

ANALISIS RISIKO TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) PADA TAHAP PEMBANGUNAN JALAN TERHADAP KESEHATAN PEKERJA (STUDI KASUS: PEMBANGUNAN JALAN KENDAL – BATAS KOTA SEMARANG, JAWA TENGAH)

Rafini Rahmadini^{*)}, Syafrudin^{)}, Pertiwi Andarani^{**)}
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275
email: rafinirahmadini2102@gmail.com**

Abstrak

Aktivitas pembangunan saat ini merupakan salah satu aktivitas yang menyebabkan peningkatan pencemaran udara. Pembangunan jalan menghasilkan banyak polutan yang memiliki dampak negatif bagi tubuh. Salah satu polutan yang banyak dihasilkan adalah partikel debu atau Total Suspended Particulate (TSP). TSP yang terdapat di udara apabila terhirup oleh manusia dapat mengakibatkan penyakit. Penelitian analisis risiko melalui empat tahapan yaitu identifikasi bahaya, perkiraan penyebaran, perkiraan daya racun dan perkiraan risiko. Dalam studi kasus ini membahas tentang analisis risiko cemaran debu (TSP) akibat pekerjaan pembangunan jalan terhadap pekerja khususnya pengerjaan pembetonan yang terdiri dari lima lokasi penelitian yaitu pekerjaan pembuatan lantai kerja, pengecoran beton sisi kanan dan kiri, dan pemotongan beton sisi kanan dan kiri. Proses pengerjaan pembangunan ini berpotensi menghasilkan debu yang cukup membahayakan kesehatan pekerja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur besarnya konsentrasi TSP pada tiap kegiatan, 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 dan pengambilan sampel konsentrasi TSP, setelah itu dilakukan pengolahan data untuk mengetahui nilai risiko TSP pada tahap pembangunan jalan. Identifikasi bahaya terhadap konsentrasi TSP menunjukkan bahwa masing-masing konsentrasi pada tiap lokasi dengan baku mutu TSP = $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil perkiraan risiko (risk characterization) dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya risiko total di semua tempat sudah melebihi rentang nilai risiko yang dianggap aman untuk kesehatan menurut EPA (2011). Nilai risiko perseorangan tertinggi diterima oleh Responden dari kegiatan pemotongan beton sisi kanan dengan nilai risiko sebesar 0,2376 atau 23,76% dan nilai risiko terendah diterima oleh Responden pada tahap pembuatan lantai kerja dengan nilai risiko sebesar 0,0652 atau 6,52%. Nilai risiko cemaran TSP terhadap semua responden yang dihasilkan dari perhitungan lebih dari ($\text{ECR} < 1 \times 10^{-4}$) atau sudah melebihi baku mutu menurut EPA maka dapat disimpulkan bahwa paparan TSP yang diterima oleh responden sangat berisiko bagi kesehatan.

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

Abstract

[Risk Analysis of Total Suspended Particulate (TSP) at Road Construction to The Workers Health (Case Study: Kendal – Semarang City Borderline Road Construction, Central Java)]. Construction activity is one of the many activities that can potentially increase air pollution nowadays. Road constructions generate many pollutant residues that have negative impact to human body. One of the most prominent pollutant that has a lot of concentration in the air ambient is Total Suspended Particulate (TSP). When inhaled, TSP that is found in air can cause disease in human body. This risk analysis study were done through 4 (four) phases, which are hazards identification, exposure assessment, toxicity assessment, and risk characterization. This research will examines the analyses of risks of Total Suspended Particulate at road construction areas, especially on rigid construction that consists of five investigation points, which are lean concrete activity, rigid activities on both right and left sides, and cutting activities on both right and left sides. These stages of road constructions have a lot of potential to produce TSP that are quite dangerous for workers' health. The main purposes of this research are to measure the concentration of TSP in each aforementioned activities, to compare the measurement results with the quality standards that are applicable, and to analyse the amount of TSP risks to workers' health state. Methods on this research are done gradually, started with surveying on sampling location and collecting of the TSP concentration sample. Afterwards, data-processing was performed to find out the risks value of TSP at road construction area. Hazards identification towards TSP concentration shows the concentration of each activities with quality standards for TSP = $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. From the results gathered, the highest level of individual risk was found on workers from right side rigid cutting activity by 0,2376 or 23,76%, and the lowest level was found on workers from lean concrete construction activity by 0,0652 or 6,52%. TSP contamination risk values for all respondents resulting from the calculation are more than ($\text{ECR} < 1 \times 10^{-4}$) or is above the limit value of maximum risk, hence it can be concluded that there was potential carcinogenic risk posed by TSP via inhalation to workers. TSP exposure received by the respondents as for now is risky to their health.

