



STRES OKSIDATIF PADA PEKERJA YANG TERPAJAN BENZENA MELALUI PENGUKURAN PLASMA MALONDIALDEHID (MDA) (STUDI KASUS PADA PEKERJA BENGKEL SANDAL/SEPATU DI DESA SUKAJAYA, KECAMATAN TAMANSARI, KABUPATEN BOGOR TAHUN 2018)

Ratih Fatimah¹, Suyud Warno Utomo²

¹Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibn Khaldun Bogor
E-mail: ratih.fath@gmail.com

²Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

Abstrak

Perakitan sepatu menggunakan perekat atau lem yang mengandung senyawa organik volatil (diantaranya benzena, toluen, dan xylen. Benzena dan metabolitnya terbukti dalam peningkatan stres oksidatif yang terlihat dari peningkatan malondialdehid (MDA). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi konsentrasi benzena di udara tempat kerja dan hubungan antara benzena di dalam tubuh melalui pengukuran biomarker *S-Phenylmercapturic Acid* (S-PMA) terhadap stres oksidatif melalui pengukuran kadar plasma MDA pekerja bengkel sandal/sepatu. Penelitian ini menggunakan studi *cross-sectional* pada sepuluh bengkel sandal/sepatu. Jumlah sampel sebanyak 64 pekerja diambil dengan metode *total sampling*. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata konsentrasi benzena di udara empat kerja masih dibawah NAB yang ditentukan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2011 yaitu 0,002066 ppm dan tidak ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi S-PMA dalam urin terhadap kadar MDA plasma darah akan tetapi pekerja yang memiliki konsentrasi S-PMA lebih tinggi berisiko 1,31 kali lebih besar memiliki kadar MDA yang lebih tinggi.

Kata kunci: *benzena, S-Phenylmercapturic Acid, malondialdehid (MDA)*

Pendahuluan

Industri sepatu merupakan industri yang sangat berkembang di Indonesia, hal ini dibuktikan dengan Indonesia menjadi negara terbesar kelima setelah Cina, India, Vietnam dan Brasil dalam industri ini ⁽¹⁾. Industri ini adalah industri strategis yang menjadi prioritas dan memberikan kontribusi cukup signifikan pada perekonomian nasional dibuktikan dengan capaian produk domestik bruto (PDB) kelompok industri alas kaki, produk kulit dan pakaian jadi yang naik dari Rp31,44 triliun pada tahun 2015 menjadi 35,14 triliun tahun 2016 ⁽²⁾.

Proses pembuatan sepatu terdiri dari pembuatan pola, pemotongan pola, penjahitan,

perakitan dan proses akhir. Perakitan sepatu menggunakan perekat atau lem ⁽³⁾. Lem yang digunakan pada industri sepatu mengandung senyawa organik volatil (diantaranya benzena, toluen, dan xylen) dengan kandungan benzena di dalam lem diketahui mencapai 2% ⁽⁴⁾. Oleh karena itu, pekerja industri sepatu merupakan pekerja yang rentan untuk terpapar benzena selain pekerja industri baja, pengecat, pekerja pabrik karet, laboran, pemadam kebakaran, dan petugas pom bensin ^{(5); (6)}.

Benzena yang juga dikenal sebagai benzol, adalah cairan tak berwarna dengan bau harum. Benzena menguap menjadi udara dengan sangat cepat dan sedikit larut dalam air. Benzena sangat mudah terbakar. Benzena

ditemukan di udara, air, dan tanah. Benzena berasal dari sumber industri dan alam ⁽⁵⁾. Benzena dapat terabsorpsi ke dalam tubuh manusia sebagian besar melalui inhalasi. Menurut beberapa hasil penelitian serapan melalui jalur pernapasan pada manusia mencapai 50% ⁽⁷⁾. Benzena masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap melalui inhalasi dan absorpsi terutama melalui paru-paru, jumlah uap benzena yang diinhalasi sekitar 40-50% dari keseluruhan jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh. Benzena mudah diabsorpsi melalui saluran pernafasan, ketahanan paru-paru mengabsorpsi benzena kira-kira 50% untuk pajanan sebesar 2-100 cm³/m³ selama beberapa jam pajanan ⁽⁵⁾.

Metabolit utama dari benzena adalah benzena oksida yang di produksi oleh oksidasi P450 2E1. Zat ini kemudian akan teroksidasi lebih jauh menjadi *phenol*, *hydroquinone*, *catechol*, 1,2,4-trihidroksibenzena dan produk lainnya seperti *trans, trans-muconaldehyde* dan *trans, trans muconic acid*. Benzena oksida juga bereaksi dengan gugus tiol seperti protein dan *glutathione*. *S-Phenylmercapturic acid* (S-PMA), yang diekskresikan dalam urin, diduga berasal dari degradasi enzimatis dari produk *glutathione* ⁽⁸⁾.

