

ANALISIS RISIKO TIMBAL (Pb) DALAM TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) TERHADAP KESEHATAN MANUSIA DI TERMINAL GIWANGAN DAN TERMINAL JOMBOR, D.I.YOGYAKARTA

RISK ANALYSIS OF LEAD (Pb) INSIDE TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) ON HUMAN HEALTH AT GIWANGAN AND JOMBOR BUS STATIONS, D.I. YOGYAKARTA

Siti Sevina Nurlitha¹, Qorry Nugrahayu², Suphia Rahmawati³

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, D.I.Yogyakarta, Indonesia

e-mail: sevina.siti@gmail.com¹, qorrynugrahayu@uii.ac.id², suphia.rahmawati@uii.ac.id³

ABSTRAK

Timbal (Pb) yang terdapat di udara dan terhirup oleh manusia dapat mengganggu kesehatan karena timbal merupakan salah satu polutan berbahaya. Terminal Giwangan dan Jombor di D.I.Yogyakarta adalah titik moda perhubungan yang aktifitas manusia dan kendaraannya selalu ramai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi timbal (Pb) dalam Total Suspended Particulate (TSP), membandingkan konsentrasi pada pengukuran hari kerja dan akhir pekan serta menganalisis risiko yang ditimbulkan terhadap penjaga warung makan, petugas tiket dan penumpang di terminal Giwangan dan Jombor. Pengambilan sampel TSP dilakukan dengan menggunakan alat High Volume Air Sampler (HVAS) dan dianalisis dengan metode destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala (SSA). Hasil pengukuran konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan lebih besar dibandingkan dengan di terminal Jombor. Konsentrasi timbal (Pb) pada hari kerja di terminal Giwangan lebih tinggi dibandingkan pada akhir pekan. Sedangkan di terminal Jombor, konsentrasi timbal (Pb) pada hari kerja lebih rendah dibandingkan pada akhir pekan. Tingkat risiko yang diterima oleh seluruh responden dalam penelitian ini masih dikatakan aman bagi kesehatan karena nilai $RQ < 1$. Dari 3 (tiga) segmen populasi responden, tingkat risiko yang diterima responden penjaga warung makan > petugas tiket > penumpang.

Kata Kunci: Analisis Risiko, Terminal bus, Timbal (Pb), Total Suspended Particulate (TSP)

ABSTRACT

Lead (Pb) contained in the air and inhaled by humans can interfere with health because it is one of the dangerous pollutants. Giwangan and Jombor bus station in D.I.Yogyakarta are the main modes of transportation where always crowded by human activities and vehicles. This study aims to determining the concentration of lead (Pb) inside Total Suspended Particulate (TSP), comparing the concentration between weekdays and weekend measurement, and also analyzing the health risks of traders, ticket officer, and passanger in Giwangan and Jombor bus stations. TSP sampling is done using High Volume Air Sampler (HVAS), and analyzing by wet destruction method using atomic absorbtion spectrophotometer (AAS). The measurement results show that lead (Pb) concentration in Giwangan station was higher than lead (Pb) concentrartion in Jombor station. In Giwangan bus station, lead (Pb) concentration on weekdays was higher than weekend. Meanwhile in Jombor station, lead (Pb) concentration on weekdays was lower than weekend. Risk value that received by all respondents in this study was under the limit value of maximum risk ($RQ < 1$). Based on 3 segmen of the respondents population, shows that the risk value of traders > ticket officers > passanger.

Key Word: Bus Station, Lead (Pb), Risk analysis, Total Suspended Particulate (TSP)

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara ambien di bumi terus mengalami perubahan akibat dari kegiatan manusia seperti pembangunan infrastruktur kota, industri, dan transportasi yang terus meningkat intensitasnya demi memenuhi kebutuhan hidup manusia. Dari sekian banyak bahan pencemar udara, partikel/debu termasuk dalam kelompok yang harus mendapatkan perhatian karena dapat mengakibatkan dampak besar baik terhadap makhluk hidup maupun lingkungan fisik (Prayudi, 2001). Terdapat tiga jalur masuknya bahan pencemar udara ke dalam tubuh manusia, yaitu melalui inhalasi, ingestasi, dan penetrasi kulit. Inhalasi adalah masuknya bahan pencemar udara ke tubuh manusia melalui sistem pernafasan (Budiyono, 2001). Sementara itu di dalam TSP, 30-50% partikelnya merupakan partikel yang bersifat *respirable* (Kostecki, 1988). Apabila terhirup, hal ini dapat mengakibatkan gangguan pada paru-paru dan saluran pernafasan kemudian masuk ke peredaran darah dan menimbulkan efek pada alat tubuh lain (Budiyono, 2001).

Salah satu bahan pencemar berbahaya dalam TSP adalah timbal. Menurut Menteri LHK, Dr. Ir. Siti Nurbaya Bakar, M.Sc, bahan bakar minyak (BBM) di bawah standar Euro 4 masih mengandung timbal (Pb), dan hanya tinggal 2 negara saja di dunia yang masih menggunakannya yaitu Indonesia dan Myanmar. BBM di bawah standar Euro 4 ditargetkan untuk tidak dijual kembali pada bulan agustus 2018, dan beralih ke BBM standar Euro 4 (Sari, 2018). Polutan timbal juga berpotensi berasal dari sumber lain seperti emisi industri batrai; industri cat, tinta, cat rambut; industri kain katun; industri insektisida; industri amunisi; dan industri kosmetik (Ardyanto, 2005).

