

## ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN: PAJANAN TIMBAL PADA PEKERJA PENGECATAN DI PT X

Dhia Anindita Kamilah<sup>1\*</sup>, Muhammad Farid Dimjati Lusno<sup>2</sup>

Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga<sup>1,2</sup>

\*Corresponding Author : dhia.anindita.kamilah-2021@fkm.unair.ac.id

### ABSTRAK

Paparan timbal (Pb) di lingkungan kerja, khususnya pada proses pengecatan kendaraan bermotor, menjadi isu kesehatan yang penting karena sifat toksik dan bioakumulatifnya. PT X, sebagai perusahaan manufaktur kendaraan roda dua, memiliki area pengecatan yang berpotensi menghasilkan paparan timbal melalui jalur inhalasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan akibat paparan timbal pada pekerja produksi unit pengecatan di PT X dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Penelitian ini merupakan studi deskriptif dengan rancangan *cross-sectional* yang dilakukan pada Oktober–Desember 2024 terhadap 55 pekerja berjenis kelamin laki-laki. Data diperoleh melalui pengukuran kadar timbal (Pb) di udara dan karakteristik individu pekerja, seperti berat badan, durasi dan frekuensi pajanan. Konsentrasi timbal (Pb) yang terukur sebesar 0.003 mg/m<sup>3</sup> dan masih berada di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) menurut Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. Namun, hasil perhitungan *Risk Quotient* (RQ) menunjukkan bahwa sebagian pekerja memiliki nilai RQ > 1, yang mengindikasikan risiko kesehatan non karsinogenik akibat paparan kronis meski termasuk dalam kategori rendah. Faktor seperti durasi kerja yang panjang dan berat badan menjadi penentu utama besarnya nilai RQ. Temuan ini menunjukkan pentingnya pengelolaan risiko melalui upaya teknis, administratif, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) terbukti menjadi pendekatan yang efektif untuk mengidentifikasi risiko kesehatan akibat logam berat di industri, serta memberikan dasar ilmiah dalam perumusan kebijakan pencegahan dan perlindungan pekerja.

**Kata kunci** : analisis risiko kesehatan lingkungan, paparan timbal, pekerja pengecatan

### ABSTRACT

Lead (Pb) exposure in the workplace, particularly in the motor vehicle painting process, is a significant health concern due to its toxic and bioaccumulative properties. This study aims to analyze the health risks associated with lead exposure among production workers in the painting unit at PT X using the Environmental Health Risk Assessment (EHRA) approach. This research is a descriptive study with a cross-sectional design conducted from October to December 2024 involving 55 male workers. Data were obtained through measurements of airborne lead (Pb) concentrations and individual worker characteristics, such as body weight, exposure duration, and frequency. The measured lead concentration was 0.003 mg/m<sup>3</sup>, which remains below the Threshold Limit Value (TLV) as regulated in the Minister of Manpower Regulation No. 5 of 2018 concerning Occupational Safety and Health in the Work Environment. However, the Risk Quotient (RQ) calculation showed that some workers had RQ values greater than 1, indicating a non-carcinogenic health risk due to chronic exposure, even at low levels. Factors such as long working duration and body weight were the main determinants of higher RQ values. These findings underscore the importance of risk management through technical and administrative measures, as well as the use of Personal Protective Equipment (PPE). Environmental Health Risk Assessment (EHRA) has proven to be an effective approach for identifying health risks from heavy metals in industrial settings and provides a scientific foundation for the development of worker protection and prevention policies.

**Keywords** : lead exposure, environmental health risk assessment, painting workers

### PENDAHULUAN

PT X merupakan salah satu perusahaan manufaktur terkemuka di Indonesia yang bergerak dalam bidang produksi kendaraan roda dua. Pada proses produksinya, tahap pengecatan rangka