Keywords : Air Pollution, TSP, Risk Analysis, Construction

PENDAHULUAN

Udara bebas yang ada disekitar manusia dapat Udara dikatakan telah tercemar apabila telah terjadi perubahan terhadap komposisi dan terjadi penambahan gas lain yang menimbulkan gangguan. Hal ini sesuai dengan definisi pencemaran udara pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009 tentang tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.

Banyaknya pembangunan memiliki dampak yang sangat positif bagi masyarakat yang tinggal didalamnya, diantaranya semakin lengkapnya infrastruktur dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun dibalik semua itu terdapat dampak negatif yang juga diterima oleh masyarakat terutama penurunan kualitas lingkungan hidup akibat banyaknya polusi yang dihasilkan khususnya pada saat kegiatan pembangunan atau konstruksi salah satunya adalah pembangunan jalan.

Ada tiga cara masuknya bahan pencemar udara kedalam tubuh manusia, yaitu inhalasi, ingestasi, dan penetrasi kulit. Menurut Budiyo (2001), inhalasi adalah masuknya bahan pencemar udara ke tubuh manusia melalui sistem pernafasan. 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.

Perkerasan jalan atau lebih sering disebut perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari plat beton *semen portland* dan lapisan pondasi (bisa juga tanpa lapisan pondasi) di atas tanah dasar/timbulan. Menurut Mustika (2006), tahapan pekerjaan rigid sesuai urutannya adalah sebagai berikut, pengukuran (penentuan) elevasi, pemasangan bekisting/besi, penghamparan concrete pavement, perawatan beton/curing, pembuatan celah dengan saw cutter, dan diakhiri dengan pekerjaan joint sealant.

Menurut He Zi (1995) Risiko dari kegiatan konstruksi dapat berasal dari dua sumber. Sumber pertama adalah dari dampak lingkungan yang disebut risiko eksternal dan sumber kedua adalah dari unsur ketidakpastian dari dalam proyek itu sendiri yang disebut risiko internal. Berdasarkan penelitian yang terdahulu oleh Jia Qi (2013) TSP yang dihasilkan dari kegiatan pembangunan jalan

lebih banyak dihasilkan dari pekerjaan mekanik konstruksi atau fisik dibanding erosi angin dari material tanah. Risiko terpaparnya debu kepada pekerja dapat bervariasi sesuai dengan tempat kegiatan, jenis kegiatan yang dikerjakan dan pola hidup pekerja. Penelitian lain yang dilakukan Esti (2006) dengan judul "Analisis Risiko Konsentrasi Debu (TSP) pada Tahap Pembangunan Gedung Terhadap Kesehatan Manusia di Kota Jogjakarta" dihasilkan nilai risiko cemaran TSP terbesar adalah 0,058. Hal ini menunjukkan bahwa besar risiko dipengaruhi oleh lokasi sumber pencemar udara.

Analisis risiko adalah karakterisasi dari bahaya-bahaya potensial yang berefek pada kesehatan manusia dan bahaya di lingkungan (EPA, 1991). Menurut EPA, tahap-tahap yang harus dilakukan dalam proses analisis risiko, yaitu :

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

Tujuan dari Penelitian "Analisis Risiko Total Suspended Particulate(TSP) pada Tahap Pembangunan Jalan Terhadap Kesehatan Pekerja (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Kendal – Batas Kota Semarang, Jawa Tengah" adalah :

