

## ESTIMASI SEBARAN DAN ANALISIS RISIKO TSP DAN PB DI TERMINAL BIS TERHADAP KESEHATAN PENGGUNA TERMINAL (STUDI KASUS: TERMINAL MANGKANG DAN PENGGARON, SEMARANG)

Gina Fita Prilila<sup>\*)</sup>, Irawan Wisnu Wardhana<sup>\*\*)</sup>, Endro Sutrisno<sup>\*\*)</sup>

Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email: [ginafita12@gmail.com](mailto:ginafita12@gmail.com)

### ABSTRAK

Aktivitas terminal merupakan salah satu aktivitas yang menyebabkan peningkatan pencemaran udara. Aktivitas kendaraan di terminal menghasilkan banyak polutan yang memiliki dampak negatif bagi tubuh. Beberapa jenis polutan yang dihasilkan adalah partikel debu atau Total Suspended Particulate (TSP) dan Pb yang terdapat di udara, dan apabila terhirup oleh manusia dapat menimbulkan penyakit. TSP dan Pb dianalisis untuk mengetahui besarnya konsentrasi pencemar, membandingkan hasil pengukuran TSP dengan baku mutu, pembuatan estimasi sebaran, dan perhitungan analisis risiko di Terminal Mangkang dan Penggaron Kota Semarang pada pengukuran tengah minggu (weekdays) dan akhir minggu (weekend). Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel TSP adalah Dust Sampler dan untuk pengukuran unsur pencemar Pb menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Konsentrasi TSP di Terminal Mangkang dan Penggaron tertinggi didapatkan pada saat pengukuran akhir minggu (weekend), begitu pula dengan konsentrasi Pb di Terminal Penggaron. Sedangkan untuk pengukuran pencemar Pb di Terminal Mangkang, rata-rata tertinggi dihasilkan pada pengukuran tengah minggu (weekdays). Setelah didapatkan konsentrasi pencemar pada masing-masing terminal, langkah selanjutnya yaitu pembuatan estimasi sebaran dengan menggunakan software Caline4 dan Surfer. Berdasarkan perhitungan analisis risiko, dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya risiko total pada seluruh titik sampling di Terminal Mangkang dan Penggaron berada dibawah nilai risiko maksimum yaitu 1, sehingga paparan TSP dan Pb yang diterima oleh responden tidak berisiko bagi kesehatan.

**Kata Kunci :** Pencemaran Udara, TSP, Pb, Analisis Risiko, Estimasi Sebaran

### ABSTRACT

*[Distribution Estimates and Risk Analysis TSP and Pb in Bus Station To Station Worker's Healt (Case Study: Mangkang and Penggaron Station)]. Station activity is one of the many activities that can increase air pollution potentially. Transportation activity in the station generate many pollutant that have negative impact for human body. Some of the pollutant that produced from the transportation activity are Total Suspended Particulate (TSP) and*

*Plumbum (Pb). When it's inhaled, TSP and Pb that is found in air can cause the disease in human body. TSP and Pb were analyzed to determine the concentration of TSP and Pb, compare the measurement result of TSP with the quality standard that are applicable, make distribution estimates, and calculation of risk analysis in Mangkang and Penggaron station, Semarang city on weekdays and weekend. Dust sampler is the tools that used in the sampling of TSP, and for the measurement of pollutant element (Pb) is AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). The highest concentration of TSP in Mangkang and Penggaron was found on the weekend measurement. It is similar with the Pb concentration in Penggaron station, the highest concentration was found on the weekend measurement. While, for the Pb measurement in Mangkang station, the highest average was found on the weekdays. After getting the concentration in each station, the next step are make distribution estimates by Caline4 and Surfer. Based on the risk analysis calculation, risk value of TSP and Pb for all sampling point in Mangkang and Penggaron are less than ( $ECR < 1$ ) or it's under the limit value of maximum risk, so it can be concluded that there were no potential carcinogenic risk exposed by TSP and Pb via inhalation to workers. TSP and Pb exposure that received by the respondents is not risk to their health.*

**Keywords:** Air Pollution, TSP, Pb, Risk Analysis, Distribution Estimates

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia, maka kebutuhan-kebutuhan manusia juga akan mengalami peningkatan (Soemarwoto, 2008 dalam Putra, 2011). Salah satu kebutuhan manusia yang menjadi hal penting adalah kebutuhan akan transportasi. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas udara, dimana aktivitas transportasi membutuhkan bahan bakar yang akan menghasilkan emisi saat digunakan.

Terminal merupakan salah satu lokasi yang memiliki tingkat pencemaran udara paling tinggi, karena berfungsi sebagai pusat kegiatan transportasi. Aktivitas kendaraan yang berlangsung setiap hari dan dalam waktu 24 jam tersebut akan memicu adanya pencemaran udara di lingkungan terminal.

Terminal Mangkang dan Penggaron merupakan dua terminal besar dan padat yang ada di Kota Semarang. Semakin padat keadaan suatu terminal, maka akan semakin besar pula bahan pencemar udaranya.

