

## ANALISIS PAPARAN BTX TERHADAP PEKERJA DI PT. PERTAMINA RU IV CILACAP

### *BTX EXPOSURE ANALYSIS AGAINST WORKERS IN PT. PERTAMINA RU IV CILACAP*

<sup>1\*</sup>Dwito Indrawan, dan <sup>2</sup>Katharina Oginawati

<sup>1,2</sup> Program Magister Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

\*<sup>1</sup>dwitoindrawan@gmail.com, dan <sup>2</sup>katharina.oginawati@gmail.com

**Abstrak:** Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara (PERTAMINA) merupakan suatu perusahaan milik Negara yang bergerak dalam bidang perminyakan. Produk yang dihasilkan oleh kilang ini antara lain paraxylene, LPG, rafinat, heavy aromatic, dan benzena. Beberapa senyawa kimia yang sering terdeteksi di kilang ini antara lain H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Metil Etil Keton (MEK), klorin, merkuri, dan Benzene Toluene Xylene (BTX). Efek kesehatan akut yang umum terjadi akibat paparan BTX adalah terganggunya sistem syaraf pusat (SSP). Gejala-gejala terganggunya sistem syaraf ini antara lain mual, muntah, pusing, dan sakit kepala. Bila terpapar dengan konsentrasi yang cukup tinggi maka dapat timbul gejala seperti gemetar, lemas, gangguan pada tekanan darah, sakit kepala pusing tiba-tiba, vertigo, muntah, dehidrasi hingga kematian. Efek kronis paparan BTX dapat merusak sistem organ tertentu. Pengambilan sampel dilakukan pada 40 orang pekerja yang dianggap terpapar. Data Primer yang akan diambil meliputi dosis kandungan BTX tertinggi yang terinhalasi pada pekerja, sampel urin, parameter fisika, penyebaran kuesioner, dan wawancara pada pekerja. Data sekunder yang akan digunakan adalah data monitoring dari PT. Pertamina RU IV Cilacap. Prosedur pengambilan dan analisis sampel udara dan breathing zone mengacu pada NIOSH 1501 (Hydrocarbons, Aromatic). Metode yang digunakan untuk menganalisis sampel urin mengacu pada NIOSH 8301. Paparan inhalasi pekerja masih berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan pemerintah. Pada Unit KPC, intake benzene yang tertinggi adalah 0,1515 ppm, pada Laboratorium 0,2850 ppm, dan pada bagian Administrasi adalah 0,0230 ppm. Nilai CDI tertinggi ditemukan pada pekerja di bagian Laboratorium dengan nilai sebesar 0.0187 mg/kg.day. Terdapat korelasi antara CDI dengan konsenrasi fenol pada pekerja. Sebanyak 15 pekerja memiliki HI > 1, yang berarti bahwa paparan dosis benzene terhadap pekerja memiliki potensi untuk membahayakan kesehatan pekerja.

**Kata kunci:** BTX, benzene, toluene, xylene, analisis paparan

**Abstract :** Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara (Pertamina) is a state-owned company engaged in the oil business. The products produced by this company include paraxylene, LPG, rafinat, heavy aromatics, and benzene. Some chemical compounds that are often detected at the refinery include H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Methyl Ethyl Ketone (MEK), chlorine, mercury, and Benzene Toluene Xylene (BTX). Acute effect caused by BTX exposure that usually happens to human is affected central nervous system (CNS). The symptoms are nausea, vomiting, dizziness, and headache. If human get exposed with high concentration, then they will experience shaking, limp, blood pressure disruption, headache, instant dizziness, vertigo, vomiting, dehydration, death. Chronic effect from BTX exposure can harm certain organ system. This research was conducted to 40 workers who were considered to be exposed by BTX. Primary data that was taken included the highest BTX compound dosage inhaled by workers, urine sample, physical parameters, questionnaire, and interview to workers. Secondary data that was used was environmental monitoring data from PT. Pertamina RU IV Cilacap. Sampling procedure and analysis for breathing zone referred to NIOSH 1501 (Hydrocarbons, Aromatic). Method that was used to analyze urine sample referred to NIOSH 8301. Inhalation exposure to workers were still below the threshold that was set by the government. The highest benzene intake in KPC Unit was 0.1515 ppm, in Laboratory was 0.2850 ppm, and in Administration was 0.0230 ppm. The highest CDI value in workers was found in the Laboratory with the value of 0.0187 mg/kg.day. There was correlation between CDI and phenol concentration in workers. There

were 15 workers who had HI > 1, that means the benzene dosage exposure to workers his potential to harm workers' health.

