



**ANALISIS RISIKO CEMARAN TSP (*TOTAL SUSPENDED PARTICULATE*) PADA TAHAP PEMBANGUNAN GEDUNG TERHADAP KESEHATAN PEKERJA (STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN PALTROW CITY SEMARANG, JAWA TENGAH)**

**Putri Kharisma Anindya\*), Syafrudin\*\*), Pertiwi Andarani\*\*\*)**  
**Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro**  
**Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275**  
**email: andarani@gmail.com**

**Abstrak**

*Pencemaran udara disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya yaitu pada kegiatan pembangunan gedung. Pada kegiatan pembangunan gedung, salah satu zat pencemar yang dihasilkan adalah TSP (Total Suspended Particulate), yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Besarnya efek yang ditimbulkan oleh TSP bergantung pada besarnya kecilnya ukuran partikulat, konsentrasi, dan komposisi fisik-kimia di udara. Paparan TSP secara terus menerus dapat menyebabkan gangguan pernapasan, oleh karena itu perlu dilaksanakan studi atau penelitian untuk menganalisis risiko yang ditimbulkan akibat paparan TSP terhadap kesehatan konstruksi. Penelitian ini membahas tentang analisis risiko cemaran TSP akibat pekerjaan pembangunan gedung terhadap pekerja pada pekerjaan pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material. Pada setiap jenis pekerjaan terdapat dua titik sampling. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur besarnya konsentrasi TSP pada setiap titik sampling, membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu yang berlaku, dan menganalisis besarnya nilai risiko cemaran TSP terhadap kesehatan pekerja. Metode penelitian yang dilakukan diawali dengan survei lokasi sampling, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel konsentrasi TSP dilanjutkan dengan analisis di laboratorium dan perhitungan untuk mengetahui konsentrasi TSP, setelah itu dilakukan pengolahan data dengan metode analisis risiko untuk mengetahui nilai risiko TSP pada tahap pembangunan gedung. Analisis risiko terdiri dari empat tahapan yaitu identifikasi bahaya, penilaian paparan, perkiraan dosis-respon, dan karakteristik risiko. Dari hasil analisis, diperoleh konsentrasi TSP tertinggi sebesar 795,691  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , yang dihasilkan dari titik 1 pekerjaan transportasi material, dan konsentrasi terendah sebesar 186,811  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  yang dihasilkan dari titik 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja. Dari hasil analisis risiko, dihasilkan nilai risiko karsinogenik terbesar sebesar 0,0514 atau 5,14% yang diterima oleh pekerja yang bekerja di titik sampling 1 pekerjaan transportasi material, dan risiko karsinogenik terendah sebesar 0,0077 atau 0,77% yang diterima oleh pekerja yang bekerja di titik sampling 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja. Risiko karsinogenik tertinggi dihasilkan dari pekerjaan transportasi material, sedangkan risiko karsinogenik terendah dihasilkan dari pekerjaan pembuatan lantai kerja. Nilai risiko cemaran TSP terhadap seluruh responden yang dihasilkan dari perhitungan telah melebihi rentang nilai risiko karsinogenik yang dapat diterima, yaitu  $1 \times 10^{-6}$  -  $1 \times 10^{-4}$  (US-EPA, 2011a). Hal ini berarti nilai risiko cemaran TSP yang dihasilkan dari pekerjaan pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material pada tahap pembangunan gedung berpotensi besar menyebabkan kanker.*

*Kata Kunci :Pencemaran Udara, TSP, Analisis Risiko, Konstruksi*

**Abstract**

**[Risk Analysis of TSP (*Total Suspended Particulate*) at Building Construction Area towards Workers' Health (Case Study: Paltrow City Apartement Construction Project, Semarang, Central Java) ]** Air pollution is caused by several things, one of the many activities that can potentially increase air pollution is building construction activities. In the building construction activities, one of the pollutants that produced is TSP (*Total Suspended Particulate*), that have negative impact to human health. The magnitude of the effect that caused by TSP depends on the size of the particulates, concentration, and physical-chemical composition of the air. Continuous exposure of TSP can cause respiratory problems, therefore, a study or research about risk analysis of TSP at building construction area towards workers' health is very needed. This research examined the risk analysis of TSP at building construction project that consist of three stages of works, which are concrete mixing activity, lean concrete activity, and transportation of materials. At each type of work, there are two sampling points.

