

RESEARCH STUDY

Open Access

Literature Review: Hubungan Paparan Benzena, Usia, dan Masa Kerja dengan Kadar Trans, Trans – Muconic Acid (ttMA) Urin pada Pekerja Terpapar Benzena

Literature Review: Relationship between Benzene Exposure, Age, and Working Period with Urine Trans, Trans – Muconic Acid (ttMA) Levels in Workers Exposed to Benzene

Welldelin Yufuria Christiansi^{*1}, Soedjajadi Keman²

ABSTRAK

Latar Belakang: Benzena adalah salah satu zat atau bahan kimia yang sering ditemukan dan digunakan di dalam bidang perindustrian, baik di dalam industri percetakan, pengeleman, obat-obatan, plastik, karet buatan, pewarna hingga bensin. Hal ini menyebabkan paparan benzena yang diterima manusia atau pekerja yang bekerja dekat dengan sumber benzena rentan menerima risiko atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh benzena. Salah satu metabolit yang dapat diukur sebagai tanda dari adanya paparan benzena di dalam tubuh adalah ttMA dalam urin.

Tujuan: Studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara paparan benzena dengan kadar ttMA urin pada pekerja berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Metode: Metode penelitian ini adalah literature review yang dimana digunakan untuk mengkaji, memahami, dan menafsirkan penelitian-penelitian yang ada yang sesuai dengan topik yang diambil dengan bersumber dari artikel yang diterbitkan dalam kurun waktu 5 tahun.

Hasil: Hasil dari literature review menunjukkan bahwa hampir seluruh penelitian (75%) yang dirangkum menyatakan adanya hubungan antara paparan benzena dengan kadar ttMA urin. Sedangkan variabel seperti usia dan masa kerja mayoritas (>50%) tidak berhubungan dengan kadar ttMA urin.

Kesimpulan: Kesimpulan dalam penelitian ini yang dapat diambil adalah paparan benzena berhubungan dengan kadar ttMA urin seseorang atau pekerja yang bekerja dekat atau sering terpapar dengan benzena di lingkungan kerjanya. Sedangkan variabel lain seperti usia dan masa kerja tidak memiliki hubungan yang signifikan.

Kata kunci: paparan benzena, usia, masa kerja, kadar ttMA urin

ABSTRACT

Background: Benzene is one of the substances or chemicals that are often found and used in the industrial sector. It can be found in the printing industry, gluing, medicine, plastics, artificial rubber, dyes to gasoline. This causes the exposure of benzene that is received by human or workers who work close to benzene sources being vulnerable and risking their health. One of the metabolites that can be measured as a sign of benzene exposure in the body is ttMA in urine.

Objectives: This literature study was purposed to analyze the relationship between benzene exposure and ttMA urine levels in workers based on previous research.

Methods: The method that was used in this research was a literature review which was used to review, understand, and interpret existing studies that were in accordance with the topic taken from articles published within a period of 5 years.

Results: The results of the literature review showed that almost all of the studies (75%), stated that there was a relationship between benzene exposure and urinary ttMA levels. Meanwhile, variables such as age and working period in the majority (>50%) were not associated with urinary ttMA levels.

Conclusions: *The conclusion in this study is that benzene exposure is related to the ttMA urine level of a person or worker who works closely or is often exposed to benzene in the work environment. While other variables such as age and working period do not have a significant relationship.*

Keywords: *benzene exposure, age, working period, ttMA level*

*Koresponden:

welldelinyufuriasemli@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5209-6049>

Welldelin Yufuria Christiansi

Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Kampus C Mulyorejo, 60115, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

PENDAHULUAN

Benzena adalah salah satu zat atau bahan kimia yang sering digunakan dalam bidang perindustrian, baik dalam sektor formal maupun informal. Benzena merupakan kandungan alami yang berada dalam minyak bumi yang menjadi salah satu bahan dasar dalam petrokimia dan sebagai pelarut yang penting di dalam dunia industri. Beberapa penggunaan benzena sering ditemukan dalam bidang perindustrian seperti percetakan, pengeleman, obat-obatan, plastik, karet buatan, pewarna, hingga bensin (ATSDR, 2015). Benzena atau yang biasa disebut benzol merupakan cairan yang tidak berwarna yang memiliki bau manis. Benzena dapat ditemukan di udara, air, dan tanah yang biasanya berasal dari industri dan sumber alam. Benzena dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui sistem pernapasan, inhalasi, dan kulit. Sebagian besar metabolit benzena keluar dari tubuh manusia dalam bentuk urin, 48 jam setelah terpapar (Sukar, 2014). Paparan akan benzena yang cukup lama di lingkungan kerja dapat meningkatkan risiko gangguan sistem syaraf, tekanan darah, sakit kepala hingga kehilangan kesadaran (Febrian *et al.*, 2019). Benzena merupakan senyawa kimia organik yang digunakan sebagai campuran alami pada minyak mentah yang disintesis dari senyawa lain pada minyak bumi yang berasal dari kendaraan lalu lintas, emisi SPBU, beberapa industri, asap rokok, dan beberapa produk pembersih. Potensi efek karsinogenik dan imunologi akibat paparan kronis benzena sudah diketahui. Paparan benzena kronis juga dikaitkan dengan masalah pernapasan, seperti asma dan infeksi paru pada anak-anak dan / atau orang dewasa (Susilaningtyas *et al.*, 2018).

