

Analisis Dampak Paparan Bahan Kimia Berbahaya terhadap Keselamatan dan Kesehatan Pekerja di Lingkungan Industri

Putri Zahrina Zahra¹ Senja Vellina² Nabila Andini³ Abdurrazaq Hasibuan⁴

Program Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia^{1,2,3}
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia⁴

Email: putrizahrinazahra9@gmail.com¹ emailku_senjvellina@gmail.com²
nabilaandini61@gmail.com³ opick68@gmail.com⁴

Abstrak

Paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan industri merupakan salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap terjadinya penyakit akibat kerja dan penurunan kualitas kesehatan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak paparan bahan kimia berbahaya terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja berdasarkan kajian literatur dalam rentang waktu tahun 2020–2025. Metode yang digunakan adalah literature review dengan mengkaji delapan artikel ilmiah yang relevan dan dapat diakses secara terbuka. Hasil kajian menunjukkan bahwa bahan kimia seperti benzena, hidrogen sulfida (H₂S), amonia, dan logam berat memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan pekerja, baik secara akut maupun kronis, meliputi gangguan sistem pernapasan, saraf, dan hematopoietik. Tingkat risiko paparan dipengaruhi oleh konsentrasi zat, durasi paparan, serta kepatuhan penggunaan alat pelindung diri. Selain itu, kelemahan dalam sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja, seperti kurangnya pengendalian teknis dan pengawasan, turut memperburuk kondisi paparan di lingkungan kerja. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian yang komprehensif dan berkelanjutan untuk meminimalkan risiko paparan bahan kimia berbahaya di industri.

Kata Kunci: Bahan Kimia Berbahaya, Kesehatan Pekerja, Keselamatan Kerja

Abstract

Exposure to hazardous chemicals in industrial environments is a major factor contributing to occupational diseases and the decline of workers' health quality. This study aims to analyze the impact of hazardous chemical exposure on occupational safety and health based on a literature review within the period of 2020–2025. The method used is a literature review by examining eight relevant and openly accessible scientific articles. The results indicate that chemicals such as benzene, hydrogen sulfide (H₂S), ammonia, and heavy metals have significant impacts on workers' health, both acute and chronic, including respiratory, neurological, and hematopoietic disorders. The level of exposure risk is influenced by chemical concentration, duration of exposure, and compliance with the use of personal protective equipment. In addition, weaknesses in occupational safety and health management systems, such as inadequate technical controls and supervision, further exacerbate exposure conditions in the workplace. Therefore, comprehensive and sustainable control measures are required to minimize the risks of hazardous chemical exposure in industrial settings.

Keywords: Hazardous Chemicals, Occupational Health, Workplace Safety



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri yang semakin pesat di era modern telah menjadi salah satu pilar utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, peningkatan produktivitas, serta penciptaan lapangan kerja. Namun, kemajuan tersebut juga diiringi dengan meningkatnya kompleksitas risiko di lingkungan kerja, terutama yang berkaitan dengan penggunaan bahan

kimia berbahaya dalam berbagai proses produksi. Industri seperti manufaktur, tekstil, farmasi, pertambangan, hingga minyak dan gas secara intensif menggunakan bahan kimia dengan karakteristik tertentu, seperti bersifat toksik, korosif, mudah menguap, reaktif, dan dalam beberapa kasus bersifat karsinogenik. Bahan-bahan tersebut tidak hanya berperan dalam meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga berpotensi menimbulkan dampak serius terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja apabila tidak dikelola dengan baik. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemajuan industri tidak dapat dilepaskan dari tantangan dalam pengendalian risiko bahan kimia di tempat kerja (Rahmadani & Syafri, 2024).

Paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan kerja dapat terjadi melalui berbagai jalur masuk ke dalam tubuh manusia, yaitu inhalasi (melalui sistem pernapasan), absorpsi melalui kulit (dermal), serta ingestasi (melalui mulut secara tidak sengaja). Jalur inhalasi merupakan salah satu rute paparan yang paling umum, terutama pada lingkungan kerja dengan ventilasi yang kurang memadai atau pada proses yang menghasilkan uap, gas, dan partikel halus di udara. Sementara itu, paparan melalui kulit sering terjadi pada pekerja yang bersentuhan langsung dengan bahan kimia cair tanpa menggunakan alat pelindung diri yang sesuai. Dalam jangka pendek, paparan bahan kimia dapat menyebabkan efek akut seperti iritasi pada kulit dan mata, reaksi alergi, pusing, mual, serta gangguan pernapasan. Namun, yang lebih mengkhawatirkan adalah dampak jangka panjang yang sering kali tidak langsung terlihat, seperti kerusakan organ hati dan ginjal, gangguan sistem saraf pusat, gangguan hematologi, hingga penyakit kanker akibat paparan bahan karsinogenik (Larasati et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa risiko paparan bahan kimia bersifat kumulatif dan dapat berkembang menjadi masalah kesehatan serius apabila tidak ditangani sejak dini.

