

IMPLEMENTASI PENILAIAN RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAJANAN BAHAN KIMIA BTX DI LABORATORIUM PENGUJIAN MIGAS PT.SCI

Ryan Rachmawan¹, Mila Tejamaya²

Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Indonesia
ryanrach69@gmail.com¹, tejamaya@ui.ac.id²

ABSTRACT

The laboratory is an experimentation or testing workplace that requires careful behavior in using equipment and material. The potential risk of breast cancer in female laboratory workers in this cohort study is exposure to organic solvents. Organic solvents that are often used in the laboratory are benzene, toluene, and xylene (BTX). This study is an experimental study of a group of workers with the aim of conducting a health risk assessment of the oil and gas laboratory workers of PT. SCI caused by exposure to organic chemicals and the application of health risk assessment methods in industries that are closely related to chemical exposure. The exposure risk level of those chemicals to the workers' health in the laboratory through inhalation quantitatively using the CHRA DOSH Malaysia method in 2018. The research was conducted at the oil and gas testing laboratory of PT. SCI in March to June 2021. The study began with inhalation and air sampling in the workplace. The sample data were processed to determine the level of hazard (Hazard Rating), Level of Exposure (Exposure Rating), and Level of Risk (Risk Rating) qualitatively and quantitatively. The risk level of exposure through inhalation qualitatively was obtained the values of the exposure risk level of benzene, toluene and xylene are RR= 20, 12, and 8 respectively. The exposure risk level through inhalation of benzene has a high risk while toluene and xylene have a moderate risk.

Keywords : Chemical Health Risk Assessment (CHRA), Chemical Exposure, Laboratory, Risk Level

ABSTRAK

Laboratorium merupakan tempat kerja untuk melakukan percobaan atau eksperimen uji yang membutuhkan kehati-hatian dalam menggunakan peralatan dan bahan. Potensi risiko kanker payudara pada pekerja wanita di laboratorium pada studi kohort adalah paparan pelarut organik. Pelarut organik yang sering digunakan di laboratorium adalah *benzene*, *toluene* dan *xylene* (BTX). Penelitian ini merupakan eksperimental terhadap satu kelompok pekerja bertujuan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan pada pekerja laboratorium migas PT. SCI yang diakibatkan pajanan bahan kimia organik serta pengaplikasian metode penilaian tingkat risiko kesehatan di industri yang berkaitan erat dengan pajanan bahan kimia. Penilaian tingkat risiko pajanan bahan kimia terhadap kesehatan pekerja di laboratorium melalui inhalasi secara kuantitatif dengan menggunakan metode CHRA DOSH Malaysia tahun 2018. Penelitian dilakukan di laboratorium pengujian migas PT. SCI pada bulan Maret sampai Juni 2021. Penelitian dimulai dengan pengambilan sampel inhalasi dan udara di lingkungan kerja. Data hasil sampling diolah untuk mengetahui Tingkat Bahaya (*Hazard Rating*), Tingkat Pajanan (*Exposure Rating*), dan Tingkat Risiko (*Risk Rating*) secara kualitatif dan kuantitatif. Tingkat risiko pajanan melalui inhalasi secara kualitatif diperoleh nilai tingkat risiko pajanan (RR) *benzene*, *toluene* dan *xylene* secara berturut-turut RR= 20, 12, dan 8. Tingkat risiko pajanan melalui inhalasi untuk *benzene* memiliki risiko tinggi sedangkan *toluene* dan *xylene* memiliki risiko moderat. Nilai tingkat risiko pajanan (RR) *benzene*, *toluene* dan *xylene* secara kuantitatif secara berturut-turut adalah RR= 5, 3, dan 2.

Kata Kunci : Chemical Health Risk Assessment (CHRA), Laboratorium, Pajanan Kimia, Tingkat Risiko

PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan tempat kerja untuk melakukan percobaan atau eksperimen uji dimana bekerja di tempat tersebut membutuhkan perilaku kehati-hatian dalam menggunakan peralatan dan bahan. Perilaku tersebut bertujuan untuk mencegah atau menurunkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja di laboratorium. Beberapa potensi bahaya yang terjadi di laboratorium adalah kebakaran, keracunan bahan kimia, dan kecelakaan akibat kerusakan alat. Dalam mengendalikan bahaya tersebut, perlu didukung dengan manajemen risiko untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja secara komprehensif, terencana dan terstruktur di bawah sistem yang dikelola dengan baik. Nilai potensi suatu bahaya ditentukan berdasarkan kemungkinan terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan yang mungkin ditimbulkannya (Athqiya et al., 2019).

