

ANALISIS PAJANAN BENZENA PADA PEKERJA KILANG PARAXYLENE DI PT X TAHUN 2022

Erica Simanjuntak¹, Mila Tejamaya²

Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia^{1,2}
jc.rielunited@gmail.com¹, tejamaya@ui.ac.id²

ABSTRACT

Benzene is a dangerous substance, if exposed in acute and chronic basis. Benzene, as a toxic and carcinogenic compound, is presence in routine operational activities of Paraxylene Refinery Unit in PT. X. This unit was built on account of excessive supplies of Naphtha produced by the other plants within the company and converted them into various profitable products. The process exposed the worker to benzene therefore the need to further investigate exposure to benzene by measuring personal exposure to benzene and to evaluate its metabolite through biomonitoring evaluation. Method The design of the study was quantitative analysis with cross sectional design by analyzing secondary data of pbenzene personal exposure and urine SpMA level. The variables studied were personal benzene, SpMA level, age, length of work, BMI, smoking habit, alcohol consumption, shift/non shift, length of exposure per day, and use of PPE. (NAB Permenaker No 5/2018: 0,5 ppm), however 28 respondents (43,75%) had SpMA level above the value of biological exposure index (BEI ACGIH 2020: 25 µg/g kreatinin) with median SpMA level is 20,34 µg/g kreatinin. Based on the statistical analysis, there was no significant correlation between personal benzene concentration with the level of SpMA p value=0,287. However, there is significant association between length of work with SpMA level with p value =0,04. Conclusion In some areas within Paraxylene Refinery Unit have high concentration of benzene in ambient air, but time weighted average of personel exposure is still below recommended exposure limit. However, the company need to implement better rotation for working schedule.

Keywords : Benzene Exposure, Paraxylene Refinery Plant, SpMA

ABSTRAK

Benzene bersifat toksik dan karsinogenik ditemukan dalam proses operasional Kilang Paraxylene di PT. X. Kilang ini dibangun mengolah bahan Naphtha menjadi berbagai produk bahan bakar berdaya jual tinggi. Proses ini menjadikan para pekerja terpajan pada benzene sehingga perlu dilakukan analisa pajanan benzene terhadap pekerja melalui pemeriksaan konsentrasi benzene di lingkungan dan konsentrasi metabolit benzene pada urin melalui pemeriksaan SpMA. Metode desain penelitian adalah analisa kuantitatif dengan metode potong lintang dari data sekunder hasil pengukuran pajanan personal dan biomonitoring. Jumlah sampel penelitian sebanyak 64 sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi pajanan personal benzene berada di bawah NAB (NAB Permenaker No 5/2018: 0,5 ppm), namun sebanyak 28 responden (43,75%) memiliki kadar SpMA Urin melebihi Indeks Pajanan Biologis (ACGIH 2020: 25 µg/g kreatinin) dengan median 20,34 µg/g kreatinin. Hasil analisa menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi pajanan personal benzene dengan kadar SpMA Urine dengan nilai $p=0,287$. Namun, dari uji statistic ditemukan adanya hubungan signifikan antara kadar SpMA dengan lama bekerja dengan nilai $p=0,04$. Pada beberapa area di Kilang Paraxylene terdapat konsentrasi benzene di udara yang tinggi namun konsentrasi benzene yang terpajan personal di dekat area pernafasan pekerja selama 1 shift kerjanya masih di bawah nilai ambang batas. Namun dengan adanya hubungan antara metabolit benzene di tubuh pekerja dengan faktor lama kerja menandakan bahwa dosis pajanan yang rendah namun diterima dalam jangka waktu yang lama menimbulkan resiko pada tubuh pekerja. Perusahaan perlu menerapkan pengendalian rotasi kerja yang lebih baik lagi.

