

ANALISIS KOMPOSISI UNSUR PENCEMAR (Si, Pb, dan Ca) DALAM TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) DI PEMBANGUNAN GEDUNG (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN PALTROW CITY, SEMARANG, JAWA TENGAH)

Amy Desti Syarindra*), Haryono Setiyo Huboyo**), Titik Istirokhatun**)*)
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : amysyarindra@gmail.com

Abstrak

Tahapan Proyek Pembangunan Apartemen Paltrow City, Semarang, Jawa Tengah berpotensi 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 kegiatan proyek pembangunan apartemen, terutama pada jalur transportasi, pengerjaan lantai kerja dan pengadukan adonan semen. Alat yang digunakan pada pengambilan sampel TSP ialah Dust Sampler dan untuk pengukuran unsur pencemar (Si, Pb, dan Ca) menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrometer). Konsentrasi TSP tertinggi ialah sebesar 786,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang didapatkan pada titik jalur transportasi dan untuk unsur pencemar tertinggi adalah konsentrasi unsur Si terdapat pada titik jalur transportasi yakni sebesar 0,103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi unsur Pb tertinggi terdapat pada titik pengadukan adonan semen yaitu sebesar 0,061 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, serta konsentrasi unsur Ca tertinggi terdapat pada titik pengadukan adonan semen sebesar 9,677 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kata Kunci: *Proyek Pembangunan Apartemen, Total Suspended Particulate (TSP), Unsur Pencemar, Silikon, Timbal, Kalsium*

Abstract

[Composition Analysis Pollutant Elements (Si , Pb , and Ca) in Total Suspended Particulate (TSP) on Construction Building (Case Study : Construction Apartment Paltrow City, Semarang, Central Java)] *Construction of Apartment Paltrow City Semarang, Central Java, potentially resulting in air pollution mainly Total Suspended Particulate (TSP) and Pollutant Elements (Si, Pb, and Ca). TSP and pollutant elements were analyzed to determine the concentration of apartment construction activities, especially at the transport material track, the foot plate foundation and the mixing cement. The tools used in the sampling of TSP is Dust Sampler and for the measurement of pollutant elements (Si, Pb, and Ca) using AAS (Atomic Absorption Spectrofotometer). The highest concentration of TSP is 786,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ that found at the transport material track, the highest concentration pollutant elements is the concentration of Si element contained at the transport material track is equal to 0,103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, the highest concentration of Pb element in the mixing cement point is equal to 0,061 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the highest concentration of Ca element in the mixing cement point is equal to 9,677 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.*

Keywords: *Construction of Apartment, Total Suspended Particulate (TSP), Element Pollutants, Silicones, Lead, Calcium.*

PENDAHULUAN

Konstruksi dan operasi bangunan memiliki efek besar baik secara langsung maupun tidak langsung pada lingkungan. Sumber polusi dari proses konstruksi dapat berupa gas berbahaya, kebisingan, debu, dan limbah padat maupun cair, (Zolfagharian et al., 2012).

Perkembangan industri konstruksi masih dianggap sebagai sumber polusi bagi atmosfer akibat dari emisi partikulat yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan dampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Di seluruh dunia, diperkirakan bahwa polusi udara yang disebabkan oleh PM_{2.5} (partikulat dengan diameter kurang dari 2,5 µm) di atmosfer bertanggung jawab untuk sekitar 0,8 juta kematian bayi prematur dan 6,4 juta kematian manusia setiap tahunnya, (Cohen et al., 2005).

National Ambient Air Quality Standards (NAAQS's) Amerika Serikat menyebutkan, ada enam kriteria polutan dalam udara yang terdiri dari lima kriteria polutan udara primer (yang diemisikan langsung) dan satu kategori polutan udara sekunder (dibentuk di atmosfer terendah oleh reaksi kimiawi diantara polutan primer). Berikut ini termasuk ke dalam lima kriteria polutan primer, yaitu: *particulate matter* (PM) yang mempunyai diameter kurang dari 10 µm, SO₂, NO₂, CO, dan partikulat timbal, (Cooper dan Alley, 1986: 3).