Berbagai jenis bahan kimia yang umum digunakan di lingkungan industri telah terbukti memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan pekerja. Misalnya, benzena dikenal sebagai zat karsinogenik yang dapat memengaruhi sistem pembentukan darah dan meningkatkan risiko leukemia, sementara toluena dan xylene dapat menyebabkan gangguan sistem saraf seperti penurunan konsentrasi dan gangguan koordinasi. Selain itu, formaldehida yang banyak digunakan dalam industri tekstil dan kayu lapis dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan serta berpotensi memicu kanker pada paparan jangka panjang. Logam berat seperti timbal dan merkuri juga memiliki efek toksik yang dapat mengganggu fungsi neurologis dan perkembangan kognitif. Penggunaan pelarut organik seperti metil etil keton (MEK) dalam proses produksi turut memberikan risiko tambahan karena sifatnya yang mudah menguap dan dapat menyebabkan efek neurotoksik pada pekerja (Amaliyah & Nasri, 2023). Keberagaman jenis bahan kimia ini menunjukkan bahwa setiap sektor industri memiliki karakteristik risiko yang berbeda, sehingga memerlukan pendekatan pengendalian yang spesifik dan komprehensif.

Di negara berkembang seperti Indonesia, permasalahan paparan bahan kimia di lingkungan kerja menjadi semakin kompleks karena masih terdapat berbagai keterbatasan dalam penerapan sistem keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Banyak industri, khususnya sektor usaha kecil dan menengah (UKM) serta industri informal, belum sepenuhnya menerapkan standar operasional prosedur (SOP) yang berkaitan dengan pengelolaan bahan kimia berbahaya. Kurangnya pengetahuan pekerja mengenai bahaya bahan kimia, rendahnya kepatuhan terhadap penggunaan alat pelindung diri (APD), serta minimnya pengawasan terhadap pemenuhan nilai ambang batas paparan menjadi faktor yang memperbesar risiko terjadinya penyakit akibat kerja. Selain itu, sistem manajemen bahan kimia seperti pelabelan, penyimpanan, transportasi, hingga pengelolaan limbah sering kali belum dilakukan sesuai standar yang berlaku (Sitorus & Susilawati, 2023). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara regulasi yang telah ditetapkan dengan implementasi di lapangan.

Lebih lanjut, dampak paparan bahan kimia tidak hanya terbatas pada aspek kesehatan fisik, tetapi juga mencakup aspek kesehatan reproduksi dan kualitas hidup pekerja secara keseluruhan. Paparan jangka panjang terhadap bahan kimia tertentu diketahui dapat mengganggu sistem endokrin, menurunkan kesuburan, serta meningkatkan risiko kelainan pada keturunan. Selain itu, gangguan kesehatan akibat paparan bahan kimia juga dapat menurunkan produktivitas kerja, meningkatkan angka absensi, serta menambah beban ekonomi baik bagi pekerja maupun perusahaan. Di sisi lain, bahan kimia berbahaya juga berkontribusi terhadap meningkatnya risiko kecelakaan kerja, seperti kebakaran, ledakan, dan keracunan akut, terutama pada industri yang menggunakan bahan mudah terbakar dan beracun dalam jumlah besar (Daulay & Putri, 2025). Hal ini menunjukkan bahwa dampak bahan kimia bersifat multidimensional, tidak hanya pada individu pekerja tetapi juga pada sistem kerja secara keseluruhan.