Kata Kunci : Kilang Paraxylene, Pajanan Benzene, SpMA

PENDAHULUAN

Kilang Paraxylene PT X dibangun tahun 1988 dan beroperasi setelah diresmikan oleh Presiden RI tanggal 20 Desember 1990. Kilang ini dibangun dengan landasan tersedianya bahan baku nafta yang cukup melimpah dari kilang-kilang yang dibangun sebelumnya di perusahaan PT X, adanya sarana pendukung seperti dermaga tangka dan utilitas serta peluang pasar yang cukup menjanjikan. Kilang ini menghasilkan produk non BBM dan petrokimia seperti benzene, H₂, paraxylene, LPG dan heavy aromatic. Kilang terdiri dari beberapa unit operasi dimulai dari unit pengolahan heavy naphtha di mana sulfur akan diabsorpsi dengan menggunakan katalis dengan hasil akhir sweet naphtha. Sweet naphtha dialirkan ke unit selanjutnya di mana akan diolah dalam katalis CCR (Continuous Catalyst Reformer) untuk menghasilkan light performer yang kemudian diolah lebih lanjut dengan menambahkan sulfolane, sehingga terjadi proses ekstraksi yang hasil akhirnya adalah extract aromatic compound (benzene, toluene, xylene, sulfonate) serta rafinat non aromatic.

Benzene dikategorikan sebagai bahan berbahaya terhadap manusia bahkan telah dinyatakan sebagai bahan karsinogenik. ATSDR (2007) memaparkan berbagai efek kesehatan akut yang timbul akibat pajanan benzene mulai dari yang rendah sampai ke konsentrasi tinggi. Pajanan benzene pada konsentrasi tinggi menimbulkan berbagai efek pada tubuh di antaranya menyebabkan kantuk, kepala pusing, peningkatan detak jantung, sakit kepala, hingga efek neurologis seperti tremor, kebingungan hingga hilang kesadaran. Pajanan pada konsentrasi sangat tinggi dapat menyebabkan kematian, pajanan benzene dalam waktu lama atau secara kronis dapat menimbulkan dampak kesehatan pada sumsum tulang dan akhirnya pada darah, yaitu penurunan sel darah merah yang dapat menyebabkan anemia, pada

hususnya acute myeloid leukemia (AML) dan juga kanker lainnya seperti leukemia limfositik akut dan kronis, limfoma non-Hodgkin, kanker kolorektal dan beberapa myeloma. (US OSHA, 2014; American Cancer Society, 2018; Aksoy et al, 1980; Huebner et al, 2000; Duarte-Davidson, 2001; Bassig et al, 2015; Talibov et al., 2018). Selain kanker, paparan benzene yang berat dapat menyebabkan penurunan sistem imun sehingga meningkatkan resiko infeksi dan menurunkan pertahanan tubuh terhadap kanker (Moro, et al., 2019).

Adanya senyawa benzene di lingkungan kerja, tentunya meningkatkan risiko kesehatan bagi pekerja. Studi kohort yang dilakukan pada pekerja di perusahaan petrokimia menunjukkan bahwa pajanan benzene jangka panjang memiliki efek secara kompleks terhadap perubahan hematologi (Zhang et al.,2022). Penelitian Neghab, et.al (Neghab, Hosseinzadeh, & Hassanzadeh, 2015) menunjukkan bahwa terdapat disfungsi hati dan ginjal secara dini pada pekerja SPBU di Shiraz yang terpapar benzene . Penelitian yang dilakukan Santiago, F., et.al pada pekerja SPBU di Brasil menemukan bahwa 16,6% dari populasi yang diteliti menunjukkan peningkatan frekuensi kelainan kromosom yang sangat mungkin berkorelasi dengan pajanan benzene selama bekerja (Santiago et al., 2014).