Penelitian yang dilakukan oleh Araujo et al. (2014) membuktikan bahwa konsentrasi TSP pada suatu konstruksi pembangunan cukup tinggi pada tahapan pekerjaan yang berbeda. Penelitian tersebut dilakukan pada konstruksi bangunan perumahan di Salvador, Bahia, Brazil dengan melakukan pengukuran di tiga tahap pekerjaan. Tiga tahap tersebut ialah pada tahap pekerjaan tanah, tahap pembangunan dan tahap penyelesaian (*finishing*). Dari ketiga tahapan tersebut konsentrasi TSP tertinggi pada tahap

pekerjaan tanah yakni sebesar 462,25 µg/m³ dan tahap pembangunan sebesar 483,12 µg/m³. Sedangkan untuk hasil pengukuran persentase konsentrasi beberapa unsur yang salah satunya seperti Si, Pb dan Ca, unsur tertinggi yang didapatkan ialah unsur Ca dengan persentase 31 – 37% pada tahap pembangunan (tahap kedua), dengan kegiatan pembangunan yang dilakukan seperti pelaksanaan pembuatan kolom, pengangkatan batuan dan pelapisan keramik sebagai bagian dari pekerjaan *finishing* interior dan eksterior .

Partikel debu merupakan salah satu komponen yang menurunkan kualitas udara ambien. Akibat terpapar oleh partikel debu maka kesehatan masyarakat akan mengalami gangguan dan dapat menimbulkan gangguan fungsi paru. Menurut Roberts et al.,(2010) *particulate matter* (PM) adalah campuran kompleks partikel kecil dan cairan di udara. Paparan polusi terkait dengan berbagai masalah kesehatan termasuk gangguan fungsi paru-paru, bronkitis kronis, dan asma serta dikaitkan dengan adanya pengaruh serangan jantung pada orang yang telah memiliki penyakit jantung. Selain itu polusi PM adalah penyebab utama penurunan visibilitas dan memberikan kontribusi terjadinya hujan asam.

Sedangkan dengan adanya beberapa unsur seperti Si, Pb, dan Ca yang telah ditemukan pada penelitian sebelumnya mengenai tahap pembangunan maka secara langsung maupun tidak dapat berdampak bagi kesehatan pekerja. Ketiga unsur tersebut dapat menurunkan kinerja serta kesehatan bagi para pekerja, kemudian bagi masyarakat yang tinggal disekitar pembangunan akan merasakan dampak yang sama. Menurut beberapa sumber paparan silika tetap menjadi ancaman serius bagi hampir 2 juta pekerja AS, termasuk lebih dari 100.000 pekerja dalam pekerjaan berisiko tinggi seperti *abrasif blasting*, pekerjaan pengecoran, *stonecutting*, pengeboran batu, pekerjaan

tambang dan *tunneling*. Kristal silika telah diklasifikasikan sebagai karsinogen bagi paru-paru manusia, Selain itu jika terkena debu Kristal silika dapat menyebabkan *silicosis* yang dapat menyebabkan kelumpuhan dan dapat berakibat fatal, (OSHA, 2002). Kampa dan Castanas (2007) mengemukakan bahwa logam berat termasuk elemen logam dasar seperti timbal (Pb), merupakan komponen alami dari kerak bumi, tidak dapat terdegradasi atau hancur, dan dapat tersuspensi melalui udara, serta dapat masuk ke dalam air maupun makanan. Selain itu timbal dapat masuk ke lingkungan sekitar melalui berbagai sumber termasuk pembakaran bahan bakar dan pembuangan air.

Kemudian disusul dengan pernyataan Meo (2004) bahwa unsur kalsium (Ca) yang banyak terkandung dalam pembuatan semen seperti Semen Portland adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Dengan adanya kandungan unsur Ca sebagai salah satu bahan yang digunakan dalam konstruksi, jika tubuh manusia terpapar unsur Ca yang berlebih dapat menyebabkan pengapuran pada pembuluh darah, penyakit jantung dan urat darah (kardiovaskuler), penyakit jantung dan stroke, tekanan darah tinggi, asam perut rendah, sakit otot atau tulang sendi, depresi, kelelahan, glaukoma, osteoporosis, osteoarthritis, terjadi pengerasan kapur, kulit kering, sembelit (*constipation*), peningkatan resiko terhadap ginjal (*hypercal-caemia*), sehingga terjadi radang air kencing, (Suhariyono, 2005).

Seiring dengan perkembangan pada sektor konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun yang dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat, juga memiliki dampak negatif yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat terutama pekerja bangunan yang terlibat langsung dalam proses pembangunan tersebut. Hal ini disebabkan oleh pencemaran udara akibat proses pengerjaan bangunan yang berasal

dari jenis pengerjaan bangunan khususnya pada waktu musim kemarau.

Dengan adanya proyek pembangunan gedung yang menjalani kegiatan konstruksi seperti pengadukan adonan semen, pengerjaan lantai kerja, serta kegiatan transportasi pengangkutan bahan material yang dapat berpotensi menghasilkan debu sehingga dapat mempengaruhi pekerja bangunan dan secara langsung dapat mengganggu kesehatan terutama gangguan pada sistem pernapasan. Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dilakukan penelitian berupa Analisis Komposisi Unsur Pencemar (Si, Pb, dan Ca) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Apartemen Paltrow City, Semarang, Jawa Tengah).

Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis konsentrasi TSP kemudian dibandingkan konsentrasi TSP dengan PP No. 41 Tahun 1999 pada pekerjaan jalur transportasi pengangkutan bahan material, pengerjaan lantai kerja, dan pengadukan adonan semen dalam tahap pembangunan Apartemen Paltrow City Semarang. Kemudian menganalisis besarnya konsentrasi unsur pencemar udara (Si, Pb, dan Ca) dalam TSP pada ketiga kategori pekerjaan dalam tahap pembangunan apartemen tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Jangka waktu penelitian ini adalah 7 hari dimulai pada tanggal 8 Mei 2015 dalam waktu 8 jam sesuai dengan jam operasional. Pengambilan sampel dilakukan di proyek pembangunan Apartemen Paltrow City, Semarang, Jawa Tengah. Sedangkan untuk analisis hasil penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang, Laboratorium Wahana, 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 jalur transportasi pengangkutan bahan material, pengerjaan lantai kerja, dan pengadukan adonan semen.

Pembagian menjadi 3 (tiga) kategori ini terkait dengan tujuan dari penelitian yang peneliti lakukan yaitu membandingkan hasil dari pengukuran yang diperoleh dengan baku mutu. Perbedaan jenis pekerjaan yang berfungsi menjadi variabel bebas ini bias diartikan sebagai apakah ada kandungan *Total Suspended Particulate* (TSP) yang melebihi baku mutu yang berlaku serta perbedaan Kadar Unsur berdasarkan variasi jenis pekerjaan dilakukan pada masing-masing katagori. Kemudian dapat dilakukan keterkaitan antara jenis pekerjaan yang dilakukan dengan hasil sampling serta mengaitkan secara umum dengan kesehatan yang dirasakan oleh para pekerja.

Dalam pengambilan sampel konsentrasi TSP filter yang digunakan ialah filter *Whatman GF/A* dengan diameter 110 mm, ketebalan sebesar 0,26 mm serta ukuran pori kertas saring sebesar 1,6 μm . Kemudian filter dipasang pada holder *Dust Sampler* kemudian alat uji dinyalakan dan melakukan pencatatan waktu pengambilan sampel, temperatur, tekanan baromatik serta laju alir alat uji tersebut. Pengujian dilakukan selama 8 jam dengan melakukan pencatatan awal dan akhir pengukuran untuk waktu pengambilan sampel, temperatur, tekanan baromatik serta laju alir alat uji. Setelah pengujian selesai filter dilipat dan dimasukkan ke dalam *aluminium foil* serta masukkan kedalam wadah tertutup berisi *silica gel*.

Analisis konsentrasi unsur dalam TSP dilakukan dengan cara memotong filter menjadi beberapa bagian kemudian larutkan dengan pelarut HNO_3 pekat ± 200 ml dan dipanaskan dengan suhu 175°C selama 12 jam. Selanjutnya contoh uji diencerkan dalam labu takar 25 m yang nantinya dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) 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.

Untuk perhitungan konsentrasi debu sendiri mengacu pada SNI 19-7119.3-2005., melalui tahapan perhitungan koreksi laju alir pada kondisi standar, perhitungan volume udara yang diambil, dan perhitungan konsentrasi partikel debu total.

Perhitungan konsentrasi TSP yang dilakukan melalui 3 (tiga) tahapan yaitu 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 ($^\circ\text{C}$) serta P_o dan P_s (mmHg) yang telah diukur dalam pengambilan sampel.

b. Volume Udara yang Diambil

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

Nilai Q 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

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

Dimana C dengan satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ merupakan konsentrasi massa partikel tersuspensi yang hasilnya didapatkan dari debu yang tertampung pada filter dengan mengetahui berat awal dan akhir (g) serta volume udara yang diambil (m^3).

Sedangkan untuk perhitungan konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi unsur dalam TSP. Konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca menurut SNI 19-7119.4-2005 dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$C = \frac{(C_t - C_b) \times V_t \times \frac{5}{S_i}}{V}$$

Untuk mengetahui nilai C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 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

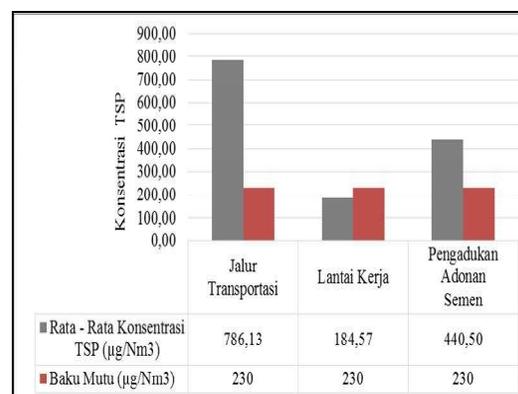
Dalam penelitian ini konsentrasi TSP dan komposisi unsur Si, Pb, dan Ca diambil pada 3 (tiga) titik sesuai dengan kategori pekerjaan. Ketiga lokasi penelitian terdiri dari titik jalur transportasi, titik pembuatan lantai kerja, dan titik pengadukan adonan semen. Pengambilan sampel ini dilakukan selama jam operasional yakni selama 8 (delapan) jam dari pukul 08.00-16.00 WIB.

