

HUBUNGAN PAJANAN SENYAWA BENZENA, TOLUENA DAN XYLEN DENGAN SISTEM HEMATOLOGI PEKERJA DI KAWASAN INDUSTRI SEPATU

Martha Tinelli Haen¹ dan Katharina Oginawati²

Program Studi Magister Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jl Ganesha no 10 Bandung 40132
martheen29@yahoo.com¹, ogi@elga.net.id²

Abstrak : Lem merupakan bahan yang sangat penting dalam proses produksi sepatu, yang didalamnya terkandung senyawa organik *volatil* (diantaranya benzena, toluen, dan xilen). Kandungan benzena di dalam lem diketahui mencapai 2% sedangkan kandungan toluen mencapai 70%. Benzena, toluen dan xilen (BTX) merupakan senyawa kimia yang dapat menimbulkan efek hematologis. Senyawa BTX ini termasuk kedalam golongan VOC (*Volatile Organic Compound*) yang mudah untuk menguap pada temperatur kamar sehingga memungkinkan untuk terhisap oleh para pekerja dan menimbulkan efek kesehatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur konsentrasi BTX di udara pekerja, mengetahui profil darah para pekerja dan untuk mengetahui pengaruh paparan BTX terhadap profil darah pekerja. Metode yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi BTX pada *breathing zone* adalah dengan menggunakan alat *personal sampler pump* dan dianalisis dengan kromatografi gas (GC-FID) sedangkan untuk mengetahui profil darah, dilakukan pengambilan darah vena kemudian dianalisis dengan alat Sysmex. Konsentrasi rata-rata benzena pada *breathing zone* responden (pekerja sol) adalah 0,2383 ppm, toluen 3,9399 ppm, p-xilen 0,0155 ppm, m-xilen 0,0077 ppm dan o-xilen 0,0119 ppm. Analisis bivariat dilakukan untuk benzena saja, karena toluen dan xilen masih berada dibawah ambang batas normal sehingga dapat dikatakan tidak memberikan efek negatif pada darah. Uji *chi-square* yang dilakukan terhadap konsentrasi pajanan benzena dengan profil darah didapatkan beberapa variabel yang mempunyai nilai $p < 0,05$, yaitu kadar hemoglobin, kadar eritrosit dan juga kadar eosinofil. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi benzena pada *breathing zone* dengan jumlah hemoglobin, eritrosit dan juga eosinofil.

Kata kunci : industri sepatu, BTX, lem, *breathing zone*, profil darah

PENDAHULUAN

Industri sepatu informal merupakan salah satu sektor industri kecil dan menengah yang berkembang di daerah Cibaduyut, kota Bandung. Dalam proses produksinya, penggunaan lem yang mengandung bahan kimia berbahaya merupakan hal yang tidak bisa dihindari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gussenhoven pada tahun 2000, diketahui bahwa senyawa BTX (Benzena, Toluena dan Xilen) merupakan bahan penting dalam industri sepatu. Hal ini dikarenakan BTX merupakan komponen utama dalam lem, pelarut dan juga cat yang digunakan di industri tersebut (Gussenhoven, 2000). Penelitian terhadap dua industri sepatu di Cina menunjukkan bahwa paparan benzena adalah 21,86 ppm pada industri sepatu perumahan dan 3,46 ppm pada industri sepatu skala besar (Vermeulen *et al.*, 2004).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rothman pada tahun 1996, menyebutkan bahwa terjadi penurunan parameter hematologi (total sel darah putih, sel darah merah, platelets, dan hematokrit) selama pekerja terpajanan oleh benzena, jika dibandingkan dengan kontrol,

dengan pengecualian bahwa kadar MCV (*Mean Corpuscular Volume*) justru meningkat (Rothman *et al.*, 1996). Pesatori dkk pada tahun 2009 melakukan penelitian mengenai efek hematologi awal terhadap populasi manusia yang terpajanan oleh konsentrasi rendah benzena. Mereka mengevaluasi hematologi (sel darah merah, sel darah putih, neutrofil, limfosit, monosit, eosinofil, basofil, hemoglobin, MCV, MPV) terhadap 153 pekerja petrokimia yang terpajanan benzena dengan rentang konsentrasi 0,01-23,9 ppm. Hasil yang didapatkan diketahui tidak ada efek dosis terhadap respon terhadap sebagian besar parameter hematologi yang diperiksa, tetapi jumlah eosinofil berbanding terbalik dengan pajanan benzena di kalangan perokok. Sebaliknya kadar basofil meningkat dengan meningkatnya pajanan (Pesatori *et al.*, 2009). Efek merokok terhadap kadar *urinary-benzene* juga memiliki korelasi yang signifikan (Fustinoni *et al.*, 2005).