1. Mengukur besarnya konsentrasi Total Suspended Particulate pada proses pembetonan yang terdiri dari kegiatan pembuatan lantai kerja, pengecoran beton dan pemotongan beton pada kegiatan konstruksi jalan Kendal – Batas Kota Semarang.
2. Membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu yang berlaku berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 dan standar peraturan kualitas udara untuk proyek konstruksi di Negara Taiwan.
3. Menganalisis besarnya risiko cemaran Total Suspended Particulate (TSP) terhadap kesehatan pekerja proses pembetonan yang terdiri dari kegiatan pembuatan lantai kerja, pengecoran beton dan pemotongan beton pada kegiatan konstruksi Jalan Kendal – Batas Kota Semarang akibat cemaran TSP.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel TSP pada udara ambien di lokasi penelitian, yaitu proyek pembangunan Jalan Kendal – Batas Kota Semarang dengan menggunakan alat Dust Sampler DS 600 - MVS.

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

1. Lokasi 1 (Kegiatan pembuatan lantai kerja)
2. Lokasi 2 (Kegiatan pengecoran beton sisi kanan)
3. Lokasi 3 (Kegiatan pemotongan beton sisi kanan)
4. Lokasi 4 (Kegiatan pengecoran beton sisi kiri)
5. Lokasi 5 (Kegiatan pemotongan beton sisi kiri)

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 (EPA, 1989):

$$I = \frac{C \times CR \times EFD}{BW} \times \frac{1}{AT} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- I = *intake* (mg/kg.hari)
- C = konsentrasi kontaminan di udara (mg/m³)
- CR = laju inhalasi, jumlah kontaminan yang terkontak per unit waktu (m³/hari)
- EFD = frekuensi dan durasi pemaparan, variabel yang menggambarkan berapa lama dan berapa sering pemaparan terjadi. EFD biasanya dibagi menjadi dua bagian, yaitu :
 - EF = frekuensi pemaparan (hari/tahun)
 - ED = durasi pemaparan (tahun)
- BW = berat tubuh orang yang terpapar (kg)
- AT = waktu rata-rata pemaparan (hari)

Dalam penentuan intake (asupan inhalasi) setiap manusia pasti akan berbeda-beda, karena adanya faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu konsentrasi

paparan polutan (CA), laju inhalasi (IR), frekuensi pemaparan (EF), durasi pemaparan (ED) dan juga berat badan (BW) setiap individu yang berbeda. Laju inhalasi untuk masyarakat secara umum (residential) memiliki nilai sebesar 20 m³/hari (EPA, 1997) sedangkan untuk pekerja (workers) memiliki nilai laju inhalasi sebesar 1,5 m³/jam (EPA, 1997). Frekuensi pemaparan untuk masyarakat secara umum memiliki nilai sebesar 365 hari dengan mengasumsikan bahwa manusia terpapar berada di lokasi pemaparan setiap hari dalam satu tahun, sedangkan untuk pekerja memiliki nilai frekuensi pemaparan sebesar 250 hari dalam satu tahun (OEHHA, 2012). Durasi pemaparan memiliki nilai 70 tahun untuk masyarakat umum, dan memiliki nilai 25 tahun untuk pekerja (EPA, 2014). Perbedaan faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap nilai risiko yang diterima oleh manusia.

Rumus yang digunakan dalam penghitungan nilai risiko karsinogen (EPA, 1989):

$$\text{Risiko} = \text{CDI} \times \text{SF} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- CDI = *Intake* (mg/kg.hari)
- SF = *Slope Factor* (kg.hari/mg)

Cancer Slope Factor (CSF) untuk pemaparan melalui pernafasan atau inhalasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{CSF inh} = \frac{\text{URF inh} \times \text{BW} \times 1000}{\text{IR}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- CSF inh : Slope faktor melalui inhalasi (mg/kg.d)⁻¹
- URF inh : Unit *Risk factor* melalui inhalasi (µg/Nm³)⁻¹
- BW : Berat badan (kg) = 70 kg
- 1000 : unit konversi (µg/mg)
- IR : Laju inhalasi (m³/hari) = 20 m³/hari

Dalam perhitungan CSF, asumsi untuk berat badan dan laju inhalasi menggunakan asumsi untuk populasi terpapar secara umum (*default assumption*)