Benzene setelah masuk dalam tubuh dioksidasi menjadi benzena oksida oleh enzim *cytochrome P450- monooksigenase* (CYP2E1) di hati. Ada tiga jalur utama dimana *benzene oksida* akan dimetabolisme lebih lanjut; (1) dengan sekumpulan reaksi meleburkan cincin dalam mewujudkan *t,t-muconaldehyde*, selanjutnya dioksidasi menjadi asam mukonik. ; (2) melintasi bermacam reaksi dalam membuat penghubung dengan *glutathione*, dan kemudian dikeluarkan dalam urin menjadi asam fenilmerkapturat; (3) pengaturan

kembali secara spontan untuk membuat fenol yang selanjutnya dikeluarkan langsung pada urin atau busa oleh enzim CYP2E1 menjadi katekol atau hidrokuino dan selanjutnya dioksidasi lagi oleh enzim CYP2E1 menjadi benzenatriol. Semua senyawa fenolik bisa membuat penghubung dan dibuang lewat urin. Eliminasi *benzene* diperoleh sampai 90% metabolit *benzene* dibuang pada urin dari tubuh utamanya penghubung fenol dan asam fenil merkapturat. SpMA sebagai metabolit benzena menjadi salah satu pilihan untuk menganalisa pajanan *benzene* pada tubuh pekerja. dan dapat dideteksi dalam urin sebagai konsentrasi rendah paparan benzena pada hingga 1 ppm (Ming et al, 2000)

Pekerja Kilang Paraxylene dihadapkan pada pajanan *benzene* dalam pekerjaan rutusnya. Bahkan pada tahun 2021 dari hasil pengukuran lingkungan ditemukan 3 dari 4 lokasi pengukuran berada pada konsentrasi >0.5 ppm, yang bila dibandingkan dengan NAB-TWA Permenaker 5/2018 berarti area ini telah melewati NAB-TWA. Hasil pengukuran pajanan personal juga ditemukan 3 dari 5 personel Field Operator yang dijadikan sampel telah melebihi NAB dan 2 orang lainnya telah melebihi action limit. Dari hasil temuan ini, peneliti memandang perlunya penelitian lebih lanjut mengenai dampak pajanan *benzene* terhadap pekerja Kilang Paraxylene di PT X melalui pengukuran konsentrasi pajanan personal *benzene* dan kadar SpMA dengan analisis pajanan *benzene* yang yang ditinjau dari karakteristik individu pekerja.

METODE

Penelitian dilakukan di Kilang Paraxylene PT. X. Sampel penelitian berjumlah sebanyak 64 orang. Waktu penelitian adalah Februari-April 2022. Desain penelitian adalah penelitian potong lintang menggunakan data sekunder dari

hasil pengukuran konsentrasi pajanan *benzene* personal dan pemeriksaan kadar SpMA pada urine dari 64 pekerja permanen Kilang Paraxylene. Data karakteristik responden didapatkan dari rekapan hasil kuesioner pra pemeriksaan. Pengukuran konsentrasi pajanan personel *benzene* dilakukan dengan menggunakan SKC 575-002 Passive Samplers yang dipasang di dekat area pernafasan pekerja di awal shift dan akan dikumpulkan ke petugas pada akhir shift kerja. Pemeriksaan kadar SpMA dilakukan melalui pemeriksaan urin pekerja yang dikumpulkan ke petugas pada akhir shift kerja. Pemeriksaan passive sampler dan SpMA urine dilakukan di laboratorium tersertifikasi. Kuesioner pra pemeriksaan diisi langsung oleh masing-masing pekerja pada saat pengumpulan sampel.

Data kuesioner dan pemeriksaan laboratorium kemudian dilakukan analisis secara statistik untuk mencari korelasi antara pajanan personal *benzene*, usia, lama bekerja, status gizi, kebiasaan merokok, kebiasaan konsumsi alcohol, jenis shift kerja, durasi pajanan *benzene* per hari dan penggunaan alat pelindung pernafasan terhadap kadar SpMA dengan menggunakan uji statistik. Penelitian telah disetujui oleh Komite Etik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

