

Karakteristik Anorganik PM₁₀ di Udara Ambien terhadap Mortalitas dan Morbiditas pada Kawasan Industri di Kota Bandung

PUTRI PUJIASTUTI¹, JULI SOEMIRAT¹, MILA DIRGAWATI¹

1. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas, Bandung
e-mail: ppujiastuti@rocketmail.com

ABSTRAK

Pencemaran udara merupakan permasalahan yang sedang berkembang saat ini, khususnya di Kota Bandung. Salah satu jenis pencemar udara adalah partikulat. Karena sifatnya yang aerodinamis partikulat dapat masuk ke dalam tubuh. Dampak yang dapat ditimbulkan dari adanya partikulat dalam tubuh, yaitu memicu terjadinya gangguan saluran pernapasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak komposisi anorganik partikulat terhadap mortalitas dan morbiditas. Pemantauan kualitas udara ambien yang mewakili kawasan industri dipantau di kawasan Cisaranten Wetan. Konsentrasi PM₁₀ yang terukur sebesar 40,524 µg/N.m³. Komposisi anorganik yang dapat menyebabkan ISPA adalah Na, K, Mg, Mn, Zn, Cd, Cr, Cu, Co, As, sedangkan komposisi anorganik yang tidak menyebabkan ISPA adalah Hg, Fe, Ni dan Pb. Parameter morbiditas yang diukur dengan insidensi ISPA 2011 sebanyak 263 kasus dari 1000 penduduk dan parameter mortalitas menggunakan AKK sejumlah 2 kasus dari 1000 penduduk.

Kata kunci: PM₁₀, mortalitas, morbiditas

ABSTRACT

Air pollution is a problem that is being developed at this time, especially in the city of Bandung. One type of air pollutant is particulate. Because of its aerodynamic nature particulates can enter the body. Impacts that may result from the presence of particulates in the body, namely the emergence of respiratory diseases and skin diseases. This study aims to determine the impact of the composition of inorganic particulates on mortality and morbidity. Ambient air quality monitoring that represent the industry in the region Cisaranten Wetan monitored. PM₁₀ concentrations measured at 40.524 µg/N.m³. Inorganic composition which can cause respiratory infection is the Na, K, Mg, Mn, Zn, Cd, Cr, Cu, Co, As, while the inorganic composition that does not lead to ISPA is Hg, Fe, Ni and Pb. Parameters measured by the incidence of morbidity 2011 as many as 263 cases of ARI of 1000 population and mortality parameters using a CDR 2 cases out of 1000 inhabitants.

Keywords: PM₁₀, mortality, morbidity

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor penting kebutuhan dasar bagi manusia adalah udara. Secara rata-rata, manusia tidak dapat mempertahankan hidupnya tanpa udara lebih dari tiga menit. Selain menghasilkan oksigen udara juga berfungsi sebagai alat penghantar suara, dan dapat menjadi media untuk penyebaran penyakit pada manusia. Selain itu udara merupakan sumber daya yang digunakan (Soemirat, 2009).

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu sampai menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara).

Salah satu akibat yang dapat ditimbulkan dari adanya pencemaran udara, yaitu munculnya penyakit saluran pernapasan dan penyakit kulit. Gangguan kesehatan akibat partikulat dan gas ini bermacam-macam tergantung dari jenis dan konsentrasi zat, lama pemaparan, dan ada atau tidaknya kelainan saluran pernapasan sebelumnya. Pengaruh zat – zat ini pertama-tama akan ditemukan pada sistem pernapasan dan kulit serta selaput lendir, selanjutnya apabila zat pencemar dapat memasuki peredaran darah, maka efek sistemik tak dapat dihindari (Soemirat, 2009).

Salah satu jenis pencemar udara yang memberikan dampak yang besar terhadap kesehatan manusia adalah PM₁₀ karena bersifat *respirable* yang memicu terjadinya gangguan pernafasan yaitu infeksi saluran pernafasan akut (ISPA).

Kota Bandung merupakan salah satu kota besar yang jumlah penduduknya mengalami peningkatan pesat dari setiap tahunnya. Hal ini diiringi pula oleh perkembangan industri yang menjadi sumber ekonomi warganya. Yang diiringi dengan peningkatan pemakaian kendaraan bermotor untuk aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu untuk mengevaluasi kualitas udara ambien maka dilakukan pemantauan di 5 (lima) kawasan yang mewakili Kota Bandung yaitu kawasan bersih (Dago Pakar), pemukiman (Aria Graha), pusat kota dan transportasi (Tegalega), transportasi (Batununggal), dan industri (Cisaranten Wetan) (BPLH).