dan bodi kendaraan menjadi salah satu bagian kritis yang melibatkan penggunaan bahan kimia. Timbal (Pb) ditemukan dalam cat khususnya pada lapisan-lapisan yang dirancang untuk menawarkan ketahanan dan daya tahan lebih tinggi. Meski demikian, keberadaan timbal ini menjadi perhatian serius mengingat sifat toksiknya yang berpotensi merusak sistem saraf (Lestari & Djajaningrat, 2021). Timbal (Pb) adalah logam berat alami yang banyak diaplikasikan dalam industri. Paparan timbal (Pb) dapat terjadi melalui beberapa jalur, antara lain inhalasi (saluran pernapasan), oral (saluran pencernaan), dan dermal (kontak kulit). Melalui inhalasi, timbal akan terserap ke dalam aliran darah dan terdistribusi ke berbagai organ tubuh, kemudian terakumulasi dalam darah (Candra et al., 2016). Efek kesehatan dari paparan timbal (Pb) ini beragam, mulai dari gejala ringan seperti lemas, penurunan nafsu makan, gemetar, hingga gangguan berat seperti hipertensi akibat disfungsi ginjal (Putri & Idayani, 2021). Timbal juga diketahui mengganggu fungsi organ yang bergantung pada kalsium, seperti tulang dan sistem saraf (Lasiyo & Ramdhan, 2024).

Sifat kumulatif timbal (Pb) menjadikannya berbahaya karena dapat terakumulasi dalam tubuh meskipun paparannya rendah. Di area kerja, paparan utama terjadi melalui inhalasi partikel atau uap timbal (Pb) selama proses pengecatan. Pekerja yang berinteraksi dengan material yang mengandung timbal (Pb) menunjukkan peningkatan kadar timbal dalam darah dan berisiko untuk mengalami anemia (Syahrir et al., 2021). Selain itu, dampak yang dirasakan pekerja antara lain meliputi gejala gastrointestinal, nyeri abdomen, hingga kerusakan sistem saraf, ginjal, reproduksi, dan penurunan kognitif. Timbal (Pb) dapat merusak sistem pencernaan dan menyebabkan gejala gastrointestinal, termasuk sakit perut dan mual (Rhani Wijayanti & Purwati, 2022). Dampak serius lainnya dari paparan timbal (Pb) adalah kerusakan pada sistem saraf. Timbal (Pb) telah diidentifikasi sebagai neurotoksin yang berpotensi menyebabkan penurunan kognitif (Lasiyo & Ramdhan, 2024). Kerusakan ginjal juga merupakan efek samping signifikan dari paparan timbal (Pb). Kadar timbal (Pb) dalam darah dapat merusak fungsi ginjal dan mengurangi kemampuan ginjal untuk menyaring racun (Syahrir et al., 2021). Dalam jangka panjang, kerusakan ginjal dapat berujung pada penyakit ginjal kronis, memerlukan intervensi medis lebih lanjut. Pada sistem reproduksi, paparan timbal (Pb) dapat menyebabkan berbagai masalah, termasuk penurunan kesuburan dan gangguan hormonal. Kadar timbal (Pb) yang tinggi dalam tubuh dapat mempengaruhi jumlah sperma serta kualitas sel telur, yang berdampak langsung terhadap potensi reproduksi individu (Lasiyo & Ramdhan, 2024).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dampak paparan timbal (Pb) di lingkungan kerja bisa terjadi meskipun kadar timbal (Pb) di udara masih berada dalam batas aman. Penelitian di industri karoseri bus di Semarang menemukan bahwa sebagian besar pekerja memiliki kadar timbal (Pb) dalam darah yang melebihi ambang batas normal (Selviastuti et al., 2016). Temuan serupa di lokasi yang sama menunjukkan 85.3% pekerja pengecatan memiliki kadar timbal (Pb) dalam darah tinggi walau kadar udara masih aman (Kasanah et al., 2016). Selain itu, penelitian di Makassar menunjukkan adanya risiko gangguan kesehatan non-karsinogenik akibat paparan timbal meskipun konsentrasi timbal (Pb) di udara tidak melebihi batas aman (Ervianti et al., 2021).

Untuk mengelola risiko paparan bahan kimia berbahaya, diperlukan pendekatan sistematis seperti Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) memiliki peranan penting dalam penilaian dan mitigasi risiko yang dihadapi masyarakat akibat paparan berbagai polutan yang ada di lingkungan. ARKL memberikan dasar yang kuat untuk memahami hubungan antara paparan bahan berbahaya dengan dampaknya terhadap kesehatan, sehingga sangat diperlukan dalam kebijakan kesehatan masyarakat dan pengelolaan lingkungan (Sani & Ellyke, 2023). Melalui pendekatan ini, dapat diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kesehatan masyarakat serta menentukan tindakan yang tepat untuk mengurangi risiko tersebut. Metode ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya

polutan, menilai dampaknya pada populasi terpapar, dan merumuskan langkah pencegahan (Sani & Ellyke, 2023). Penilaian risiko mempertimbangkan durasi, frekuensi paparan, dan tingkat keparahan dampak kesehatan (Soemirat, 2013). Sayangnya, di Indonesia, ARKL belum banyak diadopsi dalam kajian lingkungan (Wahyuningsih & Nurhidayah, 2023).

