
HUBUNGAN LEUKIMIA DENGAN PAPARAN BENZENE DI INDUSTRI KIMIA/MIGAS: A SYSTEMATIC REVIEW

Ajiraga Muhammad¹

¹Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: ajiragamuhammad@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara leukemia dan paparan benzene di industri kimia dan migas melalui tinjauan sistematis literatur. Penelitian ini dirancang sebagai tinjauan sistematis literatur yang mengikuti pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Database yang digunakan meliputi PubMed, Scopus, dan Web of Science. Kriteria inklusi untuk penelitian ini mencakup artikel penelitian yang telah diterbitkan dan memiliki relevansi dengan hubungan antara paparan benzene dan leukemia di industri kimia dan migas. Tinjauan literatur ini menghasilkan 7 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Paparan benzene di industri kimia dan migas dikaitkan dengan peningkatan risiko leukemia, terutama leukemia myeloid akut (AML). Paparan benzene telah terbukti menyebabkan gangguan hematopoietik, termasuk penurunan jumlah sel darah dan anemia aplastik. Selain itu, paparan benzene juga dikaitkan dengan kondisi pra-leukemia seperti myelodysplasia. Maka dapat disimpulkan bahwa paparan benzene di industri kimia dan migas secara signifikan meningkatkan risiko leukemia, khususnya leukemia myeloid akut (AML). Bukti genetik dan epidemiologis menunjukkan bahwa benzene dapat menyebabkan perubahan genetik yang memicu perkembangan leukemia. Oleh karena itu, perlu diterapkan kebijakan kesehatan dan keselamatan yang ketat, menggunakan teknologi pemantauan biomarker, serta memperbarui batas paparan untuk melindungi pekerja dari risiko leukemia akibat benzene.

Kata Kunci : Benzene, Leukemia, Tinjauan Sistematis.

ABSTRACT

This study aims to determine the relationship between leukemia and benzene exposure in the chemical and oil and gas industry through a systematic review of the literature. This study was designed as a systematic review of the literature following PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. The databases used include PubMed, Scopus, and Web of Science. Inclusion criteria for this study include research articles that have been published and have relevance to the relationship between benzene exposure and leukemia in the chemical and oil and gas industries. This literature review resulted in 7 articles that met the inclusion criteria. Exposure to benzene in the chemical and oil and gas industries is associated with an increased risk of leukemia, especially acute myeloid leukemia (AML). Benzene exposure has been shown to cause hematopoietic disorders, including decreased blood cell counts and aplastic anemia. Additionally, benzene exposure has also been linked to pre-leukemic conditions such as myelodysplasia. So it can be concluded that exposure to benzene in the chemical and oil and gas industries significantly increases the risk of leukemia,

especially acute myeloid leukemia (AML). Genetic and epidemiological evidence suggests that benzene may cause genetic changes that trigger the development of leukemia. Therefore, it is necessary to implement strict health and safety policies, use biomarker monitoring technology, and update exposure limits to protect workers from the risk of benzene-induced leukemia.

Keywords: Benzene, Leukemia, Systematic Review.

PENDAHULUAN

Regulasi paparan benzena telah menetapkan batas paparan yang diizinkan untuk melindungi pekerja dan masyarakat. Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHA) menetapkan batas paparan di tempat kerja sebesar 1 ppm untuk paparan rata-rata waktu 8 jam dan 5 ppm untuk paparan singkat selama 15 menit (Hayat, 2013). Kemajuan dan perkembangan industri mengharuskan adanya ketersediaan transportasi yang memadai sehingga dapat mencukupi kebutuhan dan perkembangan ekonomi. Menurut data yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik, sejak tahun 2014-2016 terjadi peningkatan jumlah kendaraan di Indonesia sebesar 5-6% per tahun. Peningkatan jumlah kendaraan ini mendukung berbagai usaha dan perekonomian masyarakat. Namun, di sisi lain juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran udara, konsumsi lahan, dan peningkatan kebutuhan energi dari bahan bakar minyak setiap tahunnya (Febrian, Rahardjo, & Nurjazuli, 2019).

