

# **ANALISIS RISIKO LOGAM BERAT SENGG (Zn) DALAM TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) TERHADAP KESEHATAN MANUSIA DI TERMINAL BUS GIWANGAN DAN JOMBOR, D.I.YOGYAKARTA**

**Diajeng Prima Rahmayanti, Qorry Nugrahayu, dan Suphia Rahmawati**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

Email: [diajengprima@yahoo.com](mailto:diajengprima@yahoo.com)

## **Abstrak**

*Bus merupakan salah satu kendaraan bermotor untuk umum yang menghasilkan logam berat seng (Zn) dalam Total Suspended Particulate (TSP) yang dapat menjadi penyebab penurunan kualitas udara. Penelitian ini dilakukan di Terminal Bus Giwangan dan Jombor, D.I.Yogyakarta yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat seng (Zn) dalam Total Suspended Particulate (TSP), perbandingan konsentrasi antara hari kerja (weekdays) dan akhir pekan (weekend) serta tingkat risiko dari logam berat seng (Zn) dalam Total Suspended Particulate (TSP) di masing-masing terminal. Metode pengambilan sampel Total Suspended Particulate (TSP) dengan metode gravimetri menggunakan High Volume Air Sampler (HVAS) sedangkan pengujian logam berat seng (Zn) dengan metode destruksi basah menggunakan SSA-Nyala. Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah konsentrasi Total Suspended Particulate di Terminal Jombor lebih tinggi dibandingkan Terminal Giwangan. Konsentrasi seng (Zn) di Pintu Masuk dan Area Parkir Bus Terminal Giwangan pada hari kerja (weekdays) sebesar 2,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan 2,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sedangkan pada akhir pekan (weekend) sebesar 2,20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan 2,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sementara itu, konsentrasi logam berat seng (Zn) di Pintu Masuk dan Area Parkir Bus Terminal Jombor pada hari kerja (weekdays) yaitu sebesar 2,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan 2,79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sedangkan pada akhir pekan (weekend) sebesar 2,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan 2,22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tingkat risiko yang dihasilkan masih dalam kategori aman, dengan nilai Risk Quotient (RQ)  $\leq 1$ .*

**Kata kunci:** Seng, Terminal Bus, Tingkat Risiko, Total Suspended Particulate

## **Abstract**

*Buses are from public transportation that produce Total Suspended Particulate (TSP) which can caused an impact into air quality degradation. This research located in Giwangan and Jombor Bus Station, D.I.Yogyakarta which aims to determine the concentration of heavy metals zinc (Zn) in Total Suspended Particulate (TSP) at Giwangan and Jombor Bus Station, D.I.Yogyakarta, Zinc (Zn) concentration comparison between weekdays and weekends at Giwangan and Jombor Bus Station, and also to know the risk assessment of zinc (Zn) in Total Suspended Particulate (TSP) at each bus stations. The sampling method of Total Suspended Particulate (TSP) with gravimetric method using High Volume Air Sampler (HVAS) while testing of heavy metal zinc (Zn) with wet destruction method using AAS-Flame. The results of the research are Jombor Bus Station's Total Suspended Particulate concentration is higher than Giwangan Bus Station's. In the other hand, zinc (Zn) concentrations at Entrance and Bus Parking Area of Giwangan Bus Station at weekdays are 2.10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 2.27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  while at weekends are 2.20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 2.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Meanwhile, the concentration of zinc (Zn) at the Entrance and Bus Parking Area of Jombor Bus Station on weekdays is 2.14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 2.79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  while on weekends (weekend) is 2, 02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 2.22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . The result of Zinc (Zn) risk assessment shows in the safe category, which is under the limit of maximum value ( $\text{RQ} \leq 1$ ).*

