



**ANALISIS KOMPOSISI UNSUR PENCEMAR (Si, Pb, DAN Ca) DALAM TOTAL
SUSPENDED PARTICULATE (TSP) DI PEMBANGUNAN JALAN
(STUDI KASUS: PEMBANGUNAN JALAN KENDAL – BATAS KOTA SEMARANG,
JAWA TENGAH)**

Fadhilah Khairunnisa*), Haryono Setiyo Huboyo**), Titik Istirokhatun**))
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
Email: fadhilahk@hotmail.co.id

Abstrak

Pembangunan jalan merupakan kegiatan yang memungkinkan memiliki dampak cukup besar yang bersifat sementara terhadap kualitas udara sekitarnya. Proyek pembangunan jalan Kendal – Batas Kota Semarang menghasilkan pencemaran udara terutama Total Suspended Particulate (TSP) dan unsur pencemar (Si, Pb, dan Ca). TSP dan unsur pencemar dianalisis untuk mengetahui besarnya konsentrasi pada tahap pengerukan aspal, tahap pembeconan, dan tahap pemotongan beton. Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel TSP ialah Dust Sampler dan untuk pengukuran unsur pencemar (Si, Pb dan Ca) menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Konsentrasi TSP tertinggi yaitu sebesar 1199.89 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ yang didapatkan pada tahap pemotongan beton dan untuk konsentrasi unsur pencemar tertinggi adalah konsentrasi unsur Ca yang terdapat pada tahap pemotongan beton yaitu sebesar 23.7 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, serta konsentrasi unsur Pb pada tahap pembeconan sebesar 0.08 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ merupakan konsentrasi unsur pencemar terendah.

Kata Kunci: *Pembangunan Jalan, Total Suspended Particulate (TSP), Unsur pencemar, Silikon, Timbal, Kalsium.*

Abstract

Road construction is an activity that may have a substantial temporary impact on local air quality. Road construction projects in Kendal – Semarang City produce air pollution especially Total Suspended Particulate (TSP) and pollutant elements (Si, Pb, and Ca) in TSP. TSP and pollutant elements were analyzed to determine the concentration at the dredging of asphalt, the concreting phase, and the concrete cutting phase. The tool used in sampling the TSP is Dust Sampler and for the measurement of pollutant elements (Si, Pb and Ca) is AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). The highest concentration of TSP is 1199.89 g / Nm^3 that found in the concrete cutting phase, for the highest concentration pollutant elements is the concentration of Ca element contained in the concrete cutting phase that is equal to 23.7 g / Nm^3 , and the concentrations of Pb at the stage of concreting 0.08 mg / Nm^3 is the lowest concentration of pollutant elements.

Keywords: *Road Construction, Total Suspended Particulate (TSP), Pollutant Elements, Silicon, Lead, Calcium.*

PENDAHULUAN

Pembangunan jalan atau pelebaran jalan sering kali diusulkan untuk mengurangi kemacetan atau mendukung pertumbuhan ekonomi, namun terdapat sedikit penilaian mengenai pembangunan jalan terhadap kualitas udara disekitarnya. (Matson et al, 2006). Beberapa penelitian telah mempertimbangkan dampak kualitas udara terhadap pembangunan jalan. Terdapat beberapa bukti bahwa kegiatan konstruksi menyebabkan sumber partikulat ke atmosfer dan memiliki dampak yang bersifat sementara pada kualitas udara. Kegiatan konstruksi menunjukkan 3.8% dari total emisi partikulat dari sumber terbuka di AS. (Evan dan Cooper, 2012)

Pembangunan jalan merupakan salah satu contoh konstruksi berat yang memungkinkan memiliki dampak cukup besar yang bersifat sementara terhadap kualitas udara sekiranya. Selama proses pembangunan jalan berlangsung, debu diemisikan ke udara melalui beberapa kegiatan seperti pergerakan alat berat pada permukaan beraspal, kegiatan penggalian, kegiatan penghancuran, pembukaan lahan, dll. Debu yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi berbeda dari sumber debu lain karena bersifat sementara dari masa konstruksi. Emisi debu yang dihasilkan pada kegiatan konstruksi mempunyai nilai yang berbeda-beda bergantung dari proses konstruksi yang sedang dikerjakan. Banyaknya jumlah debu yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi dipengaruhi oleh lahan yang sedang dikerjakan dan tingkat aktivitas konstruksi. Emisi partikulat dari konstruksi sebagian besar dalam bentuk fraksi kasar tetapi juga berasal dari sumber udara partikel yang sangat halus (Kumar et al., 2012). Emisi debu dari kegiatan konstruksi berhubungan dengan kandungan isi dalam tanah (yaitu, partikel yang berdiameter lebih kecil dari 75 mikrometer (μm), kecepatan dan berat