Berbagai aktivitas yang ada pada kawasan terminal dapat menghasilkan bahan pencemar udara seperti gas CO (Karbon monoksida), senyawa hidrokarbon (HC), berbagai oksida nitrogen ( $NO_x$ ), oksida sulfur ( $SO_x$ ), dan partikulat debu termasuk timbal (Pb) (Hickman *et.al*, 1999 dalam Aprianti, 2011).

Akibat pencemaran dari kendaraan bermotor, telah tercatat penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) dan gangguan pernafasan lain selalu menduduki peringkat atas dari sepuluh penyakit terbanyak yang dilaporkan oleh pusat-pusat pelayanan kesehatan, puskesmas, klinik, dan rumah sakit (Mulia, 2005).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis memandang penting untuk melakukan penelitian mengenai estimasi sebaran dan analisis risiko TSP dan Pb di terminal Mangkang dan Penggaron terhadap kesehatan pengguna terminal, serta mengetahui konsentrasi TSP dan Pb di terminal apakah masih memenuhi baku mutu atau tidak.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

### 2.2 Partikel Debu atau *Total Suspended Particulate* (TSP)

*Total Suspended Particulate* (TSP) adalah partikel udara yang berukuran kecil seperti debu, asap, dan uap dengan diameter kurang dari 100 mikrometer. TSP dapat berasal dari beberapa sumber termasuk pembangkit tenaga listrik, insinerator, kendaraan dan aktivitas konstruksi (Rochimawati, 2014). IARC atau *International Agency for Research on Cancer* (2013) menyatakan bahwa partikulat merupakan salah satu komponen utama dari polusi udara dan telah dievaluasi dan diklasifikasi bersifat karsinogenik kelompok 1. IARC menemukan risiko yang tinggi terhadap kanker paru-paru mengikuti tingginya paparan dari partikulat dan polusi udara.

### 2.3 Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam merupakan salah satu zat yang dapat terakumulasi sebagai *Total Suspended Particulate* (TSP) (Aprianti, 2011). Emisi tersebut merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi dalam mesin-mesin kendaraan. Menurut Gusnita (2012), semakin kurang sempurna proses pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor, maka semakin banyak jumlah Pb yang akan di emisikan ke udara. Pb yang merupakan hasil samping dari pembakaran ini berasal dari senyawa tetramil-

Pb dan teraetil-Pb yang selalu ditambahkan dalam bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti ketuk (*anti-knock*) pada mesin-mesin kendaraan (Palar, 1994).

### 2.4 Analisis Risiko

#### 2.4.1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya adalah tahap awal dalam analisis risiko untuk mengenali sumber risiko (Rahman, 2007).

#### 2.4.2 Analisis Paparan (*Exposure Assesment*)

Tahap ini meliputi bagaimana zat berbahaya tersebut berpindah ke reseptor dan jumlah *intake* yang diambil. *Intake* kontaminan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$CDI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Keterangan :

CA: Konsentrasi polutan pencemar ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

IR : Jumlah kontak pengguna terminal dengan tingkat aktivitas tinggi (*fast/heavy activity*) diasumsikan  $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$  (US-EPA, 1990)

ET : Durasi dari aktivitas paparan pengguna terminal (jam/hari)

EF : Frekuensi aktivitas yang terpapar (hari/tahun). Untuk pengguna terminal 250 hari/tahun (US-EPA, 1990)

ED : Durasi paparan (tahun).

BW : Berat badan responden (kg)

AT : Periode waktu paparan rata-rata. Untuk efek karsinogenik,  $AT = 70$  tahun atau 25.550 hari/*lifetime* (US-EPA, 1997).

#### 2.2.4.3 Penilaian Dosis Respon (*Dose-Response Assesment*)

Nilai toksisitas dinyatakan sebagai *Cancer Slope Factor* (CSF) atau *Cancer Unit Risk* (CCR) untuk efek-efek karsinogenik. Nilai *Cancer Slope Factor* untuk paparan melalui inhalasi atau pernafasan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Kontaminan	Cancer Slope Factor (kg.hari/mg)
TSP	1,1
Pb	0,042

Sumber: US-EPA,1993

$$C = \frac{(W2 - W1) \times 10^6}{V}$$

### B. Perhitungan konsentrasi Pb

$$C = \frac{(Ct - Cb) \times Vt \times \frac{S}{S_i}}{V}$$

#### 2.4.4 Karakteristik Risiko (Risk Characterization)

ECR atau HQ = CSF x CDI

Keterangan :

ECR : *Excess Cancer Risk*, nilai risiko karsinogenik

CSF : *Cancer Slope Factor*, faktor *slope* karsinogenik melalui inhalasi (kg.hari/mg)

CDI : *Carsinogenic Daily Intake*, asupan/*intake* yang terpapar ke dalam tubuh

Semakin besar nilai ECR diatas 1 ( $ECR \geq 1$ ) semakin besar kemungkinan risiko itu terjadi dan sebaliknya jika nilai ECR kurang dari 1 ( $ECR < 1$ ) maka semakin kecil kemungkinan risiko kesehatan itu untuk terjadi (Huboyo,2007).