**Key words:** BTX, benzene, toluene, xylene, exposure analysis

---

## PENDAHULUAN

Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara (PERTAMINA) merupakan suatu perusahaan milik negara yang bergerak dalam bidang perminyakan. Produk yang dihasilkan oleh kilang ini antara lain paraxylene, LPG, rafinat, heavy aromatic, dan benzena. Beberapa senyawa kimia yang sering terdeteksi di kilang ini antara lain H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Metil Etil Keton (MEK), klorin, merkuri, dan *Benzene Toluene Xylene* (BTX).

BTX (*Benzene, Toluene, Xylene*) merupakan pelarut organik yang biasan digunakan pada beberapa industri dan mudah menguap (Haen dan Oginawati, 2012). Efek kesehatan akut yang umum terjadi akibat paparan BTX adalah terganggunya sistem syaraf pusat (SSP). Gejala-gejala terganggunya sistem syaraf ini antara lain mual, muntah, pusing, dan sakit kepala. Paparan dengan konsentrasi yang cukup tinggi maka dapat timbul gejala seperti gemetar, lemas, gangguan pada tekanan darah, sakit kepala, pusing tiba-tiba, vertigo, muntah, dehidrasi hingga kematian. Paparan akut *benzene* juga dapat menyebabkan leukemia sampai kanker pada sistem hematologi manusia (Smith, 2010). Efek kronis paparan BTX dapat merusak sistem organ tertentu, misalnya sistem pernafasan, sistem syaraf, sistem reproduksi dan endokrin, organ ginjal, hati dan kulit.

Secara alamiah, BTX berasal dari minyak mentah. Misalnya *benzene*, ditemukan pada konsentrasi hingga 4 gr/L dalam kandungan minyak bumi, selain itu juga ditemukan dalam air laut dengan konsentrasi hingga 0,8 ppb di sekitar gas alam dan penyimpanan minyak bumi (IPCS, 1993). Selain itu sumber-sumber alami senyawa BTX antara lain emisi gas dari gunung berapi dan juga kebakaran hutan. Sumber utama BTX hasil aktifitas manusia adalah melalui emisi kendaraan bermotor, emisi knalpot pesawat, kegiatan pemasaran bensin, tumpahan minyak, asap rokok dan pelarut organik. Pengukuran paparan benzene untuk suatu populasi cukup sulit untuk dikuantifikasikan karena gaya hidup tiap individu sangat bervariasi, kondisi cuaca lingkungan dapat juga mempengaruhi, dan lingkungan tempat tinggal yang beragam (Arnold et al., 2013). Chen & Chan (1999) terhadap beberapa industri sepatu di negara Cina mengungkapkan bahwa dari segi harga, pelarut benzene dikenal paling bersaing dibandingkan pelarut non benzene karena harganya 30 % lebih murah. Namun karena efek toksiknya yang tinggi, maka pelarut jenis ini sudah dilarang penggunaannya sejak lama. BTX dibuat dan digunakan dalam industri perminyakan selama pengolahan produk minyak olahan. Senyawa ini merupakan salah satu senyawa kimia yang paling banyak diproduksi dengan produksi tahunan di seluruh dunia sekitar 8-10 juta ton *benzene* (NTP, 2005), 5-10 juta ton *toluene* (ATSDR, 2000), 5-10 juta ton *etilbenzene* (IPCS, 1996), dan 10-15 juta ton *xylene* (IPCS, 1997).

Ramon, 2006, melakukan penelitian pengukuran kadar *benzene* di udara lingkungan kerja pada Unit Paraxylene. Penelitian tersebut menunjukkan kadar *benzene* di udara lingkungan kerja sebesar berkisar antara 0,383–0,506 ppm. Sedangkan dosis inhalasi yang ditemukan pada penelitian ini berkisar antara 0,006–0,986 ppm (rata-rata 0,460 ppm dengan standar deviasi sebesar 2,807 ppm). Berdasarkan REL (*Recommended Exposure Limit*) yang dikeluarkan oleh *National Institute for Occupational Health and Safety* (NIOSH) (2005) untuk 8 jam kerja, yaitu sebesar 0,1 ppm, maka pekerja kilang paraxylene tersebut merupakan populasi yang beresiko akibat paparan benzene.

Warsito (2007) melakukan penelitian terhadap paparan toluene pada unit *Paraxylene*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat paparan toluena terhadap pekerja. Rata-rata nilai toluena dalam darah responden menunjukkan nilai 0,110 ppm yang berarti berada di atas ambang batas sebesar 0,08 ppm.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat paparan BTX terhadap pekerja. Selain itu akan diketahui juga hubungan antara paparan BTX terhadap konsentrasi fenol dalam urin sebagai biomarker.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Perusahaan ini merupakan salah satu Unit Operasi Direktorat Pengolahan Pertamina dengan produk terbesar dan terlengkap di Indonesia, yang membawahi Kilang I dan II, Kilang Paraxylene Cilacap. Kilang ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap produk Bahan Bakar Minyak (BBM) dan produk non-BBM yang terus meningkat dan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap suplai dari luar negeri.