*The main purposes of this research are to measure the concentration of TSP in each sampling point, to compare the measurement results with quality standards that are applicable, and to analyze the amount of TSP contamination risk to workers' health. Methods on this research are done gradually, started with surveying on sampling location and collecting of the TSP concentration sample, and then followed by laboratory analysis and calculations to determine the concentration of TSP, and the last was data-processing with risk analysis methods*

to determine the amount of TSP to workers' health. Risk analysis study consists of four stages, which are hazard identification, exposure assessment, dose-response assessment, and risk characterization. From the results gathered, the highest concentration of TSP that measured was  $795,691 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  that found on materials transportation activities sampling point 1 and the lowest concentration that measured was  $186,811 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , that found on lean concrete activity sampling point 1. From the results of the risk analysis gathered, the highest level of individual carcinogenic risk was 0,0514 or 5,14% that found on a worker who worked at material transportation activities sampling point 1 and the lowest was 0,007 or 0,77% that found on a worker who worked at lean concrete activity sampling point 1. The highest carcinogenic risk of TSP was found on materials transportation activities, and the lowest carcinogenic risk of TSP was found on lean concrete activity. TSP contamination risk values for all respondents resulting from the calculation were more than  $1 \times 10^{-4}$  (US-EPA, 2011a) or already passed the risk safe acceptable range. It showed non acceptable value and potentially caused cancer.

Keywords : Air Pollution, TSP, Risk Analysis, Construction

## PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya zaman dan peradaban, peningkatan kebutuhan manusia tak dapat dihindari, termasuk kebutuhan akan tempat tinggal yang layak. Dengan demikian, kegiatan konstruksi gedung juga semakin berkembang karena adanya peningkatan kebutuhan tempat tinggal. Peradaban yang terus berkembang dan maju, juga berpengaruh terhadap kegiatan pembangunan gedung. Sektor konstruksi terus berkembang, terbukti dengan dibangunnya gedung-gedung pencakar langit di seluruh dunia. Pada tahap konstruksi gedung akan berlangsung berbagai jenis kegiatan fisik yang berpotensi menimbulkan pencemaran udara. Maka, dengan meningkatnya kegiatan pembangunan gedung, potensi tercemarnya udara juga semakin meningkat.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke alam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Salah satu pencemar udara yang perlu diperhatikan keberadaannya adalah TSP (*Total Suspended Particulate*). *Total Suspended Particulate* (TSP) merupakan partikel dengan ukuran diameter kurang dari 100 mikrometer (US-EPA, 1999).

Ada tiga cara masuknya bahan pencemar udara kedalam tubuh manusia, yaitu inhalasi, ingestasi/pencernaan, dan kontak kulit. Menurut Budiyono (2001), inhalasi adalah masuknya bahan pencemar udara ke tubuh manusia melalui sistem pernapasan. Bahan pencemar dapat mengakibatkan gangguan pada paru-paru dan saluran pernafasan, selain itu bahan pencemar ini kemudian masuk dalam peredaran darah dan menimbulkan akibat pada organ tubuh lain.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Liu et al, (2015) dengan judul "Mass concentration and health risk assessment of heavy metals in size-segregated airborne particulate matter in Changsha" dinyatakan kontak kulit dan *ingestion* (pencernaan) merupakan jalur utama pemaparan risiko ke tubuh manusia.

