



Pengendalian Bahaya Kimia melalui Pendekatan Toksikologi Industri dalam Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Fadilah Annisa¹, Diva Nazwa Harahap², Sarah Haq Azzahrah³, Abdurrozzaq Hasibuan⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan

Email : fadilahannisa28@sma.belajar.id

Article Info

Article history:

Received April 02, 2026

Revised April 16, 2026

Accepted April 22, 2026

Keywords:

Industrial Toxicology,
Chemical Hazards, Risk
Management, Occupational
Diseases

ABSTRACT

One of the most complex occupational health risks facing the contemporary industrial sector is exposure to hazardous chemicals in the workplace. The purpose of this article is to examine how industrial toxicology can be integrated into the Occupational Safety and Health Management System (OSHMS) to evaluate methods for controlling chemical hazards. The methods used include a comprehensive literature review and a qualitative analysis of toxicokinetic and toxicodynamic components in the workplace. The study indicates that understanding the no-effect threshold (NET), how chemicals enter the body, and how they interact with target organs is crucial for establishing an effective hierarchy of controls. This study emphasizes that a toxicological approach can help identify risks and conduct proactive occupational health surveillance to prevent occupational diseases (OD) at an early stage.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received April 02, 2026

Revised April 16, 2026

Accepted April 22, 2026

Keywords:

Toksikologi Industri, Bahaya
Kimia, Pengendalian Risiko,
Penyakit Akibat Kerja

ABSTRACT

Salah satu risiko kesehatan kerja yang paling kompleks bagi sektor industri kontemporer adalah paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan kerja. Tujuan dari artikel ini adalah untuk melihat bagaimana toksikologi industri dapat dimasukkan ke dalam Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) untuk mengevaluasi metode untuk mengendalikan bahaya kimia. Metode yang digunakan adalah meninjau literatur secara menyeluruh dan melakukan analisis kualitatif tentang komponen toksikokinetik dan toksikodinamik di tempat kerja. Kajian menunjukkan bahwa pemahaman tentang ambang batas paparan (NAB), cara bahan kimia masuk ke tubuh, dan cara zat kimia berinteraksi dengan organ target sangat penting untuk membuat hierarki pengendalian yang baik. Studi ini menekankan bahwa pendekatan toksikologi dapat membantu mengidentifikasi risiko dan melakukan surveilans kesehatan kerja proaktif untuk mencegah penyakit akibat kerja (PAK) secara dini.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Fadilah Annisa

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email: fadilahannisa28@sma.belajar.id



PENDAHULUAN

Dengan perkembangan industri kontemporer, penggunaan bahan kimia di tempat kerja terus meningkat. Bahan kimia banyak digunakan dalam banyak hal, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam proses produksi di berbagai industri. Menggunakan bahan kimia dapat membantu proses produksi, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan karyawan jika tidak dikelola dengan benar. Oleh karena itu, memahami konsep dasar bahan kimia sangat penting untuk memahami sifatnya, manfaatnya, dan risikonya bagi kesehatan manusia. Upaya pengendalian bahaya kimia yang efektif diperlukan untuk melindungi tenaga kerja dan lingkungan kerja karena paparan bahan kimia yang tidak terkontrol dapat menyebabkan keracunan dan penyakit akibat kerja (Kurniawidjaja et al., 2021).

Bahaya kimia adalah salah satu faktor risiko yang paling umum di tempat kerja dalam sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Pekerja dapat terpapar bahan kimia melalui pernapasan, kontak kulit, atau tertelan secara tidak sengaja. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemahaman tentang sifat bahan kimia dan bagaimana mereka mempengaruhi tubuh manusia sangat penting untuk mengurangi risiko kesehatan di lingkungan kerja. Dengan pemahaman ini, bahaya yang dapat ditimbulkan oleh bahan kimia dapat diidentifikasi sejak awal sehingga dapat dilakukan pencegahan yang tepat (Habibie Mario M, 2010).

Mengidentifikasi sifat berbahaya bahan kimia memerlukan pendekatan toksikologi industri. Pendekatan ini juga penting untuk memahami hubungan antara tingkat paparan dan efek yang ditimbulkannya pada tubuh. Metode ini memungkinkan pengendalian bahaya kimia yang lebih terencana dan berbasis ilmiah, termasuk identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pemantauan kesehatan pekerja. Oleh karena itu, diharapkan bahwa penerapan pendekatan toksikologi industri dalam sistem keselamatan dan kesehatan (K3) akan membantu menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, dan produktif.

Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja telah ditetapkan secara hukum oleh pemerintah Indonesia untuk melindungi karyawan dari bahaya kimia. Namun, penggunaan di lapangan seringkali terbatas pada pengukuran kuantitatif tanpa pemahaman mendalam tentang mekanisme toksisitas zat. Sistem pengendalian risiko seringkali tidak tepat sasaran tanpa pendekatan toksikologi, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan jumlah penyakit akibat kerja (PAK).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi pustaka (*literature review*). Penjelasan lebih mendalam mengenai tahapan metode ini adalah sebagai berikut:

Strategi Pencarian Literatur: Data dikumpulkan melalui penelusuran literatur pada pangkalan data akademik seperti *Google Scholar*, *PubMed*, dan *ScienceDirect* menggunakan kata kunci: "Toksikologi Industri", "Bahaya Kimia", "Manajemen Risiko K3", dan "Penyakit Akibat Kerja".

Kriteria Inklusi: Sumber yang digunakan mencakup jurnal ilmiah nasional dan internasional, buku teks toksikologi, serta peraturan perundang-undangan yang relevan (seperti Permenaker



No. 5 Tahun 2018 dan PP No. 50 Tahun 2012) yang diterbitkan dalam rentang waktu yang relevan.

Analisis Data: Data dianalisis secara kualitatif dengan memfokuskan pada komponen toksikokinetik (perjalanan zat dalam tubuh) dan toksikodinamik (efek zat pada organ target) untuk mengevaluasi efektivitas hierarki pengendalian bahaya kimia di tempat kerja.

Instrumen Kajian: Kajian ini menggunakan kerangka berpikir *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) untuk menghubungkan teori toksikologi dengan praktik keselamatan di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Definisi Bahan Kimia

Bahan kimia adalah unsur, senyawa, atau campuran dalam bentuk padat, cair, atau gas yang dapat digunakan dalam berbagai proses atau aplikasi. Di berbagai industri seperti farmasi, pangan, industri, kebutuhan sehari-hari, pertanian, dan laboratorium, bahan kimia umumnya digunakan. Menurut komposisi dan sifat kimia mereka, bahan kimia diklasifikasikan menjadi bahan kimia organik dan anorganik.

Bahan kimia organik adalah senyawa yang mengandung karbon sebagai unsur utama yang berikatan dengan hidrogen, oksigen, nitrogen, atau unsur lainnya, dan sering ditemukan di alam dalam bentuk mineral. Bahan kimia anorganik biasanya terdiri dari senyawa yang pada umumnya tidak memiliki atom karbon yang berikatan dengan hidrogen (Kurniawati, 2018).

2. Toksikokinetik dalam Paparan Bahan Kimia

Toksikokinetik merupakan penyerapan, distribusi, biotransformasi, dan eliminasi zat toksik atau metabolisme. Jumlah waktu suatu organisme terpapar bahan kimia dapat digunakan untuk menentukan tingkat toksisitasnya. Efek toksik dapat berubah berdasarkan durasi dan frekuensi paparan; paparan akut dan kronis adalah dua jenis efek toksik berdasarkan durasi dan frekuensi. Karena itu, paparan yang lebih lama akan menyebabkan bahan kimia tersebut terakumulasi di dalam tubuh dan tidak dapat dikeluarkan, dan paparan yang lebih sering akan mempengaruhi kemampuan sel untuk memperbaiki dirinya sendiri. (Devi Ayu & Fadillah Dessy, 2017).

Pajanan berarti kontak antara manusia dan zat toksik. Hidung, kulit, ingesti (keracunan yang disengaja), atau penyuntikan adalah beberapa cara kontak dapat terjadi. Dan pajanan terjadi ketika manusia berinteraksi dengan zat toksik. Paparan terhadap zat toksik terbagi menjadi dua kategori: kontak langsung dan kontak tidak langsung. Paparan tidak langsung terjadi ketika orang terlibat dengan tahapan perantara atau media yang mengarah pada kontak manusia, seperti melalui jejaring makanan. Paparan langsung terjadi ketika orang terlibat dengan zat toksik (Kurniawidjaja et al., 2021).

Terpapar zat beracun dapat terjadi di banyak area lingkungan, seperti tanah, air permukaan, dan air tanah. Secara umum, paparan terhadap toksin dikategorikan menjadi paparan langsung dan tidak langsung. Paparan langsung terjadi ketika manusia berhubungan langsung dengan sumber toksin tanpa media perantara. Paparan tidak langsung terjadi ketika zat beracun mencapai manusia melalui perantara selain dirinya sendiri, seperti tumbuhan,



hewan, beras, susu, atau air minum.