PT Pertamina Patra Niaga merupakan salah satu terminal bahan bakar motor yang bertugas melakukan distribusi bahan bakar di Jawa Tengah. Dalam kegiatan distribusi ini, para pekerja yang disebut Awak Mobil Tangki (AMT) harus bersentuhan dengan benzena. Benzena adalah senyawa kimia yang dapat menyebabkan efek karsinogenik pada manusia dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui pencernaan, inhalasi, dan kulit (Nenotek, 2019). Paparan benzena yang berkepanjangan di lingkungan kerja seperti terminal BBM dapat meningkatkan risiko gangguan sistem saraf, tekanan darah, sakit kepala, hingga kehilangan kesadaran (Dofendra, 2023). Studi pendahuluan yang dilakukan Febrian et al., (2019) di Pertamina Patra Niaga menunjukkan bahwa banyak AMT tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti masker dan sarung tangan untuk melindungi diri dari paparan uap bensin yang mengandung benzena. Selain itu, perilaku merokok di kalangan pekerja menambah risiko paparan benzena. Pengukuran profil darah AMT menunjukkan beberapa pekerja mengalami gangguan profil

darah yang tidak normal, dengan hasil netrofil sebesar 63,04%, limfosit sebesar 45,65%, dan monosit sebesar 73,91%.

Industri percetakan juga menggunakan bahan kimia berbahaya, termasuk *Volatile Organic Compounds* (VOCs) yang dikeluarkan dari proses percetakan, terutama dari bahan pembersih, tinta, dan larutan lainnya. Benzena, sebagai salah satu VOCs, adalah pencemar udara yang bersifat toksik dan telah diklasifikasikan oleh Environmental Protection Agency (EPA) dan International Agency for Research on Cancer (IARC) sebagai zat kimia karsinogen bagi manusia. Dampak paparan benzena secara kronis dapat menyebabkan kerusakan pada sistem hematopoiesis di sumsum tulang, yang ditandai dengan anemia, infeksi, mudah memar atau perdarahan, serta penurunan jumlah elemen sel darah secara progresif (Nikmah, Darundiati, & Budiyo, 2016). Penelitian menunjukkan bahwa paparan benzena di industri dapat menurunkan parameter hematologi (sel darah merah, sel darah putih, hematokrit). Benzena dapat menyebabkan kegagalan sel induk mieloid, mengakibatkan berkurangnya produksi hemoglobin dan sel darah merah (Haen & Oginawati, 2011).