Terminal Giwangan dan terminal Jombor merupakan titik moda transportasi yang sangat penting di D.I.Yogyakarta. Hal ini menyebabkan kawasan terminal Giwangan maupun Jombor selalu ramai oleh aktivitas manusia seperti penjaga warung makan, petugas dan penumpang. Di kawasan ini, aktivitas manusia sehari-harinya lebih banyak dilakukan di luar ruangan dibandingkan dengan di dalam ruangan, sehingga intensitas manusia terpapar oleh pajanan akan lebih tinggi. Tingkat bahaya timbal (Pb), akan meningkat apabila manusia terpapar dengan intersitas waktu yang lama. Untuk menaksir tingkat risiko kesehatan manusia yang terpapar oleh pajanan berbahaya, dapat dilakukan dengan analisis risiko kesehatan (*Health Risk Assessment*).

Penelitian tentang analisis risiko kesehatan manusia di terminal Giwangan dan terminal Jombor diperlukan sebagai salah satu upaya identifikasi kesehatan masyarakat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi timbal (Pb) dalam TSP sehingga dapat dilakukan analisis risiko pada pengguna terminal yang terpapar di terminal Giwangan dan terminal Jombor seperti penjaga warung makan, petugas dan penumpang sebagai perbandingan perbedaan intensitas waktu terpapar oleh pajanan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di terminal tipe A Giwangan dan terminal tipe B Jombor, D.I. Yogyakarta. Pada masing-masing terminal, dilakukan pengukuran di 2 (dua) titik yang ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan fungsi area yaitu titik 1 di pintu masuk terminal dan titik 2 di area area bus.

Pengambilan sampel dilakukan dalam rentang bulan April - Mei 2018 dengan waktu pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) yaitu 6 (enam) jam pada masing-masing titik. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.00 sampai dengan pukul 15.00 yang merupakan waktu terpadat di terminal Giwangan dan terminal Jombor berdasarkan hasil observasi. Pengambilan sampel

masing-masing titik dilaksanakan dalam 2 (dua) waktu yaitu hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*).

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel uji dalam penelitian ini adalah *High Volume Air Sampler* (HVAS) dan digunakan kertas filter dengan merek wattman yang merupakan kertas filter jenis *fiber-glass* terbuat dari *micro fiber-glass* dengan porositas < 0,3 μm .

2.3 Metode Pengambilan Data

1) Metode Pengukuran di Lapangan

Pengambilan sampel di lapangan ini merupakan jenis *active sampling* yang dilakukan sesuai dengan tahapan pengambilan sampel dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-3:2017 mengenai uji *Total Suspended Particulate* (TSP) metode gravimetri udara ambien.

2) Metode Kuesioner

Responden merupakan pengguna terminal bus yang terbagi atas 3 (tiga) jenis pekerjaan yaitu penjaga warung makan, penumpang dan petugas tiket. Kuisisioner berisikan pertanyaan data diri meliputi usia, berat badan, durasi bekerja dalam satu hari, lama bekerja, serta intensitas penumpang mengunjungi terminal sebagai pengguna bus. Jumlah responden untuk segmen populasi penjaga warung makan, penumpang dan peetugas tiket di terminal Giwangan berturut-turut 48, 6, dan 99 orang. Jumlah responden untuk segmen populasi penjaga warung makan, penumpang dan peetugas tiket di terminal Jombor berturut-turut 18, 7 dan 97 orang

2.4 Metode Analisis Data

1) Penetapan Konsentrasi Timbal (Pb) dalam TSP

Sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) dari pengukuran di lapangan, dianalisis dengan metode uji kadar timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-4:2017 mengenai cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala. Analisis dilakukan di laboratorium kualitas udara program studi teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia

Untuk mendapatkan konsentrasi yang setara dengan waktu pencuplikan 24 jam, baik konsentrasi TSP maupun konsentrasi timbal (Pb) yang diperoleh perlu dikonversikan ke persamaan model konversi Canter (Suhariyono, 2004), dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_1 = C_2 \times \left[\frac{t_2}{t_1} \right]^p \text{ (Pers. 1)}$$

dimana:

C_1 = konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan t_1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_2 = konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama pencuplikan contoh ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

t_1 = lama pencuplikan contoh 1 (jam)

t_2 = lama pencuplikan contoh 2 dari hasil pengukuran contoh udara (jam)

p = faktor konversi; didapatkan dari penurunan **Pers.1** dengan menggunakan konsentrasi pada baku mutu PP No. 41 tahun 1999 tentang pencemaran udara

2) Analisis Risiko Timbal (Pb) Terhadap Kesehatan

Analisis risiko dilakukan dengan mengikuti Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, serta *Environmental Protection Agency* (EPA) United States. Pelaksanaan analisis risiko meliputi 4 (empat) langkah yaitu :

- a) **Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)**
- b) **Analisis Dosis-Respon (*Dose-response Assessment*)**
- c) **Analisis Pemajanan (*Exposure Assessment*)**

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{C \times R \times Te \times Fe \times Dt}{Wb \times t_{avg}} \quad (Pers.2)$$

dimana :

- I = *Intake*/asupan; konsentrasi agen yang masuk ke dalam tubuh setiap harinya (mg/kg.hari)
- C = Konsentrasi agen pada media udara (mg/m³)
- R = Laju inhalasi atau volume udara yang masuk per jam (m³/jam)
- Te = Lamanya terjadinya pajanan satingkat harinya (jam/hari)
- Fe = Jumlah hari terjadinya pajanan satingkat tahunnya (hari/tahun)
- Dt = Jumlah tahun terjadinya pajanan (*realtime exposure*) (tahun)
- Wb = Berat badan manusia yang terpajan (kg)
- t_{avg} = Periode waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk efek non-karsinogen)