kendaraan, serta kandungan air dalam tanah. (Qi et al, 2013)

Masalah pencemaran udara akibat partikel debu atau *Total Suspended Particulate* (TSP) diyakini dapat mengganggu kesehatan masyarakat sekitar. Debu dan polusi udara lainnya dari kegiatan pembongkaran dan konstruksi dapat berdampak pada kesehatan dan kualitas hidup orang yang bekerja dan tinggal di dekatnya dengan beberapa studi melaporkan terdapat kenaikan kematian akibat penyakit paru kronis di antara pekerja konstruksi (Bergdahl et al., 2004). Kesehatan masyarakat dapat terganggu akibat terpapar oleh partikel debu yang dapat memicu timbulnya infeksi saluran pernafasan, karena adanya partikel-partikel padat yang mengendap pada saluran pernafasan dan secara lambat laun dapat menyebabkan gangguan fungsi paru.

Berdasarkan adanya *Total Suspended Particulate* (TSP) dan unsur pencemar dalam TSP yang dapat dihasilkan dari kegiatan pembangunan jalan, maka dilakukan penelitian berupa Analisis Komposisi Unsur Pencemar (Si, Pb, dan Ca) dalam Total Suspended Particulate (TSP) di Pembangunan Jalan (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Kendal – Batas Kota Semarang, Jawa Tengah). Penelitian ini akan dilaksanakan di proyek pembangunan jalan Kendal-batas Kota Semarang, yang terletak di Lingkar Kaliwungu, Jawa Tengah. Penelitian ini diperlukan sebagai upaya pemantauan kualitas udara sekitar terhadap kesehatan pekerja pada proyek pembangunan jalan tersebut.

Penelitian ini bertujuan mengetahui besarnya konsentrasi TSP pada pembangunan jalan Kendal – batas Kota Semarang (tahap pengerukan aspal, tahap pem betonan, tahap pemotongan beton) kemudian dibandingkan antara TSP hasil pengamatan di wilayah studi dengan baku mutu yang telah ditetapkan (PP No. 41

tahun 1999) dan mengetahui besar komposisi unsur pencemar udara (Si, Pb, dan Ca) dalam TSP pada pembangunan jalan Kendal – batas Kota Semarang (tahap pengerukan aspal, tahap pembeconan, tahap pemotongan beton).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada minggu pertama bulan Mei sampai dengan minggu ketiga bulan Mei. Penelitian ini dilakukan selama delapan hari dalam tiga minggu dengan rincian tiga hari pada kegiatan pengerukan aspal, empat hari pada kegiatan pembeconan dan pemotongan beton, dan satu hari pada kegiatan uji background. Pengambilan sampel dilakukan pada pembangunan jalan Kendal – batas Kota Semarang. Sedangkan untuk analisis hasil penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Tembalang Semarang dan Laboratorium Kimia Analitik ITB, Bandung.

Pengambilan jumlah titik sampling dilakukan melalui pertimbangan berdasarkan jenis pekerjaan proyek pembangunan yang berpotensi menghasilkan debu. Pengambilan jumlah titik sampling berdasarkan kategori pekerjaan yakni pada:

1. Tahap pengerukan aspal
2. Tahap pembeconan jalan
3. Tahap pemotongan beton

Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah jenis pekerjaan yang sedang dilakukan, yaitu tahap pengerukan aspal, tahap pembeconan, dan tahap pemotongan beton. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi *Total Suspended Particulate* dan komposisi unsur pencemar (Si, Pb, dan Ca) didalamnya yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan Dust Sampler DS 600 – MVS dan untuk variabel kontrol adalah lokasi penelitian,

metode sampling, metode penelitian, jarak sampling (sepanjang 50 m).