Berdasarkan studi kohort terhadap pekerja laboratorium di Stockholm menunjukkan bahwa terdapat peningkatan penyakit hematolimpatik dan kanker payudara di kalangan pekerja wanita yang telah bekerja lebih dari 10 tahun di laboratorium kimia. Potensi risiko kanker payudara pada pekerja wanita di laboratorium pada studi kohort ini adalah paparan pelarut organik. Studi kohort ini melibatkan 2245 wanita pekerja laboratorium yang telah bekerja lebih dari 1 tahun, dari tahun 1950 sampai 1989, dan diagnosa kanker dari tahun 1958 sampai 2012 oleh *Swedish Cancer Registry*. Dari hasil studi tersebut terdapat 383 kasus kanker ($SIR=0,93$ (95% CI 0,84–1,02)) dimana resiko kanker payudara pada level sedang sampai tinggi terjadi pada wanita yang setidaknya telah bekerja selama 10 tahun yaitu 36 kasus ($SIR=1,41$ (95% CI 0,99-1,95)) dan beresiko tinggi pada wanita yang bekerja lebih dari 10 tahun di laboratorium kimia yaitu 9 kasus ($SIR=3,76$ (95% CI 1,72-7,14)) (Gustavsson et al., 2017).

Salah satu jenis bahan kimia yang terdapat di laboratorium adalah pelarut organik yang memiliki fungsi sebagai pelarut bahan kimia lainnya. Adapun pelarut organik yang sering digunakan di laboratorium adalah *benzene*, *toluene* dan *xylene* (BTX). BTX dapat terabsorpsi secara cepat melalui paru-paru, terdistribusi menyeluruh di dalam tubuh, dan terkonsentrasi pada organ vaskular seperti otak dan hati (Davidson et al., 2021). Inhalasi merupakan rute utama dari pajanan BTX dan paru-paru adalah organ target utamanya. Studi epidemiologi mengindikasikan bahwa pajanan BTX dari tempat kerja atau lingkungan dapat merusak jaringan paru-paru (Cakmak et al., 2014).

Chemical Health Risk Assessment (CHRA) adalah proses yang menggunakan pendekatan sistematis, yaitu mengidentifikasi bahaya, proses dalam penggunaan dan pengelolaan bahan kimia berbahaya, evaluasi risiko bahaya, kecukupan dan efektivitas tindakan pengendalian dan mengidentifikasi tingkat risiko di tempat kerja (Klaasen, 2013). Dengan adanya pajanan bahan kimia BTX di tempat kerja dan risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh bahan kimia tersebut, maka perlu dilakukan penilaian tingkat risiko pajanan bahan kimia terhadap kesehatan pekerja di laboratorium melalui inhalasi secara kuantitatif dengan menggunakan metode CHRA DOSH Malaysia tahun 2018 (DOSHS, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan pada pekerja laboratorium migas PT. SCI yang diakibatkan pajanan bahan kimia organik volatil secara kualitatif dan kuantitatif serta pengaplikasian metode penilaian tingkat risiko kesehatan di industri yang berkaitan erat dengan pajanan bahan kimia.

METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium pengujian migas PT. SCI

dengan waktu penelitian dilaksanakan bulan Maret sampai Juni 2021. Penelitian ini bersifat total sampling dimana sampel adalah seluruh analis laboratorium migas PT. SCI yang kontak langsung dengan sumber pajanan selama durasi kerja.

Pengambilan Sampel Inhalasi dan Udara Lingkungan Kerja

Metode pengambilan sampel personal dan pengujian sampel mengacu pada NMAM 1501 (*Benzene, Toluene, Xylene*). Pengambilan sampel individu menggunakan alat *personal pump* dan dilakukan selama durasi kerja.

Pengolahan Data

Pajanan Melalui Inhalasi Tingkat Bahaya (*Hazard Rating*)

Menentukan tingkat bahaya kesehatan dari masing-masing bahan kimia pelarut organik yang diteliti kemudian dilakukan pengolahan data. Tingkat Bahaya Inhalasi untuk mendapatkan nilai tingkat bahaya.