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) di industri sangat penting sebagai alat untuk menilai dan memitigasi potensi dampak negatif yang ditimbulkan oleh aktivitas industri terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. ARKL berfungsi untuk mengidentifikasi bagaimana polutan yang dihasilkan dari proses industri dapat memengaruhi kesehatan pekerja dan masyarakat di sekitarnya, serta untuk merancang strategi pengendalian yang efektif. Salah satu aspek krusial dari ARKL adalah kemampuannya untuk mengevaluasi potensi risiko akibat eksposur terhadap bahan berbahaya, seperti logam berat, yang sering kali dihasilkan dari proses industri. Pada industri pengecatan, ARKL dapat diaplikasikan untuk menilai risiko kesehatan pekerja akibat paparan timbal (Pb) melalui inhalasi. Namun, hingga kini belum ada penelitian ARKL terkait paparan timbal di unit pengecatan PT X. Padahal, analisis ini krusial untuk mengukur tingkat paparan, dampak kesehatan, dan merancang rekomendasi mitigasi.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi risiko kesehatan pekerja akibat paparan timbal (Pb) di PT X menggunakan pendekatan ARKL, sekaligus menyusun strategi pengendalian untuk meminimalkan dampak jangka panjang.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di unit pengecatan di PT X selama periode Oktober-Desember 2024. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan rancangan *cross sectional* yang menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), yang terdiri atas enam tahapan yaitu meliputi identifikasi bahaya, analisis dosis-respons, analisis pajanan, karakterisasi risiko, pengelolaan risiko, dan komunikasi risiko. Pengambilan sampel kadar timbal (Pb) dilaksanakan oleh tim ahli. Populasi penelitian terdiri dari 55 pekerja berjenis kelamin laki-laki di unit pengecatan. Tujuan utama penelitian adalah menghitung risiko kesehatan pernapasan akibat paparan timbal (Pb) melalui perhitungan *Risk Quotient* (RQ) sebagai variabel dependen. Variabel independen meliputi berat badan pekerja, konsentrasi timbal (Pb), durasi paparan, frekuensi kontak, dan waktu pajanan. Perhitungan ARKL menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Risk Quotient (RQ)} = \frac{Ink}{RfC}$$

Keterangan:

Ink : Asupan (*Intake*) dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg hari)

RfC : Dosis atau konsentrasi referensi melalui inhalasi (mg/kg hari)

RQ digunakan sebagai indikator risiko non-karsinogenik, dimana nilai  $RQ \leq 1$  menunjukkan tingkat aman, sedangkan  $RQ > 1$  mengindikasikan risiko tidak aman. Perhitungan nilai asupan timbal (Pb) non-karsinogenik menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ink = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times Tavg}$$

Keterangan:

Ink : Asupan (*Intake*) (mg/kg hari)

C : Konsentrasi agen risiko (mg/m<sup>3</sup>)

R : Laju inhalasi (m<sup>3</sup>/jam). Standar US-EPA orang dewasa adalah 0.83 m<sup>3</sup>/jam

tE : Waktu pajanan harian (jam/hari)

fE : Frekuensi pajanan (hari/tahun)

- Dt : Durasi pajanan  
 Wb : Berat badan responden (kg)  
 Tav<sub>g</sub> : Rata-rata jangka waktu untuk non-karsinogenik (Dt x 365 hari/tahun)

## HASIL

### Konsentrasi Timbal

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi Timbal (Pb)**

Variabel	Pengukuran Timbal (Pb)	Satuan
Timbal (Pb)	0.003	mg/m <sup>3</sup>
Suhu	31.5	°C
Kelembapan	66.2	%

Data pada tabel 1, mengungkapkan kadar timbal (Pb) sebesar 0.003 mg/m<sup>3</sup>, angka yang masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) menurut Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (Menteri Ketenagakerjaan RI, 2018). Faktor meteorologi dalam studi ini hanya mencakup suhu (31.5°C) dan kelembapan (66.2%) karena keduanya berpengaruh terhadap stabilitas dan distribusi partikel Pb di udara dalam ruang unit pengecatan.