Pengambilan sampel TSP dilokasi penelitian menggunakan alat *Dust Sampler* DS 600 – MVS dengan kapasitas maksimum 600L/min dan menggunakan kertas saring Whatman 1820-110 dengan ketebalan sebesar 0,26 mm, diameter 110 mm dan ukuran pori sebesar 1,6 μ m. Kertas saring dipasang pada holder *Dust Sampler* kemudian alat uji dinyalakan dan dilakukan pencatatan pengukuran awal dan akhir untuk waktu pengambilan sampel dan laju alir alat uji tersebut. Lalu dilakukan juga pengukuran suhu, tekanan barometrik, kecepatan angin, dan kelembaban udara. Pengujian dilakukan sesuai dengan lama pekerjaan tahap pembangunan jalan sepanjang 50 m. Setelah pengujian selesai filter dilipat dan dimasukkan ke dalam *aluminium foil*.

Persiapan sampel untuk diujikan dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dilakukan dengan cara pemotongan filter menjadi beberapa bagian kemudian dilarutkan dengan pelarut HNO₃ pekat \pm 200 ml dan dipanaskan dengan suhu 175°C selama 12 jam. Selanjutnya contoh uji diencerkan dalam labu takar 25 ml yang nantinya dianalisis menggunakan AAS dengan panjang gelombang berbeda untuk tiap unsur, yakni unsur Si sebesar 251,6 nm, unsur Pb sebesar 217,0 nm, serta Ca sebesar 422,7 nm.

Perhitungan konsentrasi TSP dilakukan untuk mengetahui konsentrasi TSP pada pembangunan jalan Kendal-Batas Kota Semarang selama hari sampling. Tingginya konsentrasi TSP di pengaruhi oleh banyaknya jenis pekerjaan pada pembangunan jalan dan beberapa faktor lainnya.

Perhitungan konsentrasi TSP menurut SNI 19-7119.3-2005 dilakukan melalui tiga tahapan yaitu koreksi laju alir pada kondisi standar, perhitungan volume udara yang diambil dan perhitungan

konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien.

- a. Koreksi Laju Alir pada Kondisi Standar

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

Untuk mengetahui nilai Q_s (m^3 /menit) sebagai laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar dibutuhkan nilai Q_o (m^3 /menit), T_o dan T_s ($^{\circ}C$) serta P_o dan P_s (mmHg) yang telah diukur dalam pengambilan sampel.

Laju alir pada sampel dikoreksi pada laju alir standar dengan standar menurut EPA yaitu $25^{\circ}C$ dan 760 mmHg. Unit laju alir standar banyak digunakan oleh para ilmuwan, karena unit laju alir standar setara untuk unit aliran massa. (EPA, 1999)

- b. Volume udara yang Diambil

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} \times T$$

Nilai Q_s dihitung dengan mengetahui laju alir awal dan laju alir akhir (m^3 /menit) pengukuran serta durasi pengambilan sampel (menit), sehingga didapatkan volume udara yang diambil dengan satuan m^3 .

- c. Konsentrasi Partikel Tersuspensi Total dalam Udara Ambien

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

Nilai C dengan satuan $\mu g/Nm^3$ merupakan konsentrasi massa partikel tersuspensi yang diketahui dari perhitungan berat filter awal dan akhir (g) dan volume contoh uji udara (m^3)

Selanjutnya untuk perhitungan konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi unsur dalam TSP. Konsentrasi unsur Si, Pb

dan Ca dapat dilakukan menurut SNI 19-7119.4-2005 dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

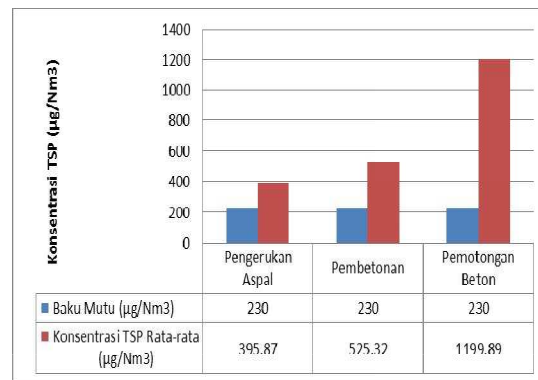
$$C = \frac{(C_t - C_b) \times V_t \times \frac{S}{S_t}}{V}$$