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Metode Pengambilan Data

1. Metode Observasi
2. Metode Kuesioner
3. Metode Pengukuran di lapangan

#### 3.2 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

##### 3.2.1 Analisis Konsentrasi TSP dan Pb A. Perhitungan konsentrasi TSP

1. Koreksi Laju Alir pada Kondisi Standar

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

2. Volume udara yang Diambil

$$V = \frac{Q_{S1} \times Q_{S2}}{2} \times T$$

3. Konsentrasi Partikel Tersuspensi Total dalam Udara Ambien

#### 3.3 Pembuatan Estimasi Sebaran TSP dan Pb

Estimasi Sebaran Partikulat TSP dan Pb menggunakan software *CALINE4* dan *Surfer 8*.

#### 3.4 Analisis Risiko Pencemar TSP dan Pb terhadap kesehatan pengguna terminal

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)
2. Penilaian Pemaparan (*Exposure Assesment*)
3. Penilaian Dosis-Respon (*Toxicity Assesment*)
4. Karakteristik Risiko

#### 3.5. Analisis Statistik

1. Analisis Deskriptif
2. Uji Validitas
3. Uji Reliabilitas
4. Uji Korelasi Sederhana
5. Uji Regresi Linier Sederhana

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Identifikasi Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dibagi menjadi 3 titik pengukuran, yaitu pengukuran pagi dilaksanakan di jalur masuk bis, pengukuran siang dilaksanakan di jalur menunggu (*idle time*) dan pengukuran sore hari dilaksanakan di jalur keluar bis. Waktu penelitian dilakukan kurang lebih selama 8 hari dalam 3 minggu.

#### 4.2 Analisis Konsentrasi TSP dan Pb di Terminal Mangkang dan Penggaron

##### 4.2.1 Analisis Konsentrasi TSP di Terminal Mangkang

Pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*), didapatkan konsentrasi rata-rata TSP tertinggi pada sore hari sebesar 64,06  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan terendah pada siang hari sebesar 45,12  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Sedangkan pengukuran akhir minggu (*weekend*) di Terminal Mangkang

memiliki konsentrasi rata-rata TSP tertinggi pada sore hari sebesar  $71,75 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan terendah pada siang hari sebesar  $47,47 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi TSP tertinggi di Terminal Mangkang diperoleh pada pengukuran akhir minggu (*weekend*). Hal ini dapat terjadi karena kendaraan bermotor yang melintas pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) lebih banyak dibandingkan pada saat pengukuran tengah minggu (*weekdays*). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurzazuli et.al (2010), bahwa kadar TSP di Jalan Siliwangi lebih tinggi ( $533 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) dibandingkan dengan jalan perintis kemerdekaan yang hanya ( $377,2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) dikarenakan jumlah kendaraan bermotor yang melewati Jalan Siliwangi lebih banyak yaitu 9392 unit selama satu jam, dibandingkan dengan jalan perintis kemerdekaan yang hanya 5787 unit kendaraan.

Selain dipengaruhi oleh banyaknya jumlah kendaraan bermotor, fluktuasi konsentrasi TSP dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. (Rahmadini, 2015). Tidak hanya itu, pergerakan dan lama atau tidaknya aktivitas bis ketika menunggu (*idle time*) juga dapat mempengaruhi konsentrasi pencemar. Menurut penelitian yang dilakukan SITRAMP (2004), kendaraan yang bergerak pelan memerlukan konsumsi bahan bakar yang lebih besar daripada saat bergerak dengan kecepatan sedang.

#### 4.2.2 Analisis Konsentrasi TSP di Terminal Penggaron

Konsentrasi TSP rata-rata tertinggi pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*) sebesar  $156,77 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (Pagi Hari), dan terendah sebesar  $55,215 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (Siang Hari). Sedangkan untuk pengukuran akhir minggu (*weekend*), konsentrasi TSP rata-rata tertinggi dihasilkan pada waktu pagi hari sebesar  $176,235 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan konsentrasi terendah

pada waktu sore hari sebesar  $52,45 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi TSP rata-rata pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*).

#### 4.2.3 Analisis Konsentrasi Pb di Terminal Mangkang

Konsentrasi Pb rata-rata pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*) tertinggi dihasilkan pada sore hari sebesar  $0,079 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan terendah sebesar  $0,038 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada siang hari. Sedangkan pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) didapatkan konsentrasi Pb rata-rata tertinggi pada waktu sore hari sebesar  $0,047 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan terendah sebesar  $0,040 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada siang hari. Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Pb rata-rata tertinggi dihasilkan pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*).

#### 4.2.4 Analisis Konsentrasi Pb di Terminal Penggaron

Konsentrasi Pb rata-rata tertinggi pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*) sebesar  $0,0835 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Pagi Hari), dan terendah sebesar  $0,0285 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Siang Hari). Sedangkan untuk pengukuran akhir minggu (*weekend*), konsentrasi Pb rata-rata tertinggi dihasilkan pada waktu pagi hari sebesar  $0,0920 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan konsentrasi terendah pada waktu sore hari sebesar  $0,0295 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Pb rata-rata pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*).