**Keywords:** Bus Stations, Risk Assessment, Total Suspended Particulate, Zinc

## 1. Pendahuluan

Salah satu sumber polusi udara di kota besar yaitu peningkatan penggunaan kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi gas buang dari hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung logam berat, salah satunya seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP). Terminal bus merupakan fasilitas umum dimana sekumpulan kendaraan bermotor (bus) memulai serta mengakhiri operasionalnya dan beroperasi setiap hari sehingga menyebabkan adanya potensi polusi dari emisi kendaraan bermotor yang mengandung logam berat seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada udara ambien di lingkungan sekitar terminal. Logam berat seng (Zn) dalam keadaan sebagai ion bebas memiliki tingkat toksistas yang tinggi dan memiliki sifat reaktif dengan oksigen. Ikatan seng (Zn) dan oksigen yang masuk ke dalam tubuh dapat menyebabkan *zink shakes* yang berdampak pada kesehatan, salah satunya defisiensi mineral serta penurunan imunitas dalam tubuh [1]. Sehingga diperlukan adanya analisis risiko logam berat seng (Zn) pada kesehatan manusia. Analisis risiko kesehatan dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya, memahami hubungan dosis agen risiko dengan respon tubuh, besaran pajanan agen risiko yang membahayakan serta menetapkan tingkat risiko dan efeknya bagi makhluk hidup [2].

Hingga saat ini, penelitian terkait dengan konsentrasi logam berat seng (Zn) yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara ambien serta analisis risiko dari logam berat seng (Zn) dengan pemilihan lokasi fasilitas umum seperti Terminal Bus Giwangan dan Jombor masih minim dilakukan. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di Terminal Giwangan dan Jombor, D.I.Yogyakarta, perbandingan konsentrasi antara hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*) serta tingkat risiko dari logam berat seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di masing-masing terminal.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Terminal Giwangan dan Jombor, D.I.Yogyakarta dengan titik pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) di Pintu Masuk Terminal dan Area Parkir Bus dengan waktu pengambilan sampel dilakukan pada hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*) dari jam 08.00-16.00. Penentuan titik pengambilan sampel mengacu pada SNI 19-7119-6:2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien sedangkan waktu pengambilan sampel didasarkan pada tingginya aktivitas bus yang dapat meningkatkan potensi paparan logam berat seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di masing-masing terminal.

### 2.2. Pengambilan Data di Lapangan

Pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) mengacu pada SNI No. 7119-3:2017 mengenai uji *Total Suspended Particulate* (TSP) metode gravimetric udara ambien dengan menggunakan media penyaring dengan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) menggunakan kertas filter jenis *micro fiberglass*. Sedangkan metode pengambilan data responden yang akan digunakan untuk analisis risiko kesehatan menggunakan kuesioner yang berisi tentang data diri responden yang disesuaikan dengan kategori pekerjaan responden yang akan diteliti, yaitu penjaga warung makan, petugas tiket dan penumpang bus. Penentuan jumlah responden dihitung berdasarkan Persamaan Slovine, yaitu:

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

n = jumlah responden yang dibutuhkan

N = Jumlah total responden

e = koreksi kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang masih bisa ditolerir (0,1)

### 2.3. Penetapan Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP)

Analisis konsentrasi logam berat seng (Zn) mengacu pada SNI nomor 7119-4: 2017 dengan destruksi basah menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom-Nyala. Tahapan perhitungan konsentrasi logam berat seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* yang dilakukan adalah:

- Koreksi laju alir, dengan persamaan:

$$Q_s = Q_o \left[ \frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

$Q_s$  = laju alir volum dikoreksi pada kondisi standar ( $m^3$ /menit)

$Q_o$  = laju alir volum uji ( $m^3$ /menit), dengan batas bawah sebesar 1,1  $m^3$ /menit dan batas atas sebesar 1,7  $m^3$ /menit

$T_s$  = temperatur standar , 298 K

$T_o$  = temperatur absolut ( $293 + t$  ukur) dimana  $Q_o$ °c ditentukan

$P_s$  = tekanan barometrik standar, 101,3 kPa (760 mmHg)

$P_o$  = tekanan barometrik dimana  $Q_o$  ditentukan

- Volume udara yang diambil, dengan persamaan:

$$V = \frac{Q_{s1} \times Q_{s2}}{2} \times T \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

V = volume udara yang diambil ( $m^3$ )

$Q_{s1}$  = laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama ( $m^3$ /menit)

$Q_{s2}$  = laju alir akhir terkoreksi pada pengukuran kedua ( $m^3$ /menit)

T = durasi pengambilan contoh uji (menit)

- Konversi Canter, bertujuan untuk membandingkan konsentrasi sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) di masing-masing terminal dengan baku mutu *Total Suspended Particulate* (TSP) selama 24 jam, menggunakan persamaan:

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^p \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

C<sub>1</sub> = konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan t<sub>1</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

C<sub>2</sub> = konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama pencuplikan contoh t<sub>2</sub>  
(dalam hal ini, C<sub>2</sub> = [C]) (µg/m<sup>3</sup>)

t<sub>1</sub> = lama pencuplikan contoh 1 (24 jam)

t<sub>2</sub> = lama pencuplikan contoh 2 dari hasil pengukuran contoh udara (jam)

p = faktor konversi dengan nilai 0,159

- Konsentrasi logam berat seng (Zn) dalam contoh uji, dengan persamaan:

$$C_{Zn} = \frac{(C_t - C_b) \times V_t \times \frac{S}{S_t}}{V} \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

C<sub>Zn</sub> = kadar logam berat seng (Zn) di udara (µg/m<sup>3</sup>)

C<sub>t</sub> = kadar logam berat seng (Zn) dalam larutan contoh uji yang di *spike* (µg/mL)

C<sub>b</sub> = kadar logam berat seng (Zn) dalam larutan blanko (µg/mL)

V<sub>t</sub> = volume larutan contoh uji (mL)

S = luas contoh uji yang terpapar debu pada permukaan filter (mm<sup>2</sup>)

S<sub>t</sub> = luas contoh uji yang digunakan (mm<sup>2</sup>)

V = volume udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25 °C, 760 mmHg (m<sup>3</sup>)

#### 2.4. Konversi Hasil Konsentrasi Seng (Zn) ke dalam Perhitungan *Intake*

Perhitungan *intake* logam berat seng (Zn) mengikuti langkah analisis risiko berdasarkan Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), Direktorat Jendral PP dan PL, Kementerian Kesehatan dan *Environmental Protection Agency* (EPA) United Stated. Adapun langkah analisis risiko yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. *Hazard Identification* (Identifikasi Bahaya), dilakukan untuk mengetahui agen risiko yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan, besaran kandungan serta potensi media lingkungan mana yang dapat menyebabkan gangguan tersebut.
- b. *Dose-response Assessment* (Analisis Dosis-Respon), dilakukan dengan mencari jalur pajanan agen risiko, memahami efek peningkatan konsentrasi agen risiko serta mencari nilai RfD, dan/atau RfC, dan/atau SF dari agen risiko
- c. *Exposure Assessment* (Analisis Pemajanan), dilakukan untuk menghitung *intake* agen risiko berdasarkan jalur pajanan. Pada penelitian ini, *intake* logam berat seng (Zn) yang diteliti melewati inhalasi sebagai jalur pajanannya. Sehingga, perhitungan *intake* logam berat seng (Zn) melalui jalur inhalasi dihitung menggunakan persamaan:

$$I = \frac{C \times R \times Te \times Fe \times Dt}{Wb \times t_{avg}} \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

- I = Kons. agen yang masuk ke dalam tubuh (mg/kg.hari)
- C = Konsentrasi agen pada media (mg/L)
- R = Laju inhalasi atau volume udara yang masuk per jam (m<sup>3</sup>/jam)
- Te = Lamanya terjadinya pajanan setiap harinya (jam/hari)
- Fe = Jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya (hari/tahun)
- Dt = Jumlah tahun terjadinya pajanan (tahun)

Wb = Berat badan manusia yang terpajan (Kg)

t<sub>avg</sub> = Periode waktu rata-rata (hari)

- d. *Risk Characterizaion* (Karaterisasi Risiko), dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko dari agen yang dianalisis, berdasarkan dua jenis, yaitu agen dengan efek non karsinogenik dan agen dengan efek karsinogenik. Dalam penelitian ini, tingkat risiko dihitung berdasarkan efek non kasinogenik menggunakan persamaan:

$$Risk\ Quotien\ (RQ) = \frac{I}{RfC} \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

I = Intake/asupan (mg/kg.hari)

RQ = Risk Quotien

RfC = Reference Concentration (mg/kg.hari)