Studi yang dilakukan pada penelitian ini merupakan studi epidemiologi dengan metode *cross sectional*. Paparan *benzene* akan diketahui melalui kondisi urin pekerja. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode statistika. Uji yang digunakan dalam metode ini yaitu analisis univariat, bivariat, dan korelasi.

Pekerja yang dijadikan sampel harus memenuhi kriteria yang ditentukan (Inklusi). Kriteria inklusi yang harus dipenuhi adalah:

1. Pekerja tetap di Unit KPC, Laboratorium, dan Administrasi.
2. Umur pekerja >20 tahun.
3. Masa kerja >5 tahun.

Sedangkan kriteria eksklusi adalah kriteria yang tidak bisa dipenuhi pekerja untuk menjadi objek penelitian, yaitu:

1. Pekerja yang tidak bersedia menjadi responden.
2. Pekerja yang tidak bekerja di unit Unit KPC, Laboratorium, dan Administrasi.

Data yang akan digunakan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer yang akan diambil meliputi dosis *benzene* terinhalasi, sampel urin, pengisian kuesioner dan wawancara pada pekerja. Data sekunder yang akan digunakan adalah data monitoring lingkungan dari PT. Pertamina RU IV Cilacap. Berdasarkan data monitoring bulanan Divisi *Occupational Health*, paparan tertinggi yang tercatat dan dianggap menjadi zat yang berbahaya adalah *benzene*.

Variabel-variabel yang menjadi data penelitian ini antara lain usia, status gizi, status pendidikan, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan minum kopi, penggunaan APD, dosis *benzene*, dan urin pekerja.

Pengambilan sampel inhalasi *benzene* dilakukan menggunakan *personal sampling pump* yang telah dipasang *charcoal tube*. Ujung-ujung *charcoal tube* dipecahkan sebelum alat dinyalakan. Alat ini dipasang pada zona pernafasan pekerja. Kecepatan alir pompa diatur menjadi  $\leq 0,2$  L/menit. *Charcoal tube* yang telah terisi kemudian ditutup dengan penutupnya dan diawetkan dalam *cool box*. Setelah itu sampel akan dianalisis di laboratorium dengan teknik *Gas Chromatography - Flame Ionization Detector* (GC-FID). Metode ini mengacu pada NIOSH 1501.

Sampel urin diambil setelah pengambilan sampel inhalasi selesai. Pengambilan sampel dan pengukuran kadar fenol pada urin pekerja dilakukan berdasarkan NIOSH 8305. Sampel urin diambil sebanyak  $\pm 50$  ml menggunakan botol sampel berbahan polystyrene. Segera setelah pengambilan, urin diberi pengawet berupa kristal timol. Setelah ditambahkan kristal timol, sampel urin ditempatkan pada *cool box*.

Pengukuran parameter fisika dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel udara terinhalasi. Parameter fisika yang diukur meliputi temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan tekanan udara. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan arah angin adalah anemometer, untuk mengukur temperatur basah, temperatur kering, dan kelembaban udara adalah *WBGT*, sedangkan untuk tekanan udara adalah barometer. Pengukuran parameter fisika lingkungan dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan kerja dan digunakan dalam perhitungan konsentrasi paparan *benzene*.

Dosis *benzene* yang diukur pada saat dilakukannya penelitian merupakan *intake* melalui inhalasi. Karena penelitian ini akan mengetahui efek kronis paparan *benzene*, maka akan dihitung nilai *Chronic Daily Intake* (CDI). CDI dihitung berdasarkan **Persamaan 1**:

$$CDI = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times lifetimexAT} \quad (1)$$

Dimana :

CDI	= <i>Chronic Daily Intake</i> (mg/kg-hari)
C	= <i>Concentration</i> , konsentrasi paparan rata-rata (mg/m <sup>3</sup> )
IR	= <i>Inhalation rate</i> (m <sup>3</sup> /hari), besarnya 0,63 m <sup>3</sup> /hari untuk pria 19-65 tahun (ATSDR, 2005)
ET	= <i>Exposure Time</i> (jam/hari)
ED	= <i>Exposure Duration</i> (tahun)
BW	= <i>Body Weight</i> (kg)
AT	= <i>Averaging Time</i> (365 hari/tahun)
Lifetime	= 70 tahun berdasarkan usia rata-rata manusia

Setelah diperoleh nilai CDI, maka dilakukan perhitungan *Hazard Index* (HI) untuk mengetahui apakah paparan yang terjadi memiliki potensi untuk membahayakan pekerja. Sebelum menghitung nilai HI, terlebih dahulu dihitung nilai *Hazard Quotient* (HQ). Perhitungan HQ dan HI mengacu pada **Persamaan 2** dan **Persamaan 3** (Soemirat, 2000).