Tingkat Pajanan (*Exposure Rating*)

Melakukan perhitungan nilai TWA dari masing-masing hasil pengukuran pajanan bahan kimia pelarut organik yang diteliti, hasil nilai berdasarkan perhitungan dibandingkan dengan nilai Pajanan Inhalasi Berdasarkan Pengukuran Pajanan untuk memperoleh nilai tingkat pajanan.

Tingkat Risiko (*Risk Rating*)

Nilai tingkat bahaya dan tingkat pajanan dari masing-masing bahan kimia pelarut organik dibandingkan dengan nilai Penentuan Tingkat Risiko untuk memperoleh nilai tingkat risiko dan Tingkat Risiko Inhalasi untuk memperoleh tingkat risiko pajanan.

HASIL

Penentuan Tingkat Bahaya *Benzene, Toluene* dan *Xylene* Secara Kualitatif

Penentuan tingkat bahaya *benzene, toluene*, dan *xylene* melalui inhalasi secara kualitatif. Penentuan Tingkat Risiko yang merupakan hasil kali dari nilai tingkat bahaya dengan nilai tingkat pajanan.

Tabel 1. Nilai Tingkat Risiko *Benzene, Toluene*, dan *Xylene* Melalui Inhalasi Secara Kualitatif di Laboratorium Pengujian Migas PT. SCI

No	Bahan Kimia	Nilai HR	Tingkat Risiko
1	<i>Benzene</i>	5	Tinggi
2	<i>Toluene</i>	3	Moderat
3	<i>Xylene</i>	2	Moderat

Penentuan Tingkat Pajanan *Benzene, Toluene*, dan *Xylene* Secara Kualitatif

Berdasarkan nilai tingkat frekuensi dan durasi pajanan serta nilai *magnitude rating* yang telah didapatkan maka penentuan tingkat pajanan (*Exposure Rating*) melalui inhalasi secara kualitatif. Nilai tingkat pajanan diperoleh dari hasil kali nilai tingkat frekuensi durasi pajanan dengan nilai *magnitude rating*.

Tabel 2. Nilai Tingkat Pajanan *Benzene, Toluene*, dan *Xylene* Melalui Inhalasi Secara Kualitatif di Laboratorium Pengujian Migas PT. SCI

No	Bahan Kimia	Nilai FDR	Nilai MR	Nilai ER
1	<i>Benzene</i>	4	3	4
2	<i>Toluene</i>	5	3	4
3	<i>Xylene</i>	5	3	4

Penentuan Tingkat Risiko *Benzene, Toluene*, dan *Xylene* Secara Kuantitatif

Penilaian tingkat risiko pajanan *benzene, toluene* dan *xylene* melalui inhalasi secara kuantitatif didapatkan dari hasil perkalian tingkat bahaya (HR) dan tingkat pajanan secara kuantitatif (ER).

Tabel 3. Nilai Tingkat Risiko Benzene, Toluene, dan Xylene Melalui Inhalasi Secara Kuantitatif di Laboratorium Pengujian Migas PT. SCI

No	Bahan Kimia	Nilai HR	Nilai ER	Nilai RR	Tingkat Risiko
1	<i>Benzene</i>	5	1	5	Moderat
2	<i>Toluene</i>	3	1	3	Rendah
3	<i>Xylene</i>	2	1	2	Rendah

Penentuan Tingkat Paparan Benzene, Toluene dan Xylene Secara Kuantitatif

Pada penelitian ini dihasilkan data konsentrasi paparan *benzene*, *toluene* dan *xylene* dimana data tersebut digunakan untuk menentukan tingkat paparan (ER) melalui inhalasi secara kuantitatif terhadap analisis laboratorium pengujian migas PT SCI serta dibandingkan dengan standar atau regulasi yang berlaku.

Tabel 4. Tingkat Paparan Benzene, Toluene, dan Xylene Melalui Inhalasi Secara Kuantitatif di Laboratorium Pengujian Migas PT. SCI

No	Bahan Kimia	TWA Terukur (ppm)	Nilai ER	NA B-1	NA B-2	NA B-3
1	<i>Benzene</i>	0,025	1	0,5	0,5	0,5
2	<i>Toluene</i>	0,104	1	50	50	20
3	<i>Xylene</i>	0,077	1	100	100	100