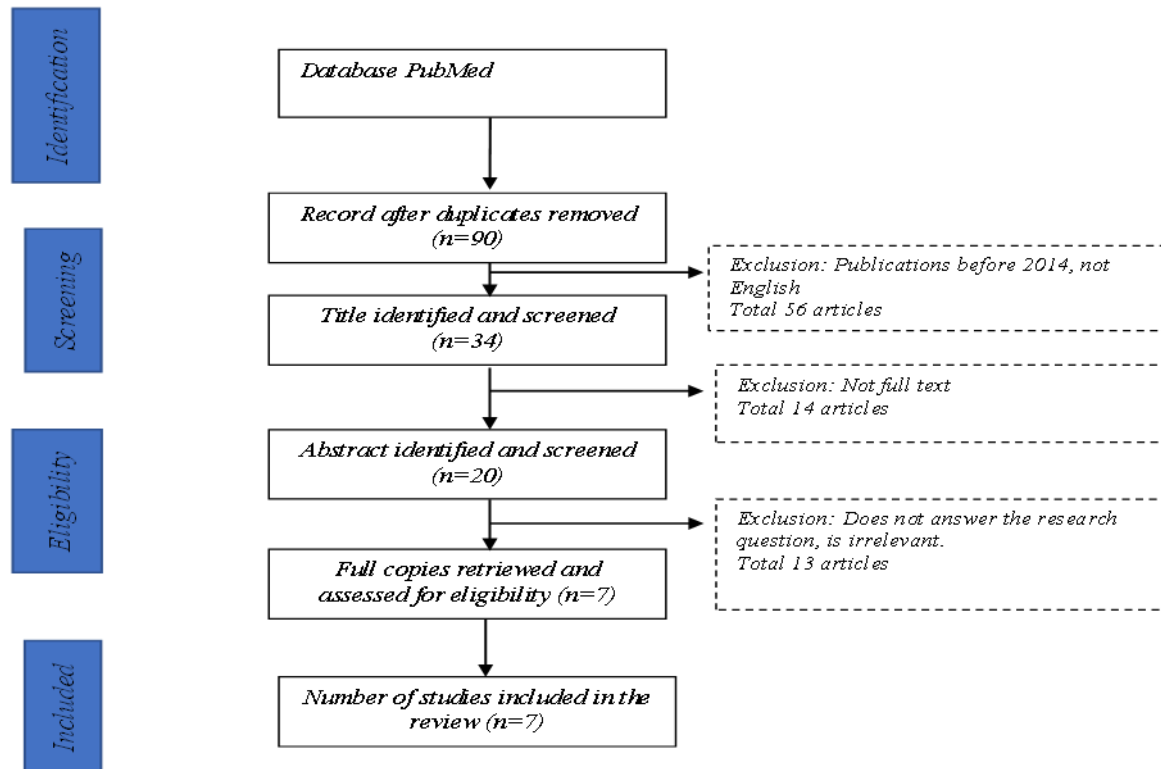
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis mengenai hubungan antara leukemia dengan paparan benzena di industri kimia/migas. Paparan benzena yang tinggi di lingkungan kerja memerlukan perhatian serius untuk mengetahui dampaknya terhadap kesehatan pekerja, terutama dalam kaitannya dengan kondisi profil darah dan risiko leukemia. Dengan demikian, diperlukan pengukuran kadar benzena yang lebih akurat dan upaya peningkatan kesadaran akan pentingnya penggunaan APD untuk melindungi kesehatan pekerja.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang sebagai tinjauan sistematis literatur. Studi ini mengikuti pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk memastikan kualitas dan kelengkapan kajian literatur. Penelitian ini menggunakan beberapa database utama seperti PubMed, Scopus, dan Web of Science, mengingat reputasi mereka yang luas dalam bidang kesehatan dan kedokteran kerja. Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti "*leukemia*," "*benzene exposure*," "*occupational health*," dan "*hematologic malignancies*," yang dikombinasikan dengan operator boolean (AND, OR) untuk meningkatkan cakupan pencarian. Kriteria inklusi mencakup artikel yang dipublikasikan dalam jurnal peer-reviewed dalam 10 tahun terakhir (2014-2024), studi yang membahas langsung

hubungan antara paparan benzene dengan leukemia pada pekerja di industri kimia dan migas, artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia, dan studi yang mencakup data empiris dan analisis statistik. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak terkait langsung dengan topik, tidak tersedia dalam teks lengkap, opini, editorial, laporan kasus tanpa data empiris, dan studi deskriptif tanpa analisis statistik.

Proses pencarian dan seleksi studi melibatkan beberapa tahap: identifikasi artikel berdasarkan judul dan abstrak yang relevan, penyaringan awal sesuai kriteria inklusi dan eksklusi, penyaringan lanjutan dengan pemeriksaan teks lengkap, dan evaluasi kualitas menggunakan alat penilaian kritis yang sesuai. Data dari artikel yang memenuhi syarat diekstraksi dan dianalisis, termasuk detail studi, karakteristik populasi studi, metode pengukuran paparan benzene, hasil kesehatan terkait leukemia, dan analisis statistik. Hasil analisis ini digunakan untuk menyusun kesimpulan tentang hubungan antara paparan benzene dan risiko leukemia pada pekerja di industri kimia dan migas, dengan harapan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang risiko kesehatan terkait paparan benzene dan membantu dalam pengembangan kebijakan kesehatan dan keselamatan kerja yang lebih efektif.



Gambar 1. Item Pelaporan Pilihan untuk Tinjauan Sistematis dan Analisis Meta (PRISMA)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Literature Review