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad (2)$$

Dengan,

HQ = *Hazard quotient*

RfD = *Reference Dose* (0,004 mg/kg/hari)

Selanjutnya Indeks bahaya/ *Hazard Index* ditentukan dengan menggunakan **Persamaan 3** (Soemirat, 2000).

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ \quad (3)$$

Dengan,

HI = *hazard index*

HQ = *hazard quotient*

Untuk mengetahui adanya paparan *benzene* terhadap pekerja maka diperlukan *biomarker* sebagai indikasi paparan *benzene*. *Biomarker* sebagai indikator biokimia dapat diaplikasikan untuk melihat kerusakan lingkungan dengan mengukur paparan polusi pada manusia (Roosmini *et al.*, 2006) *Biomarker* yang dapat digunakan untuk monitoring biologi paparan *benzene* antara lain t,t-muconic acid, S-phenylmercapturic acid (SPMA), dan fenol (Lovreglio, 2010). Menurut Hoet (2009), SPMA dan *urinary benzene* memiliki akurasi yang sama. Selain itu dapat juga diketahui adanya paparan *benzene* melalui konsentrasinya dalam darah, dan kandungan protein dalam darah (Weisel *et al.*, 2010). Namun dalam penelitian ini digunakan fenol sebagai *biomarker*. Metode yang digunakan untuk menganalisis fenol dalam urin mengacu pada NIOSH 8305. Analisis sampel urin dilakukan di Laboratorium Balai K3, Bandung. Data hasil analisis urin para pekerja kemudian dikatakan sebagai respon yang dikorelasikan secara statistik dengan nilai *intake* sebagai dosis *benzene* yang masuk ke dalam tubuh pekerja.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsentrasi BTX di Lingkungan Kerja

Hasil pengukuran menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda pada pengukuran bulan Januari dan Februari. Berdasarkan hasil monitoring lingkungan tersebut, maka ditentukan senyawa *benzene* yang menjadi fokus pada penelitian ini. Pada beberapa area yang menjadi tempat pengukuran *benzene*, seringkali terukur konsentrasi *benzene* yang melebihi ambang batas, yaitu 0,5 ppm (Permenakertrans, 2010). Menurut data monitoring lingkungan, konsentrasi *benzene* tertinggi di KPC tercatat sebesar 2 ppm pada bulan Januari 2014 dan 2,3 ppm pada bulan

Februari 2014. Konsentrasi *benzene* tertinggi di Laboratorium adalah 1,5 ppm pada bulan Januari 2014, dan 0,75 pada bulan Februari 2014. Konsentrasi senyawa lain seperti *ethylbenzene*, *xylene*, dan *chlorine* masih dalam kondisi aman yaitu dibawah ambang batas. Penentuan senyawa *benzene* juga ditentukan karena senyawa ini memiliki ambang batas yang sangat kecil, oleh karena itu dapat membahayakan pekerja yang bekerja di lingkungan kerja ini.

### Karakteristik Pekerja

Gambaran karakteristik dari pekerja diketahui melalui pengisian kuesioner dengan melakukan wawancara terhadap pekerja. Penentuan jumlah sampel mengacu pada NIOSH, yaitu dengan populasi pada Unit KPC dan Laboratorium >50 pekerja, maka pekerja yang dapat dijadikan sampel adalah minimal 29 pekerja. Penelitian ini dilakukan terhadap 30 pekerja terpapar, masing-masing 15 pekerja dari Unit KPC dan Laboratorium, dan pekerja yang tidak terpapar sebanyak 10 pekerja. Dengan demikian jumlah pekerja yang dijadikan sampel sebanyak 40 pekerja.

Uji Normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran normalitas data yang diperoleh. Uji yang dilakukan menggunakan Uji Saphiro-Wilk. Nilai  $p < 0,05$  menunjukkan distribusi data yang tidak normal, sedangkan  $p > 0,05$  menunjukkan data yang berdistribusi normal. Hasil rekapitulasi Uji Saphiro-wilk dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Pada kelompok KPC, variabel yang berdistribusi normal antara lain status gizi, masa kerja, temperatur udara, dan kecepatan angin. Sedangkan yang tidak berdistribusi normal antara lain usia, status pendidikan, Indeks Brinkman, penggunaan APD, kebiasaan meminum kopi, kelembaban, konsentrasi *benzene*, *CDI*, *HI*, dan konsentrasi fenol. Pada kelompok Laboratorium, variabel yang berdistribusi normal antara lain usia, status gizi, konsentrasi *benzene*, *CDI*, dan *HI*. Sedangkan yang tidak berdistribusi normal adalah status pendidikan, masa kerja, Indeks Brinkman, penggunaan APD, kebiasaan meminum kopi, temperatur udara, kelembaban, dan konsentrasi fenol. Pada kelompok Administrasi, variabel yang berdistribusi normal adalah usia, status gizi, dan masa kerja. Sedangkan yang tidak berdistribusi normal adalah Indeks Brinkman, kebiasaan minum kopi, temperatur udara, konsentrasi *benzene*, *CDI*, *HI*, dan konsentrasi fenol.