#### 4.3 Analisis Estimasi Sebaran TSP dan Pb di Terminal Mangkang dan Penggaron

##### 4.3.1 Analisis Estimasi Sebaran TSP Terminal Mangkang Weekdays

Pada analisis jenis kendaraan yaitu bis, dapat disimpulkan bahwa responden yang memiliki nilai risiko TSP paling tinggi yaitu responden 32 (R32) pada titik sampling III sebesar  $0,113 \text{ mg}/\text{m}^3$  dan nilai minimum

diterima oleh responden 13 sebesar  $0,0704 \text{ mg/m}^3$  pada titik sampling II. Arah angin menjadi faktor penting dalam pendistribusian pencemar. Pola arah angin ini akan menentukan kemana arah udara yang membawa sumber polutan bergerak ke suatu tempat (Fathmaulida,2013). Ketika kecepatan angin tinggi, maka penyebaran polutan lebih cepat terjadi dan konsentrasi polutan tidak menumpuk di sekitar sumber emisi suatu tempat (Ramayana,2013). Oleh karena itu, masing-masing responden terpapar polutan dengan konsentrasi yang berbeda-beda.

#### **4.3.2 Analisis Estimasi Sebaran TSP Terminal Mangkang Weekend**

Responden yang memiliki nilai risiko TSP paling tinggi yaitu responden 21 (R21) pada titik sampling III sebesar  $0,120 \text{ mg/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 14 sebesar  $0,0801 \text{ mg/m}^3$  pada titik sampling II.

#### **4.3.3 Analisis Estimasi Sebaran TSP Terminal Penggaron Weekdays**

Responden yang memiliki nilai risiko TSP paling tinggi yaitu responden 8 (R8) pada titik sampling I sebesar  $0,267 \text{ mg/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 16 sebesar  $0,0941 \text{ mg/m}^3$  pada titik sampling II.

#### **4.3.4 Analisis Estimasi Sebaran TSP Terminal Penggaron Weekend**

Responden yang memiliki nilai risiko TSP paling tinggi yaitu responden 4 (R4) pada titik sampling I sebesar  $0,3022 \text{ mg/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 20 sebesar  $0,082 \text{ mg/m}^3$  pada titik sampling III.

#### **4.3.5 Analisis Estimasi Sebaran Pb Terminal Mangkang Weekdays**

Responden yang memiliki nilai risiko Pb tertinggi yaitu responden 24 (R24) pada titik sampling III sebesar  $0,0789 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 13 sebesar  $0,0304 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  pada titik sampling II.

#### **4.3.6 Analisis Estimasi Sebaran Pb Terminal Mangkang Weekend**

Responden yang memiliki nilai risiko Pb paling tinggi yaitu responden 32 (R32) pada titik sampling III sebesar  $0,0468 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 19 sebesar  $0,0377 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  pada titik sampling II.

#### **4.3.7 Analisis Estimasi Sebaran Pb Terminal Penggaron Weekdays**

Responden yang memiliki nilai risiko Pb tertinggi yaitu responden 5 (R5) pada titik sampling I sebesar  $0,0836 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 11 sebesar  $0,021 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  pada titik sampling II.

#### **4.3.8 Analisis Estimasi Sebaran Pb Terminal Penggaron Weekend**

Responden yang memiliki nilai risiko Pb tertinggi yaitu responden 5 (R5) pada titik sampling I sebesar  $0,091 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dan nilai minimum diterima oleh responden 25 sebesar  $0,0294 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  pada titik sampling III.

#### **4.4 Analisis Risiko TSP dan Pb di Terminal Mangkang dan Penggaron Kota Semarang**

Analisis risiko terdiri dari empat tahap kajian, yaitu identifikasi bahaya (*hazard potential identification*), analisis dosis-respon (*dose-response assesment*), analisis pemajanan (*exposure assesment*), dan karakteristik risiko (*risk characterization*).

#### **4.4.1 Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)**

Tahap pertama dalam analisis risiko adalah identifikasi lokasi dan identifikasi sumber-sumber bahaya yang ada dalam lokasi studi. Penelitian dilakukan di Terminal Mangkang dan Penggaron Kota Semarang. Penentuan titik sampling dilakukan berdasarkan lokasi yang memiliki kadar TSP dan Pb yang tinggi, serta lokasi dengan kepadatan penduduk tinggi. Pada masing-masing terminal, lokasi penelitian dibagi menjadi 3 (tiga) titik. Untuk Terminal Mangkang, lokasi penelitian terdiri dari pintu masuk terminal, tempat menunggu bis (*idle*



time), dan Selter BRT. Sedangkan pada Terminal Penggaron, lokasi penelitian terdiri dari jalur masuk terminal, Selter BRT, dan jalur keluar.

#### 4.4.2 Penilaian Pemaparan (*Exposure Assesment*)

*Exposure Assesment* yang disebut juga dengan penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan pencemar agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Dalam tahap ini diawali dengan mengidentifikasi populasi responden terpapar dan distribusi cemaran dalam lokasi serta dilanjutkan dengan menghitung asupan atau *intake* yang diterima individu dalam populasi.