Kecamatan Cinambo merupakan daerah yang terlingkupi oleh stasiun BAF 5 milik BPLH dimana peruntukannya mewakili daerah industri. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di lima titik pemantauan yang ditetapkan oleh BPLH kawasan industri mempunyai konsentrasi PM₁₀ yang lebih rendah dari pada kawasan lainnya. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa konsentrasi PM₁₀ di kawasan industri yang diwakili di Kecamatan Ujung Berung pada tahun 2006 sebesar 76,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bila dibandingkan dengan baku mutu PP RI No.41 Tahun 1999 konsentrasi maksimum sebesar 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sehingga konsentrasi PM₁₀ di kawasan industri tidak melebihi baku mutu. Besarnya kontribusi PM₁₀ di udara ambien pada kawasan industri yang terletak di Ujung Berung pada penelitian sebelumnya terhadap Insidensi ISPA sebesar 1,53% dan terhadap kematian sebesar 9,11%. Resiko terjadinya ISPA pada masyarakat yang tinggal di kawasan industri 0,593 kali lebih besar bila dibandingkan dengan kawasan bersih (Dago Pakar) akibat kondisi kualitas udara ambien. Resiko terjadinya kematian pada masyarakat yang tinggal di kawasan industri 1,085 kali lebih besar dibandingkan kawasan bersih (Dirgawati, 2002).

Berdasarkan data tersebut diduga disebabkan karena adanya komponen organik dan anorganik yang terkandung di dalam partikulat yang dapat menyebabkan efek-efek yang pada akhirnya menyebabkan kematian. Oleh karena itu diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui bagaimana hubungan senyawa anorganik yang teridentifikasi dalam PM₁₀ terhadap mortalitas dan morbiditas di kawasan industri.

Maksud pelaksanaan Tugas Akhir ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi PM₁₀ di udara ambien dan mengetahui kesesuaian PM₁₀ dengan baku mutu, mengetahui komposisi

anorganik pada PM_{10} di kawasan industri sehingga dapat mengetahui dampak yang terjadi terhadap morbiditas dan mortalitas.

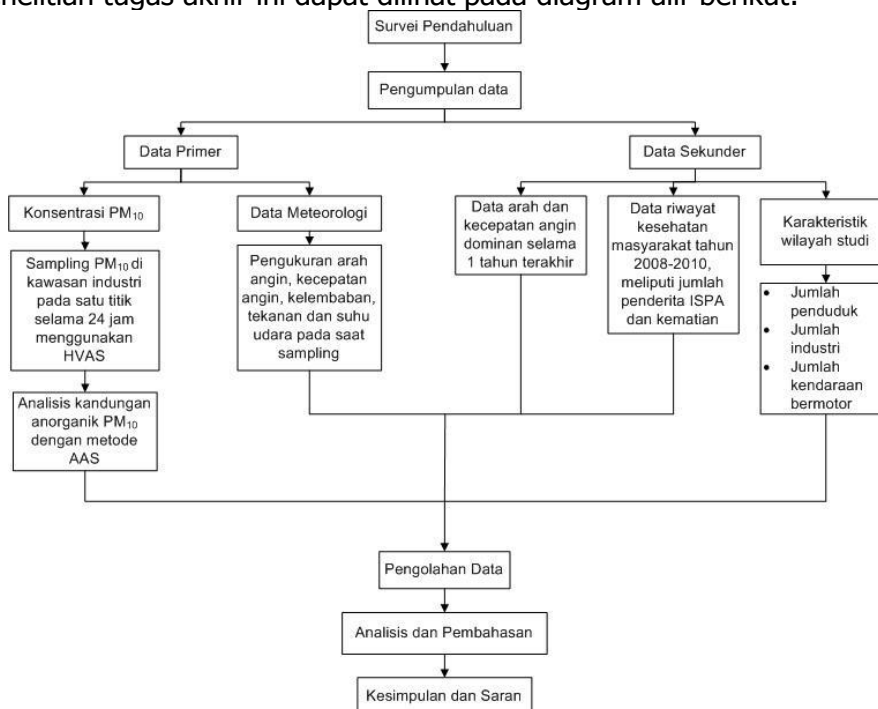
Tujuan pelaksanaan Tugas Akhir ini yaitu untuk mengetahui hubungan komposisi karakteristik kimia anorganik parameter PM_{10} di udara ambien terhadap morbiditas dan mortalitas pada kawasan industri.