Penelitian yang dilakukan di Roma menunjukkan bahwa polisi lalu lintas terpajan benzena akibat pembakaran oleh asap kendaraan yang mengakibatkan paparan benzena pada polisi tersebut menjadi model kasus terburuk untuk penduduk perkotaan. Benzena juga menjadi penyebab toksisitas paling umum yang ada di China, karena lebih dari 60% kanker yang diakibatkan oleh penyakit akibat kerja disebabkan oleh senyawa benzena (Febyan *et al.*, 2015). Penelitian yang dilakukan di Industri Pembuatan Sepatu Wedoro di Sidoarjo pada tahun 2018 juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara kadar benzena di udara lingkungan kerja dengan kadar *trans, trans - Muconic Acid urin*, dimana hasil uji nilai signifikansi menunjukkan p-value sebesar 0,04 dan mempunyai nilai $\beta = 0,72$, dimana bertanda positif yang berarti bahwa semakin tinggi kadar benzena di udara, maka semakin besar pula kadar *trans, trans - Muconic Acid* di dalam urin. Dalam hasil penelitian tersebut, hasil rata-rata ttMA urin pekerja bagian pengeleman sepatu menunjukkan hasil sebesar 748,90 $\mu\text{g/g}$ creatinine dan warga bukan pembuat sepatu sebagai kelompok kontrol menunjukkan hasil sebesar 217,50 $\mu\text{g/g}$ creatinine (Nabila, 2018).

Benzena sering digunakan di sektor-sektor industri seperti industri karet, pabrik kimia, penyulingan minyak, hingga pabrik sepatu dan industri lain yang terkait dengan minyak. Bahan-bahan kimia yang digunakan seringkali tidak memerhatikan dampak kesehatan terhadap pekerja, dimana kondisi tersebut dapat meningkatkan kejadian Penyakit Akibat Kerja atau PAK (Nasution *et al.*, 2015). Terpapar benzena mengakibatkan dampak kesehatan terhadap sistem hematologi, dikarenakan organ target utama benzena adalah sumsum tulang, tempat pembentukan sel darah. Beberapa jenis gangguan itu seringkali adalah *pancytopenia* yang merupakan penurunan jumlah sel darah eritrosit, leukosit, dan juga trombosit, anemia aplastik, hingga leukimia akut (ATSDR, 2007). Berkurangnya jumlah elemen darah atau disebut *pancytopenia* ini, merupakan indikasi awal seseorang untuk mengetahui keterpaparan benzena tingkat rendah (Nikmah *et al.*, 2016). Benzena dapat masuk ke dalam tubuh umumnya melalui 3 (tiga) jalur. Namun, jalur yang utama biasanya adalah melalui pernapasan atau inhalasi. Salah satu populasi yang rentan akan paparan benzena di tempat kerja adalah pekerja yang bekerja di lingkungan yang memiliki paparan benzena. Selain benzena itu sendiri, faktor lain yang dapat memengaruhi kerentanan atau keparahan seseorang dalam menerima paparan benzena adalah kebiasaan dan perilaku pekerja, misalnya kebiasaan merokok pada pekerja, usia, serta masa kerja pekerja. Adapun tujuan dari review jurnal ini adalah menganalisis hubungan antara paparan benzena, usia, dan masa kerja dengan kadar ttMA urin pada pekerja melalui *literature review*.

METODE

Penulisan jurnal ini menggunakan metode *literature review* dimana penelitian ini menggunakan data dari hasil penelitian dan atau temuan serta kajian yang telah ada sebelumnya dengan topik yang sama. *Literature review* didapatkan melalui penelusuran dan penelitian kepustakaan dengan membaca berbagai buku, jurnal dan terbitan lain yang berkaitan dengan topik penelitian guna menghasilkan suatu tulisan yang berkenaan dengan satu topik atau isu tertentu (Marzali, 2017). Data penelitian yang digunakan diambil dari hasil penelitian yang sudah dilakukan sejak tahun 2016 hingga tahun 2021. Sumber data yang digunakan diambil dari artikel jurnal, buku, skripsi, tesis dan disertasi yang telah terpublikasi dan dapat diakses secara rinci oleh peneliti melalui internet dari beberapa *database* jurnal, seperti *Google Scholar*, *DOAJ*, *Science Direct*, dan *PubMed*. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian referensi adalah pajanan benzena, kadar ttMA, *benzene exposure*, dan ttMA *level*, sehingga hasil yang didapatkan masih signifikan. Setelah dilakukannya *screening* dan pemilihan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, didapatkan 20 referensi yang pada akhirnya terpilih 8 referensi untuk diulas yang disesuaikan dengan topik yang akan dibahas.