##### A. Identifikasi Populasi Responden yang Terpapar

Dalam pengambilan populasi, dianggap ketiga titik sampling yang dipilih sebagai titik dimana pengguna terminal (pengelola dan pedagang) terpapar TSP dan Pb paling banyak dalam titik sampling tersebut. Dalam penelitian ini responden yang diambil untuk perhitungan risiko di Terminal Mangkang sebanyak 33 responden sedangkan di Terminal Penggaron sebanyak 27 responden.

##### B. Perkiraan Dosis *Intake*

Contoh perhitungan untuk besarnya *intake* TSP dan Pb di Terminal Mangkang dan Penggaron dalam tubuh manusia adalah sebagai berikut :

##### 1. *Intake* TSP di Terminal Mangkang (*Pengukuran weekdays*)

CA: 0,0912 mg/m<sup>3</sup>

IR : 0,83 m<sup>3</sup>/jam (laju inhalasi untuk pengguna terminal; US-EPA,1990)

ET: 10 jam/hari

EF: 250 hari/tahun (waktu frekuensi untuk pengguna terminal;US-EPA,1990)

ED: 15 tahun

BW: 66 kg

AT: 70 tahun x 365 hari/tahun = 25550 hari  
(efek karsinogenik;EPA,1997)

$$CDI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$
$$\frac{0,0912 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 10 \frac{jam}{hari} \times 250 \frac{hari}{tahun} \times 15 \text{ tahun}}{66 \text{ kg} \times 25550 \text{ hari}} \text{---} CDI$$
$$= 0,0017 \text{ mg/kg.hari}$$

Dengan menggunakan cara yang sama didapat *intake* harian kronik (CDI) di setiap titik sampling pada konsentrasi TSP di Terminal Mangkang dan Penggaron pengukuran tengah minggu (*weekdays*) dan akhir minggu (*weekend*) sebagai berikut :

*Intake* (CDI) TSP tertinggi di Terminal Mangkang pengukuran tengah minggu (*weekdays*) diterima oleh responden 26 sebesar 0,0033 mg/kg.hari di titik sampling III, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 30 sebesar 0,0003 mg/kg.hari di titik sampling III.

##### 2. *Intake* TSP di Terminal Mangkang (*Pengukuran weekend*)

*Intake* (CDI) TSP tertinggi di Terminal Mangkang pengukuran akhir minggu (*weekend*) diterima oleh responden 26 sebesar 0,0037 mg/kg.hari di titik sampling III, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 30 sebesar 0,0003 mg/kg.hari di titik sampling III. Jika dibandingkan dengan pengukuran *weekdays*, nilai *intake* yang dimiliki pada pengukuran *weekend* memiliki nilai yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain :

1. Konsentrasi pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) lebih tinggi dibandingkan konsentrasi pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*).
2. Lama kerja responden tersebut, sehingga waktu pemaparan semakin panjang setiap harinya.

3. Masa kerja di Terminal yang sudah lama sehingga akumulasi konsentrasi pencemar yang ada di dalam tubuh semakin banyak.

4. Faktor berat badan yang dapat mempengaruhi perhitungan nilai risiko. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmadhini (2015), bahwa berat badan dan lama kerja dalam sehari mempengaruhi perhitungan nilai risiko. Semakin besar berat badan responden, maka nilai *intake* yang diterima semakin kecil. Sedangkan semakin lama kerja responden dalam sehari, maka semakin banyak pula *intake* (asupan) debu yang masuk dalam tubuh responden tersebut.

### 3. *Intake* TSP di Terminal Penggaron (Pengukuran Weekdays)

*Intake* (CDI) TSP tertinggi di Terminal Penggaron pengukuran tengah minggu (*weekdays*) diterima oleh responden 8 sebesar 0,0065 mg/kg.hari di titik sampling I, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 26 sebesar 0,0002 mg/kg.hari di titik sampling III.

### 4. *Intake* TSP di Terminal Penggaron (Pengukuran Weekend)

*Intake* (CDI) TSP tertinggi di Terminal Penggaron pengukuran akhir minggu (*weekend*) diterima oleh responden 8 sebesar 0,0073 mg/kg.hari di titik sampling I, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 26 sebesar 0,0001 mg/kg.hari di titik sampling III.

### 5. *Intake* Pb di Terminal Mangkang (Pengukuran weekdays)

*Intake* (CDI) Pb tertinggi di Terminal Mangkang pengukuran tengah minggu (*weekdays*) diterima oleh responden 26 sebesar 0,00000254 mg/kg.hari di titik sampling III, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 9 sebesar 0,00000016 mg/kg.hari di titik sampling I.

### 6. *Intake* Pb di Terminal Mangkang (Pengukuran weekend)

*Intake* (CDI) Pb tertinggi di Terminal Mangkang pengukuran akhir minggu (*weekend*) diterima oleh responden 26 sebesar 0,00000151 mg/kg.hari di titik sampling III, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 30 sebesar 0,00000014 mg/kg.hari di titik sampling III.