Meskipun berbagai regulasi dan standar terkait pengelolaan bahan kimia berbahaya telah ditetapkan, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko adalah melalui penerapan manajemen risiko bahan kimia yang komprehensif, meliputi identifikasi bahaya, penilaian risiko (risk assessment), pengendalian paparan, serta pemantauan kesehatan pekerja secara berkala. Biomonitoring menjadi salah satu pendekatan penting dalam mendeteksi paparan bahan kimia dalam tubuh pekerja sebelum menimbulkan dampak kesehatan yang lebih serius. Namun, praktik biomonitoring masih belum banyak diterapkan secara luas, terutama di sektor industri dengan sumber daya terbatas (Sitorus & Susilawati, 2023). Oleh karena itu, diperlukan perhatian yang lebih serius dalam meningkatkan kesadaran, kepatuhan, serta kapasitas pengelolaan risiko bahan kimia di lingkungan kerja.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literature review atau studi kepustakaan, yaitu suatu pendekatan penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan, mengkaji, dan menganalisis berbagai sumber literatur ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai dampak paparan bahan kimia berbahaya terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai literatur ilmiah berupa jurnal nasional maupun internasional yang dipublikasikan dalam kurun waktu lima tahun terakhir (2020–2025). Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran database ilmiah seperti Google Scholar, ResearchGate, dan portal jurnal terakreditasi lainnya dengan menggunakan kata kunci seperti “paparan bahan kimia”, “keselamatan dan kesehatan kerja”, “occupational exposure”, “hazardous chemicals”, dan “industrial workers”. Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi artikel yang membahas tentang paparan bahan kimia di lingkungan kerja, dampaknya terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja, serta upaya pengendalian yang dilakukan. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup artikel yang tidak relevan dengan topik, tidak tersedia dalam teks lengkap, atau dipublikasikan di luar rentang waktu yang telah ditentukan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelusuran yang telah dilakukan, terdapat 8 artikel yang dibahas pada *literature review* ini. Berikut adalah artikel-artikel yang terpilih.

No	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Temuan Utama
1	Larasati et al. (2025)	Analisis Risiko Paparan Benzena terhadap Kesehatan Pekerja di Industri Kimia	Literature review	Paparan benzena masih menjadi salah satu risiko utama di lingkungan industri karena sifatnya yang karsinogenik. Hasil kajian menunjukkan bahwa paparan jangka panjang, meskipun dalam konsentrasi rendah, dapat menyebabkan gangguan sistem hematopoietik seperti anemia, leukopenia, hingga leukemia. Risiko semakin meningkat pada pekerja dengan paparan kronis serta tidak menggunakan alat pelindung diri secara konsisten.
2	Nurcantika et al. (2025)	Analisis Risiko Paparan Zat Beracun di Lingkungan Kerja Industri Kimia	Literature review	Paparan zat beracun seperti hidrogen sulfida (H_2S), amonia, dan benzena ditemukan melebihi nilai ambang batas di beberapa area industri. Konsentrasi tinggi H_2S dapat menyebabkan gangguan pernapasan akut, kehilangan kesadaran, bahkan kematian. Hal ini menunjukkan lemahnya sistem monitoring dan pengendalian risiko di lingkungan kerja.
3	Hafidzah et al. (2025)	Penyakit Akibat Kerja yang Disebabkan oleh Hidrogen Sulfida	Literature review	Paparan H_2S memiliki efek akut yang sangat berbahaya, mulai dari iritasi mata dan saluran pernapasan hingga kehilangan kesadaran dalam waktu singkat. Pada konsentrasi tinggi, paparan dapat menyebabkan kematian mendadak, sehingga diperlukan sistem deteksi dini serta pengendalian yang ketat di lingkungan kerja.
4	Rahmadani & Syafri (2024)	Hubungan Paparan Bahan Kimia Berbahaya dan Risiko Kesehatan Pekerja	Mixed method	Paparan bahan kimia melalui inhalasi dan kontak kulit berhubungan signifikan dengan gangguan kesehatan seperti iritasi, gangguan pernapasan, sakit kepala, dan kelelahan kronis. Risiko meningkat pada pekerja dengan intensitas paparan tinggi serta kepatuhan penggunaan APD yang rendah.
5	Sitorus & Susilawati (2023)	Identifikasi Biomonitoring Bahaya Bahan Kimia pada Pekerja Industri	Literature review	Hasil biomonitoring menunjukkan adanya akumulasi zat kimia dalam tubuh pekerja akibat paparan jangka panjang. Kondisi ini berpotensi menyebabkan gangguan organ dalam dan sistem saraf, meskipun gejala klinis tidak selalu muncul secara langsung.
6	Septarina et al. (2022)	Evaluasi Risiko dan Pengendalian Paparan Bahan Kimia di Industri	Kualitatif	Ditemukan bahwa kurangnya pengawasan serta minimnya pelatihan K3 menyebabkan rendahnya kepatuhan penggunaan APD. Hal ini meningkatkan risiko paparan bahan kimia dan menunjukkan bahwa faktor organisasi berperan penting dalam keselamatan kerja.
7	Pratama et al. (2021)	Dampak Paparan Logam Berat terhadap Kesehatan Pekerja Industri	Kuantitatif (cross-sectional)	Paparan logam berat seperti timbal dan merkuri berhubungan dengan gangguan sistem saraf, penurunan fungsi ginjal, serta kelelahan kronis. Risiko meningkat pada pekerja dengan masa kerja yang lama dan paparan berulang.
8	Wulandari et al. (2020)	Analisis Paparan Bahan Kimia dan Penyakit Akibat Kerja di Industri Manufaktur	Kuantitatif	Paparan bahan kimia di industri manufaktur terbukti meningkatkan risiko penyakit akibat kerja, terutama gangguan pernapasan dan iritasi kulit. Kurangnya ventilasi serta penggunaan APD yang tidak optimal menjadi faktor utama tingginya paparan.