DISKUSI

Pajanan Benzena

Benzena merupakan salah satu zat atau bahan kimia yang sering ditemukan dan digunakan di dalam bidang perindustrian, baik di dalam industri percetakan, pengeleman, obat-obatan, plastik, karet buatan, pewarna, hingga bensin. Benzena dapat masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi (pernafasan), dermal (kulit), dan ingesti (pencernaan). Benzena di absorpsi dengan cepat melalui inhalasi dalam bentuk uap. Jumlah yang diinhalasi mencapai 40-50% dari keseluruhan jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh. Benzena terdistribusi ke seluruh tubuh melalui absorpsi dalam darah dan didistribusi ke dalam jaringan lemak (ATSDR, 2015). Paparan benzena yang diterima manusia atau pekerja yang bekerja dekat dengan sumber benzena rentan menerima risiko atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh benzena itu sendiri. Pada tingkat rendah, paparannya dapat menyebabkan pusing, mengantuk, detak jantung yang cepat, sakit kepala, tremor, dan kebingungan. Paparan yang cukup lama di lingkungan kerja dapat menyebabkan peningkatan risiko gangguan sistem syaraf, tekanan darah, sakit kepala hingga kehilangan kesadaran (Febrian et al., 2019).

Paparan jangka panjang mengakibatkan masalah kesehatan yang serius sebagai akibat dari konsekuensi paparan benzena. Hal ini membuat sistem kekebalan tubuh lebih mudah terganggu dan menyebabkan penderita rentan terkena penyakit lain (Febriantika et al., 2017). Salah satu sumber benzena yang paling banyak tersebar di udara dalam ruangan adalah asap rokok dan ditemukan bahwa tingkat rata-rata benzena di rumah perokok lebih tinggi daripada di rumah bukan perokok (Sekar et al., 2019). Sumber benzena di udara ambien berasal dari asap rokok, pembakaran dan penguapan bensin yang mengandung benzena (lebih dari 5%), industri petrokimia, serta proses pembakaran. Kontribusi akumulasi uap benzena di udara di tempat kerja adalah ventilasi yang kurang dari 10% dan temperature ruangan yang panas dan pengap yang mana memudahkan benzena menguap di udara (Kurniawidjaja et al., 2012).

National Institute of Safety and Health (NIOSH) menetapkan bahwa kadar benzena yang aman adalah sebesar 0,1 ppm dalam 10 jam per hari dengan batas pajanan singkat (STEL) sebesar 1 ppm selama 15 menit. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), menetapkan bahwa batas yang aman untuk benzena adalah sebesar 0,5 ppm dalam 8 jam per hari dengan batas pajanan singkat 2,5 ppm per 15 menit. Peraturan pemerintah Indonesia berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja menetapkan nilai ambang batas untuk benzena di udara adalah sebesar 0,5 ppm. Berbeda dengan nilai ambang batas *trans, trans - Muconic Acid* (ttMA), nilai ambang batas yang ditetapkan oleh *American of Governmental Industrial Hygiens* (ACGIH) adalah 500 µg *trans, trans - Muconic Acid/g creatinin* dan 25 µg *phenylmercapturic acid/g kreatinin* dalam urin sebagai Biological Exposure Indices (BEIs) untuk paparan benzena di tempat kerja.

trans, trans - Muconic Acid dan *S-phenylmercapturic acid* sering digunakan di seluruh dunia sebagai indikator paparan biologis benzena. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya korelasi linier antara konsentrasi benzena di udara dengan ttMA urin. ttMA urin yang berada pada nilai sekitar 0,9 hingga 1,9 mg/g creatinin dinyatakan berkorelasi dengan paparan benzena sebesar 1,0 ppm. Korelasi antara benzena dan ttMA juga ditemukan pada konsentrasi benzena di udara di bawah 1,0 ppm, konsentrasi yang diizinkan oleh undang-undang Brazil. Analisis regresi logistik dilakukan pada pekerja kantor sebagai kelompok kontrol dan pekerja SPBU yang terpapar benzena di Rio de Janeiro, Brazil, hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh benzena terhadap kadar ttMA urin pekerja ($p=0,010$), dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar ttMA urin lebih rendah pada kelompok kontrol dibandingkan pekerja SPBU (Geraldino et al., 2020).

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Thailand, dimana pekerja yang dekat dengan nosel bahan bakar memiliki risiko paparan benzena yang jauh lebih tinggi dibandingkan mereka yang tidak menunjukkan perilaku ini (Chaiklieng et al., 2019). Namun, hal ini juga tidak dapat disepelekan pada pekerja toko serba ada atau supermarket yang masih berada di daerah dekat area SPBU, walaupun mereka hanya

terpapar jika terhirup, tetapi berada di dalam toko sepanjang hari dengan sistem pendingin udara tanpa adanya pertukaran udara internal juga menjadi hal yang mengkhawatirkan, karena senyawa ini memiliki tekanan uap yang tinggi, mudah menguap dalam kondisi suhu dan tekanan sekitar. Hasil penelitian yang dilakukan di Brazil ini menunjukkan bahwa lingkungan SPBU berpotensi berbahaya dalam paparan benzena. Meskipun waktu pemaparan singkat, para pelanggan dan konsumen di SPBU dan toko didalamnya, tetap mendapatkan frekuensi paparan yang berisiko menjadi jauh lebih tinggi bagi para pekerja di lokasi tersebut (Geraldino *et al.*, 2020). Semakin jauh jarak dari SPBU, semakin rendah tingkat konsentrasi polutan, termasuk benzena, yang menunjukkan bahwa lingkungan di dekat SPBU lebih terkontaminasi (Morales Terrés *et al.*, 2010).