Penelitian Tugas Akhir ini dibatasi oleh ruang lingkup sebagai berikut:

- Daerah penelitian adalah kawasan industri menurut BPLH dengan radius 5km dari alat stasiun pantau yang diwakili oleh Kecamatan Cinambo.
- Parameter pencemaran udara yang diukur adalah PM_{10} untuk mengetahui komposisi dan karakteristik kimia senyawa anorganik yang terdapat di dalam PM_{10} .
- Parameter angka kesakitan (ISPA) diukur dengan insidensi, dan parameter angka kematian dilakukan dengan angka kematian kasar karena sulitnya mendapatkan data kematian yang lengkap.

2. METODOLOGI

Prosedur penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir Metode Penelitian

2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui dan memahami segala materi berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan. Ini diperoleh melalui karya ilmiah, jurnal, media cetak, media elektronik, dan buku

2.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel udara dilakukan secara *grab* sampel, yaitu sampel udara diambil pada satu kali pengambilan dari sumber yang diteliti. Lokasi pengambilan sampel

udara ambien pada penelitian ini diambil di daerah BAF 5. Cakupan BAF 5 adalah radius 5 km, yang meliputi Kecamatan Cinambo. Lokasi penelitian dilakukan di Komp. Perumahan Dinas PU Cisaranten Wetan yang dilakukan pada bulan Desember 2011.

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Konsentrasi PM₁₀

Untuk mengukur konsentrasi PM₁₀ menggunakan alat ukur berupa High Volume Air Sampler (HVAS) dengan metode gravimetri. Agar dapat diketahui konsentrasi PM₁₀ dilakukan beberapa tahap perhitungan yaitu menghitung koreksi laju alir, Konsentrasi partikulat, dan volume udara yang terhisap.

a. Koreksi laju alir

$$Q_s = Q_o \times \left(\frac{T_s \times P_o}{T_p \times P_s} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

- Q_s = laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar
- Q_o = laju alir volume sampling
- T_s = temperatur standar
- T_o = temperatur terukur di lapangan (273 + temperatur sampling)
- P_s = tekanan barometrik standar (1031 mb)
- P_o = tekanan barometrik terukur di lapangan

b. Volume udara yang terhisap

$$V = \left(\frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} \right) \times t \dots\dots\dots(2)$$

- V = volume udara yang terhisap (m³)
- Q_{s1} = laju alir udara awal (m³/mnt)
- Q_{s2} = laju alir udara akhir (m³/mnt)
- T = waktu sampling (mnt)

Agar dapat dibandingkan dengan standar baku mutu PM₁₀ pada PP No.41 Tahun 1999, konsentrasi perlu diubah dalam satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dengan cara sebagai berikut :

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1 \times P_{std} \times V_{std}} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2 \times P_{akt} \times V_{akt}} \dots\dots\dots(3)$$

$$V_{std} = \frac{T_{std} \times P_{akt} \times V_{akt}}{T_{akt} \times P_{std}}$$

- P_{akt} = Tekanan terukur (mBar)
- V_{std} = volume terukur (m³)
- P_{akt} = laju alir udara akhir (mBar)
- V_{std} = waktu sampling (Nm³)
- T_{akt} = suhu terukur (K)
- T_{std} = suhu standar (K)

c. Konsentrasi partikulat

$$C = \frac{[(W_2 - W_1) \times 10^6]}{V} \dots\dots\dots(4)$$

- C = konsentrasi partikulat ($\mu\text{g}/\text{N.m}_3$)
- W₂ = berat filter awal (gr)
- W₁ = berat filter (gr)
- 10⁶ = konversi gram ke μg

2.3.2 Komposisi Anorganik PM₁₀

Analisa ini dilakukan di LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) oleh analis dari LIPI menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometri*). AAS dipakai untuk penentuan ion-ion logam yang terlarut. Dengan membakar larutan yang mengandung ion

logam tersebut (api dari udara bertekanan dengan asetilen), ion tersebut memberi warna tertentu pada api pembakaran. Absorbansi oleh api terhadap sinar yang bersifat warna komplementer, seimbang dengan kadar ion, sinar tersebut berasal dari lampu khusus pada alat.

2.3.3 Mortalitas

Angka kematian kasar adalah indikator seerhana yang tidak memperhitungkan pengaruh umur penduduk. Tetapi jika ada indikator kematian yang lain angka ini berguna untuk memberikan gambaran mengenai keadaan kesejahteraan penduduk pada tahun tersebut (Soemirat, 2009).

$$\text{Angka Kematian Kasar} = \frac{\text{Jumlah Mortalitas 1 Tahun}}{\text{Jml.Penduduk Awal} - \left(\frac{\text{Jml.Penduduk Awal} - \text{AKHIR}}{2}\right)} \times \text{faktor} \dots\dots\dots (4)$$

