LITERATURE REVIEW : HUBUNGAN PAJANAN BENZENA, MASA KERJA DENGAN KADAR *TRANS TRANS MUCONIC ACID* PADA PEKERJA

Annisa Febriana Siregar¹, Anggi Isnani Parinduri², Mutiara Nauli³

¹ Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Columbia Asia, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

² Institut Kesehatan Medistra, Lubuk Pakam, Sumatera Utara, Indonesia

³ Universitas Haji Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: nsafbrnstikes@gmail.com, anggisnani@gmail.com, mutiara.nsr@gmail.com

Abstrak

Industri percetakan adalah salah satu industri yang menggunakan bahan-bahan kimia mengandung benzena dalam proses produksinya. Akumulasi konsentrasi benzena di percetakan dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada pekerja. Literature review ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara pajanan benzena dan masa kerja dengan kadar trans-trans Muconic Acid berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Metode penelitian ini adalah *literature review* untuk mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian yang terkait pada fokus topik tertentu database yang digunakan dalam pencarian artikel ini adalah Google Scholar, dengan menggunakan kata kunci “Benzena, *Trans-trans Muconic Acid*”. yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Hasil penelitian Terdapat hubungan antara kadar benzena di udara dengan kadar ttMA dalam urin. Kesimpulan dalam penelitian ini terdapat hubungan antara kadar benzena di udara dengan kadar ttMA dalam urin, di mana semakin tinggi paparan benzena, semakin tinggi kadar ttMA yang terdeteksi dan tidak ditemukan hubungan signifikan antara masa kerja dan kadar ttMA dalam urin, karena faktor lain seperti durasi kerja harian yang memengaruhi tingkat paparan benzena. Pekerja dengan jam kerja lebih panjang cenderung memiliki kadar ttMA lebih tinggi.

Kata kunci: Benzena, Pekerja Percetakan, Trans, Trans Muconic Acid

Abstract

The printing industry is one of the industries that uses chemical substances containing benzene in its production process. The accumulation of benzene concentration in printing facilities can lead to health issues for workers. This literature review aims to analyze the relationship between benzene exposure, work duration, and trans-trans Muconic Acid (ttMA) levels based on previous studies.

This study employs a literature review method to collect and evaluate relevant research on the specific topic. The database used for article searches is Google Scholar, using the keywords "Benzene, Trans-trans Muconic Acid" for studies conducted by researchers. A relationship was found between benzene levels in the air and ttMA levels in urine.

The conclusion of this study indicates that there is a relationship between benzene levels in the air and ttMA levels in urine. The higher the benzene exposure, the higher the detected ttMA levels in urine. However, no significant relationship was found between work duration and ttMA levels in urine, as other factors such as daily work hours affect benzene exposure levels. Workers with longer working hours tend to have higher ttMA levels.

Keywords: *Benzena, Printing Workers, Trans, Trans Muconic Acid*

Pendahuluan

Benzena adalah senyawa paling stabil dengan ukuran yang terkecil dan senyawa aromatik. Sumber-sumber *benzena* di percetakan bisa berasal dari tabung tinta, silinder pada alat pencetak yang tidak tertutup, jaringan kertas, tempat keluarnya kertas, tumpahan tinta, serta corong tempat mengisi tinta. Selain dari uap benzena yang keluar dari mesin percetakan, pekerja juga dapat terpapar benzena dari kegiatan yang mereka lakukan seperti saat menuangkan cairan pelarut untuk membersihkan silinder atau tempat tinta (Wadden, 2001).

Benzena sebagai senyawa kimia sangat banyak digunakan dalam berbagai industri di dunia. Di Amerika Serikat, dari 20 zat kimia terbanyak yang diproduksi benzena merupakan peringkat teratas. Hal ini disebabkan oleh karena secara luas benzena digunakan sebagai pelarut, selain itu benzena juga digunakan sebagai bahan intermediet dalam pembuatan senyawa kimia lain serta sebagai zat adiktif pada bensin (Pudyoko, 2010).