Pengambilan sampel dilakukan pada ketiga lokasi tersebut karena kegiatan yang dilakukan dapat menimbulkan potensi pencemaran udara terutama pada pekerja proyek pembangunan tersebut. Pada masing – masing titik pekerjaan

dilakukan 3 (tiga) kali pengulangan pada titik yang sama dari ketiga lokasi tersebut. Pengulangan dilakukan untuk mendapatkan hasil terbaik pada pengukuran konsentrasi TSP dan unsur pencemar, sehingga hasil akhir dari pengukuran akan diakumulasikan dan untuk konsentrasi TSP dibandingkan dengan batas baku mutu dari Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara untuk konsentrasi TSP sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Sebelum melakukan pengambilan sampel pada 3 (tiga) titik lokasi tersebut dilakukan pengujian background sebelum dan setelah pengambilan sampel. Pengujian background ini bertujuan untuk melihat ada pengaruh nilai konsentrasi TSP maupun unsur pencemar pada saat kegiatan konstruksi dan pada saat tidak adanya kegiatan konstruksi. Karena pada proyek pembangunan Apartemen Paltrow City ini telah berjalan hingga tahap pembuatan lantai kerja (*foot plat*) maka hasil uji background untuk konsentrasi TSP maupun unsur pencemar akan dibandingkan dengan pekerjaan lanjutan dari proyek pembangunan tersebut, sehingga akan terlihat dengan adanya penambahan pekerjaan pada lokasi sampling jenis pekerjaan akan mempengaruhi nilai dari konsentrasi TSP maupun unsur pencemar.

1. Analisis Konsentrasi TSP



*Baku Mutu : PP No. 41 Tahun 1999

Gambar 1 Perbandingan Konsentrasi TSP

Berdasarkan grafik konsentrasi TSP diatas, konsentrasi TSP terbesar terdapat pada titik jalur transportasi dan yang terendah pada titik pekerjaan lantai kerja. Hal ini dikarenakan perbedaan pekerjaan yang terdapat pada masing – masing titik pekerjaan. Pada jalur transportasi jenis pekerjaan yang dilakukan ialah mengangkut bahan material seperti pasir dan batu kali dengan menggunakan alat transportasi seperti truk pengangkut. Pada titik ini tidak hanya alat transportasi bahan material saja yang melewati titik sampling tetapi ada juga alat pengangkutan lain yaitu *excavator* untuk pengerukan tanah, pengambilan batu kali yang telah dikirim serta pengangkutan baja untuk pemasangan tulangan dalam proses pembuatan lantai kerja.

Kemudian pada titik pengerjaan lantai kerja dilakukan pembuatan lantai kerja seperti penambahan semen atau lapisan pada lantai kerja, pemasangan tulangan stek kolom, dan pengecoran lantai kerja. Dalam pengerjaan lantai kerja, pekerja melakukan pemasangan tulangan dan beton bahu serta pengecoran dimana pekerja mengambil bahan material yang telah dikirimkan seperti baja tulangan dan mengambil adonan semen untuk menyelesaikan pekerjaan tambahan dalam pembuatan lantai kerja.

Sedangkan pada titik pengadukan adonan semen pekerjaan yang dilakukan adalah pembuatan adonan semen untuk pekerjaan di lantai kerja, pada titik ini pembuatan adonan semen dilakukan secara manual (dikerjakan oleh pekerja bangunan bukan dengan mesin penggiling/ molen). Adonan semen yang telah jadi akan diangkut oleh pekerja ke bagian pengerjaan lantai kerja, pembuatan secara manual ini membutuhkan bahan material seperti pasir, semen, dan air sehingga pada titik ini terdapat tumpukan pasir dan semen. Dengan proses pengadukan adonan secara manual ini pasir dan semen dapat bercampur dengan udara ambien sehingga dapat menimbulkan potensi debu baik itu

ke udara ambien maupun ke pekerja yang melakukan pekerjaan tersebut.