Pajanan benzena pada manusia terbukti berhubungan dengan berbagai penyakit akut dan parah termasuk kanker dan anemia aplastic menurut *World Health Organization* (WHO). Benzena dan metabolitnya juga terbukti dalam peningkatan stres oksidatif yang terlihat dari peningkatan malondialdehid (MDA) dan penurunan antioksidan dalam tubuh pada pekerja di stasiun pengisian bahan bakar ⁽⁹⁾; ⁽¹⁰⁾. Stres oksidatif adalah kondisi normal di tubuh yang bisa dipandang sebagai ketidakseimbangan antara prooksidan dan antioksidan ⁽¹¹⁾. Stres oksidatif juga berperan penting dalam pathogenesis aterosklerosis, kanker, penyakit kronis lainnya dan juga pada proses penuaan ⁽¹²⁾. Efek stres oksidatif dapat dibuktikan dengan akumulasi peroksida sel (misalnya

peroksida lipid) atau produk sampingan seperti MDA dan glutathione teroksidasi ⁽¹²⁾. Penelitian yang dilakukan oleh Bahadar *et al.* tahun 2015 pada tikus membuktikan adanya hubungan antara pajanan benzena dengan stres oksidatif yang terjadi di pulau pancreas ⁽¹³⁾. Stres oksidatif terjadi karena ada peningkatan ROS yang disebabkan oleh metabolit toksik benzena sehingga menurunkan *mitochondrial membrane potential* (MMP). Hal ini menyebabkan terjadinya peroksidasi lipid meningkat, kerusakan DNA dan penurunan thiol yang berimbas pada terjadinya stress oksidatif ⁽¹³⁾.

Plasma malondialdehid (MDA) merupakan biomarker peroksidasi lipid dari stres oksidatif ⁽¹⁴⁾ (14). Sejak tahun 1960-an beberapa metode telah dikembangkan untuk menilai MDA dalam mengukur kejadian stres oksidatif secara *in vivo* maupun *in vitro* ⁽¹²⁾. Beberapa penelitian lain juga membuktikan bahwa MDA terkandung pada sampel biologis seperti urin, rambut atau darah, dapat merefleksikan status stres oksidatif pada tubuh manusia ⁽¹⁵⁾; ⁽¹⁶⁾.

Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansari adalah salah satu desa di Kabupaten Bogor dengan besar penduduknya berprofesi sebagai pengrajin sandal/sepatu. Para pengrajin sepatu ini mengerjakan pekerjaannya di rumah yang dimodifikasi menjadi bengkel sepatu. Observasi yang dilakukan pada tanggal 28 November dan 05 Desember menunjukkan bahwa kondisi lingkungan kerja pekerja bengkel sandal/ sepatu di daerah tersebut belum memenuhi standar minimal yang ditetapkan. Contohnya adalah banyak dari bengkel sepatu yang tidak memiliki ventilasi sementara menurut KEPMENKES RI No. 1405 Tahun 2002 ventilasi minimal ruangan tanpa pendingin adalah 15% dari luas lantai dengan menerapkan ventilasi silang ⁽¹⁷⁾. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti telah melakukan penelitian untuk melihat asosiasi antara kadar S-PMA di urin dengan kadar plasma MDA pada pekerja bengkel sandal/sepatu di Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor. Artikel ini

bertujuan untuk melaporkan hasil penelitian tersebut.

Metode Penelitian

Desain

Penelitian ini merupakan studi analitik dengan desain *cross-sectional* pada 10 bengkel di Desa Sukajaya. Desain *cross-sectional* dilakukan untuk melihat besar masalah yang terjadi pada suatu populasi dimana pajanan (*exposure*) dan penyakit (*outcome*) diukur dalam waktu yang sama pada periode penelitian. Penelitian ini telah mendapatkan izin etik dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia dengan nomor 222/UN2.F10/PPM.00.02/2018. Sampel penelitian adalah 64 pekerja laki-laki yang bekerja di bengkel sandal/sepatu Desa Sukajaya yang diambil dengan metode total sampling.

Konsentrasi Benzena di Udara

Data konsentrasi benzena di udara didapatkan melalui pengambilan sampel udara di bengkel sandal/sepatu yang dijadikan sampel. Pengambilan sampel dilakukan pada 13 titik di 10 bengkel sepatu. Pengambilan sampel dilakukan oleh petugas lapangan balai K3. Pengambilan sampel dilakukan pada siang hari ketika pembuatan sandal/sepatu berlangsung. Sampel udara diukur menggunakan pompa (*sampler*) dan dilewatkan pada absorben benzene yang berupa *solid sorbent tube*. Proses sampling dilakukan \pm 30 menit dengan menggunakan suhu 5° C dan dapat stabil selama 30 hari. Sampel diukur dengan teknik gas kromatografi metode NIOSH 1501⁽¹⁸⁾.