HASIL

Semua sampel penelitian berjenis kelamin laki-laki dan merupakan pekerja tetap di Kilang Paraxylene PT. X. Karakteristik sampel dideskripsikan similar exposure group, usia, lama bekerja, status gizi, kebiasaan merokok, kebiasaan konsumsi alcohol, jenis shift kerja, durasi pajanan *benzene* per hari dan penggunaan alat pelindung pernafasan. Distribusi karakteristik subyek penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Karakteristik Subyek Penelitian

Karakteristik	N	%
Similar Exposure Group (SEG)		
Manajemen	4	6
Supervisor	3	5
Panelman	18	28
Field Operator	39	61
Usia		
Remaja Akhir	27	42
Dewasa Awal	21	33
Dewasa Akhir	9	14
Lansia Awal	7	11
Lama Kerja		
≤ 6 tahun	31	48
> 6 tahun	33	52
Status Gizi		
Normal	19	30
Overweight	30	47
Obesitas	15	23
Kebiasaan Merokok		
Tidak Merokok	40	63
Merokok	9	14
Mantan Perokok	15	23
Kebiasaan Minum Alkohol		
Peminum	1	2
Bukan Peminum	61	95
Mantan Peminum	2	3
Jenis Shift Kerja		
Non Shift	4	6
Shift	60	94
Lama Paparan per Hari		
0-1 jam/hari	16	25
1-2 jam/hari	22	34
2-8 jam/hari	26	41
Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan (APP)		
Konsisten	9	14
Tidak Konsisten	55	86

Konsentrasi Paparan Personal Benzene

Berdasarkan data keseluruhan populasi penelitian nilai median dari konsentrasi paparan personal benzene adalah 0,24 ppm, dengan nilai minimum 0,02 ppm dan nilai maksimum 0,44 ppm. Konsentrasi paparan personal benzene merujuk kepada parameter NAB Bahan Kimia benzene oleh Permenaker No. 5 Tahun 2018

yaitu 0,5 ppm. Hasil pengukuran menunjukkan semua sampel tidak melebihi NAB $n=64$ (100%), dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Konsentrasi Personal Benzene per SEG

SEG	n	Min	Max	Me d	Avr	SD	> NAI
Manajeme n	4	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0
Supervisor	3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0
Panelman	18	0,1	0,4	0,3	0,3	0,1	0
Field Operator	39	0,0	0,4	0,2	0,2	0,1	0

Kadar SpMA Urine

Berdasarkan data keseluruhan populasi penelitian nilai median dari kadar SpMA urine adalah 20,34 $\mu\text{g/g}$ kreatinin, dengan nilai minimum 0,65 $\mu\text{g/g}$ kreatinin dan nilai maksimum 256,58 $\mu\text{g/g}$ kreatinin. Kadar SpMA urine merujuk kepada parameter Indeks Paparan Biologi (IPB) ACGIH 2020 yaitu 25 $\mu\text{g/g}$ kreatinin. Terdapat 28 (43,75%) sampel dengan kadar SpMA melebihi IPB, dan 36 (56,25%) sampel dengan kadar SpMA tidak melebihi IPB dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Kadar SpMA per SEG

SEG	n	Min	Max	Med	Avr	SD	> NAB
Manajeme n	4	8	22	17	16	6	0
Supervisor	3	8	75	38	40	34	33
Panelman	18	8	257	27	44	57	56
Field Operator	39	1	168	17	36	41	41

Hubungan Konsentrasi Paparan Benzene dengan Kadar SpMA

Berdasarkan uji statistik 64 sampel, didapatkan 36 orang (56%) memiliki konsentrasi Personal Benzene tidak melebihi NAB (0.5

ppm) dan kadar SPMA urine tidak melebihi IPB ACGIH 2020 (25 µg/g kreatinin). Sedangkan sebanyak 28 orang (44%) diketahui memiliki konsentrasi personal benzene di bawah NAB (0.5 ppm). Namun uji hubungan menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi Personal Benzene dengan kadar SpMA Urine dengan nilai p=0,533 (p > 0,05)

