. Setiap proses pencampuran menggunakan empat kantong SIBX dengan berat 850 kg per kantong. Pajanan langsung juga terjadi pada proses pembersihan tangki yang dilakukan sebulan sekali. Reagen yang digunakan dalam proses pengolahan bijih mineral pada industri tambang digunakan dalam skala besar. Hal ini dapat menyebabkan risiko pajanan B3 yang cukup signifikan khususnya melalui rute pajanan dermal. Aktivitas dan lingkungan kerja yang dilakukan oleh pekerja dinilai dapat diterima, karena dikendalikan dengan pemantauan lingkungan kerja. Walaupun demikian, pengendalian harus diterapkan dalam upaya menjaga K3LK harus ditingkatkan untuk meminimalkan pajanan dermal.

Beberapa rekomendasi dalam upaya pengendalian dapat dilakukan sesuai dengan urutan hirarki pengendalian. Pengendalian pertama yang dapat dilakukan yaitu melakukan rekayasa (*engineering control*). Rekayasa tersebut berupa modifikasi *hopper* pada tanki dipadukan dengan mesin pemotong kantong otomatis. Mesin pemotong tersebut memiliki tujuan agar pekerja tidak perlu kontak dermal dengan kantong kemasan reagen. Selain itu, pengendalian selanjutnya yaitu administrasi (*administration control*).

Pengendalian administrasi yang dapat dipertimbangkan untuk dilakukan berupa pelatihan. Jenis pelatihan ini mencakup pelatihan komunikasi bahaya B3 (*hazard communication/hazcom*), dan implementasi GHS untuk simbol dan pelabelan reagen. Pengendalian administrasi lain yang harus

dilakukan yaitu dengan memastikan pelaksanaan pekerjaan selalu sesuai SOP. Hal tersebut dapat berupa memastikan kegiatan pembersihan peralatan dengan benar setelah proses pencampuran maupun penggunaan reagen. Hal lain yaitu memastikan terkait penyimpanan reagen dengan jumlah seminimal mungkin dalam ruangan penyimpanan (*storage area*).

Hirarki pengendalian terakhir yang harus dilakukan yaitu penggunaan alat pelindung diri (APD). Penggunaan APD ini sangat penting dilakukan untuk meminimalkan pajanan. APD wajib dipakai dan dipastikan setiap sebelum dan pada saat pekerja melakukan pekerjaan. APD wajib tersebut terdiri atas respirator, kacamata (*safety glasses*), dan pakaian pelindung yang sesuai termasuk *coverall*, sarung tangan, *safety shoes*, *helm* pengaman yang sesuai. Apabila diperlukan dapat menggunakan APD tambahan lain seperti *hair net* sebelum menggunakan helm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih terutama kepada rekan-rekan di Departemen HSE Divisi Concentrating PTFI. Ucapan terima kasih pun ditujukan kepada Manajemen Divisi Concentrating PTFI yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, penulis juga ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Utembe W, Faustman EM, Matatiele P, Gulumian M. (2015). Hazards identified and the need for health risk assessment in the South African mining industry. *Human and Experimental Toxicology*, 34(12): 1212-1221.
2. Obiri S, Yeboah PO, Osa S, Adu-Kumi S, Cobbina SJ, Armah FA, Ason B, Antwi E, Quansah R. (2016). Human health risk assessment of artisanal miners exposed to toxic chemicals in water and sediments in the presteahuni Valley district of Ghana. *International Journal of Environment Research and Public Health*. 13(139).
3. International Labour Organization (ILO). *XIX World Congress on Safety and Health at Work*. Training. 2011. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_162662.pdf
4. Takala J, Hämäläinen P, Saarela KL, Yun LY, Manickam K, Jin TW, Heng P, Tjong C, Kheng LG, Lim S, Lin S. (2014). Global estimates of the burden of injury and illness at work in 2012. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(5): 326-337.
5. Chen H, Feng Q, Long R, Qi H. (2013). Focusing on coal miners' occupational disease issues: A comparative analysis between China and the United States. *Safety Science*, 51(1): 217-222.
6. Mine Safety and Health Administration (MSHA). *Data & Reports-Mine Safety and Health Administration (MSHA)*. <https://www.msha.gov/data-reports>.
7. Scott DF, Merritt EM, Miller AL, Drake PL. (2009). Chemical-related injuries and illnesses in U.S. mining. *Mining Engineering*, 61(7): 41-46.
8. International Council on Mining and Metals. (2016). *Good Practice Guidance on Occupational Health Risk Assessment*. 1-68.
9. Hollcroft B, Lyon BK. (2016). Risk Assessment Fundamentals. In G. Popov, B.K. Lyon, & B. Hollcroft (Ed.). *Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, pp. 49-66.
10. Susanto A, Mulyono NB. (2018). Risk Assessment Method for Identification of Environmental Aspects and Impacts at Ore Processing Industry in Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 19(2): 72-80.
11. Malaysia Department of Occupational Safety and Health (DOSH). (2018). *A manual of recommended practices on assessment of the health risks arising from the use of chemicals hazardous to health in workplace*. Third Ed., Department of Occupational Safety and Health, Ministry of Human Resources: Malaysia.