Konsentrasi S-PMA di urin

Sampel urin pekerja diambil pada akhir shift kerja dalam satu hari (*end of shift sample*). Pengambilan sampel urin dilakukan

oleh pekerja sendiri, dengan penjelasan terlebih dahulu dan pengawasan dari tim peneliti. Volume sampel urin yang dikumpulkan adalah minimal sebanyak 10 ml per pekerja dan hanya diambil pada satu kali pengambilan. Sampel urin dikumpulkan dengan menggunakan botol *polietilen* yang telah dibersihkan, dan disimpan segera dalam *cooler box* dengan suhu 4°C. Sampel urin kemudian akan dianalisis di Laboratorium Kesehatan Daerah Jakarta. Pengukuran konsentrasi *S-phenylmercapturic acid* pada sampel diukur dengan menggunakan metode *high-performance liquid chromatography (HPLC)/MS/MS*.

Kadar MDA dalam Plasma Darah

Sampel darah yang diambil adalah darah vena pada area lipatan siku (*median cubital vein*) sebanyak 4 cc per sampel pekerja dan diambil hanya satu kali. Pengambilan sampel darah dilakukan oleh petugas ahli dari Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Bogor. Setelah disentrifugasi pada 3000 rpm selama 10 menit dengan suhu 4°C, plasma akan berada di bagian atas gel dan sel darah berada di bawah gel. Plasma darah sebelum diperiksa disimpan dalam suhu -80°. Pemeriksaan MDA dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Molekular FK UI dengan menggunakan metode Wills (1966).

Hasil Penelitian
Karakteristik Subyek Penelitian

Tabel 1. Distribusi Umur pada Pekerja Bengkel Sepatu Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansari Kabupaten Bogor Tahun 2018

Variabel	Mean	Standar Deviasi	Min-Maks
Umur	31,53	7,26	19-56

Tabel 1. Distribusi Pekerja Bengkel Sepatu Menurut Umur, Lama kerja dan Durasi Kerja di Desa Sukajaya Kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor Tahun 2018

	Variabel	Jumlah (N)	Presentase (%)
Umur	≤32	39	60,9
	>32	25	30,1
Lama kerja (Tahun)	1-5tahun	33	51,6
	>5 tahun	31	48,4
Durasi kerja (Jam)	≤11 jam	31	48,4
	>11 jam	33	51,6

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Mei dengan jumlah sampel sebanyak 64 orang yang terdistribusi di 6 RW Desa Sukajaya. Dari hasil penelitian diketahui bahwa rata-rata usia responden adalah 31,53 tahun dengan standar deviasi 7,26 tahun dengan responden termuda berusia 19 tahun dan responden tertua berusia 56 tahun (Tabel 1).

Tabel 2 menunjukkan bahwa responden terbanyak berumur kurang dan

sama dengan 32 tahun sebanyak 39 orang (60,9%) dan pekerja yang berumur lebih dari 32 tahun sebanyak 25 orang (30,1%). Pekerja yang telah bekerja 1 sampai 5 tahun dan lebih dari 5 tahun hampir terdistribusi rata yaitu 33 orang (51,6%) dan 31 orang (48,4%). Jumlah pekerja yang bekerja kurang dari sama dengan 11 jam adalah 31 orang (48,4%) dan lebih dari 11 jam sebanyak 33 orang (51,6%).

Konsentrasi Benzena di Udara

Tabel 2. Konsentrasi Benzena Berdasarkan Titik Bekerja di Bengkel Sandal dan Sepatu Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor Tahun 2018

Variabel	Mean	Median	SD	95% CI	Min-Maks	Jumlah
Konsentrasi Benzena	0,020669	0,009210	0,02202	0,01516-0,02617	0,00495-0,09145	
>0,009210						29 (45,3%)
≤0,009210						35 (54,7%)
Total						64 (100%)

Pengukuran konsentrasi benzena dilakukan di 13 titik pada 10 bengkel yang terpilih menjadi sampel dengan menggunakan metode NIOSH 1501-2003. Konsentrasi benzena disesuaikan pada titik tempat pekerja bekerja. Berdasarkan hasil pengukuran,

diketahui bahwa konsentrasi rata-rata benzena adalah 0,02066 ppm dengan median 0,009210 ppm dan standar deviasi 0,02202 ppm. Konsentrasi terendah adalah 0,00495 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 0,09145 ppm (Tabel 3).