Dalam penelitian ini, konsentrasi timbal (Pb) yang digunakan hanya sebesar 50% dari konsentrasi yang didapatkan dalam tahap pengukuran. Hal ini dikarenakan faktor ukuran partikel yang *respirable* dari *Total Suspended Partikulat* (TSP) maksimum hanya sebanyak 50% (Kostecki, 1988). Sedangkan konsentrasi timbal (Pb) yang digunakan adalah konsentrasi timbal (Pb) pengukuran hari kerja (*weekdays*) untuk menghitung nilai *intake*/asupan pada hari kerja (*weekdays*) dan konsentrasi timbal (Pb) pengukuran akhir pekan (*weekend*) untuk menghitung nilai *intake*/asupan pada akhir pekan (*weekend*).

Nilai frekuensi yang digunakan untuk populasi penjaga warung makan dan petugas tiket dalam penelitian ini yaitu 350 hari/tahun dan dibagi menjadi 2 (dua) nilai, yaitu hari kerja (*weekdays*) dengan frekuensi pajanan sebesar 246 hari/tahun dan akhir pekan (*weekend*) dengan frekuensi pajanan sebesar 104 hari/tahun. Sedangkan nilai frekuensi pajanan untuk penumpang adalah nilai *real time* hasil kuisioner. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai risiko yang lebih akurat dengan menggunakan konsentrasi timbal (Pb) yang telah didapatkan dari hasil pengukuran hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*).

- d) **Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)**

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Risk Quotien (RQ)} = \frac{I}{RfC} \quad (Pers.3)$$

dimana :

- I = *Intake*/asupan yang telah dihitung dengan **Persamaan 2** (mg/kg.hari)
 - RfC = Nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi (mg/kg.hari)
- Tingkat risiko dikatakan aman apabila nilai *intake*/asupan ≤ RfD atau RfCnya atau dinyatakan dengan RQ ≤ 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Kondisi terminal Giwangan dan terminal Jombor pada saat pengambilan sampel uji seluruhnya dalam keadaan cerah. Setelah dilakukan pengambilan sampel uji sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-3:2017 mengenai uji *Total Suspended Particulate* (TSP) diketahui konsentrasi TSP seperti pada **Tabel 1**. Untuk dapat dilakukan perbandingan dengan baku mutu, konsentrasi TSP dikonversi menggunakan **Persamaan 1**.

Tabel 1. Perbandingan konsentrasi TSP dengan baku mutu udara ambien

Lokasi	Titik Sampling	Ket. Waktu	Kons. TSP 6 Jam ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Kons. TSP 24 Jam (hasil konversi) ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Terminal Giwangan	Pintu masuk	Weekdays	242,37	194,42
		Weekend	218,58	175,34
	Area bus	Weekdays	295,00	236,64*
		Weekend	210,56	168,91
Terminal Jombor	Pintu masuk	Weekdays	245,11	196,62
		Weekend	54,63	43,82
	Area bus	Weekdays	208,07	166,91
		Weekend	265,09	212,65

(*) melebihi baku mutu Peraturan Gubernur DIY nomor 153 tahun 2002 tentang baku mutu udara ambien daerah sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Terdapat 1 titik dimana konsentrasi TSP melebihi baku mutu yaitu pada titik area bus di terminal Giwangan saat pengukuran hari kerja (*weekdays*). Konsentrasi TSP yang tinggi dapat mempengaruhi konsentrasi timbal (Pb) di udara. Seperti pada penelitian yang dilakukan Mardani (2005), kadar TSP yang tinggi di udara terminal Tirtonadi, Surakarta menyebabkan tingginya kadar timbal (Pb). Hal ini dikarenakan timbal (Pb) yang berada di alam umumnya ditemukan dalam keadaan berikatan dengan unsur lain dengan bentuk partikulat.

3.2 Konsentrasi Timbal (Pb) di Udara Ambien

Hasil analisis konsentrasi timbal (Pb) dalam TSP yang dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-4:2017 mengenai cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) nyala dapat dilihat pada **Tabel 4**. Konsentrasi timbal (Pb) juga disetarakan menggunakan konversi Canter agar dapat dibandingkan dengan baku mutu.

Tabel 4. Perbandingan konsentrasi timbal (Pb) dengan baku mutu udara ambien

Lokasi	Titik Sampling	Ket. Waktu	Kons. Pb 6 Jam ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Kons. Pb 24 Jam (hasil konversi) ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Kons. Pb respirable (mg/m^3)
Terminal Giwangan	Pintu masuk	Weekdays	0,3597	0,306	0,000153
		Weekend	0,3445	0,293	0,000146
	Area bus	Weekdays	0,404	0,344	0,000172
		Weekend	0,2915	0,248	0,000124
Terminal Jombor	Pintu masuk	Weekdays	0,1637	0,139	0,000070
		Weekend	0,1895	0,161	0,000081
	Area bus	Weekdays	0,1765	0,150	0,000075
		Weekend	0,1995	0,170	0,000085

Sumber : Data primer, 2018

1) Analisis Konsentrasi Timbal (Pb) di Terminal Giwangan

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi timbal (Pb) pada hari kerja (*weekdays*) baik di titik pintu masuk dan area bus terminal Giwangan terukur lebih tinggi di dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) pada akhir pekan (*weekend*). Berdasarkan hasil pengamatan, terminal Giwangan tampak lebih padat oleh bus maupun penumpang di hari kerja (*weekdays*). Begitu juga berdasarkan data laporan kedatangan dan keberangkatan bus terminal Giwangan, diketahui aktifitas kendaraan bermotor seperti bus AKAP, AKDP, dan perkotaan pada hari kerja (*weekdays*) jauh lebih banyak dibandingkan pada akhir pekan (*weekend*). Data tersebut menunjukkan bahwa aktifitas di terminal Giwangan pada saat hari kerja lebih padat dibandingkan pada akhir pekan. Aktifitas ini dapat menyebabkan padatnya terminal oleh kendaraan pribadi penumpang yang umumnya merupakan kendaraan berbahan bakar bensin.