Analisis risiko adalah karakterisasi dari bahaya-bahaya potensial yang berefek pada kesehatan manusia dan bahaya lingkungan (US-EPA, 2005). Menurut US-EPA, tahap-tahap yang harus dilakukan dalam proses analisis risiko, yaitu :

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*), meliputi identifikasi keberadaan zat kimia berbahaya di sumber dan karakteristiknya (analisis sumber pencemar),
2. Penilaian Pemaparan (*Exposure Assesment*), meliputi bagaimana zat berbahaya tersebut berpindah ke reseptor dan jumlah *intake* yang diambil (analisis jalur perpindahan)
3. Penilaian Dosis Respon (*Dose-Response Assesment*), meliputi indikasi numerik dari tingkat toksisitas untuk menghitung besarnya risiko (analisis reseptor)
4. Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*), meliputi penentuan jumlah risiko secara numerik dan ketidakpastian dari perkiraan tersebut

Tujuan dari Penelitian yang berjudul "Analisis Risiko Cemar TSP (*Total Suspended Particulate*) pada Tahap Pembangunan Jalan Terhadap Kesehatan Pekerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Paltrow City Semarang, Jawa Tengah" adalah :

1. Mengukur besarnya konsentrasi TSP pada udara ambien pekerjaan pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material pada tahap pembangunan gedung,
2. Membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu yang berlaku (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 dan standar peraturan

- kualitas udara untuk proyek konstruksi di Negara Taiwan),
3. Menganalisis risiko cemaran TSP pada pekerjaan pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material pada tahap pembangunan gedung terhadap kesehatan pekerja.

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel TSP pada udara ambien di lokasi penelitian, yaitu proyek pembangunan Apartemen Paltrow City Semarang dengan menggunakan alat Dust Sampler DS 600 - MVS.

Pengambilan data dalam penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2015 – Juni 2015. Terdapat enam lokasi pengambilan sampel yang diambil berdasarkan jenis pekerjaan yang sedang dilakukan. Lokasi-lokasi sampling tersebut antara lain:

1. Lokasi 1 (Pengadukan adonan semen titik 1)
2. Lokasi 2 (Pengadukan adonan semen titik 2)
3. Lokasi 3 (Pembuatan lantai kerja titik 1)
4. Lokasi 4 (Pembuatan lantai kerja titik 2)
5. Lokasi 5 (Transportasi material titik 1)
6. Lokasi 6 (Transportasi material titik 2)

Setelah pengambilan sampel, dilakukan analisis di laboratorium untuk memperoleh konsentrasi TSP, kemudian dilakukan proses pengolahan data dan analisis risiko untuk mengetahui nilai risiko cemaran TSP terhadap kesehatan pekerja.

Alat Dan Bahan Penelitian

1. Dust Sampler DS 600 – MV
2. Neraca analitik
3. Kertas Saring (*glass Microfiber Filter* atau Whatman GF/A)
4. Oven
5. Anemometer
6. Barometer
7. Aluminium Foil
8. Desikator
9. Sarung tangan
10. Pinset/Tang Penjepit
11. Silica Gel

Rumus yang digunakan dalam penghitungan nilai intake adalah (US-EPA, 1989):

$$I = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- CA = Konsentrasi polutan pencemar ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )  
IR = Laju inhalasi, untuk pekerja konstruksi diasumsikan rata-rata sebesar  $1,5 \text{ m}^3/\text{jam}$  (US-EPA, 1997)  
ET = Durasi dari aktivitas paparan (jam/hari), nilai ini merupakan jam kerja pekerja proyek

pembangunan Apartemen Paltrow City setiap harinya, yaitu 8 jam/hari

EF = Frekuensi aktivitas yang terpapar (hari/tahun), frekuensi aktivitas untuk pekerja diasumsikan 250 hari/tahun (US-EPA, 2014)

ED = Durasi paparan (tahun), durasi paparan khusus untuk pekerja diasumsikan 25 tahun (US-EPA, 2014)

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).