Untuk mengetahui nilai C ($\mu g/m^3$) sebagai kadar unsur diudara maka perlu diketahui selisih kadar unsur contoh uji dan blanko, volume larutan, perbandingan luas filter yang terpapar dengan luas filter yang digunakan, serta volume udara yang dihisap oleh alat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Konsentrasi TSP

Dari hasil pengambilan data di lapangan kemudian dilakukan uji laboratorium hasil konsentrasi TSP yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik pada gambar. 1 Sebagai berikut:



Gambar.1 Konsentrasi TSP

Berdasarkan grafik konsentrasi TSP di atas, konsentrasi TSP pada tahap pemotongan beton lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada tahap pembetonan dan tahap pengerukan aspal. Sedangkan, tahap pengerukan aspal mempunyai konsentrasi terkecil dibandingkan dengan tahap pembetonan dan tahap pengerukan aspal. Pada gambar 1 tersebut dapat dilihat konsentrasi TSP terbesar terdapat pada tahap pemotongan

beton yaitu sebesar $1199.89 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Kemudian konsentrasi TSP terkecil terdapat pada tahap pengerukan aspal yaitu sebesar $395.87 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi pada ketiga tahap tersebut telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 yaitu sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, hal ini dapat mengakibatkan pencemaran terhadap kualitas udara pada daerah sekitar dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas udara yang baik pada suatu kawasan sehingga dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja.

Konsentrasi TSP yang tinggi pada tahap pemotongan beton yaitu sebesar $1199.89 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ bersumber dari serpihan beton yang terpotong, emisi alat *saw cutter* yang menggunakan mesin diesel, dan kendaraan yang melintas disekitar pengerjaan pemotongan beton. Kegiatan pemotongan beton dilakukan dengan alat *saw cutter* setelah beton dari hasil tahap pembetonan sudah cukup mengering. Pemotongan beton harus dilakukan sedemikian sehingga tidak terjadi penggumpalan pada beton muda dan harus dilakukan pada saat belum terjadinya retak-retak susut. Kegiatan pemotongan beton ini dilakukan selama kurang lebih 2 jam. Jarak pemotongan beton antara satu dengan lainnya adalah 5 meter. Pemotongan beton dilakukan dengan tebal sekitar 8 cm untuk dibagian tengah beton dan 11 cm pada bagian tepi beton. Pada saat kegiatan pemotongan beton dilakukan, debu yang dihasilkan terlihat cukup jelas disekitar lokasi.

Konsentrasi TSP pada tahap pembetonan adalah sebesar $525.32 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. TSP yang dihasilkan dari kegiatan pembetonan berasal dari *agitator truck* yang digunakan untuk menuangkan cor beton pada lahan yang tersedia dan kendaraan yang melintas disekitar lokasi. Dalam kegiatan pembetonan sepanjang 50 meter, terdapat 7 *agitator truck* yang melintas untuk menuangkan cor beton

pada lahan yang tersedia. Kegiatan pembetonan dilakukan setelah pemasangan bekisting diatas lahan yang telah terlapiasi oleh plastik. Kegiatan pengecoran beton dilakukan pada malam hari setelah persiapan untuk pengecoran telah dilakukan. Persiapan untuk pengecoran diantara lain adalah pengukuran jarak pengerjaan, pemasangan bekisting, persiapan alat berat dan pemesanan material beton. Setiap jarak 5 meter, dipasang *dowel* sebagai penyambung antar segmen yang terpisah. Kegiatan pembetonan berlangsung sekitar 3,5 jam untuk jarak 50 meter pengerjaan.