Konsentrasi timbal (Pb) tertinggi di terminal Giwangan yang terukur adalah pada saat hari kerja (*weekdays*) di titik area bus. Hal ini dapat disebabkan oleh karena area bus yang lokasinya dekat dengan tempat parkir kendaraan penumpang. Sehingga semakin banyak penumpang yang datang ke terminal maka semakin padat tempat parkir kendaraan penumpang. Selain itu lokasi terminal Giwangan yang dekat dengan jalan lingkar kota (*ringroad*) dapat menjadi salah satu faktor banyaknya kendaraan bermotor yang melintasi wilayah sekitar terminal yang turut mempengaruhi kualitas udara terminal. Kendaraan yang melintasi jalan lingkar kota tersebut mengeluarkan emisi yang dapat terakumulasi di udara ambien sekitar terminal Giwangan.

Timbal (Pb) dalam bensin tidak dapat bereaksi dalam proses pembakaran, sehingga setelah pembakaran akar keluar tetap sebagai timbal (Pb). Tidak hanya itu, pembakaran pada motor diesel juga menghasilkan partikulat yang dihasilkan oleh adanya residu dalam bahan bakar. Residu tersebut tidak ikut terbakar melainkan terbuang melalui pipa gas buang. Pembakaran mesin diesel (mesin bus) paling banyak menghasilkan partikulat karena di dalam bahan bakarnya banyak mengandung residu dengan kadar C yang banyak (Syahrani, 2006). Hal ini dapat mempengaruhi konsentrasi timbal (Pb) dan *Total Suspended Particulate* (TSP) yang terukur selama pengambilan sampel di terminal Giwangan

2) Analisis Konsentrasi Timbal (Pb) di Terminal Jombor

Konsentrasi timbal (Pb) di terminal Jombor pada akhir pekan (*weekend*) baik di titik pintu masuk dan area bus terukur lebih tinggi dibandingkan pada hari kerja (*weekdays*). Berbeda dengan kondisi di terminal Giwangan, berdasarkan data bulanan bus dan penumpang terminal Jombor diketahui aktifitas bus AKAP dan AKDP pada akhir pekan (*weekend*) jauh lebih banyak dibandingkan pada hari kerja (*weekdays*). Data aktifitas kedatangan dan keberangkatan bus yang tersebut menunjukkan bahwa aktifitas di terminal Jombor pada saat akhir pekan lebih padat dibandingkan pada hari kerja. Hal ini menyebabkan padatnya terminal oleh kendaraan pribadi penumpang yang umumnya merupakan kendaraan berbahan bakar bensin.

Konsentrasi timbal (Pb) tertinggi di terminal Jombor yang terukur pada saat akhir pekan (*weekend*) di area bus. Hal ini dapat disebabkan karena padatnya area tersebut oleh kendaraan bermotor lain selain bus. Area bus di terminal Jombor menjadi satu dengan tempat parkir kendaraan pribadi penumpang. Sehingga area tersebut tidak hanya dipadati oleh bus yang parkir sebelum keberangkatan tetapi juga dipadati oleh kendaraan pribadi milik penumpang. Selain itu, lokasi terminal jombor yang berada tepat di pinggir jalan lingkar kota (*ringroad*) dapat menyebabkan

terakumulasi emisi kendaraan yang melintasi jalan lingkar kota di udara ambien sekitar terminal Giwangan.

3) Perbandingan Konsentrasi Timbal (Pb) di Terminal Giwangan dan Terminal Jombor

Apabila dibandingkan, konsentrasi timbal (Pb) yang terukur di terminal Giwangan lebih tinggi dibandingkan dengan di terminal Jombor. Beberapa faktor pengaruhnya adalah perbedaan jenis tipe terminal, lokasi terminal dan kondisi terminal. Terminal Giwangan adalah terminal tipe A sedangkan terminal Jombor merupakan terminal tipe B. Rata-rata kedatangan dan keberangkatan bus di terminal Giwangan adalah sebanyak 1400 bus perhari sedangkan terminal Jombor hanya melayani 200 bus perhari. Perbedaan jumlah bus yang signifikan ini mempengaruhi aktifitas penumpang di terminal. Penumpang umumnya menggunakan kendaraan pribadi dengan jenis kendaraan berbahan bakar bensin. Semakin tinggi aktifitas kedatangan dan keberangkatan bus maka akan semakin tinggi juga aktifitas datang dan perginya penumpang dengan kendaraan pribadinya ke terminal.

Dari faktor lokasi terminal, terminal Giwangan berada di dekat jalan lingkar kota (*ringroad*) namun dengan lokasi yang cukup jauh dari pusat kota sedangkan terminal Jombor berada tepat di pinggir jalan lingkar kota (*ringroad*) dengan lokasi yang dekat dengan pusat kota. Semakin banyak kendaraan berbahan bakar bensin yang melintasi jalan lingkar kota dapat menyebabkan semakin banyak emisi kendaraan berbahan bakar bensin yang terakumulasi di udara sekitar terminal. Selain itu, dari faktor lokasi memungkinkan adanya sumber lain sebagai pencemar timbal (Pb) di udara yang menyebabkan konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan lebih tinggi daripada di terminal Jombor.