Konsentrasi S-PMA di Urin

Tabel 3. Konsentrasi SPMA ($\mu\text{g/g}$ kreatinin) dalam Urin Pekerja Bengkel Sepatu di Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansarri, Kabupaten Bogor Tahun 2018

Variabel	Mean	Median	SD	95% CI	Min-Maks
Konsentrasi SPMA	1,37	0,62	1,98	0,89-1,88	0,02-8,18

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa konsentrasi SPMA urin pada pekerja memiliki rata-rata sebesar $1,37 \mu\text{g/g}$ kreatinin dengan median $0,62 \mu\text{g/g}$ kreatinin dan variasi distribusi $1,98 \mu\text{g/g}$ kreatinin. Konsentrasi

terendah adalah $0,02 \mu\text{g/g}$ kreatinin dan terendah $8,18 \mu\text{g/g}$ kreatinin. Berdasarkan hasil tersebut tidak ada konsentrasi SPMA urin pada pekerja yang melebihi nilai biological exposure index (BEI) ($>25 \mu\text{g/g}$ kreatinin).

Kadar MDA dalam Plasma Darah

Tabel 5. Kadar MDA Plasma Darah (nmol/ml) Pekerja Bengkel Sandal dan Sepatu di Desa Sukajaya, Kecamatan Tamasari, Kabupaten Bogor Tahun 2018

Variabel	Mean	Median	SD	95% CI	Min-Maks	Jumlah
Kadar MDA	0,198	0,184	0,042	0,188-0,209	0,156-0,387	
>0,184 nmol/ml						26 (40,6%)
$\leq 0,184$ nmol/ml						38 (59,4%)
Total						64 (100%)

Pada tabel 5 diketahui bahwa rata-rata kadar MDA plasma darah pekerja adalah $0,198$ nmol/ml dengan nilai median $0,184$ nmol/ml dan standar deviasi $0,042$ nmol/ml. Kadar MDA plasma darah terendah adalah $0,156$ nmol/ml dan tertinggi adalah $0,387$ nmol/ml. MDA plasma darah manusia tidak memiliki batas normal, oleh karena itu pengkategorian kadar MDA plasma darah menggunakan nilai diatas dan dibawah nilai median dikarenakan distribusi data yang tidak

normal (uji Kolmogorov- Smirnov dengan nilai $p=0,001$). Hasil menunjukkan sebanyak 26 pekerja (40,6%) memiliki kadar MDA plasma darah lebih besar dari $0,184$ nmom/ml dan 38 pekerja (59,4%) memiliki kadar MDA lebih kecil sama dengan $0,184$ nmom/ml.

Hubungan Antara Konsentrasi S-PMA Urin Terhadap Kadar MDA Plasma Darah Pekerja

Tabel 6. Analisis Hubungan Konsentrasi SPMA ($\mu\text{g/g}$ kreatinin) Urin Pekerja dengan Kadar MDA Plasma Darah (nmol/ml) Pekerja Bengkel Sandal dan Sepatu di Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor Tahun 2018

Variabel	Kadar MDA (nmol/ml)				Jumlah		OR (95% CI)	Nilai p
	$>0,184$		$\leq 0,184$		n	%		
	N	%	N	%				
SPMA							1	1,000
$>0,62$	13	40,6	19	59,4	32	100	(0,369-2,712)	
$\leq 0,62$	13	40,6	19	59,4	32	100		

Tabel 6. menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan secara statistik antara konsentrasi SPMA urin pada pekerja dengan kadar MDA plasma darah (nilai $p=0,1$). Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai $OR=1$ yang artinya tidak ada hubungan antara konsentrasi SPMA di urin dengan kadar MDA plasma darah.

Tabel 7. Analisis Faktor Umur dan Lama Bekerja Terhadap Kadar MDA Plasma Darah Pekerja Bengkel Sandal dan Sepatu di Desa Sukajaya

Variabel	Kadar MDA (nmol/ml)				Jumlah		OR (95% CI)	Nilai p
	>0,184		≤0,184		N	%		
	N	%	n	%				
Umur							2,17	0,221
>32	13	52	12	48	25	100	(0,774-6,063)	
≤32	13	33,3	26	66,7	39	100		
Lama Kerja (tahun)							1,11	1,000
>5 tahun	13	41,9	18	58,1	31	100	(0,409-3,015)	
1-5 tahun	13	39,4	20	60,6	33	100		

Faktor risiko peningkatan kadar MDA plasma darah pekerja dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti umur dan lama bekerja. Tabel 7 menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara umur dan lama kerja terhadap kadar MDA plasma darah pekerja (nilai $p>0,05$).

Pembahasan

Konsentrasi Benzena di Udara Tempat Kerja

Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa konsentrasi rata-rata benzena adalah 0,02066 ppm dengan median 0,009210 ppm dan standar deviasi 0,02202 ppm. Konsentrasi terendah adalah 0,00495 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 0,09145 ppm. Konsentrasi pada semua bengkel masih dibawah NAB yang ditentukan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2011 yaitu sebesar 0,5 ppm untuk katagori A1 yaitu zat kimia yang terbukti karsinogen untuk manusia (*Confirmed Human Carcinogen*)⁽¹⁹⁾. Hasil pengukuran ini sebanding dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh Fatonah pada

Berdasarkan nilai OR, pekerja yang berumur lebih dari 32 tahun berisiko 2,17 kali untuk memiliki kadar MDA plasma darah lebih tinggi dan pekerja yang telah bekerja lebih dari 5 tahun memiliki risiko 1,11 kali untuk memiliki kadar plasma MDA lebih tinggi.

tahun 2010 di bengkel sepatu kawasan PIK Pulogadung dengan konsentrasi rata-rata 0,00805 mg/m³ pada bagian pengesolan dan 0,09424 mg/m³ pada bagian terbuka yang juga masih dibawah NAB⁽²⁰⁾. Penelitian Salim (2012) juga menemukan benzena 0,02 ppm pada udara di sekitar SPBU⁽²¹⁾.