### 3. Hasil Penelitian dan Analisis Data

#### 3.1. Analisis Logam Berat Seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di Terminal Giwangan dan Jombor

##### 3.1.1. Kandungan *Total Suspended Particulate* (TSP) di Teminal Giwangan dan Jombor

Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) diperoleh dari perhitungan hasil pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan *fiberglass filter* dengan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS). Selanjutnya, konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) tersebut dibandingkan dengan baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah (PP) No. 41 tahun 1999 yang juga diatur dalam Peraturan Gubernur DIY No. 153 tahun 2002 tentang Baku mutu Udara Ambien Daerah dengan nilai yang sama, yaitu 230 µg/Nm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan dan perbandingan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan baku mutu, dapat dilihat bahwasannya konsentrasi di Terminal

Giwangan pada waktu pengambilan sampel hari kerja (*weekdays*) telah melebihi baku mutu, yaitu sebesar 236,64  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Sehingga perlu adanya pengawasan dan langkah pengendalian awal di Terminal Giwangan meminimalisir dampak yang dapat ditimbulkan. Hasil perhitungan *Total Suspended Particulate* (TSP) dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2. 1.** Kandungan *Total Suspended Particulate* (TSP) di Terminal Giwangan dan Jombor

Waktu dan Titik Sampling	Berat TSP		V Udara		Kons. TSP 24 jam		Laju Alir Rata-Rata	
	T. Giwangan	T. Jombor	T. Giwangan	T. Jombor	T. Giwangan	T. Jombor	T. Giwangan	T. Jombor
<i>Weekdays</i> - Pintu masuk	0,0946 gr	0,0958 gram	390,32 m <sup>3</sup>	390,85 m <sup>3</sup>	194,42 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	212,65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1,084 L/mnt	1,086 L/mnt
<i>Weekdays</i> - Area parkir bus	0,1143 gr	0,0811 gram	387,46 m <sup>3</sup>	389,77 m <sup>3</sup>	236,64 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	196,62 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1,076 L/mnt	1,083 L/mnt
<i>Weekend</i> - Pintu masuk	0,0854 gr	0,0213 gram	390,71 m <sup>3</sup>	389,89 m <sup>3</sup>	175,34 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	43,82 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1,085 L/mnt	1,083 L/mnt
<i>Weekend</i> - Area parkir bus	0,0822 gr	0,1035 gram	390,39 m <sup>3</sup>	390,44 m <sup>3</sup>	168,91 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	166,91 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1,084 L/mnt	1,085 L/mnt

Beberapa hal yang dapat berpengaruh terhadap kandungan *Total Suspended Particulate* (TSP) di Terminal Giwangan yang mayoritas lebih tinggi dibandingkan di Terminal Jombor antara lain dominasi penggunaan lahan Terminal Giwangan yang diperuntukkan untuk bangunan sehingga dapat berpengaruh terhadap suhu dan kelembaban lingkungan sekitar, aktivitas bus baik saat menjemput maupun menunggu penumpang dan jumlah bus yang keluar dan masuk ke Terminal Giwangan yang lebih banyak dibandingkan Terminal Jombor. Adapun jumlah bus yang datang dan pergi di masing-masing terminal dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

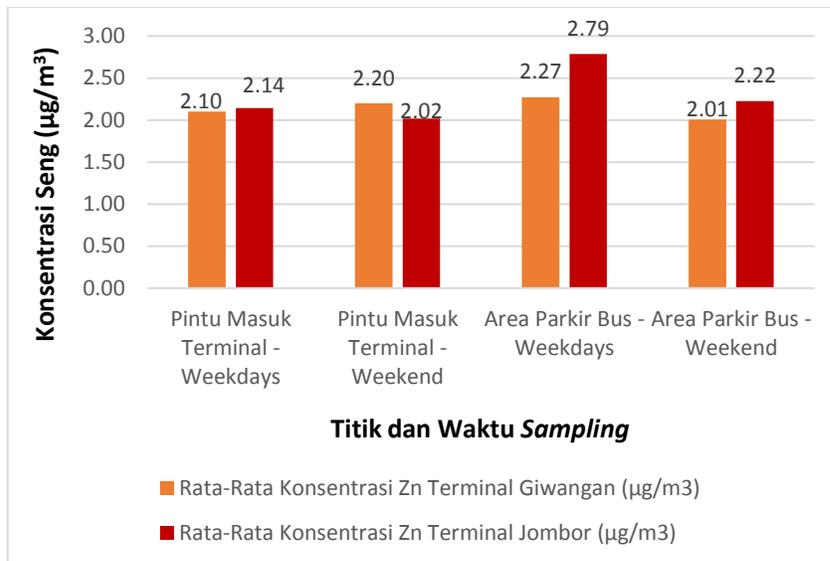
**Tabel 2. 2.** Jumlah Kedatangan dan Keberangkatan Bus di Terminal Giwangan dan Jombor