Untuk menghitung nilai risiko karsinogenik diperlukan nilai *Cancer Slope Factor* (CSF), yang dapat dihitung dengan rumus:

$$CSF_{inh} = \frac{URF_{inh} \times BW \times 1000}{IR} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

CSF<sub>inh</sub> = Slope faktor karsinogenik melalui inhalasi ( $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{hari}^{-1}$ )

URF<sub>inh</sub> = Unit Risk Factor melalui inhalasi ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )<sup>-1</sup>

BW = Berat badan (kg) = 70 kg

1000 = unit konversi ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ )

IR = Laju inhalasi ( $\text{m}^3/\text{hari}$ ) =  $20 \text{ m}^3/\text{hari}$

Rumus yang digunakan dalam penghitungan nilai risiko karsinogen (US-EPA, 2005):

$$\text{Risiko} = \text{CDI} \times \text{SF} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

CDI = intake harian kronik responden  $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{hari})$

CSF = Faktor Slope (faktor slope TSP adalah  $1,1 (\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{hari}))^{-1}$  (US-EPA, 1997)

Untuk mendapatkan nilai slope factor, maka harus diketahui nilai unit risk factor untuk pencemar TSP. Menurut OEHHA atau *Office of Environmental Health Hazard Assessment* (2009) nilai faktor risiko unit inhalasi TSP memiliki kisaran nilai  $1,3 \times 10^{-4}$  sampai  $2,4 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Pada panel kajian ilmiah kontaminan udara beracun merekomendasikan nilai estimasi faktor risiko unit inhalasi TSP sebesar  $3,0 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Dari nilai unit risk factor tersebut dapat dihitung slope faktor unit inhalasi sebesar  $1,1 (\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{hari})^{-1}$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Hasil Konsentrasi TSP

Pengambilan sampel dan perhitungan konsentrasi TSP dilakukan sesuai dengan SNI 19-7119.3-2005. Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan konsentrasi TSP pada setiap titik sampling

Tabel 1  
Konsentrasi TSP

Kegiatan	TSP Rerata ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Baku Mutu (PP 41 '99)	Baku Mutu TSP di Konstruksi (Taiwan)
		( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )
Uji background awal	88,849	230	500
Uji background akhir	113,215		
Pengadukan adonan semen 1	457,527 $\pm 51,515$		
Pengadukan adonan semen 2	494,677 $\pm 37,655$		
Pembuatan lantai kerja 1	186,811 $\pm 21,498$		
Pembuatan lantai kerja 2	205,422 $\pm 9,748$		
Trasnsportasi material 1	795,691 $\pm 154,615$		
Transportasi material 2	619,685 $\pm 52,513$		

Konsentrasi TSP rata-rata tertinggi dihasilkan dari transportasi material titik 1, yaitu sebesar  $795,691 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan terkecil adalah pembuatan lantai kerja titik 1, yaitu sebesar  $186,811 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Apabila dibandingkan dengan baku mutu, konsentrasi TSP pada kegiatan pengadukan adonan semen dan transportasi material, hasil konsentrasi TSP pada kedua titik melebihi baku mutu TSP dalam udara ambien, sedangkan pada kegiatan pembuatan lantai kerja, konsentrasi TSP pada kedua titik sampling masih memenuhi baku mutu, sesuai dengan PP No. 41 tahun 1999. Sedangkan menurut baku mutu kualitas udara di proyek konstruksi, sesuai dengan standar peraturan di Negara Taiwan, konsentrasi TSP pada semua titik sampling masih memenuhi baku mutu, kecuali pada kegiatan transportasi material titik 1 dan 2.