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
1.	Benzene and Childhood Acute Leukemia in Oklahoma (Janitz et al., 2017)	case-control study	Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan paparan benzena secara keseluruhan antara kelompok kasus dan kontrol. Namun, jika dikelompokkan berdasarkan tahun lahir, kasus yang lahir pada tahun 2005-2010 mengalami peningkatan tiga kali lipat. Kemungkinan peningkatan paparan yang tidak disesuaikan dibandingkan dengan kontrol yang lahir pada periode waktu yang sama (ke-4 Kuartil OR: 3,53, 95% CI: 1,35, 9,27). Selanjutnya perkiraan untuk anak penderita akut leukemia myeloid (AML) lebih kuat dibandingkan penderita leukemia limfoid akut, meskipun tidak signifikan secara statistik.
2.	Acute myeloid and chronic lymphoid leukaemias and exposure to low-level benzene among petroleum workers (Rushton, Schnatter, Tang, & Glass, 2014)	Penelitian Kuantitatif	Paparan benzena jauh lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya. Analisis kategorikal menunjukkan peningkatan OR untuk AML dengan beberapa metrik paparan, meskipun polanya tidak jelas; baik metrik paparan berkelanjutan maupun analisis spline tidak memberikan peningkatan risiko. OR yang tertinggi terdapat pada pekerja terminal, khususnya pada Pengemudi Tanker. Tidak ada hubungan yang ditemukan antara paparan benzena dan risiko CLL, meskipun penelitian di Australia menunjukkan peningkatan risiko pada pekerja kilang.
3.	Benzene and leukemia: from	Scientific literature	Pada tahun 1928, beberapa peneliti telah melaporkan adanya kasus

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
	scientific evidence to regulations. A historical example (Belingheri, Fustinoni, De Vito, Porro, & Riva, 2019)		leukemia di kalangan pekerja yang terpapar benzena. Enrico Vigliani adalah orang pertama yang mengumpulkan semua kasus ini dan mencoba melakukan analisis statistik terhadap data tersebut, untuk mendukung hubungan antara benzena dan leukemia. Pada tahun 1960-an, Vigliani dan Alessandra Forni menunjukkan bahwa benzena dapat menyebabkan penyimpangan kromosom pada sumsum tulang yang dapat menghasilkan klon leukemia. Sebagai hasil dari penelitian ini dan peraturan yang melarang benzena, kondisi paparan di tempat kerja berubah dalam beberapa dekade terakhir. Rendahnya konsentrasi yang dihasilkan telah mendorong para peneliti untuk menyelidiki biomarker paparan baru dan mempelajari masalah kesehatan terkait.
4.	Association between Urban Benzene Pollution and Incidence of Acute Myeloid Leukemia (Masaeli, Bahrami, & Shahabian, 2018)	descriptive study	Mayoritas subjek AML adalah laki-laki dengan rentang usia 20-30 tahun bertahun-tahun. Konsentrasi maksimum benzena dilaporkan dari selatan (11.35-106.57 ppb) dan wilayah tengah (5.5-60.18ppb) Teheran. Asosiasi antara konsentrasi benzena dengan terjadinya AML diamati signifikan untuk periode antara Maret 2010 hingga Maret 2011 untuk pasien pria (korelasi Pearson=0,906, P=0,05) pada rentang usia 30-40 tahun (Pearson korelasi=0,893, P=0,041). Studi ini menyarankan bukti yang mungkin untuk hubungan antara

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
			kejadian AML dan konsentrasi benzena di selatan dan tengah wilayah kota Teheran
5.	Estimation of the Leukemia Risk in Human Populations Exposed to Benzene from Tobacco Smoke Using Epidemiological Data (Fiebelkorn & Meredith, 2018)	epidemiological studies	<p>Beberapa penelitian epidemiologi telah menunjukkan hubungan antara paparan benzena di tempat kerja dan peningkatan risiko leukemia, khususnya leukemia myeloid akut (AML).</p> <p>Namun, masih ada ketidakpastian mengenai risiko paparan terhadap masyarakat umum</p> <p>menurunkan tingkat benzena di lingkungan. Untuk memperkirakan kelebihan risiko leukemia akibat paparan benzena dosis rendah, berbagai metode untuk menggabungkan data epidemiologi dalam penilaian risiko kuantitatif digunakan. Asap tembakau diidentifikasi sebagai salah satu potensi utama</p> <p>sumber paparan benzena dan menjadi fokus penilaian paparan ini, sehingga memungkinkan penyelidikan lebih lanjut mengenai peran benzena dalam leukemia akibat merokok. Perkiraan potensi untuk</p> <p>benzena dihasilkan dari studi pekerjaan individu dan data meta-analisis, dan</p> <p>penilaian paparan untuk dua subkelompok perokok (perokok ringan dan berat) dilakukan.</p> <p>Selanjutnya, berbagai teknik, termasuk analisis tabel kehidupan, kemudian digunakan untuk mengevaluasi</p>