### Karakteristik Pekerja

**Tabel 2. Karakteristik Pekerja**

Karakteristik	Mean	Median	Min - Maks
Berat badan	74.25 kg	74.81 kg	55.82 kg - 93.80 kg
Waktu pajanan harian	7.18 jam/hari	7 jam/hari	6 jam/hari – 8 jam/hari
Durasi pajanan	9.49 tahun	5.14 tahun	0.61 tahun - 29.67 tahun
Frekuensi pajanan			241 hari/tahun
Laju inhalasi			0.83 m <sup>3</sup> /hari

Berdasarkan data yang tercantum dalam tabel 2, dapat diketahui bahwa dari 55 responden pekerja di unit pengecatan PT X menunjukkan karakteristik rata-rata berat badan pekerja adalah 74.25 kg dengan nilai median 74.81 kg, dimana berat badan terendah mencapai 55.82 kg dan tertinggi 93.80 kg. Dalam hal waktu pajanan harian, pekerja terpapar timbal selama rata-rata 7.18 jam per hari dengan median 7 jam/hari, dimana waktu pajanan minimum adalah 6 jam/hari dan maksimum 8 jam/hari. Durasi pajanan pekerja bervariasi dengan rata-rata 9.49 tahun dan median 5.14 tahun, dimana pekerja dengan masa kerja terpendek hanya 0.61 tahun (sekitar 7 bulan) dan terpanjang mencapai 29.67 tahun. Frekuensi pajanan dihitung berdasarkan sistem kerja reguler perusahaan yaitu 5 hari kerja per minggu (Senin-Jumat) dengan total 241 hari kerja dalam setahun. Untuk laju inhalasi, penelitian ini menggunakan nilai standar 0,83 m<sup>3</sup>/jam sesuai pedoman US-EPA (Kementerian Kesehatan, 2012). Variasi karakteristik pekerja ini menjadi faktor penting dalam penilaian risiko kesehatan akibat pajanan timbal.

## PEMBAHASAN

### Identifikasi Bahaya

Pekerja di area pengecatan PT X menghadapi potensi bahaya kesehatan lingkungan dari pajanan timbal (Pb), terutama selama proses pengecatan rangka kendaraan bermotor. Risiko utama terjadi melalui inhalasi partikel timbal (Pb) berukuran mikro hingga nano dari bahan cat, yang dapat bertahan lama di udara karena ukurannya yang sangat kecil dan tidak kasat mata. Mekanisme pajanan melalui pernapasan menyebabkan partikel timbal (Pb) masuk ke paru-

paru, kemudian berdifusi ke darah dan terdistribusi ke organ vital seperti otak, ginjal, hati, dan tulang. Sifat timbal (Pb) yang bersifat bioakumulatif dan sulit dikeluarkan tubuh menyebabkan logam berat ini terakumulasi secara progresif, berpotensi menimbulkan kerusakan organ jangka panjang. Pekerja dengan pajanan berulang termasuk kelompok berisiko tinggi terhadap gangguan pernapasan dan penyakit kronis.

Data tabel 1, menunjukkan kadar timbal (Pb) udara sebesar 0.003 mg/m<sup>3</sup> dan masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) menurut Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (Menteri Ketenagakerjaan RI, 2018). Namun, sifat bioakumulatif timbal (Pb) membuat pajanan jangka panjang meski dalam kadar rendah tetap berbahaya, berpotensi menyebabkan gangguan saraf (neurotoksisitas), anemia, hipertensi, kerusakan ginjal (nefrotoksisitas), serta gangguan fungsi reproduksi (ATSDR, 2020). Konsentrasi timbal (Pb) di udara juga dipengaruhi oleh faktor meteorologi, khususnya suhu dan kelembapan udara di lingkungan kerja. Suhu tinggi dapat mempercepat penguapan senyawa kimia yang mengandung timbal (Pb) dan meningkatkan penyebaran partikelnya di udara. Sementara itu, kelembapan tinggi dapat menyebabkan partikel timbal (Pb) menggumpal dan mengendap lebih cepat, namun juga bisa memperbesar ukuran partikel sehingga lebih mudah terhirup. Meskipun suhu dan kelembapan tidak menambah jumlah timbal (Pb) secara langsung, keduanya dapat memengaruhi besarnya risiko pajanan terhadap tubuh pekerja.