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

Tahap pertama dalam analisis risiko adalah identifikasi bahaya, yang membahas identifikasi sumber-sumber bahaya yang ada dalam lokasi penelitian. Penelitian dilakukan di proyek pembangunan Apartemen Paltrow City Semarang. Penentuan titik sampling dilakukan berdasarkan jenis kegiatan yang memiliki potensi menghasilkan cemaran TSP tinggi. Terdapat tiga jenis tahapan pekerjaan yang dipilih, yaitu pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material. Pada masing-masing tahapan pekerjaan diambil dua titik sampling.

Kegiatan pengadukan adonan semen menjadi lokasi penelitian yang pertama. Proses pengadukan semen menghasilkan cemaran TSP yang berasal dari bahan-bahan yang digunakan, misalnya pasir dan semen. Selain itu, cemaran TSP juga dihasilkan dari debu yang berasal dari jalan atau tanah yang terbawa angin. Lokasi penelitian yang kedua adalah kegiatan pembuatan lantai kerja. Proses pembuatan

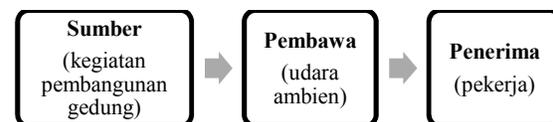
lantai kerja berpotensi menimbulkan cemaran TSP yang dihasilkan dari material-material yang digunakan. Lokasi penelitian yang ketiga adalah kegiatan transportasi material. Transportasi material berpotensi besar menimbulkan cemaran TSP yang berasal dari emisi kendaraan pengangkut itu sendiri, debu yang bersal dari tanah yang terbawa angin akibat adanya gesekan tanah kering dengan ban, serta material yang diangkut.

Bahaya yang akan diidentifikasi adalah konsentrasi TSP. TSP dipilih sebagai sumber bahaya yang akan diidentifikasi karena pada pembangunan gedung ini, konsentrasi TSP yang dihasilkan cukup besar dan sebagian besar telah melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999. Identifikasi TSP dilakukan dengan mengukur konsentrasi di udara ambien di enam titik sampling, yang kemudian dilakukan analisis di laboratorium untuk mengukur berat filter atau kertas saring akhir yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan konsentrasi TSP.

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

Tahapan yang dilakukan dalam penilaian pemaparan terdiri dari identifikasi populasi responden yang terpapar, identifikasi jalur penyebaran potensial, dan perhitungan dosis *intake*. Dalam studi kasus ini populasi yang terpapar adalah para pekerja proyek pembangunan Apartemen Paltrow City Semarang. Responden diambil pada setiap titik sampling. Total responden dari semua titik sampling adalah 45 orang.

Jalur penyebaran potensial sebagai media perpindahan polutan TSP kedalam tubuh manusia dapat melalui tiga cara yaitu proses pernapasan, pencernaan, dan kulit. Namun, dalam penelitian ini hanya membahas jalur penyebaran potensial perpindahan polutan TSP kedalam tubuh manusia (responden) melalui pernapasan atau inhalasi.



**Gambar 1**  
**Jalur Penyebaran Potensial TSP**

#### Perhitungan Dosis *Intake*

Dalam upaya mengetahui besarnya risiko yang diterima maka dapat dihitung besarnya intake TSP yang terpapar ke dalam tubuh responden yaitu pekerja melalui saluran pernapasan. Pada perhitungan dosis intake, besarnya intake partikel TSP dihitung dari responden, yaitu pekerja pada setiap titik sampling.

Dari hasil perhitungan *intake* TSP sesuai dengan persamaan (1), diperoleh nilai *intake* TSP pada tiap lokasi sampling.