Untuk mendapatkan nilai slope factor, maka harus diketahui nilai unit *risk factor* untuk pencemar TSP. Menurut OEHHA atau *Office of Environmental Health Hazard Assessment* (2003) nilai faktor risiko unit inhalasi TSP memiliki kisaran nilai 1.3 x 10⁻⁴ sampai 2.4 x 10⁻³ (µg/m³)⁻¹. Pada panel kajian ilmiah kontaminan udara beracun merekomendasikan nilai estimasi faktor risiko unit inhalasi TSP sebesar 3.0 x 10⁻⁴ (µg/m³)⁻¹. Dari nilai unit *risk factor* tersebut dapat dihitung slope faktor unit inhalasi sebesar 1.1 (mg/kg.hari)⁻¹

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh L. Ferreira-Baptista (2005) hasil dari penilaian risiko debu jalan yang terpapar anak-anak di Luandan dipengaruhi oleh derajat ketidakpastian terkait oleh nilai toksisitas dan parameter paparan. Oleh karena itu hasil dari penelitian terdahulu perlu dilengkapi pada penelitian lebih lanjut yang lebih fokus terhadap nilai toksisitas dan parameter paparan. Pada penelitian ini nilai toksisitas atau slope factor pencemar TSP sebesar 1,1 sudah diidentifikasi sesuai dengan EPA (1993). Selain itu parameter paparan juga diidentifikasi yaitu melalui pernafasan atau inhalasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Tahap pertama dalam analisis risiko adalah identifikasi lokasi dan identifikasi sumber-sumber bahaya yang ada dalam lokasi studi. Sumber bahaya yang akan diidentifikasi adalah konsentrasi TSP. Identifikasi TSP dengan mengukur konsentrasi TSP pada saat sebelum pengerjaan kegiatan pembangunan jalan pada siang hari dan malam hari untuk mengetahui konsentrasi awal yang ada di lokasi kegiatan sebelum kegiatan dimulai dan saat pengerjaan kegiatan pembangunan jalan di kelima lokasi kegiatan pengerjaan pembangunan Jalan Kendal – Batas Kota Semarang. Hasil pengukuran konsentrasi TSP dapat dilihat hasilnya pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1
Konsentrasi TSP Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Kendal – Batas Kota Semarang

Kegiatan	Rata-rata TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu (PP 41 '99)
		($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Uji background siang	286,5692	230
Uji background malam	272,5128	
Pembuatan lantai kerja	395,410 $\pm 93,720$	
Pengecoran (a)	524,5074 $\pm 129,539$	
Pengecoran (b)	505,4065 $\pm 70,950$	
Pemotongan beton (a)	1200,1492 $\pm 76,870$	
Pemotongan beton (b)	1112,1811 $\pm 75,7350$	

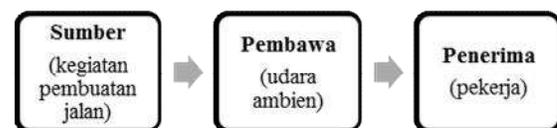
Keadaan awal atau keadaan sebelum kegiatan pembangunan jalan di lokasi pembangunan jalan Kendal – Batas Semarang sudah melewati baku mutu Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 yaitu sebesar $279,541 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi terbesar ada pada kegiatan pemotongan beton. Hal ini karena pada kegiatan pemotongan beton, memotong beton menggunakan alat pemotong khusus beton yang menghasilkan serbuk beton dan terbawa oleh angin menjadi sumber TSP yang utama dari kegiatan pemotongan beton. Selain itu hasil samping dari alat pemotong beton berupa diesel juga menjadi salah satu sumber TSP pada kegiatan pemotongan beton.

Kegiatan pembuatan lantai kerja memiliki konsentrasi TSP yang paling sedikit dibanding dengan kegiatan lainnya, hal tersebut disebabkan oleh durasi pengerjaan pembuatan lantai kerja yang cepat, hanya sekitar 1,5 jam. Walaupun sumber pencemar yang dihasilkan pada pembuatan lantai kerja berpotensi memiliki konsentrasi yang tinggi, tetapi jika sama-sama dibandingkan dengan kegiatan lain, untuk pengerjaan jarak 50 meter pembuatan lantai kerja memiliki durasi pengerjaan yang singkat dan menyebabkan partikel TSP yang tertangkap tidak sebanyak kegiatan lain.