Keterangan

NAB-1 adalah Permenkes RI No. 70 Tahun 2016

NAB-2 adalah Permenaker RI No. 05 Tahun 2018

NAB-3 adalah ACGIH Tahun 2021

PEMBAHASAN**Penilaian Tingkat Risiko Paparan Benzene, Toluene, dan Xylene Melalui Inhalasi di Laboratorium Pengujian Migas PT SCI berdasarkan Metode CHRA Malaysia****Penentuan Tingkat Bahaya Benzene, Toluene dan Xylene Secara Kualitatif**

Berdasarkan hasil penelitian *Benzene* memiliki tingkat bahaya (HR) dengan nilai 5, *Toluene* memiliki nilai 3, dan *Xylene* memiliki nilai 2. Hasil identifikasi bahan kimia digunakan untuk mengklasifikasikan

bahan kimia berdasarkan dampak kesehatan yang dapat ditimbulkan oleh setiap bahan kimia. Hasil pengelompokan akan dinilai menggunakan *Hazard Rating* (HR). *Hazard Rating* dalam analisis risiko kesehatan akibat bahan kimia digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan potensi bahaya kesehatan yang ditimbulkan oleh bahan kimia (Abbas et al., 2017).

Peringkat Bahaya memiliki skala peringkat 1 sampai dengan 5, dengan pengertian bahwa skala peringkat 1 adalah skala untuk bahan kimia yang tidak berbahaya bagi kesehatan, skala peringkat 5 merupakan skala untuk bahan kimia yang sangat berbahaya bagi kesehatan kimia (Sabilla & Widajati, 2021).

Benzene memiliki nilai tingkat bahaya (HR) 5, yang artinya memiliki tingkat resiko tinggi/sangat berbahaya. Paparan akut benzena konsentrasi tinggi secara langsung dapat terjadi pada sistem saraf, kulit, sistem pernapasan, dan sistem pencernaan. *Benzene* termasuk kategori bahaya yang tidak dapat ditoleransi dan harus dihilangkan. Tetapi jika tidak memungkinkan, beberapa upaya yang dapat dilakukan seperti substitusi bahan kimia berbahaya dengan bahan kimia lain yang lebih tidak berbahaya, atau isolasi pekerjaan untuk pengendalian emisi bahan kimia berbahaya bagi kesehatan (Kartikasari et al., 2016).

Toluene memiliki nilai tingkat bahaya (HR) 3 dan *xylene* memiliki nilai tingkat bahaya (HR) 2. Nilai tersebut termasuk kategori moderat/risiko signifikan. Risiko harus dikendalikan hingga di bawah batas paparan yang diizinkan atau selama dapat dipraktikkan secara wajar (ALARP) di mana tidak ada batasan yang ditentukan (Sahri & Widajati, 2013).

Langkah yang dapat diambil untuk mengendalikan risiko bahaya kesehatan dari benzena, toluena, dan xilena, misalnya: menentukan tindakan pencegahan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya paparan yang lebih tinggi; menentukan langkah-langkah

kendali jika peristiwa berisiko tinggi terjadi meskipun ada tindakan pencegahan; mengidentifikasi tindakan, prosedur, dan peralatan untuk mencegah atau mengendalikan emisi bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan secara tidak sengaja, menentukan apakah pemantauan atau surveilans kesehatan diperlukan untuk memeriksa efektivitas pengendalian; dan meninjau penilaian setiap lima tahun atau bila ada perubahan keadaan (DOSH, 2018).

Penentuan Tingkat Paparan Benzene, Toluene, dan Xylene Secara Kualitatif

Berdasarkan penelitian tingkat frekuensi paparan dari *benzene* memiliki nilai 4 (Memungkinkan). Sedangkan tingkat frekuensi paparan dari *toluene* dan *xylene* adalah 5 (Sering). Identifikasi durasi paparan dilakukan untuk menilai efek paparan kronis atau rutin terhadap bahan kimia yang digunakan. Penilaian efek kronis dapat menggunakan total durasi paparan. Total durasi paparan adalah produk dari jumlah paparan dalam satu minggu dan durasi rata-rata setiap paparan (Abbas et al., 2017).

Berdasarkan penelitian nilai *magnitude rating* (MR) *benzene*, *toluene*, dan *xylene* adalah 3. Nilai tersebut termasuk ke dalam level sedang. Penentuan nilai *magnitude rating* (MR) diperoleh berdasarkan nilai tingkat pelepasan bahan kimia dan besarnya bahan kimia yang terhirup. Secara kualitatif, Magnitude Rate atau jumlah paparan dinilai berdasarkan perkiraan dosis bahan kimia yang diserap melalui inhalasi dan penyerapan pada kulit. Penyerapan bahan kimia melalui mata dan kulit tidak hanya berasal dari kontak langsung dengan bahan kimia tetapi juga dari udara, asap, atau partikulat yang terkontaminasi (Sabilla & Widajati, 2021).