Pajanan benzena dan toluena juga dapat menurunkan kadar *Leukocyte Telomere Length* (LTL) (Hoxha *et al.*, 2009). Pajanan 50 ppm toluena dapat meningkatkan induksi

lipopolisakarida (LPS-induced) proliferasi sel tikus secara signifikan (Fujimaki *et al.*, 2010). Paparan toluena juga menyebabkan penurunan aktivitas enzim antioksidan secara signifikan, dan meningkatkan peroksidasi lemak dan kerusakan protein baik secara *in vivo* maupun *in vitro* (Karabulut *et al.*, 2009).

Efek utama yang dapat timbul dari menghirup uap xylen adalah depresi pada sistem syaraf pusat, dengan gejala seperti sakit kepala, pusing-using, mual dan muntah. Semua gejala-gejala tersebut dapat timbul pada paparan 100 ppm. Sedangkan efek paparan xylen terhadap darah belum ditemukan, walaupun penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa terjadi penurunan sel darah merah (anemia) akibat dari kontaminasi xylen dengan benzena (Kandyala *et al.*, 2010).

Dari tingginya kandungan pelarut organik BTX yang terdapat di dalam lem yang digunakan, maka diperlukan suatu analisis paparan senyawa BTX dan pengaruhnya terhadap hematologi darah, karena jumlah paparan yang diperbolehkan oleh NIOSH (*National Institute for Occupational Health and Safety*) untuk 8 jam kerja hanya sebesar 0,1 ppm untuk benzena dan 100 ppm untuk toluene dan xylen. Di Indonesia, Badan Standardisasi Nasional (BSN) dalam SNI 19-0232-2005 yang mengacu pada surat edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor SE-01/MEN/1997 menetapkan nilai ambang batas di udara tempat kerja adalah 32 mg/m³ atau 10 ppm untuk benzena, 188 mg/m³ atau 50 ppm untuk toluen dan 434 mg/m³ atau 100 ppm untuk xylen.

METODOLOGI PENELITIAN

Kuesioner

Kuesioner yang dibagikan kepada para pekerja bagian sol dan juga kontrol bertujuan untuk memperoleh biodata dan keterangan lain.

Pengukuran konsentrasi BTX pada *breathing zone*

Pengukuran BTX dilakukan untuk mengetahui konsentrasi BTX pada *breathing zone* pekerja. *Sampling* BTX pada *breathing zone* dilakukan berdasarkan metode *sampling* hidrokarbon aromatik yang ditetapkan dalam *Manual of Analytical Methods* dari NIOSH pada tahun 2003 (NIOSH 1501, 2003).

Sampel udara diambil dengan menggunakan alat *personal sampler pump* yang telah dikalibrasi terlebih dulu. Kecepatan alir yang digunakan adalah 0,1 L/menit selama 1 jam. Filter yang digunakan untuk menyerap uap BTX adalah *charcal tube* SKC 226-01. Analisis BTX dilakukan dengan mendesorpsi filter menggunakan 1 mL karbon disulfida (CS₂) kemudian dianalisis menggunakan kromatografi

gas (GC – FID) dengan gas He sebagai *carrier gas*.

Pengukuran profil darah

Darah vena pekerja diambil sebanyak 3 cc dan ditampung dalam tabung EDTA. Sampel darah kemudian digunakan untuk menghitung profil darah yaitu hemoglobin, leukosit, eritrosit, trombosit, hematokrit, MCV, MCH, MCHC, Neutrofil, Limfosit, Monosit, Eosinofil dan Basofil. Kegiatan ini dilakukan oleh pihak ketiga (Laboratorium Prodia). Pengambilan darah dilakukan pada saat pekerja sedang bekerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan responden yang bekerja sebagai tukang sol, karena pekerja bagian inilah yang paling banyak menggunakan lem sehingga mempunyai resiko yang lebih besar untuk terpajan senyawa BTX. Responden yang dilibatkan dalam penelitian ini memiliki karakteristik tertentu. Karakteristik ini diperoleh dari hasil kuesioner, yang dapat dilihat pada **Tabel 1.** dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik responden dalam penelitian