Pajanan benzena dalam jumlah besar dapat menyebabkan kematian, sedangkan pajanan tingkat rendah dapat menyebabkan mual, debar jantung cepat, sakit kepala, tremor, kebingungan, dan tidak fokus. Mengonsumsi makanan yang mengandung benzena dengan kadar tinggi dapat menyebabkan muntah, iritasi terhadap lambung, pusing, kejang, hingga kematian. Efek pajanan kronis benzena terhadap kesehatan terutama adalah terhadap darah. Benzena merusak sumsum tulang sehingga menyebabkan penurunan jumlah sel darah merah sehingga berakibat anemia. Benzena juga dapat menyebabkan pendarahan, dan penurunan sistem kekebalan tubuh, sehingga meningkatkan kemungkinan terkena penyakit infeksi. Benzena juga dapat menyebabkan leukimia, dan penyakit lain yang berkaitan dengan kanker darah (Siregar, 2019).

Trans, trans-Muconic Acid (t,t-Ma) adalah metabolit minor dari benzena yang dapat digunakan sebagai indikator biologi untuk pajanan benzena. Beberapa penelitian mengindikasikan hubungan kuantitas antara pajanan inhalasi dengan t,t-Ma sebagai biomarker pajanan benzena⁴. Penelitian yang dilakukan oleh Supaporn, et al merekomendasikan penggunaan *trans, trans-Muconic acid* (ttMA) dalam urin sebagai biomarker untuk memonitor paparan benzena terhadap pekerja dengan risiko tinggi paparan (Supaporn, 2000).

Benzena sering digunakan di sektor industri seperti industri karet, pabrik kimia, minyak hingga pabrik sepatu dan tempat percetakan. Bahan-bahan kimia yang digunakan seringkali

tidak memperhatikan dampak kesehatan pada pekerja yang dapat meningkatkan kejadian Penyakit Akibat Kerja di masa depan. Populasi yang rentan akan paparan benzena di tempat kerja adalah pekerja yang bekerja di lingkungan yang ada paparan benzena. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kerentanan atau keparahan seseorang dalam menerima paparan benzena adalah kebiasaan dan perilaku pekerja, misalnya usia, masa kerja dan gaya hidup pekerja. Oleh karena itu, tujuan dari literature review ini adalah menganalisis hubungan antara pajanan benzena dan masa kerja dengan kadar *trans-trans Muconic Acid*.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan *literature review*. Pengertian *Systematic Literature Review* merupakan istilah yang digunakan untuk merujuk pada metodologi penelitian atau riset tertentu dan pengembangan yang dilakukan untuk mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian yang terkait pada fokus topik tertentu database yang digunakan dalam pencarian artikel ini adalah Google Scholar, dengan menggunakan kata kunci “Benzena, *Trans-trans Muconic Acid*”. yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya di Indonesia yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Tulisan yang dicari dan digunakan dalam penulisan ini adalah tulisan yang diterbitkan mulai dari Tahun 2019 sampai Tahun 2024 dari berbagai sumber jurnal baik nasional maupun internasional. Diperoleh 5 artikel dan dianalisis melalui analisis tujuan, kesesuaian topik, variabel yang digunakan, dan hasil dari setiap jurnal.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Variabel dan Hasil Penelitian

Penulis	Tujuan	Desain	Variabel	Hasil
Annisa Febriana Siregar, Taufik Ashar, Nurmaini (2019)	Analisis pajanan benzene pada trans muconic acid pada urin pekerja di industri percetakan	Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif analitik observasional dengan menggunakan desain <i>cross sectional</i> .	Variabel dependen adalah kadar trans, <i>trans -Muconic Acid</i> . Variabel independen adalah kadar benzena di udara, umur, masa kerja, jenis kelamin, lama paparan, penggunaan APD dan kebiasaan merokok.	1.Kadar trans- trans Muconic Acid pada urin pekerja yang melewati nilai rujukan (> 500 $\mu\text{g/g}$ kreatinin) dari 50 orang pekerja terdapat sebanyak 9 orang. 2.Terdapat hubungan kadar trans-trans Muconic Acid dengan kadar

					benzena di industri
Parinduri, Anggi Isnani, Taufik Ashar, Nurmaini. 2019. Hubungan Paparan Benzena dengan Anemia pada Pekerja Industri Percetakan di Kota Medan.	Untuk menganalisis hubungan paparan benzena dengan anemia pada pekerja percetakan.	Penelitian kuantitatif dengan menggunakan desain cross sectional.	Variabel penelitian terdiri dari variabel independen adalah: kadar benzena di udara, lama paparan, umur, masa kerja, jenis kelamin, kebiasaan merokok, penggunaan APD dan keluhan kesehatan. Variabel dependen adalah anemia.	1. Hasil pengukuran kadar benzena di udara lingkungan kerja industri percetakan yang melewati nilai ambang batas (NAB) menurut Permenaker RI No. 5 Tahun 2018 yaitu sebesar 0,5 mg/m ³ . 2. Dari 6 industri percetakan adanya hubungan yang bermakna antara lama paparan dengan anemia dengan nilai p sebesar 0,001 dan terdapat hubungan yang bermakna antara kadar benzena dengan anemia dengan nilai p sebesar 0,016 3. Pekerja yang mengalami anemia sebanyak 17 orang (34%) dari 50 orang pekerja yang menjadi responden. 4. Pekerja yang mengalami anemia berjenis	