Hubungan Kadar SpMA dengan Karakteristik Subyek Penelitian

Analisa bivariate dilakukan untuk menguji hubungan antara pajanan benzene di lingkungan kerja dengan kadar SpMA. Hasil analisa menunjukkan tidak ada hubungan signifikan antara pajanan benzene di udara dengan kadar SpMA urine di semua subyek penelitian (p=0,533; 95%CI=0,95-1.01). Selanjutnya dilakukan uji hubungan antara kadar SpMA dengan karakteristik individu yang dinyatakan mempengaruhi kadar SpMA, dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan Karakteristik Individu dengan Kadar SpMA

Karakteristik	SpMA ≤ IPB		SpMA > IPB		95%CI	p
	n	%	n	%		
Konsentrasi Personal Benzene						
< NAB	36	56	28	44	0,609	0,
> NAB	0	0	0	0	(0,490-0,729)	53
SEG						
Manajemen	4	100	0	0	0,219 (0,117 - 0,320)	1,66
Supervisor	1	33	2	67		
Panelman	8	44	10	56		
Field Operator	23	59	16	41		
Usia						
Remaja	15	56	12	44	0,688	0,7
Akhir					(0,574	28
Dewasa	12	57	9	43	- 0,801	
Awal)	
Dewasa	4	44	5	56		
Akhir						
Lansia	2	29	5	71		
Awal						

Kebiasaan Merokok						
Tidak Merokok	18	45	22	55	0,156 (0,067 - 0,245)	0,1
Mantan perokok	12	80	3	20		49
Merokok	6	67	3	33		
Status Gizi						
Normal	9	47	10	53	0,156 (0,67 - 0,245)	0,3
Overweight	17	57	13	43		12
Obesitas	10	67	5	33		
Lama Bekerja						
≤ 6 tahun	19	61	12	39	0,094 (0,022 - 0,165)	0,0
> 6 tahun	17	52	16	48		4
Jenis Shift Kerja						
Non Shift	4	10	0	0	0,156 (0,067 - 0,245)	0,1
Shift	32	53	28	47		
Lama Pajanan Benzene/Hari						
0-1 jam/hari	8	50	8	50	0,891 (0,814 - 0,967)	0,9
1-2 jam/hari	13	59	9	41		44
2-8 jam/hari	15	58	11	42		
Konsumsi Alkohol						
Peminum	1	10	0	0	1,0 (0,954 - 1,0)	0,6
Mantan peminum	1	50	1	50		84
Bukan peminum	34	56	27	44		
Pemakaian APP						
Konsisten	5	56	4	44	1,0 (0,954 - 1,0)	0,8
Tidak Konsisten	31	56	24	44		01

PEMBAHASAN

Berdasarkan pemeriksaan SpMA pada urin terhadap 64 pekerja di Kilang Paraxylene PT. X ditemukan kadar SPMA Urine terendah adalah 0,65 µg/g kreatinin , serta nilai kadar SPMA Urine tertinggi adalah 256,58 µg/g kreatinin, nilai tengah adalah 20,34 µg/g kreatinin. Berdasarkan nilai distribusi kadar SPMA Urine pada pekerja Kilang Paraxylene PT X. dari 64 pekerja, diketahui 28 orang memiliki kadar

SpMA melebihi nilai IPB ($> 25 \mu\text{g/g}$ kreatinin) sedangkan 36 pekerja lainnya diketahui kadar SpMA di bawah nilai IPB ($< 25 \mu\text{g/g}$ kreatinin). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Irma Herawati, Dewi Soemarko, et al (2014) di kilang pengolahan Indonesia dengan jumlah sampel 50 orang dengan hasil penelitian berada pada rentang 2,82-489,12 $\mu\text{g/g}$ kreatinin dengan nilai tengah 29,41 $\mu\text{g/g}$ kreatinin serta penelitian pada kilang pengolahan di Swedia yang menyatakan bahwa SpMA masih menjadi pilihan utama untuk pemeriksaan metabolit benzene (Almerud, 2017) Konsentrasi pajanan personel yang di bawah NAB dengan kadar SpMA melebihi IPB mengindikasikan adanya sumber pajanan lain di luar area kerja dan atau berhubungan dengan karakteristik individu pekerja yang diukur (Akerstorm et al, 2012).