Uji kesetaraan dilakukan terhadap setiap variabel yang memiliki distribusi tidak normal ( $p < 0,05$ ) pada setiap kelompok. Uji yang dilakukan menggunakan Uji *Kruskal-Wallis*. Dalam melakukan Uji *Kruskal-Wallis*, akan diketahui adanya perbedaan yang terjadi antar kelompok. Nilai  $p < 0,05$  pada Uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan paling tidak terdapat perbedaan antara kelompok uji. Untuk mengetahui perbedaan tersebut maka dilakukan uji lanjut yaitu Uji *Post Hoc*. Nilai  $p < 0,05$  menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara dua kelompok yang diuji. Sedangkan nilai  $p > 0,05$  menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok yang diuji. Hasil Uji *Kruskal-Wallis* dan Uji *Post Hoc* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Uji Normalitas (Uji *Saphiro-Wilk*)

Variabel	Uji Saphiro-Wilk		
	KPC	Laboratorium	Administrasi
Usia	0,029	0,258	0,512
Status Gizi	0,981	0,813	0,705
Tingkat Pendidikan	0,000	0,007	*
Masa Kerja	0,078	0,022	0,592
Kebiasaan Merokok	0,002	0,000	0,000
Kebiasaan Minum Kopi	0,000	0,000	0,000
Penggunaan APD	0,000	0,000	*
Temperatur Udara	0,122	0,001	0,000
Kecepatan Angin	0,108	*	*
Kelembaban	0,001	0,019	*
Konsentrasi <i>Benzene</i>	0,000	0,070	0,005
<i>CDI</i>	0,000	0,476	0,001
Konsentrasi Fenol	0,000	0,475	0,001
<i>HI</i>	0,000	0,000	0,017

\* data homogen

**Tabel 2.** Rekapitulasi Uji Kesetaraan (Uji *Kruskal-Wallis*)

Variabel	Uji <i>Kruskal-Wallis</i>	Uji <i>Post Hoc</i>		
		KPC - Laboratorium	KPC - Administrasi	Laboratorium - Administrasi
Usia	0,001	0,000	0,930	0,015
Tingkat Pendidikan	0,002	0,111	0,009	0,001
Masa Kerja	0,002	0,000	0,837	0,054
Kebiasaan Merokok	0,228	-	-	-
Kebiasaan Minum Kopi	0,957	-	-	-
Penggunaan APD	0,000	0,079	0,000	0,000
Temperatur Udara	0,000	0,000	0,000	0,000
Kelembaban	0,000	0,000	0,000	0,000
Konsentrasi <i>Benzene</i>	0,000	0,000	0,108	0,000
<i>CDI</i>	0,000	0,000	0,129	0,000
Konsentrasi Fenol	0,000	0,023	0,017	0,956
<i>HI</i>	0,024	0,000	0,096	0,000