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
			<p>baik kelebihan risiko seumur hidup dan kontribusi benzena terhadap leukemia akibat merokok dan AML. Risiko seumur hidup berlebih bagi perokok diperkirakan antara dua dan enam kematian tambahan akibat leukemia dalam 10.000 orang dan satu hingga tiga kematian tambahan akibat AML dalam 10.000 orang. Kontribusi benzena terhadap leukemia akibat merokok diperkirakan antara 9% dan 24% (CL Atas 14–31%). Untuk AML, kontribusi ini diperkirakan sebesar 11–30% (UpperCL 22–60%).</p> <p>Dari penilaian yang dilakukan di sini, nampaknya ada peningkatan risiko leukemia paparan benzena tingkat rendah dan bahwa benzena dapat berkontribusi hingga sepertiga dari leukemia yang disebabkan oleh merokok. Hasil yang sebanding dihasilkan dari penggunaan metode dengan tingkat kompleksitas yang berbeda-beda.</p>
6.	Increased leukemia-associated gene expression in benzene-exposed workers (Li et al., 2014)	Statistical analysis	<p>Paparan benzena dalam jangka panjang menyebabkan beberapa dampak buruk bagi kesehatan, termasuk peningkatan risiko akut leukemia mieloid. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pergantian genetik yang terlibat dalam patogenesis leukemia pada pekerja yang terpapar benzena tanpa gejala klinis leukemia. Penelitian ini melibatkan 33 pabrik sepatu pekerja terpapar benzena pada tingkat 1 ppm hingga 10 ppm. Para pekerja ini dibagi menjadi 3 kelompok</p>

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
			<p>berdasarkan waktu paparan benzena, 1-, 7, 7-, 12, dan 12-, 24 tahun. 17 orang tanpa benzena riwayat paparan direkrut sebagai kontrol. Analisis sitogenetik menggunakan Affymetrix Cytogenetics Array menemukan variasi jumlah salinan (CNV) di beberapa kromosom pekerja yang terpajan benzena. Ekspresi dari gen yang ditargetkan dalam kromosom yang diubah ini, NOTCH1 dan BSG, yang berperan dalam leukemia patogenesisnya, diperiksa lebih lanjut menggunakan PCR waktu nyata. Tingkat mRNA NOTCH1 secara signifikan meningkat pada ketiga kelompok pekerja, dan tingkat mRNA NOTCH1 pada kelompok 12-, 24 tahun adalah secara signifikan lebih tinggi dibandingkan pada kelompok 1-, 7 dan 7-, 12 tahun. Dibandingkan dengan kontrol, BSG mRNA meningkat secara signifikan pada kelompok 7-, 12 dan 12-, 24 tahun, namun tidak pada kelompok 1-, 7 tahun.</p> <p>Hasil ini menunjukkan bahwa CNV dan ekspresi gen terkait leukemia mungkin berperan dalam leukemia perkembangan pada pekerja yang terpapar benzena.</p>
7.	Parental Occupational Exposure to Benzene and the Risk of Childhood	Population-Based Study	<p>Kami mengidentifikasi 217 ayah kasus yang bekerja dan 169 ibu kasus yang bekerja, yang masing-masing 22 (10,1%) dan 11 (6,5%), terpapar benzena (vs. 6,7% dan 2,9% ayah dan</p>

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
	and Adolescent Acute Lymphoblastic Leukemia: a Population-Based Study (Heck et al., 2019)		ibu kontrol). Kebanyakan orang tua yang terpapar bekerja sebagai mekanik mesin atau mesin, atau di industri sepatu. Paparan benzena di tempat kerja ibu saat hamil dikaitkan dengan peningkatan risiko ALL pada keturunannya (OR yang disesuaikan=2,28, 95% CI 1,17, 4,41), sedangkan paparan benzena prakonsepsi ayah tidak memiliki hubungan yang kuat (OR yang disesuaikan=1,40, 95% CI 0,88 , 2.22). Penelitian kami mendukung peningkatan risiko ALL akibat paparan benzena di tempat kerja oleh orang tua.