Konsentrasi TSP pada tahap pengerukan aspal merupakan konsentrasi terkecil jika dibandingkan dengan tahap pembetonan dan pemotongan beton yaitu sebesar $395.87 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pengerukan aspal dilakukan dengan menggunakan alat berat dan truk. Alat berat berfungsi untuk menghancurkan aspal dan truk berfungsi untuk menampung aspal yang telah hancur terkeruk. Panjang Jarak pengerjaan kegiatan ini adalah 50 meter dengan lebar jalan adalah 4 meter. Pengerukan aspal dilakukan dengan lebar 1 m dan kedalaman 7 cm untuk setiap satu kali pengerukan. Sumber utama cemaran TSP dari kegiatan pengerukan aspal adalah serpihan aspal yang tergeruk dan terbawa oleh angin. Kegiatan pengerukan aspal berlangsung sekitar 1.5 jam untuk jarak 50 meter pengerjaan. Durasi pengerjaan pengerukan aspal ini paling kecil jika dibandingkan tahap lainnya, sehingga konsentrasi TSP yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan tahap lainnya.

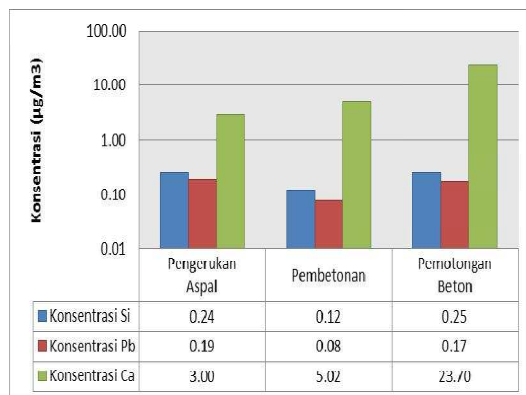
Sebelum dilakukan penelitian di tiga titik sampling, uji background dilakukan sebanyak dua kali yaitu saat siang hari dan malam hari. Uji background bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi TSP dan unsur pencemar (Si, Pb, dan Ca) sebelum adanya pengerjaan pembangunan jalan. Uji background dilakukan di lokasi pengerjaan pembangunan jalan dengan

keadaan jalan sudah ditutup untuk kendaraan namun pengerjaan pembangunan jalan belum dilakukan.

Hasil konsentrasi TSP pada uji background siang hari adalah sebesar $286.6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan konsentrasi TSP pada uji background malam hari adalah sebesar $272.3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai konsentrasi TSP pada tahap pengerukan aspal dan pemotongan beton lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi TSP pada uji background siang hari. Nilai konsentrasi TSP pada tahap pembetonan yang dilakukan pada malam hari lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi TSP uji background malam hari. Dengan demikian, adanya kegiatan pengerukan aspal, pembetonan, dan pemotongan beton dapat menambah nilai konsentrasi TSP di wilayah tersebut.

2. Analisis Konsentrasi Unsur Si, Pb, dan Ca

Dari hasil pengambilan data di lapangan kemudian dilakukan uji laboratorium hasil yang diperoleh untuk konsentrasi Si, Pb, dan Ca disajikan dalam bentuk grafik, berikut ini merupakan grafik perbandingan konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca pada tahap pengerukan aspal, tahap pembetonan, dan tahap pemotongan beton yang dapat dilihat pada gambar. 2 sebagai berikut:



Gambar.2 Perbandingan Unsur Si, Pb, dan Ca

Berdasarkan grafik perbandingan Unsur Si, Pb, dan Ca pada Tahap Pengerukan aspal konsentrasi unsur Ca merupakan unsur tertinggi dibandingkan dengan unsur Si dan Pb yaitu sebesar $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi unsur terkecilnya terdapat pada unsur Pb yaitu sebesar $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada tahap pembetonan, konsentrasi unsur Ca merupakan unsur tertinggi dibandingkan dengan unsur Si dan Pb yaitu sebesar $5.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi unsur terkecilnya terdapat pada unsur Pb yaitu sebesar $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian pada tahap pemotongan beton, konsentrasi unsur Ca merupakan unsur tertinggi dibandingkan dengan unsur Si dan Pb yaitu sebesar $23.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi unsur terkecilnya terdapat pada unsur Pb yaitu sebesar $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dari ketiga kegiatan tahap pekerjaan, konsentrasi unsur Si tertinggi terdapat pada kegiatan pemotongan beton, konsentrasi unsur Pb tertinggi terdapat pada kegiatan pengerukan aspal dan konsentrasi unsur Ca tertinggi terdapat pada kegiatan pemotongan beton.