Nilai ER dari *benzene*, *toluene* dan *xylene* adalah 4. Exposure Rating (ER) dinilai melalui tabulasi silang berdasarkan durasi eksposur atau *Duration Rating* (DR)

dan jumlah eksposur atau *Magnitude Rating* (MR) (Sabilla & Widajati, 2021). Untuk tingkat pelepasan bahan kimia mengacu pada volatilitas atau tingkat penguapan bahan kimia pada suhu ruang. Volatilitas ketiga bahan kimia tersebut berada dalam kisaran suhu 50-150°C sehingga berada dalam kadar sedang. Dalam penelitian ini tidak terdapat modifikasi MR sehingga dari kedua data tersebut didapatkan nilai MR adalah 3 untuk pelarut organik *benzene*, *toluene*, dan *xylene*. Tingkat paparan bahan kimia secara kualitatif disesuaikan dengan tabel dan kedua nilai data yang diperoleh (Moridzadeh et al., 2020).

Penentuan Tingkat Risiko Benzene, Toluene, dan Xylene Secara Kuantitatif

Dalam penelitian ini, nilai tingkat risiko (RR) untuk paparan *benzene* melalui inhalasi secara kuantitatif adalah 5 (Risiko Sedang), sedangkan untuk paparan *toluene* adalah 3 (Risiko Rendah) dan untuk paparan *xylene* adalah 2 (Risiko Rendah). Penetapan tingkat risiko atau Risk Rating digunakan untuk menyimpulkan hasil penilaian risiko bahan kimia yang telah dilakukan. Penilaian tingkat risiko dilakukan berdasarkan hasil tingkat paparan atau *Exposure Rating* dan *Hazard Rating* yang telah dilakukan. Tingkat risiko akan dievaluasi berdasarkan “signifikan” dan “tidak signifikan”. Risiko yang dievaluasi adalah “tidak signifikan” jika paparan kerja tidak dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada tenaga kerja (Sabilla & Widajati, 2021).

Kesimpulan dari hasil penilaian risiko bahan kimia dapat dibuat setelah Peringkat Risiko telah dinilai. Berdasarkan hasil penilaian Risk Rating dan penilaian tindakan pengendalian yang ada, terdapat 4 jenis kesimpulan yang dapat dicapai dalam penilaian ini. Keempat jenis kesimpulan dilambangkan dengan C1, C2, C3, C4, dan C5. kesimpulan risiko *Benzene*, *Toluene*, dan *Xylene* adalah C2 yang berarti risikonya signifikan tetapi

sudah dikendalikan secara memadai dapat meningkat di masa yang akan datang (DOSH, 2018).

Penentuan Tingkat Paparan *Benzene*, *Toluene* dan *Xylene* Secara Kuantitatif

Kadar paparan ketiga pelarut organik di dalam ruangan laboratorium didapat dari *personal sampling* udara selama jam kerja. Dari perhitungan tersebut akan didapatkan nilai *Time Weighted Average* (TWA). Nilai *Time Weight Average* (TWA) yang didapatkan untuk senyawa *benzene*, *toluene*, dan *xylene* secara berturut-turut adalah 0,025, 0,104, dan 0,077 ppm. Nilai tersebut akan dibandingkan dengan beberapa Nilai Ambang Batas (NAB) dari standar atau regulasi yang berlaku antara lain *American Conference of Government Industrial Hygienist* (ACGIH) tahun 2021 (ACGIH, 2021), Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 05 Tahun 2018 (Kemenaker, 2018) dan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016 (Kemenkes, 2016).

Pada penelitian ini dihasilkan data konsentrasi paparan *benzene*, *toluene* dan *xylene* dimana data tersebut digunakan untuk menentukan tingkat paparan (ER) melalui inhalasi secara kuantitatif terhadap analisis laboratorium pengujian migas PT SCI serta dibandingkan dengan standar atau regulasi yang berlaku.

Berdasarkan informasi data penelitian yang diperoleh tingkat paparan *benzene*, *toluene* dan *xylene* terhadap analisis laboratorium pengujian migas PT SCI masih dalam batas aman dan tidak melebihi nilai ambang batas beberapa regulasi yang dipersyaratkan.