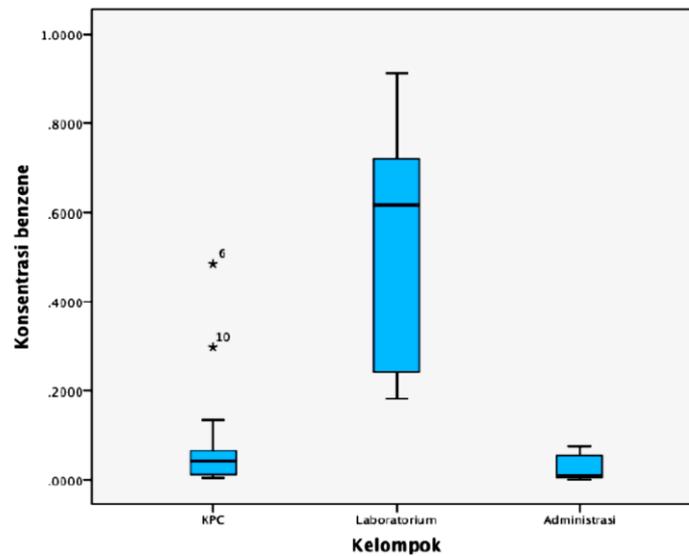
### Analisis Paparan

Pekerja pada Unit KPC dan Laboratorium memiliki pola aktivitas kerja yang serupa. Lama kerja dalam satu hari kerja yaitu 8 jam dengan sistem *shift* yang sama. Dengan demikian dapat dipastikan jumlah jam kerja dalam setahun akan relatif sama. Hal yang berbeda ditemukan pada Administrasi dimana mereka bekerja 8 jam/hari atau 40 jam/minggu. Perbedaan ini dikarenakan pada Administrasi tidak diterapkan sistem *shift* seperti pada KPC dan Laboratorium. Jumlah hari kerja selama setahun berbeda juga antara kelompok terpapar dan kontrol. Pada kelompok terpapar jumlah hari kerja akan sama yaitu selama 274 hari/tahun, sedangkan pada kelompok kontrol sebesar 261 hari/tahun. Durasi paparan pekerja dihitung berdasarkan masa kerja dari setiap pekerja. Setiap pekerja memiliki masa kerja yang bervariasi, pada penelitian ini dilakukan syarat inklusi pekerja dengan masa kerja minimal 5 tahun kerja.

Konsentrasi *benzene* yang diambil pada zona pernapasan dilakukan terhadap 40 pekerja. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 Tahun 2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja, NAB *benzene* yang direkomendasikan untuk mencegah terjadinya dampak terhadap kesehatan adalah 0,5 ppm. Paparan *benzene* melalui inhalasi memiliki kemampuan paparan yang lebih tinggi dibandingkan dermal dan oral (Davidson, *et al.*, 2001).

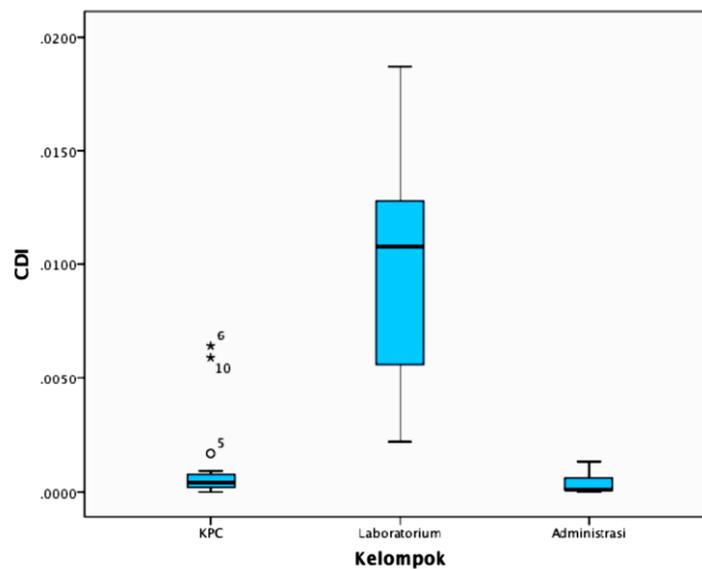
### Konsentrasi *Benzene* di Zona Pernapasan

Nilai konsentrasi pada Unit KPC berkisar antara 0,0013 – 0,1515 ppm dengan rata-rata sebesar  $0,0264 \pm 0,0418$  ppm. Pada Unit Laboratorium konsentrasi berkisar antara 0,0570 – 0,2850 ppm dengan rata-rata sebesar  $0,1661 \pm 0,0824$  ppm. Pada bagian Administrasi konsentrasi berkisar antara 0,0002 – 0,0230 ppm dengan rata-rata sebesar 0,0070 – 0,0083 ppm. Pengaruh sumber paparan *non-occupational*, seperti dari rokok dan dari kegiatan sehari-hari yang berkaitan dengan paparan *benzene* harus dipertimbangkan, terutama bila dilakukan pengukuran dilakukan pada kasus konsentrasi toksikan rendah (Ducos *et al.*, 2008).



**Gambar 1.** Nilai Konsentrasi *Benzene* Pekerja

Nilai CDI pada masing-masing kelompok sangat bervariasi. Variasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi *benzene*, berat badan, dan durasi paparan *benzene* selama mereka hidup. Rentang nilai CDI pada Unit KPC berada antara 0,0000 – 0,0064 mg/kg.hari dengan rata-rata sebesar  $0,0012 \pm 0,0021$  mg/kg.hari. Pada Laboratorium nilai CDI berkisar antara 0,0022 – 0,0187 mg/kg.hari dengan rata-rata sebesar  $0,0099 \pm 0,0052$  mg/kg.hari. Pada bagian Administrasi nilai CDI berkisar antara 0,0000 – 0,0013 mg/kg.hari dengan rata-rata sebesar  $0,0004 \pm 0,0005$  mg/kg.hari.