Hasil penelitian tersebut diulas dalam 7 artikel atau jurnal. Dengan tujuan untuk mengetahui hubungan leukimia dengan paparan benzene di industri kimia/migas. Dari hasil literature riew di atas, tujuh penelitian memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Benzena merupakan salah satu bahan kimia industri yang telah dikenal luas akan dampaknya terhadap kesehatan manusia, khususnya dalam kaitannya dengan perkembangan leukemia. Paparan benzena telah terbukti menyebabkan berbagai gangguan hematopoietik, termasuk penurunan jumlah sel darah dan anemia aplastik. Lebih lanjut, paparan benzena juga dikaitkan dengan perkembangan leukemia myeloid akut (AML) dan kondisi pra-leukemia seperti myelodysplasia.

Pembahasan

Paparan benzena dalam industri kimia dan migas telah diakui sebagai risiko kesehatan yang signifikan, khususnya terkait dengan perkembangan leukemia. Benzena, yang merupakan bahan kimia karsinogenik, diketahui menyebabkan berbagai gangguan hematopoietik, termasuk leukemia myeloid akut (AML). Penelitian oleh Li et al. (2014) menunjukkan bahwa pekerja yang terpapar benzena dalam jangka panjang mengalami perubahan genetik yang signifikan, termasuk peningkatan ekspresi gen terkait leukemia seperti NOTCH1 dan BSG. Penelitian ini melibatkan pekerja pabrik sepatu yang terpapar benzena pada tingkat 1 hingga 10

ppm, dan hasilnya menunjukkan bahwa ekspresi gen-gen ini meningkat seiring dengan lamanya paparan, menandakan bahwa paparan benzena kronis dapat menyebabkan perubahan genetik yang berpotensi memicu leukemia.

Sejak awal abad ke-20, berbagai penelitian epidemiologis telah mengaitkan paparan benzena dengan peningkatan risiko leukemia. Enrico Vigliani dan Alessandra Forni menunjukkan bahwa benzena dapat menyebabkan penyimpangan kromosom pada sumsum tulang, yang dapat menghasilkan klon leukemia. Temuan ini diperkuat oleh studi Yin et al. yang menemukan peningkatan signifikan dalam kejadian leukemia myelogenous akut, limfoma maligna, sindrom myelodysplastic, dan anemia aplastik pada pekerja yang terpapar benzena dibandingkan dengan subjek kontrol. Risiko paparan benzena tidak hanya terbatas pada pekerja di pabrik tetapi juga pada mereka yang terlibat dalam distribusi dan pemrosesan produk minyak bumi. Paparan kronis di lingkungan kerja meningkatkan risiko leukemia secara signifikan, menunjukkan bahwa langkah-langkah pencegahan dan pengendalian paparan sangat diperlukan. Teknologi genetik modern memungkinkan identifikasi biomarker seperti CNV dan ekspresi gen terkait leukemia yang dapat digunakan untuk menilai risiko kesehatan akibat paparan benzena. Penggunaan biomarker ini dapat membantu dalam pemantauan kesehatan pekerja dan pengembangan strategi pencegahan yang lebih efektif.

Kebijakan kesehatan dan keselamatan kerja harus diperkuat berdasarkan temuan-temuan terbaru. Pengendalian paparan benzena melalui pemantauan udara yang ketat, penggunaan alat pelindung diri, dan pengendalian teknis sangat penting untuk melindungi pekerja dari dampak kesehatan yang merugikan. Batas paparan benzena yang ditetapkan oleh organisasi seperti OSHA dan USEPA harus diperbarui untuk memastikan perlindungan optimal. Kesimpulannya, bukti genetik dan epidemiologis menunjukkan bahwa benzena merupakan agen leukemogenik yang kuat. Pemahaman yang lebih baik tentang mekanisme genetik yang mendasari leukemogenesis akibat benzena dan penerapan kebijakan kesehatan dan keselamatan yang tepat sangat penting untuk meminimalkan risiko leukemia akibat paparan benzena di industri kimia dan migas.

KESIMPULAN

Paparan benzena di industri kimia dan migas secara signifikan meningkatkan risiko leukemia, terutama leukemia myeloid akut (AML). Bukti genetik dan epidemiologis menunjukkan bahwa benzena menyebabkan perubahan genetik yang memicu leukemia.