KESIMPULAN

Penilaian risiko kesehatan terkait paparan *benzene*, *toluene* dan *xylene* melalui inhalasi di laboratorium pengujian migas PT. SCI dilakukan berdasarkan metode *Chemical Health Risk Assessment*

Malaysia. Tingkat risiko paparan melalui inhalasi secara kualitatif diperoleh nilai tingkat risiko paparan (RR) *benzene*, *toluene* dan *xylene* secara berturut-turut RR= 20, 12, dan 8. Berdasarkan metode kualitatif, nilai tingkat risiko paparan melalui inhalasi untuk *benzene* memiliki risiko tinggi sedangkan *toluene* dan *xylene* memiliki risiko moderat terhadap pekerja di laboratorium pengujian migas PT SCI. Tingkat risiko paparan melalui inhalasi secara kuantitatif dengan metode CHRA. nilai tingkat risiko paparan (RR) *benzene*, *toluene* dan *xylene* secara kuantitatif secara berturut-turut adalah RR= 5, 3, dan 2. Berdasarkan metode kuantitatif, nilai tingkat risiko paparan melalui inhalasi untuk *benzene* memiliki risiko moderat sedangkan *toluene* dan *xylene* memiliki risiko rendah terhadap pekerja di laboratorium pengujian migas PT SCI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini terutama Bapak dan Ibu dari Program Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja FKM UI yang telah terlibat dalam penulisan penelitian. Terimakasih kepada rekan-rekan PT SCI yang telah menjadi tempat penelitian dan bersedia ikut serta dalam membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, M., Zakaria, A., & Balkhyour, M. (2017). Implementation of Chemical Health Risk Assessment (CHRA) program at Chemical Laboratories of a University. *Journal of Safety Studies*, 3(1), 53. <https://doi.org/10.5296/jss.v3i1.11109>
- ACGIH. (2021). *Threshold Limit Values for Chemical Substance and Physical Agents & Biological Exposures Indices*.
- Athqiya, A. A., Haqi, D. N., Alayyannur, P. A., Paskarini, I., & Sugiharto, F.

- M. (2019). Hazard identification, risk assessment, and determining controls in laboratories. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 10(7), 877–883. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2019.01688.7>
- Cakmak, S., Dales, R. E., Liu, L., Kauri, L. M., Lemieux, C. L., Hebborn, C., & Zhu, J. (2014). Residential exposure to volatile organic compounds and lung function: Results from a population-based cross-sectional survey. *Environmental Pollution*, 194, 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.07.020>
- Davidson, C. J., Hannigan, J. H., & Bowen, S. E. (2021). Effects of inhaled combined Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX): Toward an environmental exposure model. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 81(July 2020), 103518. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103518>
- DOSH. (2018). *A manual of recommended practice on assessment of the health risks arising from use of chemicalshazardous to health at the workplace* (third edit). Department of Occupational Safety and Health.
- Gustavsson, P., Andersson, T., Gustavsson, A., & Reuterwall, C. (2017). Cancer incidence in female laboratory employees: Extended follow-up of a Swedish cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(11), 823–826. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-104184>
- Kartikasari, D., Nurjazuli, N., & Rahadjo, M. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzene Pada Pekerja Di Bagian Laboratorium Industri Pengolahan Minyak Bumi. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(4), 892–899.
- Kemenaker. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja*.
- Kemenkes. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri*.
- Klaasen, C. D. (2013). *Toxicology, The Basic Science of Poison* (8th Editio). McGraw-Hill.
- Moridzadeh, M., Dehghani, S., Rafiee, A., Hassanvand, M. S., Dehghani, M., & Hoseini, M. (2020). Assessing BTEX exposure among workers of the second largest natural gas reserve in the world: a biomonitoring approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(35), 44519–44527. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10379-x>
- Sabilla, N. P., & Widajati, N. (2021). Determining the exposure of benzene, toluene, xylene (In condensate) in a chemical laboratory of natural gas company by chemical health risk assessment (chra). *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 15(1), 1392–1397. <https://doi.org/10.37506/ijfnt.v15i1.13608>
- Sahri, M., & Widajati, N. (2013). Evaluation of Toluene Exposure in Workers at Industrial Area of Sidoarjo , Indonesia by Measurement of Urinary Hippuric Acid. *Asia Pacific Journal of Medical Toxicology*, 2(November), 145–149.