Selain itu, pekerja SPBU yang tidak memiliki pekerjaan paruh waktu atau tidak memiliki pelatihan kerja memiliki risiko deteksi kadar ttMA urin yang lebih tinggi dibandingkan mereka yang memiliki pekerjaan paruh waktu dan pelatihan kerja. Hasil penelitian menunjukkan pekerja tanpa pelatihan kerja memiliki risiko paparan benzena lebih tinggi dibanding pekerja yang menerima pelatihan kerja. Penjelarasannya bisa dikarenakan karakteristik pekerja yang tidak memiliki pekerjaan paruh waktu lain menjadi bekerja lebih banyak hari per minggu di pompa bensin (Chaiklieng *et al.*, 2019).

Penelitian serupa juga dilakukan pada pengrajin sepatu di Surabaya, hasil penelitian menunjukkan subyek penelitian yang berjumlah 20 pekerja, terdapat 8 pekerja diantaranya terpapar benzena sebesar 0,42 ppm dan memiliki kadar *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) urin diatas nilai ambang batas BEI yang ditetapkan ACGIH sebesar 500 µg/g creatinin dengan kadar tertinggi sebesar 1731,38 µg/g creatinin. Hasil penelitian menunjukkan paparan benzena berhubungan dengan kadar *trans, trans-Muconic Acid* urin dengan hasil uji analisis korelasi sebesar p-value 0,000. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi ttMA urin berbanding lurus dengan konsentrasi benzena di udara, yang berarti semakin besar konsentrasi benzena di udara, maka semakin besar pula konsentrasi metabolit ttMA dalam urin (Wulandari, 2017). Beberapa penelitian lain menyatakan terdapat hubungan yang signifikan antara paparan benzena dengan kadar ttMA, 9 dari 50 orang pekerja di industri percetakan menunjukkan hasil kadar *trans, trans-Muconic Acid* urin yang melebihi ambang batas 500 µg/g creatinin dengan kadar benzena di tempat kerja lebih dari 0,5 ppm (p=0,001). Penelitian yang dilakukan di industri percetakan X kota Semarang juga menyampaikan hal yang senada, konsentrasi benzena di tempat tersebut mencapai 0,553 ppm, dimana nilai tersebut melebihi ambang batas yang ditentukan oleh Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI Nomor 5 Tahun 2018 (Febriantika *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan adanya hubungan kadar benzena di udara dengan kadar *trans, trans - Muconic Acid* urin pada penelitian yang dilakukan di percetakan di kota Medan. Kondisi lingkungan kerja yang tidak sehat menggambarkan adanya zat toksik yang terhirup secara terus-menerus oleh pekerja. Salah satunya tidak ada ventilasi untuk pertukaran udara dan terciumnya aroma yang menyengat dari luar hingga kedalam ruangan (Siregar *et al.*, 2019).

Penelitian yang sama dilakukan pada pengrajin sepatu di Tambak Oso, Surabaya, hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar benzena di udara lingkungan kerja mencapai yang tertinggi sebesar 2,3330 ppm dengan kadar ttMA urin tertinggi sebesar 555,65 µg/g creatinin pada pekerja, hasil analisis juga menunjukkan adanya hubungan antara kedua variabel tersebut, yakni hubungan antara kadar benzena di udara dengan kadar *trans, trans - Muconic Acid* urin (Bada, 2017). Penelitian yang dilakukan di Industri Pembuatan Sepatu Wedoro di Sidoarjo pada tahun 2018 juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara kadar benzena di udara lingkungan kerja dengan kadar *trans, trans - Muconic Acid* urin, dimana hasil uji nilai signifikansi menunjukkan p-value sebesar 0,04 dan mempunyai nilai $\beta = 0,72$, dimana bertanda positif yang berarti bahwa semakin tinggi kadar benzena di udara, maka semakin besar pula kadar *trans, trans - Muconic Acid* di dalam urin (Nabila, 2018).

Usia

Usia merupakan satuan waktu yang mengindikasikan lamanya suatu benda atau makhluk, baik yang hidup maupun yang mati di dalam dunia. Umur manusia dihitung sejak manusia itu lahir hingga waktu umur itu dihitung (Hartoko, 2018). Usia memengaruhi daya tahan tubuh seseorang terhadap paparan zat toksik atau bahan kimia seperti benzena. Pada usia tertentu, khususnya pada usia lanjut yang lebih dari 45 tahun, dapat berpengaruh terhadap toksisitas bahan kimia. Hal ini dapat terjadi karena terjadinya penurunan faal organ tubuh seseorang sehingga memengaruhi metabolisme dan penurunan kerja otot seseorang (Darwis *et al.*, 2018).