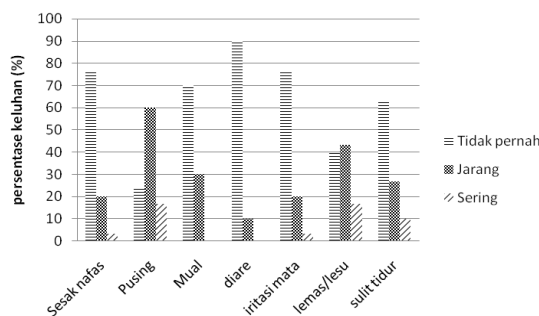
Atribut	Karakteristik	Hasil	
		n	%
Usia	20-35 tahun	23	76,66
	36-50 tahun	4	13,33
	> 50 tahun	3	10
IMT*	Kurus (<18,5)	3	10
	Normal (18,5-25)	25	83,33
	Gemuk (>25)	2	6,66
Jumlah jam kerja /hari	< 8 jam	1	3,33
	8 jam	16	53,33
	> 8 jam	13	43,33
Kebiasaan merokok	merokok	26	86,66
	Tidak merokok	4	13,33

Keterangan * : IMT (Index Massa Tubuh) adalah perbandingan berat badan (kg) dengan kuadrat tinggi badan (meter)

Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner yang dilakukan, banyak responden memiliki keluhan kesehatan yang identik dengan gejala terpajan BTX, diantaranya pusing, mual, lemas dan sesak nafas. Hal ini dapat terlihat pada **Gambar 1.**

Keluhan kesehatan yang disampaikan oleh pekerja menunjukkan bahwa mereka memang terpajan oleh senyawa BTX. Hal ini diperkuat dengan hasil analisis awal dengan menggunakan GCMS terhadap lem yang digunakan oleh pekerja. Analisis pada lem didapat bahwa senyawa yang paling banyak terkandung adalah toluena.

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan diketahui kondisi ruangan tempat responden bekerja banyak yang beratap rendah dengan ventilasi seadanya. Hal ini menyebabkan uap BTX hanya bersirkulasi di dalam ruangan dan dapat terhirup oleh para pekerja. Selain itu sebesar 80% pekerja tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) saat melakukan kegiatannya, sehingga uap BTX dengan mudah akan terhirup.



Gambar 1. Grafik presentase keluhan penyakit responden

Konsentrasi benzena pada *breathing zone* responden (pekerja sol) bervariasi mulai dari 0,015 ppm – 1,138 ppm dengan konsentrasi rata-rata adalah 0,2383 ppm. Konsentrasi toluen pada *breathing zone* pekerja sol bervariasi mulai dari 0,0077 ppm – 15,9337 ppm dengan konsentrasi rata-rata adalah 3,9399 ppm. Konsentrasi p-xylen pada *breathing zone* pekerja sol bervariasi mulai dari 0 ppm – 0,1725 ppm dengan konsentrasi rata-rata adalah 0,0155 ppm. Konsentrasi m-xylen berkisar antara 0 ppm – 0,0149 ppm, dengan rata-rata 0,0077 ppm, dan konsentrasi o-xylen berkisar antara 0 ppm – 0,1525 ppm dengan rata-rata 0,0119 ppm. Jika hasil yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang dikeluarkan oleh ACGIH pada tahun 2006 (yaitu untuk benzen 0,5 ppm; toluen 50 ppm dan xylen 100 ppm) maka dapat dilihat bahwa toluen dan xylen masih berada dalam batasan aman, sedangkan terdapat beberapa konsentrasi benzen yang di atas nilai baku mutu. Disimpulkan bahwa konsentrasi toluena dan xylen yang masih dibawah ambang batasan normal tidak memberikan pengaruh negatif terhadap perubahan hematologi darah, sehingga yang akan dimasukkan kedalam uji statistik adalah senyawa benzena.

Untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat (profil darah) dengan variabel bebas (konsentrasi benzena) maka dilakukan uji *chi square*. Uji *chi-square* yang dilakukan terhadap konsentrasi pajanan benzena dengan profil darah didapatkan beberapa variabel yang mempunyai nilai p (signifikansi) < 0,05, yaitu kadar hemoglobin, kadar eritrosit dan juga kadar

eosinofil. Seperti yang terlihat pada **Tabel 2**. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi benzena pada *breathing zone* dengan jumlah hemoglobin, eritrosit dan juga eosinofil.