Jenis Kendaraan Bus	Hari Kerja ( <i>Weekdays</i> )		Akhir Pekan ( <i>Weekend</i> )	
	Datang	Berangkat	Datang	Berangkat
<b>Terminal Giwangan<sup>a</sup></b>				
AKAP, AKDP, dan Perkotaan	1.396	1.380	1.382	1.352
<b>Rata-Rata</b>	<b>1.388</b>		<b>1.367</b>	
<b>Terminal Jombor<sup>b</sup></b>				
AKAP dan AKDP	133	202	162	222
<b>Rata-Rata</b>	<b>192</b>		<b>168</b>	

*Sumber: (a) Laporan Kedatangan dan Keberangkatan Bus Bulan Maret 2018 Satuan Pelayanan Terminal Tipe A Giwangan ; (b) Data Bus dan Penumpang Bulan Maret 2018 Terminal Jombor*

### 3.1.2. Kandungan Logam Berat Seng (Zn) di Terminal Giwangan dan Jombor

Sampel *Total Suspended Particulate* selanjutnya dianalisa menggunakan SSA-Nyala untuk mengetahui konsentrasi logam berat seng (Zn) yang dilakukan secara duplo untuk memastikan konsentrasi logam berat seng (Zn) yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di masing-masing terminal. Berdasarkan hasil rata-rata perhitungan sampel diperoleh mayoritas konsentrasi logam berat seng (Zn) pada titik dan waktu *sampling* yang lebih tinggi di Terminal Jombor dibandingkan dengan di Terminal Giwangan. Hasil perhitungan konsentrasi logam berat seng (Zn) dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2. 1.** Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) Terminal Giwangan dan Jombor

Beberapa hal yang dapat menjadi penyebab tingginya konsentrasi logam berat seng (Zn) di Terminal Jombor dibandingkan Terminal Giwangan antara lain adanya kemungkinan sumber logam berat seng (Zn) dalam *Total Suspended Particulate (TSP)* dari sumber lain. Menurut Wu, Yongfu, 2016, partikel debu di terminal bus dapat menerima dari beragam logam berat dari berbagai sumber, baik sumber bergerak maupun statis. Hal lain yang dapat menjadi penyebab tingginya konsentrasi logam berat seng (Zn) di Terminal Jombor yaitu lokasi Terminal Jombor yang lebih strategis dibandingkan dengan Terminal Giwangan. Menurut Wu, Yongfu, 2016, konsentrasi maksimum beberapa logam berat, salah satunya seng (Zn) ditemukan pada sampel udara terminal bus yang berlokasi di daerah yang bersinggungan langsung dengan lalu lintas yang padat, seperti kawasan sekolah, perumahan dan pusat kota.

Sementara itu, jika dibandingkan dengan beberapa konsentrasi logam berat seng (Zn) di beberapa kota di Indonesia, konsentrasi logam berat seng (Zn) di masing-masing terminal masih lebih rendah. Hal ini dipengaruhi faktor-faktor lain seperti jumlah kendaraan dan

industri yang ada di beberapa kota di Indonesia. Perbandingan konsentrasi logam berat seng (Zn) dengan beberapa kota di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2. 3.** Perbandingan Konsentrasi Seng dengan Beberapa Kota di Indonesia

Lokasi	Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Min	Max
Terminal Giwangan	2,01 (GA2End)	2,27 (GA2Days)
Terminal Jombor	2,02 (JA1End)	2,79 (JA2Days)
Yogyakarta <sup>[3]</sup>	4,33	37,35
Semarang <sup>[3]</sup>	1,81	913,9
Surabaya <sup>[3]</sup>	114,1	861,51
Palangkaraya <sup>[3]</sup>	4,10	32,04
Pekanbaru <sup>[3]</sup>	2,90	29,38
Bandung <sup>[3]</sup>	3,97	83,83
Jakarta <sup>[3]</sup>	6,40	277,3
Tangerang <sup>[3]</sup>	3,67	433,3
Bali <sup>[3]</sup>	7,63	16,78
Makassar <sup>[3]</sup>	3,79	23,18