Konsentrasi benzena dalam ruangan ditentukan oleh ventilasi, suhu, dan kelembaban udara. Bengkel sandal/sepatu di desa Sukajaya rata-rata sudah memiliki ventilasi walaupun 6 dari 10 bengkel memiliki ventilasi kurang dari 15% dari luas lantai sesuai arahan KEPMENKES RI No 1405 Tahun 2002. Suhu dan kelembaban udara dalam bengkel juga berada pada batas aman yaitu berkisar antara 18°C-30 °C untuk suhu

dan kelembaban 65%RH-95%RH⁽¹⁷⁾. Hal ini dapat menjadi penyebab rendahnya konsentrasi benzena di dalam ruangan dikarenakan benzena menguap ke udara luar ruang. Selain itu, kondisi industri informal juga membolehkan pekerjaanya untuk bekerja kapan saja dan beristirahat kapan saja, hal ini membuat jumlah pekerja yang sedang melakukan pekerjaan pada saat pengukuran kurang maksimal sehingga dapat menyebabkan hasil pengukuran juga menjadi kurang maksimal.

Konsentrasi S-PMA dalam Urin

Hasil pengukuran S-PMA urin pada pekerja bengkel sandal/sepatu di Desa Sukajaya menunjukkan nilai rata-rata 1,37 µg/g kreatinin dengan median 0,62 µg/g kreatinin dan variasi distribusi 1,98 µg/g kreatinin. Konsentrasi terbesar adalah 8,18 µg/g kreatinin dimana nilai tersebut masih dibawah batas aman yang ditetapkan oleh ACGIH. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian dari Arrazy (2016) di kawasan industri sepatu Cibaduyut yang menghasilkan nilai rata-rata konsentrasi S-PMA 10,24 µg/g kreatinin namun sejalan dengan penelitian Hoet *et al.* (2009) yang menunjukkan nilai rata-rata konsentrasi S-PMA pada pekerja petrokimia adalah 1,40 µg/g kreatinin dengan konsentrasi terendah 0,2 µg/g kreatinin dan tertinggi 14,7 µg/g kreatinin^(22,23). Kim *et al.* pada tahun 2006 melakukan penelitian pada 250 responden yang terpajan benzena dan 139 kontrol di Tianjin, China. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi median pada kelompok kontrol perempuan adalah 1,94 nM dan laki-laki 3,24 nM sementara konsentrasi pada kelompok terpajan perempuan adalah 262nM dan laki-laki 137 nM⁽²⁴⁾. Terdeteksinya sejumlah konsentrasi S-PMA pada pekerja bengkel sandal/sepatu di Desa Sukajaya menunjukkan bahwa pekerja telah terpajan benzena melalui jalur inhalasi walaupun masih dalam konsentrasi rendah⁽⁵⁾.

Kadar Malondialdehid (MDA) dalam Plasma Darah

Plasma malondialdehid (MDA) merupakan biomarker peroksidasi lipid dari stres oksidatif⁽¹⁴⁾. Sejak tahun 1960an beberapa metode telah dikembangkan untuk menilai MDA dalam mengukur kejadian stres oksidatif secara *in vivo* maupun *in vitro*⁽¹²⁾. Malondialdehid bersifat toksik terhadap sel dan merupakan senyawa dialdehid yang memiliki tiga rantai karbon serta memiliki berat molekul (BM) rendah dan dapat diproduksi oleh mekanisme yang berbeda-beda⁽²⁵⁾. MDA dapat digunakan untuk screening kerusakan oksidatif pada lipid khususnya dengan menggunakan metode yang reliable seperti *high-performance liquid chromatography*⁽²⁶⁾.