### Analisis Dosis Respon

Hubungan dosis-respons menjelaskan korelasi antara tingkat pajanan timbal (Pb) dengan dampak kesehatan yang muncul. Pada paparan melalui inhalasi, risiko kesehatan pekerja ditentukan oleh dua faktor utama yaitu konsentrasi timbal (Pb) di udara dan durasi pajanan. Secara umum, semakin tinggi konsentrasi dan semakin lama waktu pajanan, semakin berat efek kesehatan yang mungkin terjadi, mulai dari gejala akut hingga kondisi kronis. Penilaian dosis-respons menggunakan parameter *Reference Concentration* (RfC) sebagai acuan. Mengingat belum tersedianya nilai RfC spesifik untuk timbal (Pb), penelitian ini mengadopsi nilai RfC sebesar 0.0005 mg/m<sup>3</sup> (Kementerian Kesehatan, 2012). Nilai ini merepresentasikan tingkat konsentrasi aman yang diperkirakan tidak menimbulkan efek kesehatan bermakna pada pajanan seumur hidup.

### Analisis Pajanan

Analisis pajanan dilakukan untuk menghitung asupan harian timbal (Pb) yang terhirup oleh pekerja selama aktivitas produksi. Berdasarkan Tabel 2, karakteristik pekerja produksi di area pengecatan PT X menunjukkan rata-rata berat badan (Wb) sebesar 74.25 kg, dengan rata-rata waktu pajanan harian (tE) selama 7.18 jam/hari. Rata-rata durasi kerja atau durasi pajanan (Dt) adalah 9.49 tahun, dan frekuensi pajanan (fE) diasumsikan sebesar 241 hari/tahun, sesuai dengan sistem kerja reguler perusahaan. Nilai laju inhalasi (R) menggunakan standar dewasa sebesar 0.83 m<sup>3</sup>/jam. Sementara itu, konsentrasi timbal (Pb) (C) yang terukur di area kerja adalah 0.003 mg/m<sup>3</sup>. Perhitungan rata-rata jangka waktu untuk risiko non-karsinogenik (Tavg) dihitung menggunakan rumus  $Dt \times 365$  hari/tahun. Analisis pajanan timbal (Pb) pada pekerja dilakukan secara kuantitatif dengan fokus pada jalur inhalasi, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ink = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times Tavg}$$

Keterangan:

- Ink : Asupan (*Intake*) (mg/kg hari)
- C : Konsentrasi agen risiko (mg/m<sup>3</sup>)
- R : Laju inhalasi (m<sup>3</sup>/jam). Standar US-EPA orang dewasa adalah 0.83 m<sup>3</sup>/jam
- tE : Waktu pajanan harian (jam/hari)



- $fE$  : Frekuensi pajanan (hari/tahun)  
 $Dt$  : Durasi pajanan  
 $Wb$  : Berat badan responden (kg)  
 $Tavg$  : Rata-rata jangka waktu untuk non-karsinogenik ( $Dt \times 365$  hari/tahun)

Berikut adalah perhitungan intake timbal (Pb) pada pekerja produksi di area pengecatan di PT X:

$$\begin{aligned}
 Ink &= \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times Tavg} \\
 Ink &= \frac{0.003 \times 0.83 \times 7.18 \times 241 \times 9.49}{74.25 \times (9.49 \times 365)} \\
 Ink &= \frac{40.89}{257208.56} = 0.000159 \frac{mg}{kg} \text{ hari}
 \end{aligned}$$

