



Pengendalian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada Eksploitasi dan *Fine Gold Refinery Process* (99,00%) di Koperasi Tombang Tujuh Loge, Riau

Nana Sugiono¹, Roberta Zulfhi Surya^{2✉}, Marulan Andivas¹, Alpiyandri³

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Balikpapan, Kalimantan Timur

⁽²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

⁽³⁾Ketua Koperasi Tombang Tujuh Loge

DOI: [10.31004/jutin.v8i2.43208](https://doi.org/10.31004/jutin.v8i2.43208)

✉ Corresponding author:

[\[roberta@upiyptk.ac.id\]](mailto:roberta@upiyptk.ac.id)

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: FMEA; Eksploitasi; PESK; Pemurnian; K3</p>	<p>Koperasi Tombang Tujuh Loge bergerak pada bidang Pertambangan Emas Skala Kecil dan memproduksi Fine Gold. Pada Eksploitasi dan Fine Gold Refinery Process melibatkan interaksi pekerja dengan peralatan dan lingkungan secara langsung dengan situasi produksi yang cukup memiliki risiko keselamatan yang tinggi. Penelitian bertujuan mengidentifikasi jenis atau sumber bahaya, mengetahui nilai risiko tinggi, dan tindakan pengendalian risiko yang sesuai. Metode yang digunakan yaitu <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) untuk mengidentifikasi kegagalan dari fasilitas, sistem, ataupun peralatan yang berdampak pada kecelakaan kerja. Hasil penelitian menunjukkan Resiko tertinggi yaitu pada bahaya Longsor pada Mining Site (RPN: 120) dan Paparan Kimia berbahaya pada aktivitas <i>Fine Gold Refinery Process</i> (RPN:112). Hasil pengolahan data menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) memberikan rekomendasi yaitu (1) Sistem Deteksi Dini longsor; (2) Incinerator; dan (3) Penggunaan Alat Pelindung Diri.</p>
<p>Keywords: FMEA; Exploitation; ASGM; Fine gold refinery; OHSAS</p>	<p>Abstract</p> <p><i>Tombang Tujuh Loge ASGM Cooperative operates in the field of Artisanal small-scale gold mining (ASGM) and produces fine gold. The Exploitation and Fine Gold Refinery Process involves direct interaction of workers with equipment and the environment in a production situation that has quite a high safety risk. The research aims to identify the type or source of danger, determine the high-risk value, and take appropriate risk control measures. The method used is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to identify failures in facilities, systems, or equipment that have an impact on work accidents. The research results show that the highest risk is the</i></p>

danger of landslides at mining sites (RPN: 120) and exposure to dangerous chemicals in Fine Gold Refinery Process activities (RPN: 112). The results of data processing using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) provide recommendations, namely (1) Landslide Early Detection System; (2) Incinerator; and (3) Use of Personal Protective Equipment.

1. PENDAHULUAN

Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) adalah salah satu alternatif mata pencaharian Masyarakat dimana lebih dari 20.000.000 jiwa menggantungkan hidup pada sektor ini dan berkontribusi 17 – 20 % produksi emas dunia (Environment Programme, 2023). PESK mengeksploitasi material dan mengolah emas menggunakan metode sederhana dan biaya rendah, yaitu menggunakan Dulang dan amalgamasi Merkuri dimana membutuhkan $1,14 \text{ g} \pm 0,67 \text{ g}$ merkuri untuk 1 g emas dimana sebesar 10,59% dari Merkuri sisa proses amalgamasi akan mencemari lingkungan yang akan berdampak pada kesehatan Masyarakat, Berdasarkan penelitian Surya (2022) pelepasan Merkuri ke udara pada proses pemurnian mencapai $1,32 \text{ g} \pm 1,3 \text{ g}$ (Surya et al., 2022). Republik Indonesia meratifikasi Konvensi Minamata melalui Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2017 tentang Pengesahan Minamata Convention on Mercury (Konvensi Minamata Mengenai Merkuri) dimana Indonesia berkomitmen untuk mengurangi dan menghapuskan Merkuri yaitu pada sektor Kesehatan, Industri dan PESK (Insiani, 2020).