Tabel 2. Hasil uji analisa *chi-square* antara pajanan benzena dengan profil darah

No	Variabel	Nilai p	Keterangan
1	Hemoglobin	0,014	Signifikan
2	Leukosit	0,5	Tidak signifikan
3	Eritrosit	0,014	Signifikan
4	Trombosit	0,649	Tidak signifikan
5	Hematokrit	0,414	Tidak signifikan
6	MCV	0,5	Tidak signifikan
7	MCH	0,3	Tidak signifikan
9	Neutrofil	0,109	Tidak signifikan
10	Limfosit	0,083	Tidak signifikan
11	Monosit	0,414	Tidak signifikan
12	Eosinofil	0,046	Signifikan

Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi benzena pada *breathing zone* dengan hemoglobin, eritrosit dan juga eosinofil. Hal ini diduga berkaitan dengan sumsum tulang, karena pembentukan sel darah terjadi di sumsum tulang. Dalam Robbins & Kumar (1995) benzena dapat menyebabkan kegagalan sel induk mieloid yang mengakibatkan berkurangnya produksi hemoglobin dan sel darah merah. Jika kekurangan sel darah merah terjadi dalam waktu lama, maka dapat menyebabkan anemia aplasti. Penelitian yang dilakukan oleh Lan *et al* pada tahun 2004 menyimpulkan bahwa pada pekerja yang terpajan benzena dengan konsentrasi yang relatif rendah (< 1 ppm) terdapat efek hematologi.

Pajanan benzena juga memiliki hubungan yang signifikan dengan eosinofil. Berdasarkan hasil laboratorium diketahui 18 responden (60%) memiliki nilai eosinofil yang tidak normal. Jumlah eosinofil yang tidak normal merupakan salah satu gangguan hematopoietic yang dapat menyebabkan eosinofilia. Eosinofilia merupakan suatu respon terhadap suatu penyakit. Jika suatu bahan asing masuk kedalam tubuh maka akan terdeteksi oleh limfosit dan neutrofil, yang akan melepaskan bahan untuk menarik eosinofil ke daerah tersebut. eosinofil kemudian akan melepaskan zat yang dapat membunuh parasit dan juga menghancurkan sel-sel abnormal. Dengan tingginya kadar eosinofil

maka disimpulkan bahwa terdapat benda asing yang masuk ke dalam tubuh pekerja.

Parameter yang akan digunakan dalam analisis *multivariate* regresi logistik adalah parameter *bivariate* yang mempunyai nilai $p < 0,05$, yaitu hemoglobin, eritrosit dan eosinofil. Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan regresi logistik *binary* diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Hb = 37,352 + 2,091 x_1 + 0,373 x_2 - 19,414 x_3 - 18,125 x_4 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Eritrosit} = 37,352 + 2,091 x_1 + 0,373 x_2 - 19,414 x_3 - 18,125 x_4 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Eosinofil} = -19,764 + 20,322 x_1 - 19,452 x_2 - 0,373 x_3 - 0,527 x_4 \dots\dots\dots(3)$$

X_1 menunjukkan konsentrasi benzena, x_2 adalah kebiasaan merokok, x_3 adalah usia responden dan x_4 adalah index massa tubuh responden.

Hasil regresi logistik menunjukkan bahwa konsentrasi benzena memberikan dampak terbesar terhadap perubahan kadar hemoglobin dan eritrosit. Hal ini dilihat dari nilai Exp (B) sebesar 8,095. Konsentrasi benzena juga memberikan dampak terbesar terhadap perubahan eosinofil, yang dilihat dari nilai Exp (B) sebesar 6,693.

Berdasarkan analisis multivariat dapat dilihat bahwa yang paling berpengaruh terhadap perubahan hemoglobin, eritrosit dan eosinofil adalah benzena. Kebiasaan merokok yang diduga berpengaruh terhadap perubahan profil darah ternyata tidak terbukti. Hal ini terlihat dengan nilai Exp (B) rokok yang hanya 1,45 saja. Penelitian yang dilakukan oleh Wichaksana pada tahun 2002 menyimpulkan bahwa zat yang terkandung dalam rokok tidak mempengaruhi kadar hemoglobin dalam darah tetapi hanya memiliki efek pada kemampuan hemoglobin untuk mengikat dan mendistribusikan oksigen. Hal serupa juga disimpulkan oleh Arnita (2007) dalam penelitiannya mengenai pajanan benzena pada pekerja industri minyak bumi, yang menyebutkan bahwa index massa tubuh, kebiasaan merokok tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan profil darah.