### Karakteristik Risiko

Karakterisasi risiko bertujuan untuk mengevaluasi potensi dampak kesehatan dari paparan zat berbahaya pada konsentrasi tertentu, seperti yang dianalisis dalam ARKL. Evaluasi ini mempertimbangkan berbagai parameter kunci, termasuk karakteristik individu (berat badan), faktor paparan (laju inhalasi), dan parameter eaktu (durasi, frekuensi, dan jangka waktu paparan). Untuk menilai risiko kesehatan non-karsinogenik, digunakan indikator *Risk Quotient* (RQ), yang diperoleh dengan membagi rata-rata asupan harian (*intake*) terhadap nilai referensi konsentrasi melalui inhalasi (*Reference Concentration* /  $RfC$ ). Dengan demikian, karakterisasi risiko pada dasarnya membandingkan hasil analisis paparan aktual dengan nilai acuan keamanan, yang kemudian diwujudkan dalam bentuk nilai RQ. Adapun rumus perhitungan RQ adalah sebagai berikut:

$$Risk\ Quotient\ (RQ) = \frac{Ink}{RfC}$$

Keterangan:

- $Ink$  : Asupan (*Intake*) dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg hari)  
 $RfC$  : Dosis atau konsentrasi referensi melalui inhalasi (mg/kg hari)

Suatu paparan dinyatakan aman apabila nilai asupan (*intake*) tidak melebihi *Reference Dose* ( $RfD$ ) atau *Reference Concentration* ( $RfC$ ), yang secara matematis dinyatakan sebagai  $Risk\ Quotient\ (RQ) \leq 1$ . Sebaliknya, paparan dianggap berisiko jika  $intake > RfD/RfC$  atau  $RQ > 1$ . Perhitungan nilai RQ untuk pajanan timbal (Pb) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Risk\ Quotient\ (RQ) &= \frac{Ink}{RfC} \\
 Risk\ Quotient\ (RQ) &= \frac{0.000159}{0.0005} = 0.318
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis, diperoleh nilai RQ sebesar 0.318 ( $RQ < 1$ ). Hal ini menunjukkan bahwa kadar paparan timbal (Pb) pekerja masih dalam batas aman dan tidak terdapat risiko kesehatan non-karsinogenik yang signifikan

### Pengelolaan Risiko

Meskipun nilai *Risk Quotient* (RQ) pajanan timbal (Pb) di area pengecatan menunjukkan angka  $< 1$ , yang menandakan bahwa tingkat risiko non-karsinogenik masih tergolong rendah dan dianggap aman bagi kesehatan pekerja, penerapan strategi pengelolaan risiko tetap sangat penting dilakukan sebagai langkah antisipatif. Hal ini menjadi krusial mengingat potensi

perubahan kondisi kerja di masa depan, seperti peningkatan konsentrasi timbal (Pb) di udara, perpanjangan durasi paparan, dan perubahan faktor lingkungan lainnya yang dapat meningkatkan nilai RQ. Pengelolaan risiko kesehatan lingkungan di industri bertujuan melindungi pekerja sekaligus menciptakan lingkungan kerja yang aman dan berkelanjutan. Upaya preventif harus diterapkan untuk memastikan bahwa paparan terhadap bahan berbahaya tetap berada di bawah ambang batas yang dapat diterima.

Di industri manufaktur, pengujian kualitas udara untuk mendeteksi adanya bahan pencemar berperan penting dalam mengidentifikasi risiko kesehatan (Charroud et al., 2023). Melalui metode penilaian risiko, perusahaan dapat menentukan prioritas tindakan pengendalian yang diperlukan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap kesehatan pekerja. Salah satu pendekatan yang esensial adalah pengendalian teknik, yang mencakup pemanfaatan teknologi dan infrastruktur guna menurunkan tingkat paparan. Pemasangan sistem ventilasi yang efisien dapat mengurangi konsentrasi paparan timbal (Pb) dalam udara (Abatan et al., 2024). Selain itu, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang tepat seperti masker dan respirator juga sangat dianjurkan untuk melindungi pekerja dari paparan langsung terhadap timbal (Pb) di udara.

Strategi pemantauan kesehatan yang berkesinambungan, seperti pemeriksaan kesehatan berkala, juga penting dilakukan untuk mendeteksi secara dini masalah kesehatan yang mungkin muncul akibat paparan timbal (Pb) di lingkungan kerja (Altman et al., 2023). Tindakan tersebut tidak hanya penting untuk melindungi kesehatan pekerja, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas kerja. Implementasi pengelolaan risiko yang komprehensif berkontribusi dalam menjaga tingkat paparan tetap rendah, meningkatkan kepercayaan pekerja terhadap sistem keselamatan dan kesehatan kerja, serta menjamin perlindungan kesehatan jangka panjang.