Apabila dilihat dari lokasi titik sampling, konsentrasi timbal (Pb) tertinggi baik di terminal Giwangan maupun di terminal Jombor adalah titik sampling area bus. Hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor pola kendaraan. Menurut Soedomo (2001), pola berkendara yang ditandai dengan besarnya frekuensi berjalan dan berhenti akan mengeluarkan bahan pencemar dalam jumlah yang besar. Didapati pola kendaraan di pintu masuk yaitu berhenti untuk melewati petugas tiket kemudian melaju menuju area parkir. Sedangkan di area bus yang cukup dekat dengan area parkir kendaraan penumpang didapati pola kendaraan seperti kendaraan berhenti untuk menurunkan penumpang yang akan berangkat kemudian melaju kembali serta kendaraan yang terparkir menunggu penumpang. Sering kali didapati kendaraan yang terparkir dalam kondisi mesin menyala. Frekuensi berjalan dan berhentinya kendaraan di sekitar area bus terjadi cukup tinggi karena kendaraan yang terparkir umumnya hanya sebentar.

Perbedaan kondisi lingkungan antara terminal Giwangan dan terminal Jombor juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi konsentrasi timbal (Pb). Berdasarkan hasil pengamatan diketahui perbedaan kondisi lingkungan yang cukup signifikan. Di terminal Giwangan, dengan luas area yang cukup besar hanya sedikit didapati pepohonan. Sedangkan di terminal Jombor didapati luas area yang kecil namun dipenuhi oleh pepohonan.

3.3 Analisis Risiko Kesehatan

1) Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Diidentifikasi agen risiko yang berbahaya adalah logam berat timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP). Banyak faktor yang menyebabkan adanya timbal (Pb) di udara ambien khususnya udara ambien di terminal. Salah satu faktor yang diidentifikasi menyebabkan adanya kandungan timbal (Pb) di udara ambien adalah emisi kendaraan bermotor. Timbal (Pb) yang dihasilkan kendaraan bermotor maupun aktifitas industri di sekitar lingkungan terminal bercampur dengan udara

ambien, kemudian dapat masuk ke dalam tubuh manusia yang berada di lingkungan terminal lewat saluran pernafasan dan dapat mengganggu kesehatan manusia tersebut (Huboyo, 2007). Dampak yang dapat ditimbulkan yaitu terakumulasinya timbal (Pb) dalam tulang manusia sehingga dapat menurunkan sistem ginjal, sistem saraf, sistem kekebalan tubuh, sistem reproduksi serta sistem kardiovaskular. Konsentrasi timbal (Pb) diketahui berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan digunakan hanya sebanyak 50% dari konsentrasi timbal (Pb) di dalam TSP yang dihitung sebagai konsentrasi timbal (Pb) yang masuk ke dalam tubuh manusia. Konsentrasi timbal (Pb) *respirable* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

2) Analisis Dosis-Respon (*Dose-response Assessment*)

Penilaian dosis respon dilakukan dengan mencari nilai konsentrasi referensi atau *Reference of Concentration* (RfC). Nilai RfC timbal (Pb) belum tersedia sehingga ditetapkan dengan menurunkan **Persamaan 2** dengan menggunakan nilai *default* yang telah ditetapkan oleh *National Ambient Air Quality* (NAAQS) yaitu baku mutu udara ambien US-EPA (Batubara, 2014). Nilai default yang digunakan untuk mencari nilai RfC timbal (Pb) adalah konsentrasi timbal (Pb) maksimal menurut NAAQS (2006) sebesar $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan frekuensi pajanan 24 jam/hari, 350 hari/tahun, dan durasi pajanan selama 30 tahun. Sedangkan nilai default untuk berat badan adalah 70 kg dengan laju inhalasi orang dewasa yaitu $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$ atau setara dengan $20 \text{ m}^3/\text{hari}$. Berikut perhitungannya :

$$\text{RfC timbal (Pb)} = \frac{0,00015 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 350 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{70 \text{ Kg} \times 10950 \text{ hari}} = 0,00004093 \text{ mg/kg.hari}$$

3) Analisis Pemajanan (*Exposure Assessment*)

Berdasarkan hasil identifikasi responden, diketahui karakteristik responden adalah seperti pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Karakteristik Responden

	Terminal Giwangan			Terminal Jombor		
	PWM	PT	PNP	PWM	PT	PNP
Umur	Usia Produktif (15-64 tahun)			Usia Produktif (15-64 tahun)		
Gender	P	L	L & P	P	L	L & P
Waktu paparan	>8 jam/hari	≤ 8 jam/hari	1-2 jam	>8 jam/hari	≤ 8 jam/hari	1-2 jam
Frek. paparan	350 hari/tahun		<i>Real time/</i> tahun	350 hari/tahun		<i>Real time/</i> tahun
Durasi paparan	≤ 30 Tahun		1 Tahun	≤ 30 Tahun		1 Tahun
BB	L = 64 kg	L = 70 kg	L = 60 kg	L = 59 kg	P = 64 kg	L = 60 kg
	P 58 kg		P = 60 kg	P = 56 kg		P = 61 kg