Penting untuk menerapkan kebijakan kesehatan dan keselamatan yang ketat, menggunakan teknologi pemantauan biomarker, dan memperbarui batas paparan untuk melindungi pekerja dari risiko leukemia akibat benzena.

Untuk penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat diusulkan adalah melanjutkan studi longitudinal yang lebih luas dan mendalam untuk memperdalam pemahaman tentang hubungan antara paparan benzena di industri kimia/migas dan risiko leukemia. Studi ini sebaiknya mencakup penggunaan biomarker yang lebih sensitif dan spesifik untuk mendeteksi paparan benzena, serta analisis genetik yang lebih detail untuk memahami mekanisme patogenesis leukemia yang diinduksi oleh benzena. Selain itu, perlu dilakukan studi kasus kontrol yang teliti untuk mengidentifikasi pola hubungan dosis-respons antara paparan benzena dan risiko leukemia, dengan mempertimbangkan faktor-faktor risiko lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Belingeri, M., Fustinoni, S., De Vito, G., Porro, A., & Riva, M. A. (2019). Benzene and leukemia: from scientific evidence to regulations. A historical example. *La Medicina Del Lavoro*, 110(3), 234.
- Dofendra, T. (2023). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Arkl) Paparan Gas Karbon Monoksida (Co) pada Pekerja Sol Sepatu di Simpang Tugu Juang Sipin Kota Jambi Tahun 2022*. Universitas Jambi.
- Febrian, N. W., Rahardjo, M., & Nurjazuli, N. (2019). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Benzene Melalui Inhalasi Pada Awak Mobil Tangki Di Pt Pertamina Patra Niaga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1), 396–403.
- Fiebelkorn, S., & Meredith, C. (2018). Estimation of the leukemia risk in human populations exposed to benzene from tobacco smoke using epidemiological data. *Risk Analysis*, 38(7), 1490–1501.
- Haen, M. T., & Oginawati, K. (2011). Hubungan pajanan senyawa benzena, toluena dan xylen dengan sistem hematologi pekerja di kawasan industri sepatu. *Fakultas Teknik Sipil Dan Lingkungan. ITB*.
- Hayat, I. (2013). *Analisis Besaran Risiko Kesehatan Paparan Benzena pada Petugas Operator SPBU di Wilayah Ciputat tahun 2012*.
- Heck, J. E., He, D., Contreras, Z. A., Ritz, B., Olsen, J., & Hansen, J. (2019). Parental occupational exposure to benzene and the risk of childhood and adolescent acute

- lymphoblastic leukaemia: a population-based study. *Occupational and Environmental Medicine*, 76(8), 527–529.
- Janitz, A. E., Campbell, J. E., Magzamen, S., Pate, A., Stoner, J. A., & Peck, J. D. (2017). Benzene and childhood acute leukemia in Oklahoma. *Environmental Research*, 158, 167–173.
- Li, K., Jing, Y., Yang, C., Liu, S., Zhao, Y., He, X., ... Li, G. (2014). Increased leukemia-associated gene expression in benzene-exposed workers. *Scientific Reports*, 4(1), 5369.
- Masaeli, M., Bahrami, A., & Shahabian, M. (2018). Association between urban benzene pollution and incidence of acute myeloid leukemia. *Iranian Journal of Blood and Cancer*, 10(2), 50–55.
- Nenotek, J. S. (2019). *Hubungan Antara Masa Kerja, Penggunaan Alat Pelindung Diri, Dan Kebiasaan Merokok Terhadap Paparan Benzene Pada Petugas Operator SPBU Di Kelurahan Tuak Daun Merah (Tdm) Kota Kupang Tahun 2019*. Poltekkes Kemenkes Kupang.
- Nikmah, W. I., Darundiati, Y. H., & Budiyo, B. (2016). Hubungan antara paparan benzene dengan profil darah pada pekerja di industri percetakan x kota semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 213–219.
- Rushton, L., Schnatter, A. R., Tang, G., & Glass, D. C. (2014). Acute myeloid and chronic lymphoid leukaemias and exposure to low-level benzene among petroleum workers. *British Journal of Cancer*, 110(3), 783–787.