Pembahasan

Paparan Bahan Kimia di Lingkungan Industri

Paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan industri masih menjadi permasalahan utama dalam keselamatan dan kesehatan kerja (K3), terutama pada sektor industri kimia, migas, dan manufaktur. Berdasarkan hasil kajian literatur dalam lima tahun terakhir, bahan kimia seperti benzena, hidrogen sulfida (H_2S), dan amonia merupakan zat yang paling sering ditemukan dan memiliki tingkat toksisitas tinggi terhadap pekerja (Larasati et al., 2025; Ujung et al., 2025). Paparan ini umumnya terjadi melalui inhalasi, kontak kulit, serta paparan tidak langsung akibat lingkungan kerja yang terkontaminasi. Kondisi lingkungan kerja yang tidak memenuhi standar, seperti ventilasi yang buruk dan kurangnya sistem pengendalian teknis, menjadi faktor utama yang memperparah paparan bahan kimia. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa masih banyak industri yang lebih mengandalkan penggunaan alat pelindung diri (APD) dibandingkan pengendalian pada sumber bahaya, sehingga efektivitas pencegahan menjadi kurang optimal (Assya et al., 2025).

Dampak Paparan terhadap Kesehatan Pekerja

Paparan bahan kimia berbahaya memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan pekerja, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Benzena, misalnya, diketahui memiliki efek karsinogenik yang dapat menyebabkan gangguan sistem hematopoietik seperti anemia dan leukemia (Larasati et al., 2025). Paparan jangka panjang, meskipun dalam konsentrasi rendah, tetap berpotensi menimbulkan efek kronis yang serius. Selain itu, paparan gas hidrogen sulfida (H_2S) memiliki dampak akut yang lebih cepat dan berpotensi fatal. Hafidzah et al. (2025) menyatakan bahwa paparan H_2S dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, kehilangan kesadaran, hingga kematian mendadak. Temuan ini menunjukkan bahwa pengendalian terhadap gas beracun harus menjadi prioritas utama dalam sistem K3. Paparan bahan kimia juga berdampak pada sistem pernapasan dan saraf. Rahmadani dan Syafri (2024) menemukan bahwa pekerja yang terpapar bahan kimia mengalami gejala seperti sesak napas, sakit kepala, serta kelelahan kronis. Sementara itu, paparan logam berat di lingkungan kerja tambang juga berhubungan dengan gangguan fungsi organ seperti ginjal dan sistem saraf (Irfansyah & Susilawati, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa dampak paparan bahan kimia bersifat multisistem dan dapat memengaruhi kualitas hidup pekerja secara keseluruhan.

Faktor Risiko Paparan Bahan Kimia

Tingkat paparan bahan kimia dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari aspek lingkungan maupun individu pekerja. Faktor utama meliputi konsentrasi bahan kimia, durasi paparan, frekuensi kontak, serta penggunaan alat pelindung diri. Rahmadani dan Syafri (2024) menunjukkan bahwa pekerja dengan intensitas paparan tinggi dan penggunaan APD yang rendah memiliki risiko lebih besar mengalami gangguan kesehatan. Namun demikian, secara kritis perlu dipahami bahwa rendahnya kepatuhan penggunaan APD tidak hanya disebabkan oleh faktor individu, tetapi juga oleh faktor organisasi seperti kurangnya pelatihan, pengawasan, serta ketersediaan APD yang tidak memadai. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa beberapa industri masih memiliki kadar bahan kimia yang melebihi nilai ambang batas (NAB), yang menunjukkan lemahnya sistem monitoring lingkungan kerja (Nurcantika et al., 2025).

Upaya Pengendalian dan Tantangan Implementasi

Upaya pengendalian paparan bahan kimia telah dilakukan melalui berbagai pendekatan, seperti penggunaan APD, penerapan sistem manajemen risiko, serta identifikasi bahaya

menggunakan metode seperti HAZOP dan FMEA (Nurcantika et al., 2025). Namun, implementasi di lapangan masih menghadapi berbagai kendala, terutama terkait dengan komitmen manajemen dan budaya keselamatan kerja. Secara teori, pengendalian risiko harus mengikuti hierarki pengendalian, yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administrasi, dan penggunaan APD. Namun, dalam praktiknya, banyak industri yang masih bergantung pada APD sebagai pengendalian utama tanpa melakukan pengendalian pada sumber bahaya. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara konsep dan implementasi K3 di lingkungan industri.