Pada uji background siang hari, konsentrasi unsur Si dalam TSP yaitu sebesar $0.053 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi unsur Pb sebesar $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi unsur Ca sebesar $0.053 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca pada tahap pengerukan aspal dan tahap pemotongan beton lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca pada uji background siang hari.

Sedangkan pada uji background malam hari, konsentrasi unsur Si dalam TSP yaitu sebesar $0.123 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi unsur Pb sebesar $0.070 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi unsur Ca sebesar $3.408 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk nilai konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca pada tahap pembetonan, hasil yang didapatkan juga lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca pada uji background malam hari. Dengan demikian, adanya kegiatan pengerukan aspal, pembetonan, dan pemotongan beton dapat

menambah nilai konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca diwilayah tersebut.

Pada tahap pengerukan aspal kandungan unsur Si dan Ca merupakan unsur yang dominan dibandingkan dari unsur Pb. Konsentrasi yang tinggi pada Si dan Ca berasal dari kandungan tanah, faktor ini dapat dianggap sebagai sumber debu tanah (Santoso et al, 2012). Sumber kandungan unsur Si dan Ca terdapat pada tanah dan aspal yang terkeruk oleh alat berat. Sedangkan unsur Pb berasal dari emisi alat berat yang digunakan untuk mengeruk aspal, truk penampung aspal yang terkeruk, dan kendaraan yang melintas disekitar lokasi. Unsur Pb dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar bertimbal, terutama pada solar dan bensin (Kuvarega dan Taru, 2008).

Dalam tahap pembetonan, kandungan unsur Si dan Ca juga menjadi unsur yang dominan dibandingkan dengan unsur Pb. Unsur Si dan Ca dapat bersumber dari debu tanah disekitar lokasi. Lalu, unsur Pb dalam kegiatan ini berasal dari emisi hasil pembakaran *agritator truck* yang melintas selama pengecoran dilakukan dan juga dapat dipengaruhi dari emisi kendaraan yang melintas disekitar lokasi penelitian.

Kemudian pada tahap pemotongan beton, kandungan unsur Si dan Ca menjadi unsur yang dominan dibandingkan dengan unsur Pb. Selain berasal dari kandungan debu tanah, unsur Si dan Ca juga berasal dari partikel atau serpihan beton yang terhempas ke udara dari hasil kegiatan pemotongan beton. Terdapat kemungkinan bahwa partikel Ca berasal debu tersuspensi yang terdapat pada tanah yang terangkat ke atmosfer, terutama partikulat semen yang tersuspensi dalam lingkungan atmosfer akibat adanya proyek pembangunan. (Zhai et al, 2011). Selanjutnya untuk unsur Pb berasal dari emisi alat *saw cutter* yang berbahan bakar solar dimana berada dekat dengan alat *dust sampler* dan emisi dari kendaraan yang

melintas disekitar lokasi kegiatan pemotongan beton.

Unsur Ca dan Si termasuk dalam 25 elemen yang paling melimpah di alam khususnya didalam kerak bumi. Berdasarkan persentase berat unsur Ca dan Si yang berada dikerak bumi, perbandingan unsur Ca dan Si yang beradadidalam kerak bumi adalah sebesar 0.1. (Parker, 1967).

Berdasarkan konsentrasi unsur Ca dan Si yang didapatkan dalam penelitian ini, perbandingan unsur Ca dan Si adalah sebesar 12.5 pada kegiatan pengerukan aspal, 41.8 pada kegiatan pembetonan, 94.8 pada kegiatan pemotongan beton. Nilai perbandingan unsur Ca dan Si pada penelitian ini jauh lebih besar dengan perbandingan unsur Ca dan Si yang berada dikerak bumi, hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya kegiatan pembangunan jalan dapat menambah konsentrasi unsur Si dan Ca diudara.