Pada penelitian ini kadar MDA plasma rata-rata pada pekerja sandal/sepatu Desa Sukajaya adalah 0,19 nmol/ml dengan nilai median 0,184. Pengkategorian dilakukan dengan membagi kadar MDA diatas dan dibawah nilai median. Sebanyak 40,6% pekerja memiliki kadar MDA plasma darah diatas nilai median dan sebanyak 59,4% pekerja memiliki kadar MDA dibawah nilai median. Nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Subandrate (2016) pada karyawan SPBU dengan kadar MDA rata-rata sebesar 0,731 nmol/ml pada kelompok terpajan dan 0,326 nmol/ml pada kelompok kontrol⁽²⁷⁾. Peroksidasi lipid darah cenderung lebih banyak pada karyawan SPBU dibandingkan kelompok kontrol. Penelitian lain yang dilakukan pada pekerja stasiun pengisian bahan bakar menunjukkan kadar MDA serum pada pekerja (grup I: 3,6±0,18 nmol/ml, grup II: 4,6 ±0,21 nmol/ml) lebih tinggi daripada kelompok kontrol (2,13±0,106 nmol/ml)⁽²⁷⁾.

Sementara itu pada penelitian Arrazy (2016) kadar rata-rata MDA serum pada pekerja sepatu di Cibaduyut adalah 10,186 µmol/L dengan variasi distribusi 10,55 10,186 µmol/L⁽²³⁾. Pada pekerja semen yang bekerja

di bagian oven, penggilingan sampai pengepakan rata-rata kadar MDA adalah 851,46 pmol/L sedangkan pekerja dengan bagan kerja pemecahan batu dan pengadukan memiliki kadar MDA lebih rendah yaitu unit 693,64 pmol/L⁽¹⁴⁾. Beberapa studi menunjukkan nilai MDA plasma pada populasi normal di Jakarta yang memiliki rata-rata 0,086 nmol/ml (SD 0,016 nmol/ml) dan pada penelitian Levefre (1996) didapatkan hasil MDA plasma pada manusia yang sehat antara 0,27-0,56 nmol/ml sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar MDA plasma pada pekerja bengkel sandal/sepatu Desa Sukajaya masih dalam rentang yang normal⁽²⁸⁾.

Hubungan Konsentrasi S-PMA dalam Urin Terhadap Kadar MDA dalam Plasma Darah

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan secara statistik antara konsentrasi S-PMA dalam urin dengan kadar MDA plasma pekerja (nilai $p=1$). Hal ini berkebalikan dengan hasil penelitian Hegazy & Kamel (2014) yang berhasil membuktikan adanya penurunan kadar antioksidan dalam tubuh manusia dan peningkatan MDA secara signifikan pada pekerja yang terpajan benzena⁽²⁹⁾ dan penelitian Subandrate (2006) yang menyatakan bahwa peroksidasi lipid cenderung lebih banyak pada karyawan SPBU yang terpajan benzena dibandingkan kelompok kontrol ($p=0,004$)⁽²⁷⁾.

Penelitian lain yang dilakukan pada pekerja pengisian bahan bakar yang terpapar benzena menunjukkan bahwa paparan benzena terbukti secara signifikan meningkatkan tingkat ROS dan MDA dalam darah sementara itu terjadi penurunan GSH dan T-SOD yang signifikan pada pekerja yang terpapar jika dibandingkan kelompok kontrol. Paparan benzena dalam lingkungan kerja terbukti menyebabkan stres oksidatif, penurunan sistem kekebalan tubuh, dan peningkatan gen penekan tumor P53 pada pekerja pengisian bahan bakar⁽³⁰⁾.

Penelitian Hassan *et al.* (2013) juga menunjukkan hubungan yang signifikan antara pajanan benzena lebih tinggi pada kelompok terpajan dibandingkan kelompok kontrol sementara terjadi penurunan SOD pada kelompok terpajan⁽⁹⁾. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengukuran S-PMA dan MDA yang dilakukan pada pekerja dapat digunakan sebagai alat untuk melakukan skrining dan surveilans penyakit akibat kerja.

Hubungan Umur dan Lama Bekerja Terhadap Kadar MDA dalam Plasma Darah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara umur dengan kadar MDA plasma darah (nilai $p=0,221$). Akan tetapi perhitungan OR menunjukkan nilai 2,17 yang berarti pekerja yang berusia lebih dari 32 tahun berisiko untuk memiliki kadar MDA yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pekerja yang berusia kurang dari 32 tahun. Hal ini sebanding dengan penelitian Lubis (2016) yang menunjukkan hubungan yang lemah antara kadar MDA dan umur dimana semakin bertambahnya umur maka semakin menurun kadar MDA dalam plasma darah pekerja⁽³¹⁾. Penelitian lainnya yang dilakukan pada pekerja pengisian bahan bakar juga tidak menunjukkan hubungan yang signifikan antara umur dan kadar MDA pada dua kelompok umur pekerja (nilai $p>0,05$)⁽⁹⁾.