Konsentrasi TSP tertinggi dihasilkan pada kegiatan pemotongan beton sisi kanan sebesar $1200,1492 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan yang terkecil dihasilkan pada kegiatan pembuatan lantai kerja yaitu $395,410 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Semua tahap pada kegiatan pembangunan jalan yang diambil sampelnya telah melewati baku mutu Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999.

Perkiraan Persebaran (*Exposure Assessment*)

Tahap kedua dalam analisis risiko yaitu memperkirakan persebaran polutan yaitu TSP pada media pencemar seperti udara dan potensi risiko yang dapat mencemari populasi. *Exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur paparan pencemar agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Proses penyebaran polutan TSP dan Timbal yang ada di udara ke manusia yang ada di pinggir jalan dapat dilihat dalam Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1
Jalur Penyebaran Potensial TSP

Sumber polutan yang dihasilkan oleh kegiatan pembuatan jalan bercampur dengan udara ambient. Setelah itu bisa masuk ke dalam tubuh pekerja pembangunan jalan melalui saluran pernapasan, dan akhirnya bisa mengganggu kesehatan pekerja

Estimasi 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 pernafasan. Pada perhitungan dosis intake, besarnya intake partikel TSP dihitung di setiap lokasi pemantauan yaitu kelima lokasi sampling yang terdiri dari tiga kegiatan pembangunan jalan.

Dari hasil perhitungan intake TSP sesuai dengan persamaan (1), didapatkan nilai intake TSP pada tiap lokasi. Pada lokasi I kegiatan pembuatan lantai kerja, memiliki nilai intake rata-rata sebesar 0,0187 mg/kg.hari. Nilai intake tertinggi diterima sebesar 0,0232 mg/kg.hari dan intake terendah diterima sebesar 0,0145 mg/kg.hari.

Pada lokasi II kegiatan pengecoran sisi kanan, memiliki nilai intake rata-rata sebesar 0,0405 mg/kg.hari. Nilai intake tertinggi diterima sebesar 0,0511 mg/kg.hari dan intake terendah diterima sebesar 0,0317 mg/kg.hari.

Pada lokasi III kegiatan pemotongan beton sisi kanan memiliki nilai intake rata-rata sebesar 0,0431 mg/kg.hari. Nilai intake tertinggi diterima sebesar 0,0528 mg/kg.hari dan intake terendah diterima sebesar 0,0377 mg/kg.hari

Pada lokasi IV kegiatan pengecoran sisi kiri, memiliki nilai intake rata-rata sebesar 0,0427 mg/kg.hari. Nilai intake tertinggi sebesar 0,0492 mg/kg.hari dan intake terendah sebesar 0,0305 mg/kg.hari.

Pada lokasi V kegiatan pemotongan beton sisi kanan memiliki nilai intake rata-rata sebesar 0,0399 mg/kg.hari. Nilai intake tertinggi diterima sebesar 0,0490 mg/kg.hari dan intake terendah diterima sebesar 0,0350 mg/kg.hari

Fluktuasi nilai intake tiap lokasi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi TSP pada kegiatan tersebut dan berat badan responden pada masing-masing kegiatan. Semakin besar berat badan responden, maka nilai intake atau konsentrasi TSP yang terpapar oleh tubuh akan semakin kecil. Semakin ringan berat badan responden maka akan semakin besar nilai intake yang diterima. Semakin tinggi

konsentrasi TSP pada kegiatan pembangunan maka akan semakin besar pula nilai intake yang terpapar.

Perkiraan Daya Racun (*Toxicity Assesment*) Untuk TSP

Nilai toksisitas dinyatakan sebagai *Cancer Slope Factor* (CSF) atau *Cancer Unit Risk* (CCR) untuk efek-efek karsinogenik. Analisis dosis-respon merupakan tahap yang paling menentukan karena analisis risiko hanya bisa dilakukan untuk *risk agent* yang memiliki nilai dosis-respon (US EPA 1997).