### 7. *Intake* Pb di Terminal Penggaron (Pengukuran weekdays)

*Intake* (CDI) Pb tertinggi di Terminal Penggaron pengukuran tengah minggu (*weekdays*) diterima oleh responden 8 sebesar 0,0000020 mg/kg.hari di titik sampling I, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 4 sebesar 0,00000030 mg/kg.hari di titik sampling I.

### 8. *Intake* Pb di Terminal Penggaron (Pengukuran weekend)

*Intake* (CDI) Pb tertinggi di Terminal Penggaron pengukuran akhir minggu (*weekend*) diterima oleh responden 8 sebesar 0,0000021 mg/kg.hari di titik sampling I, sedangkan nilai *intake* terendah diterima oleh responden 4 sebesar 0,00000003 mg/kg.hari di titik sampling I.

### 4.4.3. Penilaian Dosis Respon (Toxicity Assessment)

Nilai *Cancer Slope Factor* untuk pemaparan melalui inhalasi atau pernafasan yaitu:

TSP : 1,1 kg.hari/mg

Pb : 0,042 kg.hari/mg

### 4.4.4. Karakteristik Risiko

#### 1. Nilai risiko TSP di Terminal Mangkang (pengukuran weekdays)

CSF = 1,1 (mg/kg.hari)<sup>-1</sup>

CDI = 0,0017 (mg/kg.hari)

Risiko = CSF x CDI

= 1,1 (mg/kg.hari)<sup>-1</sup> x 0,0017

(mg/kg.hari)

= 0,00185



Nilai risiko pencemaran TSP sampling III (selter BRT) dengan nilai risiko perseorangan tertinggi diterima oleh sebesar 0,000000063, dan nilai terendah sebesar Responden 26 pada titik sampling III (selter 0,000000006 diterima oleh responden 30 pada BRT) dengan nilai risiko sebesar 0,00368, dan titik sampling III.

nilai terendah sebesar 0,00036 diterima oleh7. **Nilai risiko Pb di Terminal Penggaron (pengukuran weekdays)**

## 2. Nilai risiko TSP di Terminal Mangkang (pengukuran weekend)

Nilai risiko pencemaran TSP sampling I dengan nilai risiko sebesar perseorangan tertinggi diterima oleh 0,000000085, dan nilai terendah sebesar Responden 26 pada titik sampling III (selter 0,000000011 diterima oleh responden 4 pada BRT) dengan nilai risiko sebesar 0,0040, dan titik sampling I.

nilai terendah sebesar 0,00037 diterima oleh8. **Nilai risiko Pb di Terminal Penggaron (pengukuran weekend)**

## 3. Nilai risiko TSP di Terminal Penggaron (pengukuran weekdays)

Nilai risiko pencemaran TSP sampling I dengan nilai risiko sebesar perseorangan tertinggi diterima oleh 0,000000089, dan nilai terendah sebesar 0,000000012 diterima oleh responden 4 pada titik sampling I.

## 4.5 Analisis Deskriptif

### Data Diri

Dalam hal usia sebagian besar responden di Terminal Mangkang berusia 31-50 tahun dengan usia paling muda adalah 26 tahun, sedangkan responden di Terminal Penggaron berusia > 50 tahun, dengan usia paling muda yaitu 26 tahun. Pada data berat badan, berat badan tertinggi pada responden di Terminal Mangkang adalah 80 kg dan berat badan terendah adalah 45 kg. Sedangkan berat badan tertinggi pada responden di Terminal Penggaron adalah 80 kg, dan terendah sebesar 50 kg. Pada data tinggi badan, sebagian besar responden di Mangkang memiliki tinggi badan 161-170 cm, sedangkan responden di Penggaron 151-160 cm. Sebagian besar responden di Terminal Mangkang sudah bekerja di terminal selama 6-10 tahun, dan responden di Terminal Penggaron selama >10 tahun, dengan lama kerja per harinya 7-12 jam per hari.

## 4. Nilai risiko TSP di Terminal Penggaron (pengukuran weekend)

Nilai risiko pencemaran TSP perseorangan tertinggi diterima oleh Responden 8 pada titik sampling I dengan nilai risiko sebesar 0,00804, dan nilai terendah sebesar 0,0001 diterima oleh responden 26 pada titik sampling III.

## 5. Nilai risiko Pb di Terminal Mangkang (pengukuran weekdays)

Nilai risiko pencemaran Pb perseorangan tertinggi diterima oleh Responden 26 pada titik sampling III (selter BRT) dengan nilai risiko sebesar 0,000000107, dan nilai terendah sebesar 0,000000007 diterima oleh responden 9 pada titik sampling I.

## 6. Nilai risiko Pb di Terminal Mangkang (pengukuran weekend)

Nilai risiko pencemaran Pb perseorangan tertinggi diterima oleh Responden 26 pada titik

## 2. Gaya Hidup

Dalam hal lama tidur, responden di Terminal Mangkang memiliki kebiasaan tidur selama 4-6 jam, sedangkan responden di Terminal Penggaron yaitu 7-9 jam. Pada data penghasilan per bulan, sebagian responden memiliki penghasilan sebesar 1,1-2 juta. Untuk parameter kebiasaan merokok, sebagian besar responden tidak merokok.