KESIMPULAN

Konsentrasi rata-rata benzena pada *breathing zone* responden (pekerja sol) adalah 0,2383 ppm, Konsentrasi rata-rata toluen pada *breathing zone* responden adalah 3,9399 ppm. Konsentrasi rata-rata p-xylen pada *breathing zone* adalah 0,0155 ppm, m-xylen 0,0077 ppm dan o-xylen 0,0119 ppm.

Uji *chi-square* yang dilakukan terhadap konsentrasi pajanan benzena dengan profil darah didapatkan beberapa variabel yang mempunyai nilai $p < 0,05$, yaitu kadar hemoglobin, kadar eritrosit dan juga kadar eosinofil. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan

signifikan antara konsentrasi benzena pada *breathing zone* dengan jumlah hemoglobin, eritrosit dan juga eosinofil.

Daftar Pustaka

- Fujimaki, H., Win-Shwe, T., Yamamoto, S., Kunugita, N., Yoshida, Y and Arashidani, K. 2010. Different Sensitivity in Expression of Transcription Factor mRNAs in Congenic Mice Following Exposure to Low-level Toluene. *Inhalation Toxicology*. **22(11)**, 903-909.
- Fustinoni, S., Consonni, D., Laura, C., Buratti, M., Clombi, A., Pesatri, A. C., Bonzini, M. 2005. Monitoring Low Benzene Exposure : Comparative Evaluatin Of Urinary Biomarkers, Influence of Cigarette Smoking and Genetic Polymorphisms. *Cancer Epidemiol Biomarkers*. **14(9)**, 2237-2244.
- Hoxha, M., Dioni, L., Bonzini, M., Pesatori, A.C., Fustinoni, S., Cavallo, D., Carugno, M., Alberti, B., Marinelli, B., Schwartz, J., Bertazzi, P.A and Baccarelli, A. 2009. Association Between Leukocyte Telomere Shortening and Exposure to Traffic Pollution: A Cross-sectional Study on Traffic Officers and Indoor Office Workers. *Environmental Health*. **8(41)**, 1-9.
- Kandyala, R., Raghavendra, S.P.C and Rajasekharan, S.T. 2010. Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures. *J Oral Maxillofac Pathol*. **14(1)**, 1-5.
- Karabulut, I., Balkanci, Z.D., Pehlivanoglu, B., Erdem, A and Fadilioglu, E. 2009. Effect of Toluene on Erythrocyte Membrane Stability Under In Vivo and In Vitro Conditions With Assessment of Oxidant/antioxidant Status. *Toxicol Ind Health*. **25(8)**, 545-550.
- NIOSH. 2003. *Hydrocarbons Aromatic. Method 1501*. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) Fourth Edition Issue 3.
- Pesatori, A.C., Garte, S., Popov, T., Georgieva, T., Panev, T., Bonzini, M., Consonni, D., Carugno, M., Goldstein, B.D., Taioli, E., Fontana, V., Stagi, E., Bertazzi, P.A and Merlo, D.F. 2009. Early Effect of Low Benzene Exposure on Blood Cell Counts in Bulgarian Petrochemical Workers. *Med Lav*. **100 (2)**, 83-90.
- Rothman, N., Li, G., Dosemeci, M., Bechtld, W., Marti, G. E., Wang, Y., Linet, M., Xi, L., Lu, W., Smith, M.T., Titenk-Hllah, N., Zhang, L., Blot, W., Yin, S and Hayes, R.B. 1996. Hematotoxicity Among Chinese Workers Heavily Exposed to Benzene. *American Journal of Industrial Medicine*. **29**, 236-241.
- Vermeulen, R., Li, G., Lan, Q., Dosemec, M., Rappaport, S.M., Bohong, X., Smith, M. T., Zhang, L., Hayes, R. B., Linet, M., Mu, R., Wang, L., Xu, J., Yin, S and Rothman, N. 2004. Detail Exposure Assessment for a Molucular Epidemiology Study of Benzene in Two Shoe Factories in China. *Ann. Occup. Hyg*. **48**, 105-116.