Sumber : Rekapitulasi Data Primer, 2018

a. Nilai *Intake*/Asupan Timbal (Pb) Populasi Penjaga Warung Makan

Di terminal Giwangan, responden yang menerima nilai *intake* terendah adalah responden nomor 8 dengan nilai *intake* total $1,65 \times 10^{-8} \text{ mg}/\text{kg.hari}$. Sedangkan nilai *intake* tertinggi adalah responden nomor 1 dengan nilai *intake* total $2,7 \times 10^{-5} \text{ mg}/\text{kg.hari}$. Di terminal Jombor, responden yang menerima nilai *intake* terendah adalah responden nomor 7 dengan nilai *intake* total $2,67 \times 10^{-7} \text{ mg}/\text{kg.hari}$. Sedangkan responden yang menerima nilai *intake* tertinggi adalah responden nomor 3 dengan nilai *intake* total $7,4 \times 10^{-6} \text{ mg}/\text{kg.hari}$. Apabila dianalisis melalui karakteristik responden tersebut maka perbedaan yang menyebabkan hal ini terjadi adalah karena adanya perbedaan waktu dan durasi pajanan yang signifikan. Nilai *intake* yang diterima dari hari kerja (*weekdays*) lebih tinggi dibandingkan *intake*/asupan pada akhir pekan (*weekend*). Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan jumlah hari kerja dan akhir pekan dalam setahun.

b. Nilai *Intake*/Asupan Timbal (Pb) Populasi Petugas Tiket

Di terminal Giwangan, responden yang menerima nilai *intake* terendah adalah responden nomor 2 dengan nilai *intake* total $7,7 \times 10^{-7}$ mg/kg.hari. Sedangkan nilai *intake* tertinggi adalah responden nomor 5 dengan nilai *intake* total 6×10^{-6} mg/kg.hari. Di terminal Jombor, responden yang menerima nilai *intake* terendah adalah responden nomor 1 dengan nilai *intake* total $3,6 \times 10^{-7}$ mg/kg.hari. Sedangkan responden yang menerima nilai *intake* tertinggi adalah responden nomor 2 dengan nilai *intake* total $6,1 \times 10^{-6}$ mg/kg.hari. *Intake* petugas tiket pada hari kerja maupun akhir pekan di terminal Giwangan jauh lebih tinggi dibandingkan *intake* yang diterima oleh petugas tiket di terminal Jombor. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya perbedaan konsentrasi timbal (Pb).

c. Nilai *Intake*/Asupan Timbal (Pb) Populasi Penumpang

Di terminal Giwangan, responden yang menerima nilai *intake* terendah adalah responden nomor 33 dengan nilai *intake* pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut 2×10^{-10} dan 1×10^{-10} mg/kg.hari. Sedangkan nilai *intake* tertinggi adalah responden nomor 13 dengan nilai *intake* pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut $3,7 \times 10^{-9}$ dan $2,7 \times 10^{-9}$ mg/kg.hari. Di terminal Jombor, responden yang menerima nilai *intake* terendah adalah responden nomor 11 dengan nilai *intake* pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut 7×10^{-11} dan 8×10^{-11} mg/kg.hari. Sedangkan responden yang menerima nilai *intake* tertinggi adalah responden nomor 7 dengan nilai *intake* pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut $2,9 \times 10^{-9}$ dan $3,3 \times 10^{-9}$ mg/kg.hari. Nilai *intake* yang diterima penumpang apabila mengunjungi terminal Giwangan pada hari kerja (*weekdays*) lebih tinggi dibandingkan apabila mengunjungi terminal Giwangan pada akhir pekan (*weekend*). Sebaliknya, nilai *intake* yang diterima penumpang apabila mengunjungi terminal Jombor pada hari kerja (*weekdays*) lebih rendah dibandingkan apabila mengunjungi terminal Giwangan pada akhir pekan (*weekend*). Hal ini dipengaruhi oleh adanya perbedaan konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan dan terminal Jombor.

d. Perbandingan Nilai *Intake*/Asupan Timbal (Pb) di Terminal Giwangan dan Terminal Jombor

Apabila dibandingkan dari jenis segmen populasinya, dapat diketahui bahwa total nilai *intake*/asupan yang diterima oleh populasi responden penjaga warung makan lebih tinggi dibandingkan petugas tiket. Hal ini dapat dikarenakan oleh aktifitas atau kegiatan responden penjaga warung makan di kedua terminal memiliki waktu dan durasi terpajan yang lebih lama dibandingkan dengan petugas tiket dan penumpang. Sedangkan untuk segmen populasi penumpang, baik dari pengukuran nilai *intake*/asupan pada hari kerja (*weekend*) maupun pada akhir pekan (*weekend*), nilai yang diterima masih berada jauh dibawah nilai *intake*/asupan yang diterima oleh populasi penjaga warung makan dan petugas tiket. Sehingga dapat diketahui urutan segmen yang menerima nilai *intake*/asupan dari yang terbesar hingga yang terkecil berturut-turut adalah penjaga warung makan, petugas tiket kemudian penumpang. Dalam hal ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya, antara lain:

1. Konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan lebih besar dibandingkan dengan di terminal Jombor. Semakin besar konsentrasi timbal (Pb) maka semakin besar nilai *intake*/asupan yang diterima oleh manusia.
2. Waktu pajanan atau lama orang terpapar oleh timbal (Pb). Lama kerja penjaga warung makan per harinya di terminal Giwangan dan terminal Jombor yang dominan lebih dari jam kerja normal 8 jam/hari. Rata-rata penjaga warung makan di terminal Giwangan bedagang selama 12 jam/hari sedangkan penjaga warung makan terminal Jombor selama 9 jam/hari. Hal ini menyebabkan waktu terpaparnya tubuh semakin panjang setiap harinya.