## 3. Kesehatan

Dalam hal berolahraga, responden di Terminal Mangkang dan Penggaron jarang melakukan olahraga dikarenakan memiliki jam kerja yang lama di terminal. Dalam hal riwayat penyakit, sebagian besar responden tidak memiliki riwayat penyakit. Sebagian besar responden juga tidak memiliki alergi terhadap debu. Pada responden di Terminal Mangkang, hanya 11 orang yang melakukan pemeriksaan rutin setiap 6 bulan sekali, sedangkan pada responden di Terminal Penggaron hanya 4 orang yang melakukan pemeriksaan rutin.

## 4. Persepsi Responden

Sebagian besar responden memiliki persepsi bahwa kualitas udara di lokasi kerja Terminal Mangkang cukup buruk, serta responden sedikit terganggu terhadap kondisi udara lokasi kerja. Menurut sebagian besar responden, waktu terjadinya polusi udara yang paling mengganggu adalah pada siang hari dan sumber polusi udara terbesar adalah ketika bus ngetam. Mengenai pengetahuan terhadap bahaya TSP dan Pb bagi kesehatan, sebagian besar responden tidak mengetahui bahaya tersebut dan beberapa responden mengetahui bahaya TSP dan Pb terhadap kesehatan. Sebagian besar responden memiliki persepsi bahwa kualitas udara di lokasi kerja Terminal Penggaron cukup baik, sehingga responden tidak terganggu terhadap kondisi udara lokasi kerja. Menurut beberapa responden, sumber polusi udara terbesar adalah ketika bus ngetam

dan bus masuk terminal. Mengenai pengetahuan terhadap bahaya TSP dan Pb bagi kesehatan, sebagian besar responden tidak mengetahui bahaya tersebut dan hanya 2 dari 27 responden mengetahui bahaya TSP dan Pb terhadap kesehatan.

## 4.6 Analisis Statistik Kuesioner

### 4.6.1 Analisis Korelasi Sederhana

Pada penelitian ini analisis korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan linear antara nilai risiko dengan variabel bebas berupa data diri. Metode analisis korelasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Pearson Correlation* atau sering disebut dengan *Product Moment Pearson* karena data yang ingin dicari keeratan hubungannya adalah data yang bersifat kuantitatif.

Aspek usia responden memiliki hubungan kategori rendah dengan nilai risiko. Aspek berat badan dan masa kerja memiliki hubungan yang kuat dengan nilai risiko, sedangkan aspek tinggi badan dan lama kerja memiliki hubungan kategori sedang dengan nilai risiko sesuai dengan analisis korelasi sederhana.

### 4.6.2 Analisis Regresi Linier Sederhana

Dari hasil analisis regresi linier sederhana, dapat diketahui hubungan konsentrasi terhadap risiko pencemaran TSP dan Pb. Dapat disimpulkan bahwa titik sampling I yaitu jalur masuk terminal merupakan lokasi yang paling berisiko bagi pengguna terminal. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pengaturan jam kerja bagi responden di lokasi tersebut, sehingga responden tidak berada di lokasi berisiko dalam jangka waktu yang lama setiap harinya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi paparan pencemaran TSP pada responden di pintu masuk terminal.

## Kesimpulan

1. Konsentrasi TSP rata-rata pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) lebih tinggi

dibandingkan pada saat pengukuran tengah minggu (*weekdays*). Namun untuk parameter Pb di Terminal Mangkang diperoleh hasil bahwa konsentrasi Pb rata-rata pengukuran tengah minggu (*weekdays*) lebih tinggi dibandingkan pada waktu pengukuran akhir minggu (*weekend*).

2. Konsentrasi TSP dan Pb pada Terminal Mangkang dan Penggaron Kota Semarang berada di bawah standar baku mutu PP No.41 Tahun 1999 mengenai baku mutu standard TSP dan Pb yaitu  $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Namun terdapat 1 titik sampling di Terminal Penggaron yaitu titik sampling I yang memiliki konsentrasi TSP sebesar  $235,77 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sehingga melebihi ambang batas standard baku mutu untuk TSP.

3.a. Berdasarkan gambar estimasi sebaran TSP dan Pb yang dibuat dengan menggunakan *software Caline4* dan *Surfer*, didapatkan hasil bahwa untuk parameter TSP di Terminal Mangkang pengukuran tengah minggu (*weekdays*), responden 32 (R32) pada titik sampling III terpapar konsentrasi TSP paling tinggi sebesar  $0,113 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Sedangkan pada pengukuran akhir minggu (*weekend*), responden 21 (R21) terpapar konsentrasi paling tinggi sebesar  $0,120 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Untuk parameter Pb di Terminal Mangkang pengukuran tengah minggu (*weekdays*), responden 24 (R24) terpapar konsentrasi Pb paling tinggi yaitu sebesar  $0,0789 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan responden 32 (R32) terpapar konsentrasi Pb tertinggi sebesar  $0,0468 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada pengukuran akhir minggu (*weekend*). Kemudian untuk parameter TSP di Penggaron pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*), responden 8 (R8) pada titik sampling I terpapar konsentrasi paling tinggi sebesar  $0,267 \text{ mg}/\text{m}^3$ , dan pada pengukuran akhir minggu (*weekend*) responden 4 (R4) terpapar konsentrasi paling tinggi sebesar  $0,3022 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Hal yang sama juga terjadi untuk parameter Pb bahwa pada