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

$$CSF_{inh} = 1.1 (\text{mg}/\text{kg}.\text{hari})^{-1}$$

Dari analisis dosis respon sesuai dengan persamaan (3), didapatkan slope factor untuk pencemar TSP adalah 1,1 (mg/kg.hari)⁻¹ yang akan digunakan untuk perhitungan perkiraan risiko di tahap karakteristik risiko.

Perkiraan 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. Nilai risiko bisa diterima dan tidak berbahaya jika kurang dari satu. Dari perhitungan risiko didapat hasil pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2
Risiko TSP

Lokasi	Pekerjaan	Risiko		Risiko Rata-rata
		Min	Max	
1	Pembuatan Lantai Kerja (14 pekerja)	0.0160	0.0255	0.0205
2	Pengecoran (20 pekerja)	0.0348	0.0562	0.0446
3	Pemotongan Beton (6 pekerja)	0.0415	0.0581	0.0474
4	Pengecoran (20 pekerja)	0.0336	0.0541	0.0427
5	Pemotongan	0.0385	0.0539	0.0439

	Beton (6 Pekerja)			
--	----------------------	--	--	--

Dari perhitungan pada Tabel diatas, risiko pencemaran TSP yang paling besar diantara lokasi lokasi penelitian adalah di lokasi ketiga lokasi pemotongan beton sisi kanan. Hal ini karena tahap pemotongan beton menghasilkan TSP yang bersumber dari serbuk beton yang terpotong dan bahan bakar alat pemotong beton berupa diesel yang sangat banyak. Nilai TSP rerata tertinggi ada pada pemotongan sisi kanan dengan nilai risiko 0,0474 atau 4,74% hal ini karena konsentrasi TSP pada sisi kanan lebih besar dibanding sisi kiri, dapat dilihat dari perbedaan berat kertas saring setelah sampling dilakukan. Peletakan alat juga menjadi salah satu penyebab terdapat perbedaan nilai TSP pada sisi kanan dan kiri tahap pemotongan beton. Pada sisi kanan, peletakan alat lebih mendekati pekerja dan pada sisi kiri sedikit lebih jauh ke pekerja. Hal ini karena menyesuaikan dengan kondisi lapangan agar tidak mengganggu pekerja.

Dari perhitungan diatas juga dapat ditentukan risiko pencemaran TSP perseorangan tertinggi diterima oleh responden pada tahap pemotongan beton (lokasi III) dengan nilai risiko sebesar 0,0581 atau 5,8% dan nilai risiko pencemar TSP perseorangan terkecil diterima oleh responden pada tahap pembuatan lantai kerja dengan nilai risiko sebesar 0,0160 atau 1,6%. Nilai risiko cemaran TSP terhadap semua responden yang dihasilkan dari perhitungan lebih dari ($ECR \geq 1 \times 10^{-4}$) atau sudah melebihi batas nilai risiko maksimum, maka dapat disimpulkan bahwa paparan TSP yang diterima oleh responden sangat berisiko bagi kesehatan sehingga perlu dirumuskan suatu manajemen risiko sebagai bentuk pencegahan dan pengendalian terhadap risiko kesehatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari hasil pemantauan udara yang telah dilakukan di 5 lokasi kegiatan pembangunan jalan Kendal – Batas Kota Semarang didapatkan konsentrasi TSP paling tinggi didapatkan pada kegiatan pemotongan beton sisi kanan sebesar 1200,1492 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan yang paling rendah didapatkan pada kegiatan pembuatan lantai kerja sebesar 395,410 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
2. Konsentrasi TSP proses pembetonan pada pembangunan jalan Kendal – Batas Kota Semarang telah melewati nilai batas ambang baku mutu yang ditetapkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 mengenai baku mutu standar TSP sebesar 230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi TSP juga dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara

pada lokasi proyek konstruksi menurut standar peraturan di Negara Taiwan dan ditemukan bahwa konsentrasi TSP pada pembangunan jalan Kendal – Batas Kota Semarang juga telah melewati baku mutu.