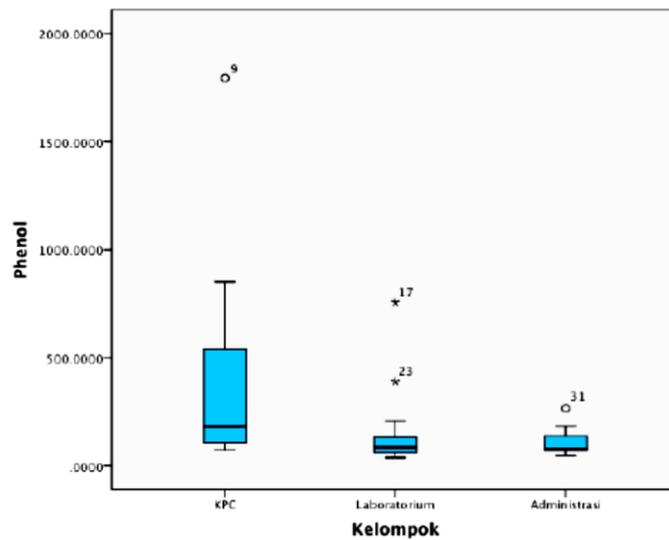


**Gambar 2.** Nilai CDI pekerja

### Evaluasi Dosis – Respon

Evaluasi dosis-respon dapat menunjukkan efek yang akan terjadi akibat paparan dari suatu zat kimia. Pada penelitian ini digunakan konsentrasi fenol dalam urin pekerja sebagai *Biological Exposure Index* (BEI). Menurut ACGIH (2010), nilai BEI fenol untuk pekerja yang aman adalah 250 mg/g kreatinin. Konsentrasi fenol pada Unit KPC berkisar antara

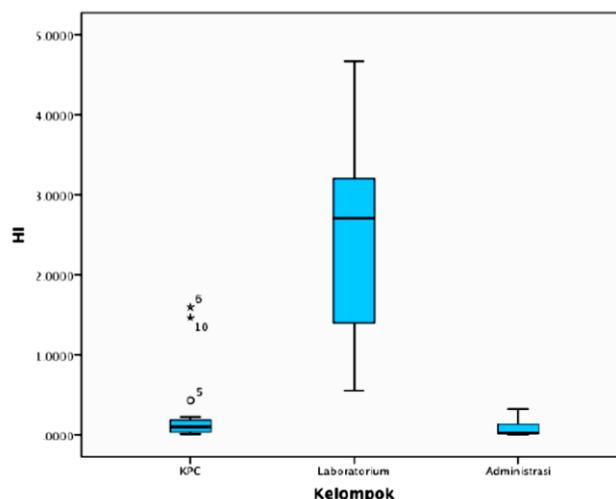
71,5412 – 1794,6667 mg/g kreatinin dengan rata-rata sebesar  $388,9075 \pm 457,4566$  mg/g kreatinin. Pada Laboratorium konsentrasi fenol berkisar antara 38,2000 - 757,1591 mg/g kreatinin dengan rata-rata sebesar  $154,9917 \pm 188,9218$  mg/g kreatinin. Pada bagian Administrasi, konsentrasi fenol berkisar antara 48,4863 – 265, 7266 mg/g kreatinin dengan rata-rata sebesar  $111,7656 \pm 66,7896$  mg/g kreatinin. Konsentrasi fenol tertinggi dimiliki oleh responden dengan kode CP 9, yaitu sebesar 1794,6667 mg/g kreatinin. Berdasarkan nilai tersebut, pekerja dengan kode CP 9 menghasilkan 1794,6667 mg fenol dalam 1 mg urinya.



B. Nilai Konsentrasi Fenol Pekerja

### Hazard Index

Berdasarkan hasil perhitungan, rentang HI pada kelompok KPC berkisar antara 0,0080 – 1,5961 dengan rata-rata sebesar  $0,2990 \pm 0,5118$ . Pada kelompok Laboratorium kisaran nilai HI berada antara 0,5588 – 4,6727 dengan rata-rata sebesar  $2,4765 \pm 1,2875$ . Pada kelompok Administrasi nilai HI berkisar antara 0,0051 – 0,3216 dengan rata-rata sebesar  $0,0924 \pm 0,1266$ . Nilai HI yang menunjukkan tingkat bahaya paparan *benzene* apabila  $HI > 1$ . Pada kelompok KPC, pekerja yang termasuk kategori berbahaya terdapat 2 orang dan 13 orang pada kelompok Laboratorium. Sedangkan pada kelompok Administrasi tidak terdapat pekerja yang memiliki  $HI > 1$ .