Semakin bertambahnya usia seseorang, fungsi dan kinerja dari organ tubuh manusia juga akan ikut menurun. Seperti pada organ paru, misalnya, pada organ ini akan terjadi perubahan jaringan, otot dan tulang, serta sistem sarafnya. Oleh sebab itu, hal ini yang menyebabkan bertambahnya usia seseorang membuat seseorang rentan terhadap penyakit.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Annisa Febriana Siregar, Taufik Ashar, dan Nurmaini pada pekerja industri percetakan di kota Medan tahun 2019, didapatkan hasil analisis yang tidak signifikan terhadap korelasi antara usia dengan kadar ttMA urin dengan hasil p yang diperoleh sebesar 1,000 (p>0,05). Hasil penelitian dari penelitian kilang minyak juga menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara subjek atau pekerja

yang terpapar benzena dengan usia pekerja (Carrieri *et al.*, 2018). Tingginya kadar ttMA urin seseorang, dalam hal ini pekerja, dianggap cenderung dipengaruhi oleh faktor usia yang memengaruhi penurunan metabolisme tubuh (>45 tahun). Namun, hasil penelitian yang dilakukan pada penelitian lain menunjukkan bahwa kadar ttMA urin yang tinggi juga ditemukan pada pekerja yang berusia < 45 tahun (Bada *et al.*, 2018).

Hal ini juga selaras dengan penelitian Fakhrinnur di SPBU di Surabaya, hasil pengukuran kadar ttMA urin pekerja yang berusia di bawah 30 tahun memiliki kadar ttMA urin yang lebih tinggi sama seperti pekerja yang berusia di atas 40 tahun. Melalui penelitian ini disimpulkan bahwa variabel usia tidak dominan kaitannya dengan kadar ttMA karena responden pada usia kurang dari 45 tahun juga dianggap memiliki kadar ttMA urin yang tinggi. Oleh karena itu, variabel umur tidak memiliki hubungan dengan kadar ttMA urin pada pekerja (Fakhrinnur *et al.*, 2016).

Senada dengan ini, hasil penelitian yang dilakukan pada pekerja sepatu di Surabaya, menunjukkan bahwa pekerja dibawah 45 tahun didapati memiliki kadar *trans, trans - Muconic Acid* urin yang tinggi (diatas nilai BEI) dengan jumlah subjek penelitian sebesar 15%. Banyak faktor yang membuat usia tidak berhubungan dengan kadar ttMA urin, salah satunya adalah dari segi lama kerja yang berbeda dari masing-masing subjek penelitian. Seperti misalnya terdapat subjek penelitian dengan umur diatas 45 tahun dengan lama kerja dibawah 8 jam/hari memiliki kadar *trans, trans - Muconic Acid* (ttMA) urin yang rendah, sedangkan subjek penelitian lain dengan umur dibawah 45 tahun dengan lama kerja diatas 8 jam/hari didapati memiliki kadar *trans, trans - Muconic Acid* (ttMA) urin yang tinggi (Bada, 2017).

Masa Kerja

Menurut KBBI, lama bekerja adalah lama waktu untuk melakukan suatu kegiatan atau lama waktu seseorang sudah bekerja. Dengan kata lain, lama bekerja adalah jangka waktu yang telah dilalui atau dilewati seseorang di dalam menekuni pekerjaannya. Penelitian yang dilakukan di industri percetakan kota Medan, hasilnya menunjukkan 7 dari 50 pekerja memiliki kadar ttMA yang melebihi ambang batas yang ditetapkan (>500 µg/g kreatinin) walaupun dengan masa kerja lebih dari 2 tahun, dengan nilai $p=1,000$ (Siregar *et al.*, 2019). Hal yang serupa juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan pada pengrajin sepatu di Surabaya, yakni tidak adanya hubungan antara masa kerja pekerja dengan kadar ttMA urin pekerja dengan nilai p sebesar 0,927. Berdasarkan kuesioner dalam penelitian tersebut, rerata masa kerja responden adalah 25,7 tahun dengan masa kerja terlama selama 43 tahun, masa kerja terbaru selama 2,5 tahun dan rentang masa kerja 22-32 tahun yang memiliki jumlah pekerja terbanyak, tetapi tetap menunjukkan hubungan yang tidak signifikan (Bada, 2017).

Penelitian lain yang sejalan dengan ini adalah penelitian yang dilakukan pada pengrajin sepatu di Tambak Oso Wilangun, Sebagian besar kelompok pekerja yang terpapar telah bekerja lebih dari 11 tahun, dengan presentase sebesar 81,8% dan rerata masa kerja selama 20,1 tahun. Tetapi hasil uji analisis korelasi menunjukkan hasil yang tidak signifikan ($p=0,568$) antara masa kerja pekerja dengan kadar ttMA urin (Hakim, 2019). Dari beberapa hasil penelitian yang didapat, masa kerja tidak berhubungan dengan kadar ttMA urin. Masa kerja lebih dari 30 tahun dianggap sebagai efek zat toksik non-karsinogenik yang dapat bermanifestasi pada manusia (Bada *et al.*, 2018). Apabila dilihat dari sisi lama kerja dari subjek penelitian, hal ini yang menyebabkan masa kerja tidak berhubungan dengan kadar ttMA urin pekerja, dikarenakan terdapat subjek penelitian dengan masa kerja lebih dari 30 tahun, tetapi bekerja dibawah 8 jam per harinya dan memiliki kadar ttMA urin yang rendah.