Berdasarkan *Speciate Data Browser Construction Dust* oleh EPA, prosentase berat unsur Si, Pb, dan Ca didalam debu konstruksi adalah sebesar 7.1 %, 0.0037 %, dan 14.9 %. Sedangkan akumulasi unsur Si, Pb, dan Ca didalam penelitian ini ialah 0.22 %, 0.18 %, dan 8.02 %. Jika hasil ini dibandingkan, prosentase berat unsur Si dan Ca dalam penelitian ini lebih kecil dan untuk unsur Pb memiliki prosentase berat unsur yang lebih besar. Prosentase unsur Pb dalam penelitian ini lebih besar dapat disebabkan akibat lokasi penelitian yang berada di jalan raya, dimana terdapat banyak kendaraan yang melintas sehingga unsur Pb ini dapat dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor.

3. Dampak Terhadap Kesehatan Manusia

Hasil konsentrasi TSP pada kegiatan pengerukan aspal, pembetonan, dan pemotongan beton telah melebihi nilai ambang batas pada baku mutu yang telah

ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi TSP yang melebihi nilai ambang batas ini, memiliki potensi berdampak pada kesehatan manusia.

Efek kesehatan akibat partikel diudara dalam paparan jangka pendek adalah reaksi inflamasi pada paru, gejala penyakit pernafasan, efek samping pada sistem kardiovaskular, dan peningkatan angka kematian. Sedangkan efek kesehatan pada paparan jangka panjang adalah penurunan fungsi paru-paru pada anak-anak dan orang dewasa, peningkatan penyakit paru kronis, dan meningkatkan kemungkinan kanker paru-paru. (WHO, 2006)

Untuk konsentrasi Pb, Hasil konsentrasi Pb pada ketiga kegiatan tersebut, masih dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan oleh WHO pada tahun 2010 yaitu sebesar $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Namun jika konsentrasi Pb dari ketiga kegiatan tersebut diakumulasikan, konsentrasi Pb diudara sebesar $0.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai ini mendekati batas nilai baku mutu yang telah ditetapkan.

Jika konsentrasi Pb di udara melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan, maka akan berpotensi memiliki dampak kesehatan terhadap tubuh manusia, seperti efek pada ginjal, anemia karena penghambatan beberapa enzim, perubahan tingkat hormon dan parameter kekebalan tubuh, serta beberapa penyakit lain pada sistem saraf. (WHO, 2007)

Sedangkan pada konsentrasi Si, hasil konsentrasi Si pada ketiga kegiatan tersebut, masih dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan ISO 7708:1995 yaitu sebesar $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (OEHHA, 2005)

Pajanan debu silika dalam batas tertentu dapat menyebabkan silikosis, salah satu jenis penyakit paru akibat kerja. Silikosis telah diketahui sebagai salah satu faktor risiko infeksi Tuberkulosis paru dan juga penyulit kesembuhan Tuberkulosis paru pada pasien dengan riwayat pajanan debu silika

dalam jangka waktu lama sebelumnya. (Diandini et al, 2009)

Hasil konsentrasi Ca pada ketiga kegiatan tersebut, belum melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 13 Tahun 2011 sebesar $2 \text{mg}/\text{m}^3$.

Partikel debu semen dapat terhirup kedalam tubuh, karenanya dapat berpotensi menjadi penyebab penyakit paru-paru.

Efek yang dapat ditimbulkan dari debu semen melalui sistem pernafasan adalah batuk berdahak, sesak dada, gangguan fungsi paru-paru, penyakit paru obstruktif dan restriktif, penebalan pleura, fibrosis, emfisema, nodulasi paru-paru, pneumoconiosis dan karsinoma paru-paru. (Meo, 2004)

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi TSP rata-rata pada tahap pengerukan aspal sebesar $395.87 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, tahap pembetonan sebesar $525.32 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan tahap pemotongan beton sebesar $1199.89 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi TSP rata-rata diketiga tahap kegiatan telah melewati nilai baku mutu Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 mengenai baku mutu standar TSP sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hasil yang diperoleh menunjukkan pada tahap pengerukan aspal konsentrasi rata-rata Si sebesar $0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi rata-rata Pb sebesar $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi rata-rata Ca sebesar $3.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan pada tahap pembetonan, konsentrasi rata-rata Si sebesar $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi rata-rata Pb sebesar $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi rata-rata Ca sebesar $5.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk tahap pemotongan beton, konsentrasi rata-rata Si sebesar $0.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi rata-rata Pb sebesar $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi rata-rata Ca sebesar $23.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Saran