12. Taheri E, Mollabahrani F, Farokhzad M, Ghasemi F, Assari MJ. (2019). Risk Assessment in Academic Laboratories in The West of Iran: compare the CHRA and the RSLs methods. *International Journal of Environmental Research*, 30(2): 198-211.
13. Gharibi V, Barkhordari A, Jahangiri M, Eyvazlou M, Dehghani F. Semi-Quantitative Risk Assessment of Occupational Exposure to Hazardous Chemicals in Health Center Laboratories (Case Study). *Shiraz E-Medical Journal*, 20(10): e86764.
14. Haleem AM. (2020). Semi-Quantitative Risk Assessment in the Chemical Stores of the University of Technology, Baghdad, Iraq. *Engineering and Technology Journal*, Part B. 38(03): 204-211.
15. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2009). Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB)-A Literature Review and Critical Analysis. (DHHS/NIOSH Publication No. 2009-152), US Department of Health and Human services/National Institute for Occupational Safety and Health: Cincinnati, OH, USA.
16. Yari S, Asadi AF, Varmazyar S. (2016). Assessment of Semi-Quantitative Health Risks of Exposure to Harmful Chemical Agents in the Context of Carcinogenesis in the Latex Glove Manufacturing Industry. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 17(S3): 205-211.
17. Tian F, Zhang M, Zhou L, Zou H, Wang A, Hao M. (2018). Qualitative and quantitative differences between common occupational health risk assessment models in typical industries. *Journal of Occupational Health*, 60(5): 337-347.
18. United Nations (UN). (2021). Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS). Ninth revision edition, New York, United States of America.
19. PT Freeport Indonesia (PTFI). (2018). Pabrik Pengolahan Bijih. <https://ptfi.co.id/id/ore-processing-plant>
20. Susanto A, Tejamaya M, Wulan RN, Putro EK. (2020). Chemical Health Risk Assessment (CHRA) in a Wet Assay and Fire Assay Laboratory (WAFAL). *Acta Scientific Medical Science*, 4(10): 91-101.
21. Langa NTN, Adeleke AA, Mendonidis P, Thubakgale CK. (2014). Evaluation of sodium isobutyl xanthate as a collector in the froth flotation of a carbonatitic copper ore. *International Journal of Industrial Chemistry*, 5(3-4): 107-110.
22. Bulatovic SM. (2007). *Chemistry, Theory and Practice: Flotation of Sulfide Ores*. Handbook of Flotation Reagents, p. 127–149.
23. Shen Y, Nagaraj DR, Farinato R, Somasundaran P. (2016). Study of xanthate decomposition in aqueous solutions. *Minerals Engineering*, 93: 10–5. Online: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.04.004> (Diakses pada 8 Desember 2022).
24. Furr AK. (2000). Laboratory Operations. *Handbook of Laboratory Safety*. Boca Raton: CRC Press.
25. Patnaik P. (2008). *A Comprehensive Guide To The Hazardous Properties of Chemical Substances* (3rd Ed.). New Jersey: John Wiley And Sons, Inc.