Secara keilmuan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) memiliki pengertian sebagai upaya ilmu pengetahuan dan penerapan dalam pencegahan terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat pekerjaan dan lingkungan kerja (Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik Dan Pengawasan Pertambangan Mineral Dan Batubara, 2018). Resiko K3 juga terdapat pada aktivitas kerja di PESK. Yaitu pada aktivitas eksploitasi dan *fine gold refinery process* (99,00%) seperti paparan zat kimia berbahaya, resiko tertimpa longsor dan api suhu ekstra tinggi. Motivasi dilakukan penelitian ini yaitu untuk mendukung Koperasi Tombang Tujuh Loge dalam mematuhi Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 tahun 1970 mengenai keselamatan kerja mengatur bahwa tenaga kerja memiliki hak untuk memperoleh perlindungan atas keselamatan selama melakukan pekerjaan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja, 1970). Berdasarkan informasi yang diperoleh terdapat potensi *Unsafe activity* yaitu:

1. Resiko suhu ekstra tinggi (mencapai 1.300°C)
2. Paparan Zat Kimia yang berbahaya yaitu Asam Nitrat (HNO_3), Asam Clorida (HCl), debu, asap dan uap yang mengandung bahan kimia anorganik timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd).
3. Paparan Merkuri, meskipun Koperasi Tombang Tujuh Loge telah menjalankan Free Mercury Gold Processing, namun akibat akumulasi proses amalgamasi yang telah berlangsung bertahun – tahun membuat Merkuri telah terlepas di alam bebas (Surya et al., 2022)
4. Paparan Cahaya intensitas tinggi bersumber dari pembakaran

Sedangkan Potensi bahaya pada aktivitas eksploitasi adalah

1. Paparan Kebisingan yang bersumber dari suara mesin
2. Potensi bahaya reruntuhan material, benturan dan gesekan benda berat, kasar maupun tajam

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa potensi bahaya K3 sehingga mengganggu aktivitas *fine gold refinery process* (99,00%) dan dilanjutkan dengan memberikan rekomendasi terkait fasilitas kerja yang dapat menghindarkan operator dari berbagai bahaya resiko K3 yaitu bahaya longsor, paparan kimia berbahaya, ancaman bahaya longsor dan resiko fisika seperti panas ekstra tinggi.

2. METODE

Penelitian dilakukan dengan cara observasi langsung terhadap aktivitas Eksploitasi dan *Fine Gold Refinery* untuk memahami dan menjelaskan fenomena keselamatan dan kesehatan kerja. Untuk menganalisis resiko bahaya K3, digunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). FMEA adalah sebuah metode digunakan untuk menganalisis kegagalan dan dampak kegagalan sistematis untuk meningkatkan keamanan dan keandalan dari sistem ataupun proses (Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik Dan Pengawasan Pertambangan Mineral Dan Batubara, 2018). FMEA mengidentifikasi potensi kegagalan, dampak kegagalan dan risiko dari suatu proses yang dapat terjadi dengan menggunakan nilai

Risk Priority Number (RPN). RPN memberikan cara mudah untuk menilai risiko dan membantu mengembangkan rencana mitigasi risiko dari perusahaan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja, 1970). Formulasi FMEA yaitu:

$$RPN = S.O.D$$

Keterangan:

- S = *Severity* (tingkat keparahan)
- O = *Occurrence* (tingkat kejadian)
- D = *Detection* (Deteksi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil FMEA

Penelitian ini melakukan proses penilaian risiko dengan harapan keluaran masukkan pengendalian risiko pada Koperasi Tombang Tujuh Loge. Proses analisis penilaian risiko menggunakan metode FMEA akan berdasarkan pada tiga aspek penilaian yakni dampak risiko (*severity*), tingkat frekuensi kejadian (*occurrence*) dan deteksi risiko (*detection*). Aspek tersebut akan dihitung totalnya berdasarkan perkalian untuk menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN). *Risk Priority Number* akan menjadi dasar dalam penentuan level risiko. Berikut merupakan hasil dari perhitungan FMEA dengan perhitungan yang telah direkapitulasi.