### 3.2. Analisis Risiko Seng (Zn) terhadap Kesehatan Manusia

#### 3.2.1. Identifikasi Bahaya (*hazard Identification*)

Identifikasi bahaya dilakukan sebagai langkah awal untuk mengidentifikasi zat pencemar dan lingkungan yang dapat menimbulkan bahaya dari zat pencemar. Logam berat seng (Zn) dapat ditimbulkan dari sumber antropogenik. Bus merupakan salah satu sumber antropogenik dari hasil pembakaran bahan bakar yang digunakan. Adapun kemungkinan yang dapat ditimbulkan akibat toksisitas logam berat seng yang terhirup yaitu demam logam (*metal fume fever*). Gejala demam logam dapat berulang dan lebih berbahaya apabila agen yang terpapar menerima paparan secara berulang kali.

### **3.2.2. Analisis Dosis-Respon (*Dose-Response Analysis*)**

Analisis dosis-respon dilakukan untuk mengestimasi dosis aman yang tidak menyebabkan efek berbahaya serta mengurangi potensi karsinogenik walaupun terpapar seumur hidup dengan menilati nilai *Reference of Concentration* (RfC) untuk jalur paparan inhalasi. Nilai *Reference of Concentration* (RfC) logam berat seng (Zn) diasumsikan sama dengan nilai *Reference of Dose* (RfD) sesuai dengan standar U.S. EPA yaitu sebesar  $3 \times 10^{-1}$  mg/kg/hari. Hal ini dikarenakan belum adanya penelitian yang secara akurat menghasilkan nilai *Reference of Concentration* (RfC) logam berat seng (Zn)

### **3.2.3. Analisis Pemaparan (*Exposure Assessment*)**

Analisis pemaparan dalam penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi responden yang diteliti dan dilanjutkan dengan perhitungan *intake* logam berat seng (Zn) melalui inhalasi. Adapun responden yang diteliti terbagi menjadi tiga kategori berdasarkan jenis pekerjaan, yaitu penjaga warung makan sebanyak 48 orang di Terminal Giwangan dan 18 di Terminal Jombor, petugas tiket sebanyak 6 orang di Terminal Giwangan dan 7 orang di Terminal Jombor serta penumpang bus sebanyak 99 orang di Terminal Giwangan dan 97 orang di Terminal Jombor.

Berdasarkan perhitungan *intake* logam berat seng (Zn) di Terminal Giwangan, penjaga warung makan dengan lama bekerja paling tinggi merupakan responden dengan dosis *intake* paling tinggi baik pada hari kerja (*weekdays*) maupun akhir pekan (*weekend*) yaitu sebesar  $1,36 \times 10^{-4}$  mg/kg.hari dan  $5,09 \times 10^{-5}$  mg/kg.hari. Petugas tiket dengan tahun berkerja paling lama juga merupakan responden dengan *intake* paling besar baik pada waktu hari kerja (*weekdays*) maupun akhir pekan (*weekend*) yaitu sebesar  $2,74 \times 10^{-4}$  mg/kg.hari dan  $6,93 \times 10^{-5}$  mg/kg.hari. sedangkan untuk penumpang bus dengan intensitas kunjungan paling tinggi

merupakan responden dengan *intake* paling tinggi baik pada hari kerja (*weekdays*) maupun akhir pekan (*weekend*) yaitu sebesar  $2,46 \times 10^{-8}$  mg/kg.hari dan  $2,17 \times 10^{-8}$  mg/kg. hari. *Intake* penumpang bus pada hari kerja (*weekdays*) lebih tinggi daripada pada akhir pekan (*weekend*) yang disebabkan tingginya konsentrasi logam berat seng pada hari kerja dibandingkan akhir pekan.