3. Durasi pajanan atau lama tinggalnya responden di terminal Giwangan maupun terminal Jombor. Nilai *intake*/asupan penjaga warung makan di terminal Giwangan tertinggi adalah responden penjaga warung makan yang telah membuka warung makan selama 30 tahun. Durasi pajanan yang terjadi tentu akan mempengaruhi nilai *intake*/asupan karena menyebabkan akumulasi timbal (Pb) dalam tubuh semakin banyak.

4) Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)

Berdasarkan hasil perhitungan karakterisasi risiko, diketahui tingkat risiko pada seluruh segmen populasi (penjaga warung makan, petugas tiket dan penumpang) baik di terminal Giwangan maupun terminal Jombor seluruhnya masih dalam tingkat risiko dapat diterima atau aman bagi kesehatan karena nilai $RQ < 1$.

a. Tingkat Risiko Timbal (Pb) pada Populasi Penjaga Warung Makan

Di terminal Giwangan, responden yang menerima tingkat risiko terendah adalah responden nomor 8 dengan nilai risiko total 0,0004. Sedangkan tingkat risiko tertinggi adalah responden nomor 1 dengan nilai risiko total 0,65909. Di terminal Jombor, responden yang menerima tingkat risiko terendah adalah responden nomor 7 dengan nilai risiko total 0,00653 mg/kg.hari. Sedangkan responden yang menerima tingkat risiko tertinggi adalah responden nomor 3 dengan nilai risiko total 0,17998.

b. Tingkat Risiko Timbal (Pb) pada Populasi Petugas Tiket

Di terminal Giwangan, responden yang menerima tingkat risiko terendah adalah responden nomor 2 dengan nilai risiko total 0,0189. Sedangkan tingkat risiko tertinggi adalah responden nomor 5 dengan nilai risiko total 0,14675. Di terminal Jombor, responden yang menerima tingkat risiko terendah adalah responden nomor 1 dengan nilai risiko total 0,00875. Sedangkan responden yang menerima tingkat risiko tertinggi adalah responden nomor 2 dengan nilai risiko total 0,14901.

c. Tingkat Risiko Timbal (Pb) pada Populasi Penumpang

Di terminal Giwangan, responden yang menerima tingkat risiko terendah adalah responden nomor 33 dengan tingkat risiko pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut $3,99 \times 10^{-6}$ dan $2,88 \times 10^{-6}$. Sedangkan tingkat risiko tertinggi adalah responden nomor 13 dengan tingkat risiko pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut $9,12 \times 10^{-5}$ dan $6,58 \times 10^{-5}$. Di terminal Jombor, responden yang menerima tingkat risiko terendah adalah responden nomor 11 dengan tingkat risiko pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut $1,74 \times 10^{-6}$ dan $1,97 \times 10^{-6}$. Sedangkan responden yang menerima tingkat risiko tertinggi adalah responden nomor 7 dengan tingkat risiko pada *weekend* dan *weekdays* berturut-turut $7,22 \times 10^{-5}$ dan $8,16 \times 10^{-5}$.

d. Perbandingan Tingkat Risiko Timbal (Pb) di Terminal Giwangan dan Terminal Jombor

Setelah dianalisis dari masing-masing segmen populasi, maka dapat diketahui bahwa tingkat risiko yang diterima berbanding lurus dengan *intake*/asupan yang diterima oleh masing-masing responden. Semakin besar *intake*/asupan yang diterima oleh seseorang, maka akan semakin besar pula tingkat risiko yang akan diterima. Tingkat risiko yang diterima oleh segmen populasi penjaga warung makan dan petugas tiket di terminal Giwangan lebih besar daripada segmen populasi penjaga warung makan dan petugas tiket di terminal Jombor. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tingkat risiko adalah sama dengan faktor yang mempengaruhi nilai *intake*/asupan timbal (pb) ke dalam tubuh.

Dalam hal ini, meskipun secara keseluruhan tingkat risiko timbal (Pb) yang terhirup masih dapat diterima atau aman bagi kesehatan seluruh responden dari 3 (tiga) segmen populasi. Namun responden penjaga warung makan adalah segmen populasi yang memiliki tingkat risiko paling

tinggi dibandingkan dengan responden petugas tiket dan penumpang. Hal ini dipengaruhi oleh *intake*/asupan yang nilainya lebih besar diterima oleh penjaga warung makan dibandingkan oleh petugas tiket dan penumpang.