Sebaliknya, pekerja dengan masa kerja dibawah 30 tahun dan bekerja lebih dari 8 jam per hari, memiliki kadar ttMA urin yang tinggi. Hal ini sejalan dengan teori yang mengatakan bahwa sebagian besar benzena keluar dari tubuh manusia dalam bentuk urin dengan metabolit ttMA paling lambat 48 jam setelah terpapar, dan ekskresi ttMA urin berada pada puncaknya setelah pajanan waktu paruh 4-5 jam, sehingga sampel urin harus segera dikumpulkan setelah pajanan terjadi (ATSDR, 2007). Artinya, masa kerja tidak berhubungan dengan kadar ttMA urin dikarenakan pengukuran ttMA urin yang hanya dilakukan pada hari penelitian saja, ditambah metabolit benzena akan segera diekskresikan setidaknya 48 jam setelah paparan, meskipun metabolit benzena sebagian besar juga tersimpan di sumsum tulang yang membuat benzena menjadi racun bagi tubuh (Fakhrinnur *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil isi dan pembahasan dari keseluruhan penelitian yang dibahas, ditemukan perbedaan dalam hal hubungan antara variabel pajanan benzena, usia, dan masa kerja. Mayoritas penelitian menunjukkan bahwa pajanan benzena memiliki hubungan dengan kadar ttMA urin pekerja yang terpapar benzena. Sedangkan, mayoritas penelitian menyatakan bahwa variabel usia dan masa kerja tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kadar ttMA urin.

ACKNOWLEDGEMENT

Ucapan terima kasih saya sampaikan atas terbitnya artikel ini kepada pihak-pihak yang terlibat dalam keberhasilan penulisan *literature review* ini, khususnya kepada dosen pembimbing saya Prof. Soedjadi Keman, dr., M.S., Ph.D., atas bimbingan dan nasihatnya dalam penulisan artikel ini.

REFERENSI

- ATSDR (2007) *Toxicological Profile for Benzene*. U.S: Department of Health and Human Service.
- ATSDR (2015) *Toxicological Profile for Benzene*. U.S: Department of Health and Human Service.
- Bada, S. S. E. (2017) *Analisis Hubungan Paparan Benzena Dan Kadar Trans, Trans Muconic Acid (TT-MA) Urin Dengan Profil Darah Pengrajin Sepatu Di Kelurahan Tambak Oso Wilangun Surabaya*. Universitas Airlangga.
- Bada, S. S. E., Tualeka, A. R. and Widajati, N. (2018) 'Factor related to urine trans, trans-muconic acid (TT-MA) levels of shoemaker in tambak oso wilangun Surabaya', *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 9(1), pp. 47–52. doi: 10.5958/0976-5506.2018.00009.8.
- Carrieri, M. *et al.* (2018) 'Biological monitoring of low level exposure to benzene in an oil refinery: Effect of modulating factors', *Toxicology Letters*, 298, pp. 70–75. doi: 10.1016/j.toxlet.2018.08.001.
- Chaiklieng, S. *et al.* (2019) 'Factors affecting urinary tt-muconic acid detection among benzene exposed workers at gasoline stations', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21). doi: 10.3390/ijerph16214209.
- Darwis, D., Mubarak, M. and Anita, S. (2018) 'Risiko Paparan Benzena Terhadap Kandungan Fenol Dalam Urin Pekerja Pengecatan Mobil Di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru Tahun 2017', *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 5(1), p. 40. doi: 10.31258/dli.5.1.p.40-47.
- Fakhrinnur, F. *et al.* (2016) 'Factor associated with urine trans, trans-Muconic Acid (tt-MA) levels of gas station workers', *Neliti.Com*, (6). Available at: <https://www.neliti.com/publications/239489/factor-associated-with-urine-trans-trans-muconic-acid-tt-ma-levels-of-gas-statio>.
- Febrian, N., Rahardjo, M. and Nurjazuli (2019) 'Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Benzene Melalui Inhalasi Pada Awak Mobil Tangki di Pt Pertamina Patra Niaga', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 7(1), pp. 396–403.
- Febriantika, D., Sulistiyani and Budiyono (2017) 'Analisis Risiko Kesehatan Paparan Benzena di Industri Percetakan X Kota Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 5(1), pp. 430–437. Available at: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>.
- Febyan et al (2015) 'Pengaruh Paparan Benzena terhadap Timbulnya Leukemia Mieloid Akut pada Pekerja yang Terpajan', *jurnal Kedokteran*, (May), pp. 1–14.
- Geraldino, B. R. *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), pp. 1–13. doi: 10.3390/ijerph17155295.
- Hakim, L. (2019) *Peningkatan Kadar Asam Hipurat, trans,trans-Muconic Acid (ttMA) dan 8-Hydroxydeoxyguanosine (8-OhdG) di Urin Pengrajin Sepatu Kelurahan Tambak Oso Wilangun Kota Surabaya*. Universitas Airlangga.
- Hartoko, Y. (2018) *Pengaruh Pendidikan, Pelatihan, Jenis Kelamin, Umur, Status Perkawinan, dan Daerah Tempat Tinggal terhadap Lama Mencari Kerja Tenaga Kerja Terdidik di Indonesia*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kurniawidjaja, L. M. *et al.* (2012) 'Keluhan Pernapasan dan Analisis Risiko Kesehatan Paparan BTX pada Pekerja di Bengkel Alas Kaki Informal di Kecamatan Ciomas Kabupaten Bogor', *Jurnal Respirologi Indonesia*, 32(1), pp. 36–43. Available at: <http://jurnalrespirologi.org/wp-content/uploads/2012/01/jri-2012-32-1-36.pdf>.
- Marzali, A.- (2017) 'Menulis Kajian Literatur', *ETNOSIA: Jurnal Etnografi Indonesia*, 1(2), p. 27. doi: 10.31947/etnosia.v1i2.1613.
- Morales Terrés, I. M. *et al.* (2010) 'Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings', *Journal of Environmental Management*, 91(12), pp. 2754–2762. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.08.009.
- Nabila, J. (2018) *Pengaruh Paparan Uap Benzena terhadap Kadar Hb, Leukosit, Trombosit dan Kadar Trans, Trans Muconic Acid (ttMA) Urin pada Pekerja Bagian Pengeleman di Industri Pembuatan Sepatu Wedoro Tahun 2018*. Universitas Airlangga.
- Nasution, C., Suwondo, A. and Jayanti, S. (2015) 'Hubungan Paparan Benzene dengan Temuan Retikulosit, Kadar Hemoglobin Darah, dan Kadar Fenol dalam Urine Pekerja Industry Sepatu X Jakarta', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 3(1), pp. 318–327. Available at: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>.