Faktor individu yang mempengaruhi kadar SpMA termasuk di antaranya usia, kebiasaan merokok, status gizi, kebiasaan konsumsi alcohol, lama kerja, durasi paparan per harinya, dan jenis shift kerja. Dari hasil analisa statistika ditemukan terdapat hubungan yang signifikan antara lama kerja dengan kadar SPMA Urine dengan nilai $p=0,04$ ($p < 0,05$). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sipayung, dkk pada tahun 2016 di mana hasil analisis terhadap lama waktu berkerja, diperoleh hasil yang signifikan antara pekerja yang baru dengan pekerja yang sudah lama. Hal ini dikarenakan jumlah paparan tahunan yang diperoleh oleh pekerja berbeda-beda. Pada penelitian, diperoleh hasil bahwa semakin lama jam kerja maka diperoleh kadar SpMA yang lebih tinggi di dalam urin. Dengan rata-rata jam kerja yang aman untuk pekerja adalah 1,6 jam per hari serta durasi masa kerja aman untuk pajanan benzene pada pekerja kilang pengolahan yang telah dilakukan sebelumnya adalah 6 tahun (Attaqwa, 2020). Hal ini juga sesuai dengan

dengan penelitian Sajid Jabbar & Ali (2020) yang menunjukkan bahwa pekerja SPBU yang terpajan benzene dari uap bensin mengalami perubahan hematologi yang signifikan, dimana anemia dan leukopenia sebagai gangguan paling umum terjadi Faktor individu lainnya tidak menunjukkan hubungan yang bermakna.

KESIMPULAN

Tidak terdapat hubungan antara konsentrasi pajanan personal benzene dengan kadar SPMA Urine pada pekerja Kilang Paraxylene PT X dengan nilai $p = 0,533$. Kadar SpMA terendah terendah adalah 0,65 $\mu\text{g/g}$ kreatinin, serta nilai kadar SPMA Urine tertinggi adalah 256,58 $\mu\text{g/g}$ kreatinin, nilai tengah adalah 20,34 $\mu\text{g/g}$ kreatinin, nilai rata-rata $35,58 \pm 42,61$ ppm. Terdapat hubungan antara faktor individu lama kerja dengan kadar SPMA urine dengan nilai $p = 0,04$. Dengan adanya hubungan antara metabolit benzene di tubuh pekerja dengan faktor lama kerja menandakan bahwa dosis pajanan yang rendah namun diterima dalam jangka waktu yang lama menimbulkan resiko pada tubuh pekerja. Perusahaan perlu menerapkan pengendalian rotasi kerja yang lebih baik lagi. Penelitian lebih lanjut terkait terkait analisa resiko kanker terhadap pekerja yang telah terpapar benzene lebih lama dari waktu aman pajanan benzene di PT. X

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih peneliti tujukan kepada Manajer HSSE PT. X Unit Cilacap, Manajer HC PT. X, Manajer Health Pusat PT. X, Section Head Kilang Paraxylene PT. X atas kerjasama yang sangat baik selama berlangsungnya penelitian ini, serta kepada tim Health PT. X yang sangat luar biasa kontribusinya dalam meningkatkan derajat kesehatan dan produktivitas kerja seluruh pekerja PT. X