					kelamin laki-laki sebanyak 11 orang (28,9%) dan perempuan sebanyak 6 orang (50%).
RR Febrianti. 2020. Paparan dengan S-Phenylmercapturic Acid dalam Urin pada Pekerja Home Sepatu Osowilangun Surabaya	Hubungan Benzena dengan S-Phenylmercapturic Acid dalam Urin Pekerja Industry Sepatu di Osowilangun Surabaya.	Untuk menganalisis hubungan paparan benzena dengan kadar <i>s-phenylmercapturic acid</i> dalam urin pada pekerja home industry sepatu di Osowilangun Surabaya.	Penelitian observasional dengan rancangan <i>cross sectional</i> dengan pendekatan kuantitatif.	Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi benzena di udara dan karakteristik individu antara lain IMT, usia, lama kerja, jenis kelamin, perilaku merokok, konsumsi alkohol, dan olahraga. Variabel dependennya yaitu <i>s-phenylmercapturic acid</i> dalam urin.	1. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang sangat lemah antara variabel <i>s-phenylmercapturic acid</i> dengan kadar benzena di udara ($p=0.879$). 2. Untuk hasil penelitian antara variabel dependen (IMT, usia, lama kerja, jenis kelamin, perilaku merokok, konsumsi alkohol, dan olahraga) dengan variabel independen (<i>s-phenylmercapturic acid</i>) seluruhnya mempunyai p value diatas 5%. Paparan benzena yang terus-menerus dapat berpengaruh terhadap kesehatan pekerja <i>home industry</i> sepatu dengan adanya hasil pengukuran kadar benzena di udara

				yang sudah melebihi nilai ambang batas.
Geraldino, et al 2020. <i>Analysis Of Benzene Exposure in Gas Station Workers Using trans,trans-Muconic Acid</i>	Untuk mengevaluasi tingkat paparan benzena pada spbu dengan mengukur kadar TTMa	Desain <i>cross sectional</i>	Variabel bebas penelitian adalah umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok dan konsumsi alkohol dan variabel dependen adalah kadar TTMa.	Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar t,t-MA urin lebih rendah pada kelompok yang tidak terpapar pekerjaan dibandingkan pada pekerja pompa bensin, dan frekuensi epistaksis meningkat pada kelompok terakhir. Selain itu, pekerja pompa bensin di pusat kota Rio de Janeiro memiliki nilai t,t-MA yang lebih tinggi dibandingkan di Zona Selatan.
Hasan, et al. 2024. <i>Airborne benzene concentrations increase trans,trans-muconic acid (tt-MA) levels and liver function in workers in the manufacturing industry</i>	Untuk menganalisis dampak paparan benzena di udara menggunakan indikator TTMa	Penelitian kuantitatif dengan menggunakan <i>desain cross sectional</i> .	Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pekerja yang bekerja di bagian administrasi dan pekerja yang bekerja di bagian produksi. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kadar TTMa	Setelah dilakukan pengukuran, kadar benzena di udara berada di bawah 0,5 ppm atau bisa dikatakan aman. Tetapi ada perbedaan signifikan antara kadar Ttma pekerja di bagian produksi dan di bagian administrasi. Pada

pekerja bagian
produksi kadar
tma lebih tinggi
dibandingkan
dengan pada
pekerja bagian
administrasi

Benzena digunakan sebagai bahan bakar motor serta sebagai pelarut untuk beberapa jenis zat dan dalam industri ban dan kulit. Selain itu benzena juga digunakan pada industri karet, industri kimia, pembuatan sepatu, pelumas, detergen, obat-obatan, pestisida, pembuatan plastik, resin, nilon dan fiber sintetik (CDC, 2024). Konsentrasi benzena di suatu lingkungan kerja dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu : luas ruang, kepadatan hunian di suatu ruangan, konsentrasi benzena. Konsentrasi benzena di suatu ruang merupakan faktor yang terpenting yang mempengaruhi pajanan benzena tersebut. Semakin tinggi konsentrasi benzena di suatu ruangan maka akan semakin tinggi pula kemungkinan pajanan benzena yang terjadi bagi para penghuni ruangan tersebut (Lestari, 2010).