3. Toksikodinamik dan Dampak Kesehatan

Toksikodinamik adalah proses yang menjelaskan pengaruh zat beracun terhadap tubuh manusia. Faktor-faktor yang memengaruhi interaksi bahan kimia dan efek yang dihasilkan menjadi dasar penting dalam memahami toksikologi. Dalam bidang kesehatan masyarakat, paparan senyawa toksik sering dikaitkan dengan meningkatnya kejadian penyakit tertentu, terutama pada wilayah yang memiliki tingkat polusi udara tinggi atau berada di sekitar kawasan industri yang menggunakan bahan kimia berbahaya.

Keman (2020) dalam buku *Pengantar Toksikologi Lingkungan* menjelaskan bahwa paparan senyawa beracun dari lingkungan memiliki potensi untuk menimbulkan kerusakan pada sel-sel tubuh melalui berbagai mekanisme yang kompleks. Senyawa toksik tersebut dapat memengaruhi jalur metabolisme dalam tubuh manusia, salah satunya melalui terjadinya stres oksidatif, yaitu reaksi antara senyawa beracun dengan oksigen yang menghasilkan radikal bebas. Pembentukan radikal bebas ini dapat merusak struktur sel serta mengganggu keseimbangan redoks seluler, suatu kondisi yang dikenal sebagai oxidative stress (David Valentino Iskandar et al., 2025).

Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2019 tentang Penyakit Akibat Kerja, PAK diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu penyakit yang disebabkan oleh faktor dalam aktivitas kerja seperti faktor fisika, kimia, dan biologi. Selain itu, PAK juga dapat dikelompokkan berdasarkan sistem organ target, seperti gangguan pada sistem pernapasan, penyakit kulit, gangguan mental dan perilaku, serta gangguan pada otot dan rangka. Klasifikasi lainnya mencakup kanker akibat kerja serta penyakit spesifik lain yang didukung oleh bukti ilmiah dan metode identifikasi yang tepat.

4. Nilai Ambang Batas (NAB) dalam Pengendalian Risiko

Nilai ambang batas (NAB) bahan kimia adalah salah satu faktor penting dalam mengontrol bahaya kimia di tempat kerja. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja mengatur NAB bahan kimia di Indonesia. Peraturan ini mendefinisikan nilai ambang batas sebagai kadar rata-rata faktor bahaya lingkungan kerja yang dapat diterima oleh tenaga kerja tanpa menyebabkan gangguan kesehatan dalam jangka waktu tertentu. Penetapan NAB berusaha melindungi karyawan dari bahan kimia berbahaya yang dihasilkan dari paparan yang berlebihan.

Nilai No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) adalah dasar untuk perhitungan batas ambang (TLV) yang aman. Selain itu, nilai TLV harus disesuaikan dengan rata-rata tertimbang waktu (TWA) selama 8 jam kerja. Oleh karena itu, nilai ambang batas biasanya disebut sebagai TLV-TWA, yaitu nilai rata-rata paparan bahan kimia yang dapat diterima oleh pekerja setiap hari tanpa membahayakan kesehatan mereka dengan asumsi waktu kerja 8 jam per hari atau 40 jam per minggu.



5. Strategi Pengendalian Bahaya Kimia

Pengendalian bahan kimia berbahaya adalah proses mencegah dan mengurangi bahaya yang disebabkan oleh penggunaan bahan kimia berbahaya di tempat kerja terhadap tenaga kerja, peralatan, dan lingkungan. Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) adalah salah satu metode yang digunakan dalam pengendalian risiko. Ini adalah serangkaian prosedur yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi, menilai, dan menganalisis potensi bahaya yang timbul dari aktivitas atau proses kerja. Metode ini sangat penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan nyaman bagi karyawan.

Selain menerapkan metode HIRADC, pengendalian risiko juga dilakukan dengan menyediakan berbagai fasilitas keselamatan kerja, seperti pancuran darurat (sanitasi darurat) dan tempat pencuci mata (pencuci mata), ketersediaan kotak P3K dan alat pemadam kebakaran. Untuk mengurangi kemungkinan kecelakaan dan paparan bahan kimia berbahaya, juga diterapkan prosedur evakuasi darurat, uji faktor kimia rutin, dan pembatasan akses ke laboratorium untuk personel tertentu.