Sebelum dilakukan pengujian pada tiga titik sampling dilakukan uji background terlebih dahulu. Uji background bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi TSP dan unsur pencemar (Si, Pb, dan Ca) sebelum adanya kegiatan lanjutan dari pembangunan apartemen Paltrow City dimana kegiatan pembangunan tersebut lebih sedikit dibandingkan saat pengambilan sampel, sehingga apabila ada kegiatan lanjutan dari pembangunan tersebut dapat dilihat apakah ada peningkatan dari hasil konsentrasi TSP di titik tersebut. Hasil konsentrasi TSP pada uji background awal sebesar $91,83 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

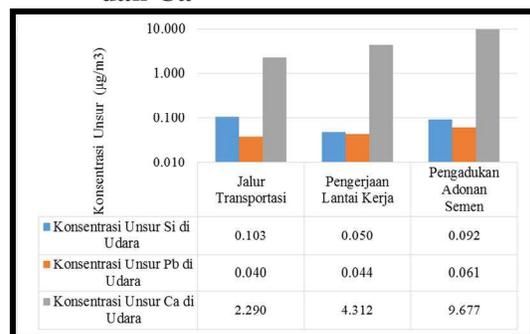
Dari gambar 1 dapat dilihat konsentrasi TSP pada titik jalur transportasi paling tinggi yaitu sebesar $786,13 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan besarnya nilai konsentrasi TSP tersebut melebihi batas baku mutu, sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada titik lantai kerja yakni sebesar $184,57 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan masih berada di bawah batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Walaupun nilai konsentrasi TSP pada titik jalur transportasi memiliki nilai yang tinggi, tetapi pada titik pengadukan adonan semen juga memiliki nilai konsentrasi yang melebihi baku mutu yakni sebesar $440,50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada titik pengadukan adonan semen dapat melebihi baku mutu dikarenakan aktivitas pekerjaan seperti pengadukan pasir, semen, dan air yang dikerjakan secara manual dan tidak dalam ruang tertutup sehingga dari campuran bahan material itupun melayang ke udara.

Jika dibandingkan dengan hasil konsentrasi TSP pada uji background, konsentrasi TSP pada titik jalur transportasi sangatlah berbeda, perbedaan nilai konsentrasi TSP ini dipengaruhi oleh kegiatan transportasi seperti pengangkutan bahan material menggunakan alat

transportasi berat serta dengan penggunaan *excavator* maka dapat menghasilkan debu yang lebih banyak dikarenakan berasal dari keluaran bahan bakar dan debu yang melayang pada udara ambien akibat dari gesekan roda transportasi tersebut. Pada hasil pengujian background konsentrasi TSP sangat kecil dikarenakan pada titik uji background alat ditempatkan jauh dari ketiga titik agar dapat dijadikan perbandingan adanya pengaruh kegiatan konstruksi.

Dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Araujo et al. (2014) yang melakukan penelitian tentang identifikasi dan karakteristik TSP pada konstruksi didapatkan hasil TSP sebesar $462,25 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil TSP ini didapatkan pada aktivitas pekerjaan *manual excavation*, transportasi lahan, penghancuran batuan pada pondasi awal dan pengerjaan lantai kerja dengan semen. Sehingga dalam penelitian terdahulu dapat dijadikan acuan berapa besar hasil TSP yang ada pada pekerjaan konstruksi. Dan sesuai dengan hasil lapangan yang telah didapatkan dari titik pekerjaan yang tidak jauh berbeda dengan penelitian tersebut juga didapatkan hasil TSP sebesar $786,13 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pada titik jalur transportasi untuk jenis pekerjaan yang sama juga terdapat pada titik pengadukan adonan semen yang hasilnya tidak jauh dengan hasil pengambilan sampel dilapangan yaitu sebesar $440,50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