- Nikmah, W., Hanani, Y. and Budiyo (2016) 'Hubungan Antara Paparan Benzena Dengan Profil Darah Pada Pekerja Di Industri Percetakan X Kota Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5), pp. 213–219. Available at: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>.
- Sekar, A., Varghese, G. K. and Ravi Varma, M. K. (2019) 'Analysis of benzene air quality standards, monitoring methods and concentrations in indoor and outdoor environment', *Heliyon*, 5(11), p. e02918. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02918.
- Siregar, A. F., Ashar, T. and Nurmaini (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), pp. 107–112.
- Sukar (2014) 'Gambaran Paparan Benzene Dalam Rumah Terhadap Profil Darah Kawasan Industri Dan Pemukiman', *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 13(3), pp. 190–200.
- Susilaningtyas, M., Suwondo, A. and Ekawati (2018) 'Hubungan Paparan Benzene Dengan Fungsi Paru Pada Awak Mobil Tangki Bbm Di Pt. X Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(5), pp. 579–586.
- Wulandari, D. (2017) *Hubungan Pajanan Senyawa Benzena dengan Kadar trans, trans - Muconic Acid dalam Urin Pengrajin Sepatu di Kelurahan Tambak Oso Wilangan Surabaya*. Universitas Airlangga.

Tabel 1. Hasil Literatur Terpilih

Peneliti	Subyek	Metode	Hasil
Paparan Benzena di Udara Ambien dan Kadar trans,trans-Muconic Acid Urin pada Pekerja Industri Percetakan di Kota Medan (Siregar, Ashar, dan Nurmaini, 2019)	50 pekerja industri percetakan yang dipilih berdasarkan teknik konsektif	Penelitian ini menggunakan desain <i>cross sectional</i> . Penelitian ini dilaksanakan di 6 industri percetakan di Kota Medan. Pengukuran benzena dari sampel udara ambien dilaksanakan di Laboratorium Balai K3 Medan. Analisis kadar trans,trans-Muconic Acid dalam urin dilakukan oleh laboratorium Prodia Medan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kadar benzena dan lama paparan dengan kadar <i>trans,trans-Muconic Acid</i> . Dari 50 pekerja, terdapat 9 orang yang memiliki kadar ttMA di atas nilai rujukan 500 $\mu\text{g/g creatinine}$. Terdapat hubungan kadar <i>trans,trans-Muconic Acid</i> urin pekerja dengan kadar benzena di udara/lingkungan kerja dengan ditunjukkannya nilai p sebesar 0,001 ($p>0,05$)
<i>Factors Affecting Urinary tt-Muconic Acid Detection among Benzene Exposed Workers at Gasoline Station</i> (Chaiklieng <i>et al.</i> , 2019)	170 pekerja SPBU yang sesuai dengan kriteria inklusi yang ditetapkan	Metode penelitian ini menggunakan desain <i>cross sectional study</i>	Terdapat 42 pekerja yang terdeteksi memiliki ttMA urin dengan konsentrasi ttMA 74.4 $\mu\text{g/g creatinine}$ (mean) dengan nilai kadar ttMA tertinggi sebesar 1127,8 $\mu\text{g/g creatinine}$. Dari hasil analisis regresi logistik ganda didapatkan adanya hubungan antara konsentrasi udara benzena personal dengan ttMA urin pekerja.
<i>Analysis Of Benzene Exposure in Gas Station Workers Using trans,trans-Muconic Acid</i> (Geraldino <i>et al.</i> , 2020)	Terdiri dari 269 pekerja SPBU yang dibagi ke dalam 2 kategori, yaitu, 179 pekerja operator SPBU yang berhubungan langsung dengan bensin, 90 pekerja toko serba ada yang ada di lingkungan SPBU, serta 100 orang sebagai kelompok kontrol	Penelitian ini menggunakan desain <i>cross sectional study</i>	Kadar ttMA (95 th percentile) pada kelompok pekerja SPBU menunjukkan hasil yang lebih tinggi (0,785 mg/g <i>creatinine</i>) daripada kelompok kontrol (0,449 mg/g <i>creatinine</i>). Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kadar ttMA urin lebih rendah pada kelompok kontrol yang tidak terpapar benzena dibandingkan pada pekerja SPBU
Hubungan Paparan Benzena dengan Trans, Trans-Muconic Acid dan Profil Darah Pekerja Sepatu di Romokalisari Surabaya (Tualeka <i>et al.</i> , 2016)	Penelitian ini dilakukan terhadap 20 pekerja sepatu yang dilakukan di industri sepatu di Romokalisari Surabaya	Penelitian ini merupakan penelitian <i>cross-sectional study</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak adanya hubungan antara kadar benzene dengan ttMA (p -value 0,205), tidak ada hubungan antara RQ benzene dengan ttMA (p -