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kahar pada tahun 2024 yang menyatakan bahwa bagian produksi mempunyai kadar tma yang lebih tinggi dikarenakan kadar benzena yang juga tinggi di dalam ruang produksi Hal ini dibuktikan dengan kadar tma pada kelompok yang terpapar benzena adalah $331,5 \mu\text{g/g creatinin}$ sementara kelompok yang tidak terpapar berada pada angka $106,6 \mu\text{g/g creatinin}$

Penelitian lain yang dilakukan terhadap pengrajin sepatu di Tambak Oso, Surabaya, mengungkapkan bahwa kadar benzena di udara lingkungan kerja mencapai 2,3330 ppm, dengan kadar trans, trans-Muconic Acid (ttMA) dalam urin pekerja tertinggi sebesar $555,65 \mu\text{g/g creatinin}$. Analisis menunjukkan adanya hubungan antara kedua variabel tersebut, di mana semakin tinggi kadar benzena di udara, semakin tinggi pula kadar ttMA dalam urin. Kedua penelitian ini menyimpulkan bahwa paparan benzena dapat meningkatkan kadar ttMA dalam urin, yang dapat digunakan sebagai indikator paparan benzena di tempat kerja (Febrianti, 2020).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Siregar pada tahun 2019 menunjukkan bahwa dari 50 orang pekerja di industri percetakan terdapat 9 orang pekerja yang kadar ttMAnya melebihi nilai rujukan ($>500 \mu\text{g/g kreatinin}$) dengan kadar benzena di tempat kerja lebih dari 0,05 ppm. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 Tahun 2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja, NAB benzena yang direkomendasikan untuk mencegah terjadinya dampak terhadap kesehatan adalah 0,5 ppm. Terdapat beberapa titik yang memiliki kadar benzena yang mendekati bahkan jauh diatas NAB. Benzena yang masuk kedalam tubuh memiliki dua kemungkinan, yang pertama yakni dimetabolisme dalam tubuh terus menerus hingga menimbulkan efek akut dan kronis, dan yang kedua dikeluarkan atau diekskresikan menjadi metabolit berupa urin yang dalam hal ini adalah metabolit trans, *trans-Muconic Acid* (tt-MA) (Parinduri, 2020).

Masa kerja adalah waktu yang dihitung berdasarkan tahun pertama bekerja hingga saat penelitian dilakukan dihitung dalam tahun, jadi semakin lama orang tersebut bekerja maka semakin bertambah jumlah paparan bahan kimia yang diterima. Pekerja dapat

mengalami gangguan kesehatan lainnya akibat paparan benzena yang diterima pekerja semakin lama

Besar keterpaparan akan bahaya suatu bahan ataupun material yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi seorang pekerja di lingkungan kerjanya juga dipengaruhi oleh masa kerja seorang pekerja yang lama. Melalui analisis risiko kesehatan juga, masa kerja diatas 30 tahun diperkirakan adalah masa efek non karsinogen bahan toksikan yang dapat termanifestasi pada manusia. Masa kerja yang lama akan cenderung membuat seorang lebih merasa betah yang diantaranya disebabkan karena telah beradaptasi dengan lingkungannya yang cukup lama sehingga seorang pekerja akan merasa nyaman dengan pekerjaannya.

Teori ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Siregar, 2019 menunjukkan bahwa dari 50 orang pekerja di industri percetakan terdapat 7 orang pekerja dengan kadar Trans-trans Muconic Acid melebihi nilai rujukan ($>500 \mu\text{g/g}$ kreatinin) dan masa kerja di atas 2 tahun. Hasil uji chisquare diperoleh nilai p sebesar 1,000 ($p>0,05$) yang artinya tidak terdapat hubungan yang signifikan kadar Trans-trans Muconic Acid dengan masa kerja di industri percetakan.