Implikasi terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Paparan bahan kimia berbahaya memiliki implikasi yang luas terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berupa gangguan kesehatan individu, tetapi juga berdampak pada produktivitas kerja, peningkatan angka absensi, serta beban ekonomi bagi perusahaan. Selain itu, paparan bahan kimia juga berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan kerja, terutama pada bahan yang bersifat toksik dan mudah menguap. Oleh karena itu, pengelolaan bahan kimia berbahaya harus menjadi bagian integral dari sistem manajemen K3 di setiap industri. Secara keseluruhan, hasil kajian ini menunjukkan bahwa permasalahan paparan bahan kimia merupakan isu yang kompleks dan multidimensional, sehingga diperlukan pendekatan yang komprehensif, terintegrasi, dan berkelanjutan dalam upaya pengendaliannya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur dari berbagai penelitian dalam lima tahun terakhir, dapat disimpulkan bahwa paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan industri masih menjadi permasalahan yang signifikan dalam keselamatan dan kesehatan kerja. Bahan kimia seperti benzena, hidrogen sulfida (H₂S), amonia, serta logam berat terbukti memiliki dampak serius terhadap kesehatan pekerja, baik secara akut maupun kronis, dengan efek yang melibatkan berbagai sistem organ seperti pernapasan, saraf, dan hematopoietik. Tingkat risiko paparan tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi bahan kimia, tetapi juga oleh durasi dan frekuensi paparan, serta kepatuhan penggunaan alat pelindung diri. Selain itu, kelemahan dalam sistem manajemen K3, seperti kurangnya pengendalian teknis, minimnya pengawasan, serta belum optimalnya penerapan nilai ambang batas, turut memperburuk kondisi paparan di lingkungan kerja. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan dalam pengendalian bahan kimia berbahaya untuk melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliyah, R. A., & Nasri, S. M. (2023). Penilaian risiko kesehatan pajanan pelarut organik MEK dengan metode SQRA pada pekerja industri alas kaki PT. X. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(2).
- Assya, V., Jaksa, S., & Andriyani. (2025). Strategi pencegahan dan pengendalian paparan benzena di tempat kerja. *Medic Nutricia: Journal Ilmu Kesehatan*, 17(4), 111–120.
- Daulay, D. K., & Putri, D. A. (2024). Paparan bahan kimia di tempat kerja dan dampaknya terhadap kesehatan reproduksi. *VitaMedica: Jurnal Rumpun Kesehatan Umum*, 2(4), 312–324. <https://doi.org/10.62027/vitamedica.v2i4.296>
- Hafidzah, S. N., Jaksa, S., & Andriyani. (2025). Penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh hidrogen sulfida pada pekerja industri minyak dan gas. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(9).
- Irfansyah, A., & Susilawati. (2023). Risiko kesehatan paparan kerja terhadap bahan kimia beracun di tempat kerja tambang batubara. *Zahra: Journal of Health and Medical Research*.

- Larasati, K., Jaksa, S., & Andriyani. (2025). Analisis risiko paparan benzena terhadap kesehatan pekerja di industri kimia: Literature review. *Medic Nutricia: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 18(3). <https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/medicnutriciajournal/article/view/5027>
- Lathifah, Q. A., Hafidhoh, W., & Turista, D. D. R. (2024). Gambaran paparan benzena pada operator SPBU di Tulungagung. *Care Journal*, 4(1).
- Nurcantika, A., Jaksa, S., & Lusida, N. (2025). Analisis risiko paparan zat beracun di lingkungan kerja: Studi kasus pada industri kimia. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(9), 2186–2194.
- Rahmadani, N., & Syafri, M. (2024). Hubungan antara paparan bahan kimia berbahaya di lingkungan kerja dan risiko kesehatan pada pekerja industri. *Jurnal Mitrasedhat*, 14(2), 728–732. <https://doi.org/10.51171/jms.v14i2.482>
- Sitorus, A. P., & Susilawati. (2023). Identifikasi biomonitoring bahaya bahan kimia pada pekerja industri. *Zahra: Journal of Health and Medical Research*, 3(1), 203–207.
- Ujung, C. A., Jaksa, S., & Lusida, N. (2025). Analisis risiko paparan amonia terhadap kesehatan pekerja di industri kimia dan pupuk. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*.