2. Analisis Komposisi Unsur Si, Pb, dan Ca



Gambar 2 Perbandingan Komposisi Unsur Si, Pb, dan Ca

Grafik diatas menunjukkan bahwa konsentrasi unsur Si di udara tertinggi terdapat pada titik jalur transportasi ialah sebesar $0,103 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk konsentrasi unsur Pb di udara tertinggi terdapat pada titik pengerjaan adonan semen sebesar $0,061 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan untuk konsentrasi unsur Ca di udara tertinggi sebesar $9,677 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada titik pengerjaan adonan semen. Sedangkan pada uji background konsentrasi unsur Si dalam TSP yaitu sebesar $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi unsur Pb sebesar $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan untuk unsur Ca sebesar $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dari grafik perbandingan konsentrasi unsur Si, Pb, dan Ca pada tiap titik kategori pekerjaan nilai tertinggi terdapat dari unsur Ca dan pada titik pengadukan adonan semen yakni sebesar $9,677 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi unsur terendah dari ketiga kategori pekerjaan ialah unsur Pb dengan kadar sebesar $0,040 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada titik jalur transportasi. Jika dibandingkan dengan hasil uji background unsur Ca memiliki perbedaan yang sangat signifikan dimana pada tiap titik kategori pekerjaan unsur Ca lebih mendominasi dari unsur lainnya, hal ini terjadi dikarenakan dari seluruh titik kategori permukaan dasar pembangunan apartemen tersebut berupa tanah sehingga pengukuran kandungan unsur di udara ambien juga dipengaruhi oleh tanah yang ikut beterbangan disekitar lokasi pengambilan sampel dan juga dari aktivitas yang dilakukan pada titik pengadukan adonan semen dimana unsur Ca terdapat pada kegiatan pengadukan adonan semen (Meo, 2004).

Sesuai dalam Sistem Periodik Unsur Kimia Ca adalah salah satu unsur logam alkali tanah dan merupakan unsur paling berlimpah kelima dalam persentase massa kulit bumi yang berarti unsur kalsium juga banyak ditemui dalam kandungan tanah. Kabata-Pendias (2001) juga mengemukakan bahwa dalam tanah larutan ion utama seperti Ca

mempengaruhi jumlah elemen yang larut, elemen Ca terkandung lebih dari 90% dari total konsentrasi kation dalam tanah dan merupakan elemen terpenting dalam mengatur tahap terlarutnya elemen lain dalam tanah, namun Parker (1967) menemukan bahwa persentase unsur Si dalam tanah lebih banyak dibandingkan dengan unsur Ca yakni untuk unsur Si sebesar 27,72 % dan unsur Ca 3,63 % dalam kerak bumi, yang membuktikan bahwa unsur Si dan Ca terkandung dalam tanah.

Hasil grafik perbandingan ini juga membuktikan teori dari Meo (2004) dan Ontario (2011), bahwa pada unsur Si didapatkan dari tanah, bahan bangunan semen, gesekan atau kegiatan pengangkutan batuan dan pasir yakni dari kegiatan pengangkutan bahan material dan pengadukan adonan semen, kemudian pada unsur Pb didapatkan hasil pembakaran bahan aditif bensin kendaraan bermotor, sedangkan pada unsur Ca terdapat pada kegiatan pengadukan adonan semen. Untuk hasil Pb terlihat bahwa kadar paling tinggi terdapat pada pengadukan adonan semen tidak sesuai dengan teori yang ada, namun hal ini dikarenakan adanya pemberhentian sementara truk pengangkut untuk menurunkan bahan material seperti semen dan pasir.

Parker (1967) menyajikan tentang persentase berat dari 25 unsur yang ada pada lapisan kerak bumi. Sesuai dengan penelitian ini ada 2 unsur yang termasuk didalamnya yakni unsur Si (Silikon) dan Ca (Kalsium). Dari persentase tersebut didapatkan bahwa rasio Ca dengan Si pada lapisan kerak bumi adalah 0,1 sedangkan hasil dilapangan rasio unsur Ca dengan Si pada titik jalur transportasi adalah 22,23, pada titik pengerjaan lantai kerja 86,24, dan pada titik pengadukan adonan semen adalah 105,18. Dengan adanya perbedaan yang jauh dari rasio unsur Ca dengan Si, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan unsur pada lapisan kerak bumi lebih

sedikit dibandingkan dengan lokasi penelitian. Hal ini dapat disebabkan karena lokasi penelitian yang merupakan lokasi pembangunan gedung dimana banyak dilakukan aktivitas pembangunan seperti transportasi bahan material, pengerukan lahan dan penambahan bahan material sebagai penunjang dalam proses pembangunan, selain itu faktor meteorologi seperti angin dan hujan dapat mempengaruhi udara ambien disekitarnya.

Berdasarkan *Speciate Data Construction Dust* oleh EPA prosentase unsur Si, Pb, dan Ca didalam debu konstruksi adalah sebesar 7,1%; 0,0037%; dan 14,9%. Pada penelitian ini akumulasi unsur Si, Pb, dan Ca ialah 0,15%; 0,12%, dan 12,30%. Jika dibandingkan dengan prosentasi berat unsur Si, Pb, dan Ca dalam penelitian ini unsur Si dan Ca lebih kecil sedangkan untuk unsur Pb lebih besar. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan kegiatan yang dilakukan pada kegiatan konstruksi, sedangkan debu konstruksi dari *Speciate Data Construction Dust* tidak menspesifikasikan kegiatan yang sedang dilakukan pada lokasi pembangunan.