- Pada lokasi sampling 1, yaitu pekerjaan pengadukan adonan semen titik 1, *intake* (CDI) TSP tertinggi yang diterima yaitu sebesar 0,0249 mg/(kg.hari) dan *intake* terendah yang diterima yaitu sebesar 0,0172 mg/(kg.hari).
- Pada lokasi sampling 2, yaitu pekerjaan pengadukan adonan semen titik 2, *intake* (CDI) TSP tertinggi yang diterima yaitu sebesar 0,0290 mg/(kg.hari) dan *intake* terendah yang diterima yaitu sebesar 0,0184 mg/(kg.hari).
- Pada lokasi sampling 3, yaitu pekerjaan pembuatan lantai kerja titik 1, *intake* (CDI) TSP tertinggi yang diterima yaitu sebesar 0,0110 mg/(kg.hari) dan *intake* terendah yang diterima yaitu sebesar 0,0070 mg/(kg.hari).
- Pada lokasi sampling 4, yaitu pekerjaan pembuatan lantai kerja titik 1, *intake* (CDI) TSP tertinggi yang diterima yaitu sebesar 0,0121 mg/(kg.hari) dan *intake* terendah yang diterima yaitu sebesar 0,0073 mg/(kg.hari).
- Pada lokasi sampling 5, yaitu pekerjaan transportasi material titik 1, *intake* (CDI) TSP tertinggi yang diterima yaitu sebesar 0,0467 mg/(kg.hari) dan *intake* terendah yang diterima yaitu sebesar 0,0292 mg/(kg.hari).
- Pada lokasi sampling 6, yaitu pekerjaan transportasi material titik 2, *intake* (CDI) TSP yang diterima yaitu sebesar 0,0343 mg/(kg.hari) dan *intake* terendah yang diterima yaitu sebesar 0,0243 mg/(kg.hari).

Fluktuasi nilai *intake* tiap titik dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi TSP pada setiap titik sampling dan berat badan responden. Konsentrasi TSP berbanding lurus dengan *intake*. Semakin besar konsentrasi TSP maka semakin besar pula *intake*. Sedangkan berat badan responden berbanding terbalik dengan nilai *intake*. Semakin besar berat badan responden, maka nilai *intake* akan semakin kecil.

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

Penilaian dosis respon adalah tahapan ketiga dalam analisis risiko. Pada tahap ini dijelaskan tingkat toksisitas dari suatu zat kimia, yaitu TSP sebagai polutan pencemar yang dibahas dalam penelitian ini.

Nilai toksisitas dinyatakan sebagai *Cancer Slope Factor* (CSF).

Untuk mendapatkan nilai slope factor, maka harus diketahui nilai *unit risk factor* untuk pencemar TSP. Menurut *Office of Environmental Health Hazard Assessment* (2009) nilai faktor risiko satuan inhalasi (*inhalation unit risk factor*) TSP memiliki kisaran

nilai  $1,3 \times 10^{-4}$  hingga  $2,4 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Pada panel kajian ilmiah, kontaminan udara beracun merekomendasikan nilai estimasi faktor risiko satuan inhalasi (*inhalation unit risk factor*) TSP sebesar  $3,0 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Dari nilai faktor risiko satuan inhalasi (*inhalation unit risk factor*) tersebut dapat dihitung faktor slope inhalasi (*inhalation slope factor*) TSP sesuai dengan persamaan (2), yaitu sebesar  $1,1 (\text{mg}/\text{kg.hari})^{-1}$

$$CSF_{inh} = \frac{3 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1} \times 70 \text{ kg} \times 1000 \mu\text{g}/\text{mg}}{20 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$CSF_{inh} = 1,1 (\text{mg}/\text{kg.hari})^{-1}$$

Dari analisis dosis respon, didapatkan faktor slope untuk pencemar TSP adalah  $1,1 (\text{mg}/\text{kg.hari})^{-1}$  yang akan digunakan untuk perhitungan perkiraan risiko di tahap karakterisasi risiko.

#### Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)

Partikel TSP bersifat karsinogen sesuai dengan klasifikasi dari IARC atau *International Agency for Research on Cancer* (2013) yang menyatakan bahwa partikulat merupakan salah satu komponen utama dari polusi udara dan telah dievaluasi dan diklasifikasi bersifat karsinogenik. Jika seseorang terpapar dalam jangka waktu yang lama secara terus menerus dapat menyebabkan penyakit kanker. Hasil perhitungan nilai risiko karsinogenik pada setiap titik sampling dapat dilihat pada Tabel 2 :

**Tabel 2**  
**Risiko TSP**

Titik Sampling	Risiko		Risiko Rerata
	Max	Min	
Pengadukan adonan semen 1 (6 pekerja)	0,0274	0,0189	0,0236 ± 0,0038
Pengadukan adonan semen 2 (7 pekerja)	0,0319	0,0202	0,0272 ± 0,0045
Pembuatan lantai kerja 1 (8 pekerja)	0,0121	0,0077	0,0102 ± 0,0014
Pembuatan lantai kerja 2 (9 pekerja)	0,0133	0,0080	0,0107 ± 0,0018
Transportasi material 1 (8 pekerja)	0,0514	0,0321	0,0449 ± 0,0067
Transportasi material 2 (7 pekerja)	0,0378	0,0267	0,0316 ± 0,0044

= Risikotertinggi

Dari hasil perhitungan risiko pada Tabel 2, dapat diketahui risiko cemaran TSP tertinggi dialami oleh responden yang bekerja pada titik sampling 1 pekerjaan transportasi material, yaitu sebesar 0,0514 atau 5,14%, sedangkan risiko cemaran TSP terendah dialami oleh responden yang bekerja pada titik sampling 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja, yaitu sebesar 0,0077 atau 0,77%.

Risiko rerata cemaran TSP tertinggi dihasilkan dari pekerjaan transportasi material titik 1, yaitu sebesar 0,0449 atau 4,49%. Sedangkan risiko rerata cemaran TSP terendah dihasilkan dari pekerjaan pembuatan lantai kerja titik 1, yaitu sebesar 0,0102 atau 1,02%. Maka dapat disimpulkan bahwa titik sampling yang memiliki nilai risiko cemaran TSP tertinggi adalah titik 1 pekerjaan transportasi material dan titik sampling dengan risiko cemaran TSP terendah adalah titik sampling 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja.

Nilai risiko cemaran TSP terhadap seluruh responden yang dihasilkan dari perhitungan telah melebihi rentang nilai risiko yang dapat diterima, yaitu  $1 \times 10^{-6}$  -  $1 \times 10^{-4}$  (US-EPA, 2011a). Hal ini berarti nilai risiko cemaran TSP yang dihasilkan dari pekerjaan pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material pada tahap pembangunan gedung berpotensi besar menyebabkan kanker.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian dan pengukuran konsentrasi TSP (*Total Suspended Particulate*) yang telah dilakukan di Proyek Pembangunan Apartemen Paltrow City, Semarang, diperoleh konsentrasi rerata TSP tertinggi sebesar 795,691  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  yang dihasilkan dari titik 1 pekerjaan transportasi material dan konsentrasi rerata TSP terendah sebesar 186,811  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  yang dihasilkan dari titik 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja.
2. Berdasarkan pengukuran dan perhitungan konsentrasi TSP pada enam titik sampling, lima titik sampling memiliki konsentrasi TSP yang telah melebihi baku mutu dan satu titik sampling, yaitu titik 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja masih memiliki konsentrasi TSP di bawah baku mutu PP No 41 tahun 1999. Konsentrasi TSP yang dihasilkan juga dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara pada lokasi proyek konstruksi menurut standar peraturan di Negara Taiwan. Dari hasil perbandingan, pada empat titik sampling dihasilkan konsentrasi TSP yang masih di bawah baku mutu, sedangkan dua titik sampling yaitu titik 1 dan 2 pekerjaan transportasi material dihasilkan konsentrasi TSP yang telah melebihi baku mutu.