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2007). *Toxicological Profile for Benzene*. doi:10.1002/nme.543
- Akerstrom M;Almerud P;Andersson E.M;Strandberg B;Sallsten G. (2016). Personal exposure to benzene and 1,3-butadiene during petroleum refinery turnarounds and work in the oil harbour. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 89(8), 1289-1297. doi:10.1007/s00420-016-1163-1
- Aksoy, M. (1980). Different types of malignancies due to occupational exposure to benzene: A review of recent observations in Turkey. *Environmental Research*, 23(1), 181-190. doi:https://doi.org/10.1016/0013-9351(80)90104-8
- Almerud, P.; Akerstorm, M.;Andersson,E.M;Strandberg, B;Sallsten,G. (2017). Low personal exposure to benzene and 1,3-butadiene in the Swedish petroleum refinery industry. *Int Arch Occup Environ Health*. doi: 10.1007/s00420-017-1234-y
- American Cancer Society. (2018). *Cancer Facts & Figures*. Atlanta: American Cancer Society Inc.
- Attaqwa, Y., Mahachandra, M., & Prastawa, H. (2020). Analysis of benzene exposure considering workers. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 012059. doi:10.1088/1757-899X/909/1/012059
- Bassig, Bryan; Friesen, Melissa; Vermeulen, Roel; Shu, X;Purdue, Mark;Stewart, Patricia;Xiang, Yong-Bing;Chow, Wong-Ho;Zheng, Tongzhang;Ji, Bu-Tian;Yang, Gong;Linnet, Martha; Hu, Wei;Zhang, Heping;Zheng, Wei;Gao, Yu-Tang. (2015). Occupational Exposure to Benzene and Non-Hodgkin Lymphoma in a Population-Based Cohort:. *Environmental health perspectives*, 123.
- Chung, E. K., Jang, J. K., & Koh, D. H. (2016). A Comparison of Benzene Exposures in Maintenance and Regular Works at Korean Petrochemical Plants. *Journal of Chemical and Health Safety*, 1-6. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jchas.2016.09.006
- Duarte-Davidson, Raquel; Courage,C;Rushton, Lesley;Levy, Len. (2001). Benzene in the environment: an assessment of the potential risks to the health of the population. *Occupational and environmental medicine*, 58, 2-13. doi:10.1136/oem.58.1.2.
- Fang, M. Z.; Shin, M. K.;Park, K. W.;Kim, Y. S.;Lee, J. W.;Cho, M. H. (2020). Analysis of urinary S-phenylmercapturic acid and trans, trans-muconic acid as exposure biomarkers of benzene in petrochemical and industrial areas of Korea. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 26(1), 62–66.doi:https://doi.org/10.5271/sjweh.511
- Hermawati, Irma; Soemarko, Dewi; at al. (2014). Perbedaan kadar S-PMA urin antara pekerja kilang pengolahan minyak dan instalasi BBM = The different of S-PMA levels in urine among workers refinery with fuel installation. Depok, Jawa Barat, Indonesia: Universitas Indonesia. Retrieved June 24, 2022, from <https://www.lib.ui.ac.id/detail?id=20390070&lokasi=lokal>

- Huebner, WW;Chen, VW;Friedlander, BR;et al. (2000). Incidence of lymphohaematopoietic malignancies in a petrochemical industry cohort: 1983–94 follow up. *Occupational and Environmental Medicine*, 57, 605-614. doi:http://dx.doi.org/10.1136/oem.57.9.605
- Indrawan, D., & Oginawati, K. (2014, Oktober). Analisis Paparan BTX terhadap Pekerja di PT Pertamina RU IV Cilacap. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 20(2), 132-141. doi:10.5614/jtl.2014.20.2.4
- Moro, A.M; Sauer, E; Brucker, N; et al. (2019). valuation of immunological, inflammatory, and oxidative stress biomarkers in gasoline station attendants. *BMC Pharmacol Toxicol*, 20, 75. doi: https://doi.org/10.1186/s40360-019-0355-1
- OSHA. (2014). *Safety and Health Topics - Benzene*. Washington: OSHA.
- Talibov, M; Sormunen, J; Hansen, J; Kjaerheim, K; Martinsen, J; Sparen, P; Tryggvadottir, L; Weiderpass, E; Pukkala, E. (2018). Benzene exposure at workplace and risk of colorectal cancer in four Nordic countries. *Cancer epidemiology*, 55, 156-161. doi:10.1016/j.canep.2018.06.011