#### Gambar 4. Nilai HI Pekerja

#### KESIMPULAN

Konsentrasi BTX di lingkungan kerja bervariasi. Senyawa dengan konsentrasi tertinggi diantara BTX adalah *benzene*. Pada Unit KPC, *intake benzene* yang tertinggi adalah 0,1515 ppm, pada Laboratorium 0,2850 ppm, dan pada bagian Administrasi adalah 0,0230 ppm. Nilai CDI tertinggi ditemukan pada pekerja di bagian Laboratorium dengan nilai sebesar 0,0187 mg/kg.hari. Terdapat korelasi antara CDI dengan konsentrasi fenol pada pekerja. Sebanyak 15 pekerja memiliki HI > 1, yang berarti bahwa paparan dosis *benzene* terhadap pekerja memiliki potensi untuk membahayakan kesehatan pekerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, SM, Angerer, J, Boogaard, PJ, Hughes, MF, O'Lone, RB, Robinson, SH, Schanatter, AR. (2013): The Use of biomonitoring data in exposure and human health risk assessment: benzene case study. *Critical Review in Toxicology*, 43 (2): 119-153.
- Chen, M and Chan, A. (1999): China's "Market Economics in Command": Footwear Workers' Health in Jeopardy. *International Journal of Health Services*. Volume 29, Number 4, Pages 793-811, Baywood Publishing Co., Inc.
- Davidson, R.D, Courage, C, Rushton, L, Levy, L. (2001): Benzene In The Environment: An Assessment Of The Potential Risks To The Health Of The Population. *Occup Environ Med* 2001; 58:2-13.
- Ducos, P, Berode, M, Francin, J.M, Arnoux, C, Lefevre, C. (2008): Biological Monitoring Of Exposure To Solvents Using The Chemical Itself In Urine: Application To Toluene. *Int. Arch Occup Environ Health* 81:273-284.
- Ferruzzi, MG. (2010): The Influence of beverage composition on delivery of phenolic compounds from coffee and tea. *Physiology & Behaviour*, Volume 100, Issue 1, p 33-41.
- Haen, MT dan Oginawati, K. (2012): Hubungan Paparan Senyawa Benzene, Toluene Dan Xylen Dengan Sistem Hematologi Pekerja Di Kawasan Industri Sepatu. Tesis. Program Studi Magister Teknik Lingkungan
- Hoet, P, Smedt, E.D, Ferrari, M, Imbriani, M, Maestri, L, Negri, S, Wilde, P.D, Lison, D, Haufroid, V. (2009): Evaluation of urinary biomarkers of exposure to benzene: correlation with blood benzene and influence of confounding factors. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Volume 82, Issue 8, pp 985-995.
- IPCS. (1993): Environmental Health Criteria 150: Benzene. International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- IPCS. (1996): Environmental Health Criteria 186: Ethylbenzene. International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- IPCS. (1997): Environmental Health Criteria 190: Xylenes. International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Kim, et al. (2006): Using Urinary Biomarkers To Elucidate Dose-Related Patterns Of Human Benzene Metabolism. *Carcinogenesis*. Vol 27, No. 4, pp772-281.
- Lovreglio, P, Barbieri, A, Carrieri, M, Sabatini, L, Fracasso, M.E, Doria, D, Drago, I, Basso, A, D'errico, M.N,
- Bartolucci, GB, Violante, FS, Soleo, L. (2010): Validity Of New Biomarkers Of Internal Dose For Use In The Biological Monitoring Of Occupational And Environmental Exposure To Low Concentrations Of Benzene And Toluene. *Int Arch Occup Environ Health* 83: 341-356.
- Ramon, A. (2007): Analisis Paparan Benzene Terhadap Profil Darah Pada Pekerja Industri Pengolahan Minyak Bumi. Tesis. Program Pascasarjana, Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, Universitas Diponegoro.

- Roosmini, D, Rachmatiah, I, Suharyanto, Soedomo, A, Hadisantosa, F. (2006): Biomarker As an Indicator of River Water Quality Degradation. PROC. ITB Eng. Science, Vol. 38 B, No. 2, 114-122.
- Smith, M.T. (2010): Advances in Understanding Benzene Health Effects and Susceptibility. Annual Review of Public Health Vol. 31: 133-148.
- Soemirat, J. (2000): Bahan Kuliah Analisis Risiko Kesehatan dan Lingkungan. KBK Kesehatan Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- United State Environmental Protection Agency. (2011): Exposure Factors Handbook, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC 20460, tersedia pada [www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efhcomplete.pdf](http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efhcomplete.pdf)
- Warsito, Agus. (2007): Analisis Pemajanan Toluena Terhadap Profil Darah Pada Pekerja Sektor Industri Penyulingan Minyak Bumi. Tesis. Program Pascasarjana, Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Weisel, C.P. (2010): Benzene Exposure: An Overview Of Monitoring Methods And Their Findings. Chemico- Biological Interactions. Volume 184, Issues 1–2, Pages 58–66.