3. Nilai risiko tertinggi dialami oleh responden yang bekerja di titik sampling 1 pekerjaan transportasi material, yaitu sebesar 0,0514 atau 5,14% dan terendah sebesar 0,0077 atau 0,77% yang dialami oleh responden yang bekerja di titik sampling 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja. Titik sampling yang menghasilkan risiko cemaran TSP tertinggi yaitu titik 1 pekerjaan transportasi material, yaitu sebesar 0,0449 atau 4,49% dan titik sampling yang menghasilkan risiko cemaran TSP terendah adalah titik 1 pekerjaan pembuatan lantai kerja, yaitu sebesar 0,0102 atau 1,02%. Nilai risiko cemaran TSP terhadap seluruh responden yang dihasilkan dari perhitungan telah melebihi rentang nilai risiko yang dapat diterima, yaitu  $1 \times 10^{-6}$  -  $1 \times 10^{-4}$  (US-EPA, 2011a). Hal ini berarti nilai risiko cemaran TSP yang dihasilkan dari pekerjaan pengadukan adonan semen, pembuatan lantai kerja, dan transportasi material pada tahap pembangunan gedung berpotensi besar menyebabkan kanker.

### Saran

1. Perlu diberlakukan pengetatan penggunaan Alat Pelindung Diri seperti masker debu yang berupa respirator yang dilengkapi dengan filter bahan kimia untuk mengurangi dampak cemaran TSP terhadap pekerja, serta penggunaan Alat Pelindung Diri lainnya seperti *safety helmet*, sarung tangan, dan *safety boots* untuk mengurangi dampak kecelakaan kerja.
2. Perlunya dilakukan pemantauan dan pengendalian kualitas udara di lokasi konstruksi pembangunan gedung, untuk mengurangi dampak cemaran udara yang diterima pekerja.
3. Penggunaan *personal dust sampler* pada penelitian selanjutnya dengan tema yang sama, karena penelitian ini berkaitan dengan intake TSP setiap responden, sehingga akan lebih baik dan tepat apabila digunakan *personal dust sampler*, yang ditempelkan langsung pada tubuh responden selama durasi sampling.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Cara Uji Parikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metoda Gravimetri*. SNI 19-7119.3-2005
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien*. SNI 19-7119.6-2005
- Budiyono, Afif. 2001. *Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan*. Berita Dirgantara Vol.2, No 1



- California Office of Environmental Health Hazard Assessment. 2009. *Cancer Potency Values*. <http://oehha.ca.gov/risk/pdf/TCDBcas061809.pdf> ( diakses pada tanggal 21 Juni 2015)
- 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*.
- Liu, et al. 2012. *Mass concentration and health risk assessment of heavy metals in size-segregated airborne particulate matter in Changsha*. China :College of Environmental Science and Engineering, Hunan University, Changsha.
- Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- U.S. EPA. 1999. *Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air : Sampling of Ambient Air For Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM<sub>10</sub> using High Volume Sampler*. U.S. Environmental Protection Agency. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development. Cincinnati, OH
- U.S. EPA. 1997. *Exposure Assessment Handbook*. U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- U.S. EPA. 2005. *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment*. Risk Assessment Forum U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC
- U.S. EPA. 1997. *Guidelines for Exposure Assessment*. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- U.S. EPA. 2014. *Region 4 Human Health Risk Assessment Supplement Guidance*. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- U.S. EPA, 2011a. Risk Assessment Guidance for Superfund. In: Part A: Human Health Evaluation Manual; Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment; Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment, vol. I. [http://www.US-EPA.gov/oswer/riskassessment/human\\_health\\_exposure.htm](http://www.US-EPA.gov/oswer/riskassessment/human_health_exposure.htm) (diakses pada tanggal 30 Agustus 2015).
- U.S. EPA, 2012. Risk Assessment [http://www.US-EPA.gov/risk\\_assessment/index.htm](http://www.US-EPA.gov/risk_assessment/index.htm) (diakses pada tanggal 5 Juni 2015)