Manajemen bahan kimia adalah cara lain untuk mengendalikan bahaya kimia. Ini termasuk menginventarisasi bahan kimia, memberi label pada setiap bahan kimia, dan menyediakan kit untuk menangani tumpahan bahan kimia. Selain itu, untuk mencegah dan mendeteksi penyakit akibat paparan bahan kimia di tempat kerja, pekerja diperiksa secara berkala, seperti satu kali setahun. (Azzahra et al., 2025).

6. Peran Sistem Manajemen K3 dalam Toksikologi Industri

Jumlah kecelakaan kerja pada triwulan I tahun 2018 meningkat menjadi 5.318 kasus, dengan 87 pekerja meninggal dunia, 52 pekerja mengalami cacat, dan 1.361 pekerja lainnya sembuh dari kecelakaan kerja.

Tujuan dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah untuk membangun sistem keselamatan dan kesehatan kerja yang terintegrasi yang melibatkan elemen manajemen, tenaga kerja, kondisi kerja, dan lingkungan kerja untuk mengurangi jumlah kecelakaan yang terjadi di tempat kerja (Anggoro, 2020).

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) sangat penting dalam toksikologi industri untuk mengendalikan risiko paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan kerja. SMK3 memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi bahaya kimia, menilai risiko, dan melakukan pengendalian paparan bahan kimia secara sistematis untuk mencegah efek toksik pada pekerja. SMK3 juga mendukung pelaksanaan pemantauan kesehatan pegawai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai pengendalian bahaya kimia melalui pendekatan toksikologi, dapat disimpulkan beberapa poin utama:

Integrasi Toksikologi dalam K3: Pendekatan toksikologi industri sangat krusial dalam mengidentifikasi risiko kesehatan secara proaktif dan ilmiah, bukan sekadar pengukuran kuantitatif di lapangan.

Pentingnya Pemahaman Mekanisme: Pemahaman mendalam mengenai jalur masuk bahan



kimia (pernapasan, kulit, ingesti) serta mekanisme toksikokinetik dan toksikodinamik (seperti stres oksidatif) menjadi dasar dalam menentukan strategi perlindungan pekerja yang tepat.

Efektivitas Pengendalian: Nilai Ambang Batas (NAB) yang didasarkan pada *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL) berfungsi sebagai standar proteksi untuk mencegah akumulasi zat berbahaya dalam tubuh pekerja selama waktu kerja normal (8 jam/hari).

Peran SMK3: Penerapan Sistem Manajemen K3 (SMK3) yang terintegrasi memungkinkan perusahaan melakukan surveilans kesehatan dan pengendalian risiko melalui metode HIRADC secara sistematis, sehingga mampu mencegah Penyakit Akibat Kerja (PAK) sejak dini.

Secara keseluruhan, sinergi antara regulasi pemerintah, pemahaman toksikologi yang mendalam, dan komitmen manajemen dalam SMK3 adalah kunci utama dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif dari ancaman bahaya kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, B. (2020). 64`Higeia 64` 64`Higeia 4 (1) (2020) Higeia Journal of Public Health Research and Development. *Penilaian Sistem Manajemen Dan Keselamatan Kerja Di Laboratorium Kimia*, 4(1), 64–75. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/higeia>
- Azzahra, F. N., Sultan, M., Lestari, I. A. I. D., Ramdan, I. M., & Hardianti, D. N. (2025). Faktor Faktor yang Berhubungan dengan Manajemen Pengendalian Bahaya Kimia Sebagai Upaya Pencegahan Bahaya di Laboratorium PT. X Kota Balikpapan. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan*, 6(1), 33–41. <https://doi.org/10.25077/jk31.6.1.33-41.2025>
- David Valentino Iskandar, Karina Sella Juwitasari, Erlanda Islami Pasha, Elsa Trisna Sari, & Liss Dyah Dewi Arini. (2025). Studi Toksikologi Biokimia : Dampak Senyawa Beracun Terhadap Proses Metabolisme Seluler dan Kesehatan Manusia. *Student Scientific Creativity Journal*, 3(2), 84–96. <https://doi.org/10.55606/sscj-amik.v3i2.5520>
- Devi Ayu & Fadillah Dessy. (2017). *Environmental Problem and Human Health*. Lewis Publisher.
- Habibie Mario M. (2010). *Potensi Bahaya Dan Pengendalian Bahan Kimia Di Pabrik II PT Petrokimia Gresik*. 1–45.
- Kurniawidjaja, L. M., Lestari, F., Tejamaya, M., & Ramdhan, D. H. (2021). Konsep Dasar Toksikologi Industri. In *Fkm Ui*.
- Snyder, H. (2019). *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. *Journal of Business Research*, 104, 333-339.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Zed, M. (2014). *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.