3. Melalui rangkaian tahapan analisis risiko cemaran TSP terhadap kesehatan pekerja, dihasilkan besarnya risiko rerata cemaran Total Suspended Particulate (TSP) terhadap kesehatan pekerja proses pembetonan yang terdiri dari kegiatan pembuatan lantai kerja sebesar 0,0205 atau 2 %, kegiatan pengecoran sebesar 0,0427 sampai 0,0446 atau sekitar 4%, kegiatan pemotongan beton sebesar 0,0439 sampai 0,0474 atau sekitar 4%. Risiko terbesar pada kegiatan pembuatan jalan Kendal – Batas Kota Semarang terdapat pada kegiatan pemotongan beton yang menghasilkan banyak cemaran TSP dari kegiatannya. Nilai risiko perseorangan tertinggi diterima oleh responden dari kegiatan pemotongan beton sisi kanan dengan nilai risiko sebesar 0,0581 atau 6% dan nilai risiko terendah diterima oleh responden pada tahap pengecoran sisi kiri dengan nilai risiko sebesar 0,016 atau 1%. Nilai risiko cemaran TSP terhadap semua responden yang dihasilkan dari perhitungan lebih dari ($ECR \geq 1 \times 10^{-4}$) atau sudah melebihi rentang batas nilai risiko yang dapat diterima, maka dapat disimpulkan bahwa paparan TSP yang diterima oleh responden sangat berisiko bagi kesehatan sehingga perlu dirumuskan suatu manajemen risiko sebagai bentuk pencegahan dan pengendalian terhadap risiko kesehatan..

Saran

1. Untuk mencegah penyakit yang dapat ditimbulkan dari pencemar TSP, sebaiknya pekerja melengkapi “*safety tools*” seperti masker debu yang berupa respirator dan dilengkapi dengan filter bahan kimia serta alat pelindung diri lainnya ketika melakukan pekerjaan pembangunan jalan. Selain itu sebaiknya pekerja memeriksakan diri ke dokter secara rutin.
2. Perlu ditetapkan jam kerja maksimal dalam sehari atau diperbaikinya sistem shift bagi pekerja guna mengurangi risiko paparan pencemar TSP pada kegiatan pembuatan jalan tanpa harus mengurangi kinerja pegawai.
3. Perlunya dilakukan pemantauan dan pengendalian kualitas udara di lokasi konstruksi pembangunan jalan untuk mengurangi dampak cemaran udara yang diterima pekerja. Salah satunya dengan menyiram rutin jalan setelah dilakukan kegiatan pemotongan beton atau kegiatan lain yang menghasilkan banyak pencemar TSP maupun



pencemar lain agar konsentrasi TSP tidak melebihi baku mutu.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat digunakan *personal dust sampler* agar *intake* atau asupan yang diterima responden akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyono, Afif. (2001) "Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan," *Berita Dirgantara* Vol.2, No. 1.
- He Zi. (1995) *Risk Management for Overseas Construction Projects*, Great Britain: Elsevier Science Ltd.
- Hu, Xin, dkk. 2012. *Bioaccessibility and health risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM2.5 in Nanjing, China*. *Atmos. Environ.* 57, 146–152.
- 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.
- Jia Qi, et al. (2013) *Measurement of Dust Emission from A Road Construction Using Exposure-profiling Method*, Sweden: Departement of Civil, Environmental, and Natural Resources.
- L. Ferreira-Baptista. (2004) *Geochemistry and Risk Assessment of Street Dust in Luanda, Angola: A Tropical Urban Environment*. Atmospheric Environment.
- Mustika, S. (2006) "Pembangunan Berwawasan Lingkungan dalam Usaha Menjaga Kelestarian Lingkungan Hidup," *Bulletin BPKSDM, Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia, Departemen Workerns Umum Edisi III 2006*. Jakarta.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment. (1998) *Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant*, California: California Air Resources Board.
- United State Environmental Protection Agency (US-EPA). (1991) *Risk Assessment for Toxic Air Pollutants*, Washington: United States Environmental Protection Agency.
- United State Environmental Protection Agency (US-EPA). (1989) *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A)*, Washington: United States Environmental Protection Agency.
- United State Environmental Protection Agency (US-EPA). (1977) *Exposure Factors Handbooks*, Washington: United States Environmental Protection Agency.
- United State Environmental Protection Agency (US-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*. United States Environmental Protection Agency. Washington.