Keseluruhan responden dari 3 (tiga) segmen populasi yang diteliti dalam penelitian ini tingkat risikonya terhadap timbal (Pb) jalur inhalasi masih dapat diterima atau dapat dikatakan aman bagi kesehatan. Namun meskipun tingkat risiko dari semua responden di terminal Giwangan maupun Jombor masih dapat diterima, tetapi tidak menutup kemungkinan responden tidak terkena penyakit atau menerima gangguan kesehatan akibat paparan timbal (Pb).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) di terminal Jombor. Konsentrasi timbal (Pb) titik pintu masuk saat *weekdays* di terminal Giwangan dan Jombor berturut-turut 0,306 dan 0,139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan pada saat *weekend* di terminal Giwangan dan Jombor berturut-turut 0,293 dan 0,161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Selanjutnya untuk konsentrasi timbal (Pb) titik area bus pada saat *weekdays* di terminal Giwangan dan Jombor berturut-turut 0,344 dan 0,150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan pada saat *weekend* di terminal Giwangan dan Jombor berturut-turut 0,248 dan 0,170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apabila dibandingkan dengan baku mutu, seluruh konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan dan terminal Jombor masih berada di bawah ambang batas standar baku mutu Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang pencemaran udara dan Peraturan Gubernur DIY nomor 153 tahun 2002 tentang baku mutu udara ambien daerah.
- 2) Konsentrasi timbal (Pb) rata-rata pada pengukuran *weekdays* di terminal Giwangan lebih tinggi dibandingkan pada saat pengukuran *weekend*. Sedangkan di terminal Jombor, konsentrasi timbal (Pb) rata-rata pada pengukuran *weekdays* lebih rendah dibandingkan pada saat pengukuran *weekend*. Hal ini dipengaruhi oleh faktor aktifitas kendaraan di sekitar terminal, faktor lokasi terminal dan faktor kondisi terminal.
- 3) Tingkat risiko yang diterima oleh seluruh responden dalam penelitian ini masih dapat dikatakan aman bagi kesehatan karena nilai $RQ < 1$. Apabila dibandingkan, tingkat risiko yang diterima oleh responden di terminal Giwangan lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat risiko yang diterima oleh responden di terminal Jombor. Hal ini disebabkan oleh faktor konsentrasi timbal (Pb) di terminal Giwangan yang lebih tinggi dibandingkan di terminal Jombor. Dari 3 (tiga) segmen populasi, tingkat risiko yang diterima responden penjaga warung makan > petugas tiket > penumpang. Hal ini disebabkan oleh faktor durasi terpapar oleh pajanan yang berbeda-beda. Rerata tingkat risiko total yang diterima responden penjaga warung makan di terminal Giwangan dan terminal Jombor berturut-turut sebesar 0,12701 dan 0,07827. Rerata tingkat risiko responden petugas tiket di terminal Giwangan dan terminal Jombor berturut-turut sebesar 0,08391 dan 0,05361. Sedangkan rerata tingkat risiko responden penumpang di terminal Giwangan pada hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*) serta di terminal Jombor pada hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*) berturut-turut sebesar $3,01 \times 10^{-5}$; $2,17 \times 10^{-5}$; $1,30 \times 10^{-5}$; $1,47 \times 10^{-5}$.

5. SARAN

Berikut beberapa saran yang diberikan peneliti berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan pengukuran selama rentang waktu yang lebih lama agar didapatkan konsentrasi udara ambien yang akurat dengan perbedaan waktu agar dapat mengetahui pengaruh faktor meteorologis lebih dalam, untuk mendapat nilai *intake*/asupan yang

akurat untuk individu sebaiknya digunakan alat ukur *personal dust sampler* dan menganalisis tingkat risiko melalui seluruh jalur paparan yaitu inhalasi, oral dan dermal.

- 2) Penurunan konsentrasi timbal (Pb) di terminal perlu dilakukan dengan penggunaan bahan bakar yang tidak mengandung timbal (Pb)
- 3) Untuk mengurangi tingkat risiko yang diterima, perlu dilakukan pembatasan waktu, frekuensi dan durasi pajanan atau dapat dikurangi dengan penggunaan masker bagi pengguna terminal seperti penjaga warung makan, petugas tiket dan penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Denny. 2005. **Deteksi Pencemaran Timah Hitam (Pb) dalam Darah Masyarakat yang Terpajan Timbal (Plumbum)**. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Volume 2. Nomor 1. halaman 67 – 76.
- Budiyono, Afif. 2001. **Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan**. *Jurnal LAPAN: Berita Dirgantara*. Volume 2. Nomor 1.
- Batubara, R.J., Rahman, A. 2014. **Tingkat Risiko Kesehatan Pajanan NO², SO², TSP dan Pb serta Opsi-Opsi Pengelolaannya pada Populasi Berisiko di Kawasan Perkantoran Kuningan Provinsi DKI Jakarta**. Tugas akhir. Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Huboyo, H.S., Syafrudin. 2007. **Analisis Risiko Konsentrasi Debu (TSP) dan Timbal di Pinggir Jalan Terhadap Kesehatan Manusia Studi Kasus Kota Yogyakarta**. *Jurnal Teknik*. Volume 28. Nomor 2. Halaman: 142-149.
- Kostecki, P.T., Calabrese, E.J. 1988. **Pertroleum Contaminated Soils : Remediation Techniques Environmental Fate Risk Assessment Vol. I**. Lewis Publisher, Inc. Michigan, USA.
- Prayudi, T., Susanto, J.P. 2001. **Kualitas Debu dalam Udaara Sebagai Dampak Industri Pengecoran Logam Ceper**. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Volume 2. Nomor 2. Halaman 168-174.
- Sari, A.M.K. 2018. **Pertamina Diminta Tidak Jual BBM Premium Mulai Agustus**. http://www.inews.id/finance/read/pertamina-diminta-tidak-jual-bbm-premium-mulai-agustus?sub_slug=bisnis. Diakses pada tanggal 10 April 2018.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-3:2017 tentang uji Total Suspended Particulate (TSP) metode gravimetri udara ambien
- Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-4:2017 tentang cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda distruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala
- Suhariyono, G., Tanjung, E. 2004. **Analisis Partikel Udara di Sekitar Calon Tapak Penambangan Emas, Sumatera Utara**. *Prosiding Seminar Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang Tahun 2004*. Pusat Pengembangan Bahan Galian dan Geologi Nuklir- BATAN.
- Syahrani, Awal. 2006. **Analisa Kinerja Mesin Bensin berdasarkan Hasil Uji Emisi**. *Jurnal SMARTek*. Volume 4. Nomor 4. Halaman 260-266.