				value 0,271) dan tidak ada hubungan antara ECR dengan profil darah pekerja di Romokalisari walaupun dari subjek penelitian terlihat ada kadar ttMA yang tidak normal
Korelasi Masa Kerja, Jam Kerja terhadap Kadar T,T-Muconic Acid Urin Pekerja Terpapar Benzena di Pertambangan Minyak Tradisional Bojonegoro (Saadatuddaroini dan Keman, 2019)	Populasi penelitian ini adalah pekerja pertambangan minyak tradisional di 2 area sumur tua yang bekerja di bagian penambang lantung dan penyulingan minyak dengan jumlah 12 orang sesuai dengan kriteria inklusi yang ditetapkan	Penelitian observasional dengan pendekatan <i>cross sectional</i>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Rata-rata kadar benzena di udara pertambangan minyak tradisional adalah sebesar 2,0675 ppm. 2. Kadar <i>trans,trans-Muconic Acid</i> urin pekerja rerata sebesar 489,04 $\mu\text{g/g creatinine}$ 3. Adanya hubungan yang signifikan kuat antara masa kerja, jam kerja terhadap kadar <i>trans,trans-Muconic Acid</i> urin pekerja terpapar benzene di pertambangan minyak tradisional
Hubungan Paparan Senyawa Benzena dengan Kadar <i>trans, trans-Muconic Acid</i> dalam Urin Pengrajin Sepatu di Kelurahan Tambak Oso Wilangan Surabaya (Wulandari, 2017)	20 pekerja pengrajin sepatu	Penelitian observasional dengan rancangan <i>cross sectional</i>		Didapatkan nilai rata-rata hasil pemeriksaan ttMA urin sebesar 555,65 $\mu\text{g/g creatinine}$ dan nilai rata-rata dari hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa kadar ttMA urin pada pekerja telah berada diatas ambang batas
Analisis Hubungan Paparan Benzena dan Kadar <i>trans,trans-Muconic Acid</i> (ttMA) Urin dengan Profil Darah Pengrajin Sepatu di Kelurahan Tambak Oso Wilangan Surabaya (Bada, 2017)	Subjek penelitian berjumlah 20 orang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan	Metode <i>cross sectional</i> dengan jenis penelitian observasional		<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil pengukuran kadar benzena di udara memiliki kadar tertinggi sebesar 2,3330 ppm dan kadar tertinggi ttMA urin pekerja sebesar 1.731,38 $\mu\text{g/g creatinine}$. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat hubungan kadar benzena di udara dengan kadar ttMA urin ($p=0,047$)
Hubungan Praktik Kerja, Paparan Benzena dan Kebiasaan Merokok dengan Konsentrasi Benzena dalam Urin (Yuniati, 2016)	35 mekanik bengkel yang terpilih sesuai dengan kriteria subjek penelitian berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi	Jenis penelitian ini adalah analitik <i>cross sectional</i> dengan pendekatan studi <i>cross sectional</i>		Sebagian besar pekerja mekanik bengkel memiliki konsentrasi benzena dalam urin dalam kategori keracunan sebanyak 20 pekerja. Paparan benzena pada pekerja bengkel dalam hal durasi paparan juga menunjukkan bahwa seluruh pekerja (100%) mempunyai hasil yang berisiko karena para

pekerja mekanik
memiliki durasi kerja ≥ 3
tahun dan sebanyak 18
pekerja mekanik (51,4%)
mengalami lama paparan
benzene dengan kategori
kurang baik (≥ 8 jam)