### **Komunikasi Risiko**

Komunikasi risiko merupakan komponen krusial dalam sistem keselamatan dan kesehatan kerja, karena berperan dalam memastikan transparansi antara perusahaan dan pekerja. Meskipun hasil penilaian menunjukkan bahwa nilai *Risk Quotient* (RQ) < 1, yang mengindikasikan bahwa risiko non-karsinogenik akibat paparan timbal (Pb) tergolong rendah, komunikasi risiko tetap perlu dilakukan untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman seluruh pihak terhadap potensi bahaya yang ada di lingkungan kerja. Dalam konteks industri dengan tingkat risiko tinggi, komunikasi risiko menjadi aspek penting dalam pengelolaan potensi bahaya. Pendekatan komunikasi yang efektif diperlukan untuk menjembatani pemahaman antara pekerja dan manajemen. Penelitian menunjukkan bahwa pengembangan pesan risiko yang terintegrasi dan disesuaikan dengan konteks spesifik dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman pekerja terhadap risiko yang dihadapi (Patrianti et al., 2023). Strategi komunikasi yang bersifat transparan dan dua arah juga mampu meningkatkan keterlibatan pekerja serta membangun kepercayaan antara manajemen dan pekerja (Romadona & Setiawan, 2020). Komunikasi risiko tidak hanya sekadar menyampaikan informasi, tetapi juga harus bertujuan untuk membangkitkan kesadaran dan mendorong perubahan perilaku positif dalam upaya mitigasi bahaya.

Strategi komunikasi yang dapat diterapkan meliputi penyediaan materi edukatif mengenai bahaya paparan timbal, prosedur kerja yang aman, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai. Selain itu, transparansi informasi yang konsisten serta promosi perilaku hygiene kerja, seperti mencuci tangan dan wajah sebelum makan atau minum dapat meminimalkan risiko paparan. Pengembangan pesan yang jelas, relevan, dan mudah dipahami oleh pekerja merupakan kunci keberhasilan komunikasi risiko (Gusmarani & Rajiyem, 2022). Implementasi komunikasi risiko yang efektif tidak hanya memperkuat pemahaman kolektif, tetapi juga

memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat apabila terjadi perubahan kondisi pajanan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) di area pengecatan PT X menunjukkan bahwa meskipun nilai *Risk Quotient* (RQ) sebesar 0.318 (di bawah ambang batas aman), potensi bahaya pajanan timbal (Pb) tetap perlu menjadi perhatian serius mengingat sifatnya yang bioakumulatif. Untuk memastikan perlindungan kesehatan pekerja secara berkelanjutan, diperlukan implementasi strategi pengelolaan risiko yang komprehensif, meliputi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) seperti respirator dan pakaian khusus, pemantauan lingkungan secara berkala, serta program edukasi mengenai bahaya timbal (Pb) dan prosedur kerja aman. Selain itu, komunikasi risiko yang transparan antara manajemen dan pekerja menjadi kunci penting dalam meningkatkan kesadaran dan kewaspadaan kolektif. Langkah-langkah ini tidak hanya bertujuan untuk mempertahankan tingkat risiko yang rendah, tetapi juga untuk mengantisipasi potensi peningkatan paparan di masa depan sekaligus memenuhi ketentuan regulasi berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. Dengan pendekatan yang proaktif dan terintegrasi, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat bagi seluruh pekerja, sekaligus mencegah dampak kesehatan jangka panjang akibat pajanan timbal (Pb).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan fasilitas selama proses penelitian ini berlangsung, khususnya manajemen PT X dan para pekerja yang menjadi objek studi. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan peningkatan keselamatan kerja di industri manufaktur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abatan, A., Sonimitiem Jacks, B., David Ugwuanyi, E., Queen Sikhakhane Nwokediegwu, Z., Alexander, O., Daraojimba, A. I., & Lottu, O. A. (2024). *The Role Of Environmental Health And Safety Practices In The Automotive Manufacturing Industry*. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(2), 531–542. <https://doi.org/10.51594/estj/v5i2.830>
- Altman, J., Firebaugh, C. M., Morgan, S. M., & Epstein, M. (2023). *Perceived Workplace Support for Employee Participation in Workplace Wellness Programs: A Brief Report*. *Merits*, 3(3), 494–503. <https://doi.org/10.3390/merits3030029>
- ATSDR. (2020). *Toxicological Profile for Lead*. U.S. Department of Health and Human Services.
- Candra, C., Setiani, O., & Hanani, Y. (2016). Perbedaan Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Sebelum Dan Sesudah Pemberian Air Kelapa Hijau (*Cocos nucifera* L) Pada Pekerja Pengecatan Di Industri Karoseri Semarang (Vol. 4). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Charroud, S., Errabih, Z., Raissouni, K., & Bourekkadi, S. (2023). *Environmental Management and its Impact on Psychosocial Health in Industrial Companies*. *E3S Web of Conferences*, 412. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341201034>
- Ervianti, T., Ikhtiar, M., Bintara, A., Hasanuddin, & Habo, H. (2021). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Timbal (Pb) pada Pa'limbang-limbang di Jl.Urip Sumoharjo Kota Makassar. 2.