Table 1 Rekapitulasi Perhitungan RPN dan Kategori

Stasiun Kerja	Aktivitas	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	RPN	Sumber bahaya
Mining Site	Eksplorasi	Longsor	Kematian beberapa Individu	120	Mekanis
		Bising bunyi mesin	Cidera indra pendengaran	64	Mekanis
		tertimpa material	luka/cidera	98	Fisik
Mobileplan	Fine gold refinery	paparan zat kimia	gangguan kesehatan	112	Kimia
		paparan cahaya	sakit kepala	42	Fisik
		paparan suhu tinggi	luka bakar	40	Fisik

Diketahui terdapat 6 jenis bahaya dari 2 stasiun kerja proses eksploitasi dan *fine gold refinery process* yang bersumber dari bahaya Kimia, Mekanis dan Fisik. Resiko tertinggi yaitu pada bahaya Longsor pada Mining Site (RPN: 120) dan Paparan Kimia berbahaya pada aktivitas *Fine Gold Refinery Process* (RPN:112). Hasil pengolahan data menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) memberikan rekomendasi yaitu:

1. Sistem Deteksi Dini longsor
2. Incinerator
3. Alat Pelindung Diri

Sistem Deteksi Dini dari Longsor

Keselamatan Kerja harus menjadi prioritas utama karena aktivitas Pertambangan memiliki potensi bahaya dan risiko tinggi. Pelaksanaan Pengelolaan Keselamatan Pertambangan mengacu pada Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara (Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik Dan Pengawasan Pertambangan Mineral Dan Batubara, 2018). Oleh karena itu, Aktivitas Eksploitasi Pertambangan Emas skala kecil pada endapan alluvial sangat rentan terjadi tanah longsor atau longsor tebing (*land slide*), untuk menghindari longsor tebing yang membahayakan Pekerja. Secara tradisional PESK di Logas memiliki cara yang unik yaitu pada bagian atas tebing (*top soil*) ditugaskan pekerja untuk mengarahkan tembakan air tekanan tinggi untuk diruntuhkan sehingga terbentuk pola terasering (undak) yang aman dari ancaman longsor. Selain itu, petugas di *top soil* juga mendeteksi potensi longsor, mendeteksi retakan tanah dan mengikis tebing sedikit demi sedikit menggunakan Tembangan tanah liat. Pekerja mendeteksi retakan tanah dan potensi longsor secara visual dan intuisi untuk menjamin keselamatan pekerja terhindar dari bahaya longsor. Berikut cara yang diterapkan dalam deteksi dini ancaman longsor pada eksploitasi PESK endapan Alluvial di Logas.



Gambar 1 deteksi dini acaman longsor pada eksploitasi PESK endapan Alluvial di Logas.

Modified Incinerator

Incinerator adalah alat pembakar limbah padat yang digunakan untuk membakar sampah, limbah medis, dan limbah infeksi. Pada aplikasi ini, sistem kerja Incinerator di adopsi untuk proses *fine gold refinery process* yaitu untuk menghindari pelepasan zat kimia berbahaya ke udara. Cara kerjanya adalah:

1. Emas hasil tambang dibakar ditungku pembakaran dalam suhu 1300°C . untuk memudahkan proses pembakaran, titik leleh emas diturunkan dengan campuran boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dan Asam Nitrat HNO_3
2. Uap dan asap yang mengandung boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Asam Nitrat (HNO_3), Asam Clorida (HCl), debu, asap dan uap yang mengandung bahan kimia anorganik timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) dihisap menggunakan blower dialirkan ke air bersih (H_2O)
3. Zat kimia berbahaya terfilter di Air (H_2O)
4. Udara bersih dilepaskan ke udara



Figure 2 Insinerator yang digunakan pada Fine Gold Refinery

*) Incinerator dibuatkan oleh Yayasan Tambuhak Sinta dan GOLD ISMIA Project

Alat Pelindung Diri

Pemerintah melalui Kementerian Ketenagakerjaan juga telah mengeluarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Indonesia No. Per.08/Men/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri (APD) (Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik Dan Pengawasan Pertambangan Mineral Dan Batubara, 2018). Permasalahan yang terjadi pada Pertambangan Emas Skala Kecil adalah para penambang belum terbiasa menggunakan APD secara lengkap, sementara itu Penambang harus menghadapi resiko dan potensi bahaya disekitarnya seperti reruntuhan baru, pemurnian Emas menggunakan suhu ekstra tinggi, bahan kimia Asam Nitrat (HNO_3), Asam Clorida (HCl), debu, asap dan uap yang mengandung bahan kimia anorganik timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) yang mungkin bersifat karsinogenik yang terjadi selama produksi Emas (Basri, Riamila, 2023). Untuk menghindari potensi bahaya serta merujuk pada

Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Indonesia No. Per.08/Men/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri (APD), Dengan Demikian Koperasi Tombang Tujuh Loge di Logas mewajibkan Operator menggunakan APD ketika eksploitasi yaitu:

1. Helm Keselamatan

Kepala sangat rentan terkena reruntuhan batu dan benda keras lainnya, sehingga helm dipakai untuk melindungi kepala supaya tidak terkena benturan. Pada aktivitas Pertambangan Rakyat, Helm wajib dipakai terutama pada proses *Sluice Box Teknik Dompeng* yang mengandung potensi bahaya reruntuhan batu dan longsor.