3. Dampak TSP Terhadap Kesehatan

Hasil konsentrasi TSP yang didapatkan dilapangan pada titik jalur transportasi ialah $799,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pada titik pengerjaan lantai kerja ialah sebesar $187,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan pada titik pengadukan adonan semen ialah $448,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ada dua titik pada tahap pembangunan yang melebihi batas ambang baku mutu oleh PP Nomor 41 Tahun 1999. Dua titik yang melebihi batas ambang baku mutu tersebut adalah titik jalur transportasi dan pada titik pengadukan adonan semen dimana hal ini dapat menimbulkan potensi yang berdampak bagi kesehatan manusia.

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikel berukuran hingga sekitar

50 μm . Partikel tersebut merupakan partikel yang besar untuk melewati hidung atau tenggorokan, partikel tersebut tidak dapat masuk paru-paru. Partikel tersebut merupakan debu yang tertiuip angin dan dapat menyebabkan mengotori bangunan dan pakaian. Namun, dalam sampel TSP juga mungkin berisi PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ partikel kecil yang dapat masuk ke dalam paru-paru kita, (Araujo, 2014).

4. Dampak Si Terhadap Kesehatan

Konsentrasi Unsur Si di udara pada titik jalur transportasi, titik pengerjaan lantai kerja, dan titik pengerjaan adonan semen ialah sebesar $0,103 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,050 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $0,092 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Menurut OEHHA (2005) batas ambang baku mutu silica yang ditetapkan ISO 7708:1995 adalah $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi unsur Si masih berada dalam batas aman, dimana konsentrasi unsur Si belum melebihi baku mutu yang ditetapkan. Paparan debu silica pada batasan tertentu memiliki potensi yang berdampak pada kesehatan manusia.

Penyakit yang berhubungan dengan *crystalline silica* menurut Rees (2007) ialah pneumoconiosis, silicosis kronis, kanker paru – paru, penyakit ginjal, radang sendi dan bronchitis kronis.

5. Dampak Pb Terhadap Kesehatan

Dalam penelitian ini konsentrasi unsur Pb di udara pada titik jalur transportasi, titik pengerjaan lantai kerja, dan titik pengerjaan adonan semen sebesar $0,040 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,044 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan $0,061 \mu\text{g}/\text{m}^3$. WHO (2010) menyebutkan batasan unsur Pb yang diperbolehkan adalah $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan dari hasil penelitian unsur Pb pada tiga titik tahap pembangunan tidak ada yang melebihi batas ambang baku mutu. Walaupun unsur Pb tidak melebihi batas ambang baku mutu tetapi paparan debu Pb (timbal) memiliki potensi yang berdampak pada kesehatan manusia.

Logam berat seperti Pb (timbal) berpengaruh terhadap gangguan perkembangan saraf, penekanan sistem hematologi (anemia), gagal ginjal, dan immunosupresi jika kadar Pb dalam darah di bawah $10 \mu\text{g}/\text{dL}$, (Jimoda, 2012).

6. Dampak Ca Terhadap Kesehatan

Sedangkan untuk konsentrasi unsur Ca di Udara sebesar $2,290 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4,312 \mu\text{g}/\text{m}^3$, serta $9,677 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada titik jalur transportasi, titik pengerjaan lantai kerja, dan titik pengerjaan adonan semen. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 tahun 2011 apabila Ca (Calsium) berikatan dengan O (Oksigen) maka batasan yang diperbolehkan adalah $2 \text{mg}/\text{m}^3$. Dilihat dari hasil penelitian bahwa konsentrasi Unsur Ca jauh dibawah baku mutu yang ada, namun bukan berarti unsur Ca tidak berdampak pada kesehatan manusia, karena apabila manusia terkena paparan debu Ca pada kadar tertentu maka dapat mempengaruhi kesehatan manusia.

Dari banyaknya kandungan unsur Ca dalam semen maka jika manusia terkena paparan debu semen secara langsung dan terus menerus akan menimbulkan dampak terhadap beberapa organ tubuh seperti pada sistem pernapasan akan mengakibatkan batuk berdahak, sesak napas, gangguan fungsi paru – paru; pada sistem pencernaan berakibat karies gigi, sakit perut, kanker perut; sedangkan dampak lainnya ialah iritasi mata, iritasi kulit, dan bisul kulit, (Meo, 2004).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengukuran *Total Suspended Particulate* (TSP) yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan konsentrasi TSP pada titik jalur transportasi ialah $786,13 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, pada titik pengerjaan lantai kerja ialah sebesar $184,57 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan pada titik pengadukan adonan semen ialah

440,50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Dua titik yang melebihi batas ambang baku mutu yang ditetapkan oleh PP Nomor 41 Tahun 1999 ialah titik jalur transportasi dan titik pengadukan adonan semen. Sedangkan untuk hasil penelitian dan pengukuran komposisi unsur dalam TSP didapatkan konsentrasi unsur Si tertinggi terdapat pada titik jalur transportasi ialah sebesar 0,103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk konsentrasi unsur Pb tertinggi terdapat pada titik pengerjaan adonan semen sebesar 0,061 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan untuk kadar konsentrasi Ca tertinggi sebesar 9,677 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada titik pengerjaan adonan semen.