Penjaga warung makan di Terminal Jombor dengan jumlah tahun bekerja paling lama merupakan responden dengan dosis *intake* paling tinggi pada hari kerja dan akhir pekan yaitu sebesar  $9,22 \times 10^{-5}$  mg/kg.hari dan  $3,1 \times 10^{-5}$  mg/kg.hari. Petugas tiket di Terminal Jombor dengan jumlah tahun bekerja paling lama juga merupakan responden dengan dosis *intake* paling besar yaitu sebesar  $6,27 \times 10^{-5}$  mg/kg.hari pada hari kerja dan  $2,50 \times 10^{-5}$  pada akhir pekan. Sedangkan penumpang bus di Terminal Jombor dengan intensitas kunjungan paling tinggi merupakan responden dengan dosis *intake* tertinggi yaitu yaitu sebesar  $1,92 \times 10^{-8}$  mg/kg.hari pada hari kerja dan  $1,53 \times 10^{-8}$  mg/kg.hari pada akhir pekan. Dosis *intake* di masing-masing terminal diatas, masih lebih rendah dibandingkan dengan standar WHO, yaitu dengan kisaran dosis *intake* sebesar 15 – 50 mg/kg.hari [4] dan rata-rata dosis *intake* logam berat menurut EU *Risk Assessment Report* yaitu sebesar  $\leq 1,975$  mg/kg.hari [5].

#### **3.2.4. Karaterisasi Risiko (*Risk Characterization*)**

Karaterisasi risiko bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko dengan menghitung *risk quotien* (RQ) yang berasal dari perbandingan antara dosis *intake* logam berat seng (Zn) dan *Reference of Concentration* (RfC). Paparan logam berat seng dikatakan aman apabila nilai  $RQ \leq 1$ . Adapun menurut hasil perhitungan RQ untuk dosis *intake* masing-masing responden di Terminal Giwangan dan Jombor memiliki nilai RQ kurang dari 1. Sehingga, dosis *intake*

paparan logam berat seng (Zn) di Terminal Giwangan dan Jombor masih dalam kategori aman.

#### **4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwasannya konsentrasi loga, berat seng (Zn) yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di Terminal Jombor lebih tinggi dibandingkan dengan Terminal Giwangan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh letak Terminal Jombor yang lebih strategis dan dekat dengan pusat kota dibandingkan dengan Terminal Giwangan. Dilihat dari konsentrasi logam berat seng (Zn) pada saat akhir pekan (*weekend*) di masing-masing terminal relatif lebih tinggi dibandingkan pada saat hari kerja (*weekdays*). Hal ini dipengaruhi oleh tingginya jumlah bus yang keluar dan masuk di masing-masing terminal yang lebih tinggi saat akhir pekan (*weekend*) dibandingkan hari kerja (*weekdays*). Sedangkan untuk tingkat risiko yang dihasilkan dari paparan logam berat seng (Zn) di masing-masing terminal masih termasuk ke dalam kategori aman, karena nilai dari *risk quotient* (RQ) yang dihasilkan masih dibawah angka maksimum batas aman ( $RQ \leq 1$ ).

Berdasarkan hasil penelitian diatas, perlu diadakannya penelitian lebih lanjut serta pemantauan secara berkala terkait dengan logam berat, khususnya seng (Zn) pada udara ambien di Indonesia. Hal ini dikarenakan masih minimnya penelitian dan pemantauan kualitas logam berat seng (Zn) dalam *Total SUSpeded Particulate* (TSP) pada udara ambien di Indonesia dan toksisitas yang dapat ditimbulkan mengingat logam berat seng (Zn) merupakan salah satu logam dengan jumlah paling tinggi yang dapat terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP).

#### **Daftar Pustaka**

1. Nasution, E. 2000. **Efek Suplementasi Zn dan Fe Pada Pertumbuhan Anak Usia 24 Bulan di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah.** *Thesis*

2. Direktorat Jendral PP dan PL. 2012. **Pedoman Analisis Risiko Lingkungan (ARKL)**. Jakarta: Kementrian Kesehatan
3. Mukhtar, Rita, Hari Wahyudi, dkk. 2013. **Kandungan Logam Berat Dalam Udara Ambien pada Beberapa Kota di Indonesia**. *Ecolab*. Vol 7. No. 2 Juli 2015:49-108. Halaman 58
4. Hettich, Drs B. Simon, dkk. 2001. **Environmental Health Criteria 212: Zinc (Part 3)**. Geneva: World Health Organization
5. Bodar, Charles W.M, dkk. 2005. **The European Union Risk Assessment on Zinc and Zinc Compounds: The Process and The Facts**. *Integrated Environmental Assessment and Management*. Vol. 1 No. 4 tahun 2005. Halaman 316