Tingkat keseriusan keracunan yang disebabkan oleh benzena tergantung jumlah, rute pajanan, dan lama pajanan serta usia dan kondisi kesehatan dari pekerja. Mayoritas efek dari pajanan benzena jangka panjang terjadi pada darah. Pajanan jangka panjang berarti pajanan dalam jangka waktu satu tahun atau lebih⁽³²⁾. Semakin panjang masa kerja seseorang berarti dapat diasumsikan bahwa pajanan yang diterima semakin besar. Hasil penelitian di Desa Sukajaya menunjukkan bahwa tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara lama kerja dengan

peningkatan kadar MDA plasma darah pekerja (nilai $p=1$). Akan tetapi berdasarkan nilai OR dapat diketahui bahwa pekerja yang bekerja lebih dari 5 tahun berisiko 1,11 kali lebih besar untuk memiliki kadar MDA yang lebih tinggi dibandingkan dengan pekerja yang lama kerjanya dibawah 5 tahun yang berarti masa kerja berpengaruh terhadap meningkatnya kadar MDA dalam tubuh pekerja.

Penelitian Arrazy (2016) juga tidak menunjukkan hubungan yang signifikan, namun pekerja dengan lama kerja kurang dari 10 tahun memiliki kadar MDA serum lebih rendah 0,058 $\mu\text{mol/L}$ dibandingkan dengan pekerja dengan lama kerja sama atau diatas 10 tahun ⁽²³⁾. Penelitian lainnya pada pekerja stasiun pengisian bahan bakar yang terpajan benzena menemukan hubungan yang signifikan antara peningkatan lama pajanan (dalam tahun) dengan peningkatan MDA dan ROS yang menjadi penanda stres oksidatif.⁽³⁰⁾

Kesimpulan

Konsentrasi pada semua bengkel masih dibawah NAB yang ditentukan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2011 namun tetap harus diminimalisasi karena benzena merupakan zat karsinogenik yang dapat terakumulasi dalam tubuh sehingga diperlukan pencegahan seperti perbaikan ventilasi dan pengaturan waktu kerja. Konsentrasi S-PMA pada pekerja memiliki rata-rata 1,37 $\mu\text{g/g}$ kreatinin dan tidak ada pekerja yang memiliki konsentrasi S-PMA diatas nilai *biological exposure index* (BEI) ($>25 \mu\text{g/g}$ kreatinin) yang ditetapkan oleh ACGIH. Kadar MDA dalam tubuh pekerja sebagai tanda stres oksidatif memiliki nilai tengah 0,198 nmol/ml yang mana masih dalam rantang normal menurut. pekerja yang memiliki konsentrasi S-PMA lebih tinggi berisiko 1,31 kali lebih besar memiliki kadar MDA yang lebih tinggi.

Referensi

- [1] Roszandi D. Bisnis Kulit dan Alas Kaki Melonjak 4 Kali Lipat Tahun Ini - Bisnis

Tempo.co [Internet]. 2017. Available from:

<https://bisnis.tempo.co/read/867268/bisnis-kulit-dan-alas-kaki-melonjak-4-kali-lipat-tahun-ini>

- [2] Kementerian Perindustrian RI. Kemenperin: Pangsa Pasar Lampau 4 Persen, Industri Alas Kaki Peringkat Ke-5 Dunia [Internet]. 2017. Available from: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/17605/Pangsa-Pasar-Lampau-4-Persen,-Industri-Alas-Kaki-Peringkat-Ke-5-Dunia>
- [3] Mahdy H, Saad-hussein A, Hussein NMAJS. Ventilatory function and oxidative- antioxidant Status in shoe makers. 2010;2(4):59–66.
- [4] Haen MT, Oginawati K. Hubungan Pajanan Senyawa Benzena, Toluena Dan Xylen Dengan Sistem Hematologi Pekerja Di Kawasan Industri Sepatu. 2009;1–4. Available from: <https://fa.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2012/07/25310025-Martha-Tinelli-Haen.pdf>
- [5] ATSDR. Toxicological Profile for Benzene [Internet]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Atlanta, Georgia; 2007. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>
- [6] Zhang L, Ye F, Chen T, Mei Y, Song S. Trans , Trans -Muconic Acid as a Biomarker of Occupational Exposure to High-Level Benzene in China. 2011;53(10):1194–8.
- [7] ATSDR. INTERACTION PROFILE FOR : Benzene , Toluene , Ethylbenzene , and Xylenes (BTEX). 2004.
- [8] Farmer PB, Kaur B, Roach J, Levy L, Consonni D, Bertazzi PA, et al. The use of S-phenylmercapturic acid as a biomarker in molecular epidemiology studies of benzene. Chem Biol Interact. 2005;153–154:97–102.
- [9] Hassan AA, El-magd SAA, Ghareeb AF, Bolbol SA. ASSESSMENT OF OXIDATIVE STRESS AND ANTIOXIDANT STATUS AMONG PETROL PETROL STATIONS' WORKERS EXPOSED TO BENZENE IN ZAGAZIG CITY. 2013;19(1).
- [10] Fenga C, Gangemi S, Teodoro M,