Pekerja pada pembangunan jalan ini perlu menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti masker, yang telah ditentukan dengan baik, sehingga dapat mengurangi dampak cemaran TSP, unsur Si, unsur Pb, dan unsur Ca di udara yang dapat menimbulkan penyakit akibat kerja. Dalam kegiatan pembangunan jalan, perlu dilakukan Engineering Control seperti menggunakan metode basah pada kegiatan pemotongan beton dan pengerukan aspal untuk meminimalisi debu yang dihasilkan sehingga tidak dapat membahayakan pekerja. Kemudian, bagi pihak kontraktor, perlu melakukan sistem rotasi kerja bagi para pekerja dengan baik, sehingga dapat meminimalisasi terpapar debu yang dihasilkan dari kegiatan pembangunan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Qi, Jia, Nadhir, Al-Ansari, & Sven, Knutsson. 2013. *Measurement of Dust Emission from a Road Construction Using Exposure-Profiling Method*. Sweden: Department of Civil, Environmental and Natural Resources, Division of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Luleå.
- 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. *Udara ambien –Bagian 4 : Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metoda Dekstruksi Basah Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*. SNI 19-7119.4-2005.
- Bergdahl, I.A, Toren, K., Eriksson, K., Hedlund, U., Nilsson, T., Flodin, R., dan Jarvholm, B. 2004. *Increased Mortality in COPD among Construction Workers Exposed to Inorganic Dust*. Sweden.
- Diandini, Rachmania, W. Roestam, Ambar, Yunus, Faisal. 2009. *Pengaruh Pekerjaan dengan Paparan Debu Silika terhadap Risiko Tuberkulosis Paru*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995. *Speciate Data Browser: Construction Dust*. Diakses pada tanggal 26 Agustus 2016 melalui http://cfpub.epa.gov/si/speciate/ehpa_speciate_browse_details.cfm?ptype=PD&pnumber=3771
- Evans, John S. dan Cooper, Douglas W. 2012. *An Inventory of Particulate Emissions from Open Sources*. London: Harvard School of Public Health
- Kumar, P, Mulheron, M, dan Claudia S. 2012. *Release of Ultrafine Particles from Three Simulated Building Processes*. UK: University of Surrey
- Kuvarega, A.T dan Taru, P. 2008. *Ambiental Dust Speciation and Metal Content Variation in TSP, PM10 and PM2.5 in Urban Atmospheric Air of Harare (Zimbabwe)*. Zimbabwe: Bindura University of Science Education.
- Matson, Lilli, Taylor, Ian, Sloman Lynn, dan Elliott, John. 2006. *Beyond Transport Infrastructure: Lessons for the Future from Recent Road Projects*. England: CPRE
- Meo, Sultan A. 2004. *Health Hazards of Cement Dust*. Department of Physiology, College of Medicine. Kingdom of Saudi Arabia: King Saud University Riyadh.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). 2005. *Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels*.
- Parker. Raymond L. 1967. *Data of Geochemistry Sixth Edition: Chapter D. Composition of the Earth's Crust*. Washington : United States Government Printing Office.



- Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 tahun 2011 mengenai Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja
- Santoso, M., Lestiani, D.D., & Markwitz, Andreas. 2012. *Characterization of Airborne Particulate Matter Collected at Jakarta Roadside of An Arterial Road*. Hungaria: Akade'miai Kiado.
- World Health Organization (WHO). 2006. *Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution*. Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization (WHO). 2007. *Health Risks of Heavy Metals From Long-Range Transboundary Air Pollution*. Germany: WHO Regional Office for Europe
- World Health Organization (WHO). 2010. *Exposure to Lead: A Major Public Health Concern*. Switzerland: WHO Document Production Services
- Zhai, Yunbo, Fu, Zongmin, Wang, Lafang, Zeng, Guangming, Li, Caiting, Chen, Hongmei, Yuanming, Lan, & Lu, Pei. 2011. *Characteristic, Composition, and Sources of TSP Investigated by HRTEM/EDS and ESEM/EDS*. China: Environ Monit Assess.