- Gusmarani, K., & Rajiyem. (2022). Strategi komunikasi internal dalam perubahan organisasi di masa transisi tahun 2019-2020. *Jurnal Manajemen Komunikasi*, 6(2), 137–162.
- Kasanah, M., Setiani, O., & Joko, T. (2016). Hubungan Kadar Timbal (Pb) Udara Dengan Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Pada Pekerja Pengecatan Industri Karoseri Di Semarang. 4, 2356–3346. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Kementerian Kesehatan. (2012). Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).
- Lasiyo, Y. S., & Ramdhan, D. H. (2024). Dampak Paparan Timbal terhadap Anemia Pekerja dan Strategi Intervensi (Vol. 05, Issue 1). <http://jk3l.fkm.unand.ac.id/index.php/jk3l/index>
- Lestari, D., & Djajaningrat, H. (2021). Hubungan Antara Positif Kadar Timbal Darah Dengan Hasil Hitung Retikulosit Pekerja Cat Oplosan. *JoIMedLabS*, 2(1), 25–38.
- Menteri Ketenagakerjaan RI. (2018). Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. <https://peraturan.go.id/id/permenaker-no-5-tahun-2018>
- Patrianti, T., Supangkat, G., & Aulia, R. N. (2023). Pesan Komunikasi Risiko Untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca Di Program Kampung Iklim Pekayon Bekasi. *Desember*, 7(2), 193–206.
- Putri, N. L. N. D. D., & Idayani, S. (2021). Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Dengan Tekanan Darah Pada Pekerja Bengkel Kendaraan Di Kecamatan Tampaksiring, Kabupaten Gianyar Tahun 2019. <https://doi.org/https://doi.org/10.36376/bmj.v8i1>
- Rhani Wijayanti, O., & Purwati. (2022). Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Kadar Gamma GT (Gamma – Glutamyl Transferase) Pada Operator Spbu Gombel Semarang. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan*, 13(2), 74–81. <http://ojs.stikesbhamadaslawi.ac.id/index.php/jik>
- Romadona, M. R., & Setiawan, S. (2020). *Communication of Organizations in Organizations Change's Phenomenon in Research and Development Institution. Journal Pekommas*, 5(1), 91. <https://doi.org/10.30818/jpkm.2020.2050110>
- Sani, I. A., & Ellyke. (2023). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan O3 Pada Pedagang Di Terminal Tawang Alun.
- Selviastuti, R., Hanani, Y. D., Setiani Bagian Kesehatan Lingkungan, O., & Kesehatan Masyarakat, F. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Paparan Timbal (Pb) Pada Pekerja Karoseri Bus 'X' Di Kota Semarang (Vol. 4). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Soemirat, J. (2013). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Gajah Mada University Press.
- Syahrir, F., Effendy, D. S., & Karimuna, S. R. (2021). Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadar Timbal Dalam Darah Pada Pekerja Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Di Kota Kendari Tahun 2021. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Univ Halu Oleo*, 2.
- Wahyuningsih, S., & Nurhidayah. (2023). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Paparan Timbal (Pb) Pada Relawan Lalu Lintas di Jl.Inspeksi PAM Kota Makassar.