- Rapisarda V, Golokhvast K, Docea AO, et al. 8-Hydroxydeoxyguanosine as a biomarker of oxidative DNA damage in workers exposed to low-dose benzene. *Toxicol Reports* [Internet]. 2017;4(April):291–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.05.008>
- [11] Rahal A, Kumar A, Singh V, Yadav B, Tiwari R, Chakraborty S, et al. Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: The interplay. *Biomed Res Int*. 2014;2014.
- [12] Del Rio D, Stewart AJ, Pellegrini N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2005;15(4):316–28.
- [13] Bahadar H, Maqbool F, Mostafalou S, Baeri M. Assessment of benzene induced oxidative impairment in rat isolated pancreatic islets and. *Environ Toxicol Pharmacol* [Internet]. 2015;39(3):1161–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2015.04.010>
- [14] Orman A, Kahraman A, Çakar H, Ellidokuz H, Serteser M. Plasma malondialdehyde and erythrocyte glutathione levels in workers with cement dust-exposure silicosis. *Toxicology*. 2005;207(1):15–20.
- [15] Kil H-N, Eom S-Y, Park J-D, Kawamoto T, Kim Y-D, Kim H. A rapid method for estimating the levels of urinary thiobarbituric Acid reactive substances for environmental epidemiologic survey. *Toxicol Res* [Internet]. 2014;30(1):7–11. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4007046&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- [16] Weitner T, Jablan J, Domijan A, Gabričević M, Inić S. Spectrophotometric Determination of Malondialdehyde in Urine Suitable for Epidemiological Studies. *Croat Chem Acta*. 2016;89(1):133–9.
- [17] Menkes RI. Kepmenkes RI Nomor 1405 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja [Internet]. Jakarta. 2002. Available from: <http://perpustakaan.depkes.go.id>
- [18] NIOSH. HYDROCARBONS AROMATIC 1501. 2003;127(3):1–7.
- [19] Menakertrans. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi. Peratur Menteri Tenaga Kerja Dan Transm. 2011;
- [20] Fatonah YI. Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzena Pada Pekerja Bengkel Sepatu “X” Di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (Pik) Pulogadung Jakarta Timur. Universitas Indonesia; 2010.
- [21] Salim RN. Analisis risiko kesehatan pajanan benzena pada karyawan di spbu “ x ” pancoranmas depok tahun 2011 skripsi. Universitas Indonesia; 2012.
- [22] Hoet P, De Smedt E, Ferrari M, Imbriani M, Maestri L, Negri S, et al. Evaluation of urinary biomarkers of exposure to benzene: Correlation with blood benzene and influence of confounding factors. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009;82(8):985–95.
- [23] Arrazy S. Analisis Hubungan S-Phenylmercapturic Acid Sebagai Metabolit Benzene Dengan Kadar Malondialdehyde Pada Pekerja Pabrik Sepatu Di Sentra Industri Sepatu Cibaduyut Tahun 2016 Universitas Indonesia Analisis Hubungan S-Phenylmercapturic A. Universitas Indonesia; 2016.
- [24] Kim S. Benzene metabolism in humans: dose-dependent metabolism and interindividual variability. 2006;131. Available from: <https://cdr.lib.unc.edu/indexablecontent/uuid:3372bca3-f963-4ab3-a5db-c65f08facc56>
- [25] Grotto D, Santa Maria L, Valentini J, Paniz C, Schmitt G, Garcia SC, et al. Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification. *Quim Nova*. 2009;32(1):169–74.
- [26] Lykkesfeldt J, Viscovich M, Poulsen HE. Plasma malondialdehyde is induced by smoking: a study with balanced antioxidant profiles. *Br J Nutr*. 2004;92(2):203–6.
- [27] Subandrate S. Kadar MDA (Malondialdehid) Karyawan SPBU di Kota Palembang. 2016;43(5):333–5.
- [28] Lefevre G. Determination of plasma

protein-bound malondialdehyde by derivative spectrophotometry. *J Dev Phys Disabil.* 1996;23:313–324.

- [29] Hegazy RM, Kamel HFM. Oxidant Hepatic & /or Haem. Injury on Fuel-Station Workers Exposed to Benzene Vapor, Possible Protection of Antioxidants. *Am J Med Med Sci.* 2014;4(2):35–46.
- [30] Uzma N, Kumar BS, Abdul M, Hazari H. Exposure to Benzene Induces Oxidative Stress , Alters the Immune Response and Expression of p53 in Gasoline Filling Workers. 2010;1270:1264–70.
- [31] Lubis IP. Analisis Kejadian Stres Oksidatif Melalui Pengukuran Malondialdehyde (Mda) Pada Masyarakat Terpajan Merkuri Di Pertambangan Emas Skala Kecil (Pesk) Desa Lebaksitu Kabupaten Lebak, Banten. Universitas Indonesia; 2016.
- [32] CDC. Facts About Benzene [Internet]. 2013 [cited 2018 Jan 24]. Available from: <https://emergency.cdc.gov/agent/benzene/basics/facts.asp>