SARAN

Perlu ditingkatkan penggunaan *safety tools* atau Alat Pelindung Diri (APD) seperti *overall* atau baju pelindung diri, masker, sarung tangan, serta helm untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan untuk mengurangi dampak cemaran. Serta meningkatkan pengetahuan mengenai kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dari pihak kontraktor maupun manajemen *health and safety environment* kepada pekerja maupun *site engineer* yang bekerja di proyek pembangunan apartemen, dengan memberikan pelatihan mengenai K3.

DAFTAR PUSTAKA

- Araujo, Ingrid P.S, Costa, Dayana B., de Moraes Ruta J.B. 2014. *Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations at Construction Jobsite*. Sustainability ISSN 2071-1050
- 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. *Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metoda Dekstruksi Basah Menggunakan Spektrofotometer Serapan*. SNI 19-7119.4-2005
- Cohen, A.J.; Anderson, H.R.; Ostro, B.; Pandey, K.D.; Krzyzanowski, M.; Künzli, N.; Gutschmidt, K.; Pope, A.; Romieu, I.; Samet, J.M.; et al. *The Global Burden Of Disease Due to Outdoor Air Pollution*. J. Toxicol. Environ. Health A 2005, 68, 1301–1307
- Cooper, C. David & Alley, F.C. 1986. *Air Pollution Control A Design Approach 2nd Edition*. Illinois : Maveland Press Inc.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995. *Speciate Data Browser: Construction Dust*. Diakses pada tanggal 26 Agustus 2015 melalui http://cfpub.epa.gov/si/speciate/ehpa_speciate_browser_details.cfm?ptype=PD&pnumber=3771
- Jimoda, L. A. 2012. *Effects of Particulate Matter on Human Health, The Ecosystem, Climate and Materials : A Review*. Ladoke Akintola University of Technology : Ogbomosho, Nigeria.
- Kabata-Pendias, Alina. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. Third Edition. CRC Press : Washington D. C
- Kampa, Marilena dan Castanas, Elias. 2008. *Human Health Effects of Air Pollution*. Environmental Pollution 151 (2008) 362-367
- Meo, Sultan A.. 2004. *Health Hazards of Cement Dust*. Department of Physiology, College of Medicine, King Saud University Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia
- National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH). 2002. *Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica*. Department Of Health and Human Services.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 2002. *Crystalline Silica Exposure Health Hazard Information*.
- Office of Environmental Health Hazard Assesment (OEHHA). 2005. *Chronic Toxicity Summary*.
- Ontario Ministry of Labour. 2011. *Guideline Silica on Construction Projects*. Health and Safety Guidelines
- Ontario Ministry of Labour. 2011. *Guideline Lead on Construction Projects*. Health and Safety Guidelines
- Parker, Raymond L. 1967. *Data of Geochemistry. Chapter D/ Composition of the Earth's Crust*. United States Government Printing Office : Washington
- 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*
- Rees, D dan Murray, J. 2007. *Silica, Silicosis and Tuberculosis*. National Institute for Occupational Health, Johannesburg. South Africa
- Roberts, Paul T.; Reid, Stephen B.; Eisinger, Douglas S.; Vaughn, David L.; Pollard, Erin K.; DeWinter, Jennifer L.; Du, Yuan; Ray, Alison E.; Brown, Steven G. 2010. *Construction Activity, Emissions, and Air Quality Impacts: Real-World Observations from an Arizona Road-Widening Case Study*. Final Report Prepared for Beverly Chenausky Arizona Departemen of Transportation. Sonoma Technology, Inc.
- Suhariyono, Gatot. 2005. *Content Of Elements In PM₁₀ And PM_{2.5} Dust In Cement Factory, Bogor And In Residence Area By Using X-Ray Fluorescence (XRF) dalam Seminar Nasional Neutron dan X-Ray Scattering*, ISSN 1410-7686
- World Health and Organization (WHO) (2010). *Lead. A Major Public Health Concern*. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe. Diakses melalui <http://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>.
- Zolfagharian, Samaneh; Nourbakhsh, Mehdi; Irizarry, Javier; Ressang, Aziruddin; Gheisari, Masoud. 2012. *Environmental Impacts Assessment on Construction SITES. Construction Research Congress*.