2. Sepatu Keselamatan

Alat keselamatan kerja Sepatu *Safety*, berbeda dengan sepatu lain, sepatu untuk para pekerja tambang dibuat dari bahan khusus untuk mencegah kerusakan akibat bersentuhan dengan material tambang. Biasanya, sepatu ini dibuat dari bahan kulit atau karet khusus yang dilengkapi lapisan metal. Bahan ini lebih awet dan bahkan bisa menjaga kaki dari gesekan dengan benda kasar, reruntuhan serta tumpahan bahan kimia.

3. Alat Pengaman Telinga

Area pertambangan Emas skala kecil sangat bising karena suara mesin penggerak centrifugal pump. Telinga perlu dijaga dengan alat khusus untuk mencegah pecahnya gendang telinga. Apalagi, jika harus bekerja pada tekanan udara tinggi maka risiko pecahnya gendang telinga tinggi. Selain itu, alat ini berguna untuk menjaga lubang telinga tidak dimasuki oleh partikel asing karena area pertambangan rentang dengan banyak partikel kecil terbang di sekitar.

4. Sarung Tangan

Alat terakhir adalah sarung tangan. Kawasan tambang adalah kawasan dengan banyak material kasar, api, bahan kimia dan arus listrik.



Figure 3 Alat Pelindung Diri dan Sistem Insentifator yang diaplikasikan di Koperasi Tombang Tujuh Loge

Koperasi Tombang Tujuh Loge di Logas mewajibkan Operator menggunakan APD ketika *fine gold refinery* yaitu:

1. Masker

fine gold refinery mewajibkan operator menggunakan masker untuk menghindari dari paparan zat Kimia yang berbahaya yaitu Asam Nitrat (HNO_3), Asam Clorida (HCl), debu, asap dan uap yang mengandung bahan kimia anorganik timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd).

2. Sarung Tangan

Alat terakhir adalah sarung tangan. Kawasan tambang adalah kawasan dengan banyak material kasar, api, bahan kimia dan arus listrik.

3. Kacamata Keselamatan

Alat ini berfungsi melindungi mata dari berbagai partikel maupun radiasi gelombang elektromagnetik. Bahkan, kacamata ini juga berfungsi untuk menjaga mata pekerja dari uap panas hingga percikan bahan kimia.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan Resiko tertinggi yaitu pada bahaya Longsor pada Mining Site (RPN: 120) dan Paparan Kimia berbahaya pada aktivitas *Fine Gold Refinery Process* (RPN:112). Hasil pengolahan data menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) memberikan rekomendasi yaitu (1) Sistem Deteksi Dini longsor; (2) Incinerator; dan (3) Penggunaan Alat Pelindung Diri.

5. REFERENSI

- Basri, Riamila, H. A. T. (2023). Perilaku Penggunaan Alat Pelindung Diri pada Pengrajin Emas Skala Rumah Tangga: Studi Kasus pada Komunitas Rappokalling. *The Indonesian Journal of Health Promotion*, 6(1). <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/MPPKI/article/view/3169/2553>
- Environment Programme, U. N. (2023). *Ending the toxic trail of small-scale gold mining*. 15 Feb 2023. <https://www.unep.org/globalmercurypartnership/news/story/ending-toxic-trail-small-scale-gold-mining>
- Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara, (2018).
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, (1970).
- Insiani, Y. (2020). *Teknologi Pengelolaan Emas Pada Pertambangan Emas Skala Kecil Di Indonesia*. 1–17. www.goldismia.org
- Surya, R. Z., Alpiyandri, & Qurthuby, M. (2022). Identifikasi Penggunaan Merkuri (Rasio Hg:Au) pada Proses Amalgamasi pada Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) di Logas, Kuantan Singingi, Riau. *Surya Teknika*, 9(2). <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST/article/view/4312>