pengukuran tengah minggu (*weekdays*) dan akhir minggu (*weekend*) responden 5 (R5) terpapar konsentrasi paling tinggi sebesar  $0,0836 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $0,091 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

b. Besarnya nilai risiko di Terminal Mangkang dan Penggaron pada pengukuran tengah minggu (*weekdays*) dan akhir minggu (*weekend*) berada di bawah standard nilai risiko maksimum yaitu 1. Maka dapat disimpulkan bahwa paparan TSP dan Pb yang diterima oleh responden tidak berbahaya bagi kesehatan.

### Saran

1. Untuk dapat mencegah penyakit yang dapat ditimbulkan dari pencemar TSP dan Pb, sebaiknya pekerja di terminal menggunakan "*safety tools*" berupa masker debu berupa respirator ketika berada di kawasan terminal.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan sampling pada titik pengukuran dengan waktu yang berbeda.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat digunakan *personal dust sampler* agar *intake* atau asupan yang diterima responden akan lebih akurat.
4. Reduksi emisi dari sumber dengan cara melakukan pengujian emisi, pengecekan mesin, dan pembatasan usia kendaraan terutama bagi transportasi masal.
5. Penggunaan bahan bakar yang ramah lingkungan seperti BBG sebagai upaya pengurangan emisi yang dihasilkan dari aktivitas transportasi.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Aprianti, Dewi. 2011. *Analisis Pengaruh Tingkat Volume Lalu Lintas Kendaraan di Pintu Tol Terhadap Tingkat Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) dan Pengukuran Konsentrasi Timbal di Udara Ambien (Studi Kasus: Pintu Tol Cillilitan 2,*

- Bulan Januari-Februari 2011). Fakultas Teknik. Depok : Universitas Indonesia
2. Environmental Protection Agency (EPA).1993. *Reference Dose (Rfd):Description and Use in Health Risk Assessments*. United States.
  3. Fathmaulida,Annisa. 2013. *Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengolahan Batu Kapur Di Desa Tamansari Kabupaten Karawang*.Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan.Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
  4. Gusnita, Dessy. 2012. *Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal*. Peneliti Bidang Komposisi Atmosfer, LAPAN.
  - 5.Huboyo, Haryono Setyo, dan Syafrudin.2007. *Jurnal Analisis Risiko Konsentrasi Debu (TSP) dan Timbal (Pb) Di Pinggir Jalan Terhadap Kesehatan Manusia (Studi Kasus: Kota Yogyakarta)*. Program Studi Teknik Lingkungan UNDIP.
  6. International Agency for Research on Cancer (IARC). 2013. *Press Release No.221 Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths*. France: World Health Organization.
  7. Mulia, R.M. 2005. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
  8. Nurjazuli et.al.2010. *Analisis Perbedaan Kapasitas Fungsi Paru Pada Pedagang Kaki Lima Berdasarkan Kadar Debu Di Jalan Nasional Kota Semarang*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Semarang: Universitas Diponegoro
  9. Palar.H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi logam berat*. Jakarta :Rineka Cipta.
  10. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.41 Tahun 1999. *Pengendalian Pencemaran Udara*.
  - 11.Putra, Prawira Adi. 2011. *Tingkat Pencemaran Udara Kawasan Sekolah Berdasarkan Parameter Total Suspended Particulate (TSP) dan Kebisingan Akibat Kendaraan yang Melintas (Studi Kasus: SMP 29, SMP11 dan SMP 19 Jakarta Selatan)*.Fakultas Teknik. Depok: Universitas Indonesia.
  12. Rahmadini, Rafini.2015. *Analisis Risiko Total Suspended Particulate (TSP) Pada Tahap Pembangunan Jalan Terhadap Kesehatan Pekerja (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Kendal-Batas Kota Semarang, Jawa Tengah)*. Fakultas Teknik. Semarang : Universitas Diponegoro
  13. Rahman, Abdur. 2007. *Bahan Ajar Pelatihan Analisis Risiko Kesehatan (Program Intensif Tingkat Dasar*. Depok: FKM UI.
  - 14.Ramayana,Kiki.2013. *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologis(Suhu,Kelembaban,Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar CO (Karbon Monoksida) Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya, dan Ngesrep Timur V)*. Fakultas Teknik.Semarang: Universitas Diponegoro
  - 15.Rochimawati, Nur Riana. 2014. *Prediction and Modelling of Total Suspended Particulate Generation on Ultisol and Andisol Soil*. Bogor:IPB
  - 16.JICA.2004.Study of Integrated Transportation Master Plan for Jabodetabek (SITRAMP Phase II).
  - Yahya, F. 2010. *Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Aerasi Menggunakan Media Bioball dan Enceng Gondok*.Teknologi Lingkungan ITS. Surabaya.