Pernyataan ini menunjukkan bahwa masa kerja tidak selalu berkaitan langsung dengan kadar *ttMA* (*trans trans muconic Acid*) dalam urin, yang merupakan metabolit dari paparan benzena. Hal ini disebabkan oleh faktor lain, seperti durasi kerja per hari yang lebih pendek pada pekerja dengan masa kerja lebih dari 30 tahun. Meskipun mereka memiliki masa kerja yang panjang, durasi kerja yang lebih singkat membuat paparan terhadap benzena lebih rendah, sehingga kadar *ttMA* urin mereka juga rendah. Pekerja dengan masa kerja kurang dari 30 tahun yang bekerja lebih dari 8 jam per hari, terpapar benzena dalam jumlah lebih banyak, sehingga kadar *ttMA* urin mereka lebih tinggi. Teori yang ada menjelaskan bahwa sebagian besar benzena dikeluarkan dalam bentuk *ttMA* melalui urin, dengan puncak ekskresinya terjadi sekitar 4-5 jam setelah paparan. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil yang lebih akurat tentang kadar *ttMA* urin, sampel urin harus segera dikumpulkan setelah paparan benzena terjadi, mengingat waktu paruh *ttMA* yang relatif cepat. Secara keseluruhan, hubungan antara masa kerja dan kadar *ttMA* urin dipengaruhi oleh faktor lain seperti durasi waktu kerja per hari, yang lebih menentukan tingkat paparan dan pengeluaran *ttMA* dalam urin.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: Paparan benzena di lingkungan kerja dapat menimbulkan dampak kesehatan serius, seperti anemia dan leukemia. *Trans, trans-Muconic Acid (ttMA)* dalam urin berfungsi sebagai biomarker untuk memantau tingkat paparan benzena. Terdapat hubungan antara kadar benzena di udara dengan kadar *ttMA* dalam urin, di mana semakin tinggi paparan benzena, semakin tinggi kadar *ttMA* yang terdeteksi dan tidak ditemukan hubungan signifikan antara masa kerja dan kadar *ttMA* dalam urin, karena faktor lain seperti durasi kerja harian yang memengaruhi tingkat paparan benzena. Pekerja dengan jam kerja lebih panjang cenderung memiliki kadar *ttMA* lebih tinggi.

REFERENSI

1. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024, November 17). *Facts about benzene*. <https://www.bt.cdc.gov/agent/benzene/basics/facts.asp>

2. Febrianti, R. R. (2020). *Hubungan paparan benzena dengan S-phenylmercapturic acid dalam urin pada pekerja home industry sepatu Osowilangun Surabaya* (Disertasi doktoral). Universitas Airlangga.
3. Geraldino, B. R., Oliveira, M. M., Silva, J. A. C., et al. (2020). Analysis of benzene exposure in gas station workers using trans, trans-muconic acid. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5295. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155295>
4. Hasan, N. Y., Prijanto, T. B., & Kamaludin, A. (2024). Airborne benzene concentrations increase trans, trans-muconic acid (tt-MA) levels and liver function in workers in the manufacturing industry. *Window Health J Kesehatan*, 23, 23–30.
5. Lestari, F. (2010). *Bahaya kimia: Sampling & pengukuran kontaminan kimia di udara*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.
6. Parinduri, A. I., Ashar, T., Nurmaini, I., Siregar, A. F., & Manalu, S. M. H. (2020). Measurement of benzene levels in decreased hemoglobin levels among printing industry workers. *Journal of Occupational Health*, 62(5), 234–240.
7. Pudyoko, S. (2010). *Hubungan pajanan benzene dengan kadar fenol dalam urin dan gangguan sistem hematopoietik pada pekerja instalasi BBM* (Tesis). Universitas Diponegoro, Semarang.
8. Siregar, A. F., Ashar, T., & Nurmaini, N. (2019). Paparan benzena di udara ambien dan kadar trans, trans muconic acid urin pada pekerja industri percetakan di Kota Medan. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 35(3), 107–112.
9. Supaporn, T., S K., Viroj, W., & Jamsai, S. (2000). High urine ttMA levels among fishermen from a Thai rural village. *Annals of Clinical Laboratory Science*, 33(4), 878–880.
10. Wadden, R. A., Suero, M., Conroy, L. M., Franke, J. E., & Scheff, P. A. (2001). Characterization of publication rotogravure press emission rates and compositions. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16(5), 471–481.
11. Zuliyawan. (2010). *Analisis resiko kesehatan pajanan benzene melalui penentuan level trans, trans-muconic acid dalam urin pada karyawan di SPBU 'X' Jakarta Utara* (Tesis). Universitas Indonesia, Jakarta.