2.3.4 Morbiditas

Insidensi mengukur kasus baru atau perubahan status dari keadaan yang tidak sakit menjadi sakit. Insidensi dapat diukur untuk periode waktu tertentu, biasanya satu tahun kalender, atau selama periode penelitian. Insidensi berguna bagi penyakit berjangka waktu pendek seperti morbili, diare dan pneumonia (Soemirat, 2009).

$$\text{insidensi} = \frac{\text{jumlah penderita baru dalam 1 tahun kalender}}{\text{jumlah populasi penyandang resiko}} \times \text{faktor} \dots\dots\dots (5)$$

2.2 Analisis dan Pembahasan

Analisis data dilakukan setelah diketahui hasil penelitian terhadap PM₁₀ di lokasi studi dibandingkan dengan baku mutu PM₁₀ PP No 41/1999 kemudian dapat diketahui komposisi anorganik PM₁₀ dari hasil analisis lab, serta menghubungkan parameter PM₁₀ di udara ambien terhadap mortalitas dan morbiditas pada kawasan industri..

2.3 Kesimpulan

Kesimpulan terhadap hasil penelitian yang disesuaikan dengan tujuan awal penelitian yaitu untuk mengetahui hubungan komposisi karakteristik kimia anorganik parameter PM₁₀ di udara ambien terhadap morbiditas dan mortalitas pada kawasan industri. Yang diambil berdasarkan pengolahan data dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran

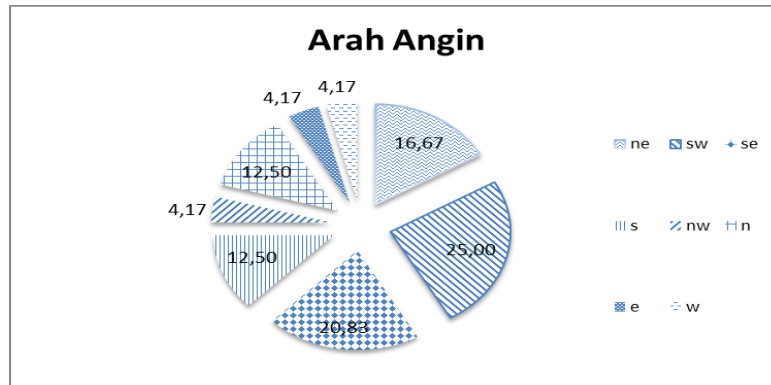
3.1.1 Data Meteorologi

Data meteorologi yang diukur saat sampling antara lain arah dan kecepatan angin, suhu udara, tekanan, dan kelembaban.

Tabel 3.1 Keadaan Meteorologi Saat Sampling 11 Desember 2011

Parameter	Satuan	Rata-rata
Suhu	°C	25.14
Kelembaban	%	75.04
Tekanan	Mb	934.15
Kecepatan angin	m/s	0.72
Arah angin		Barat Daya

Sumber : Hasil Pengukuran, 2011



Gambar 5.1 Arah Angin Saat Pengukuran 24 jam

Sumber : Hasil Pengukuran, 2011

Kecepatan dan arah angin mempengaruhi penyebaran PM₁₀. Bila dilihat dari grafik diatas rata-rata arah angin dominan saat pengukuran dari arah *south west* (barat daya).

3.1.2 Konsentrasi PM₁₀

a. Menghitung Koreksi Laju Alir

Gas merupakan zat yang volumenya berubah dengan perubahan temperatur dan tekanan. Maka dalam menyatakan konsentrasi zat pencemar dalam udara digunakan kondisi standar yaitu, kondisi dimana volume udara ditetapkan dan kondisi tertentu, yang dinyatakan dengan kondisi standar. Koreksi laju alir berfungsi untuk mengoreksi laju alir terukur di lapangan dengan laju alir standar (T=298 K). Contoh perhitungan koreksi laju alir pada kawasan industri (SNI 19-7119.3-2005):

$$Q_s = 0,75 \times \left(\frac{298 \times 934,15}{298,14 \times 1033} \right)^{1/2}$$

$$= 0,712 \text{ m}^3/\text{menit}$$

b. Volume Udara Terhisap

Volume udara total yang terhisap adalah banyaknya udara yang dihisap oleh HVAAS pada saat pertama kali digunakan sampai selesai digunakan (SNI 19-7119.3-2005).

Contoh perhitungan volume udara yang terhisap filter pada kawasan industri:

$$V = \frac{[0,855 + 0,57]}{2} \times 1440$$

$$= 1026 \text{ m}^3$$

c. Konsentrasi Partikulat

Perbedaan berat filter sebelum dan sesudah sampling dibandingkan dengan volume udara terhisap menghasilkan konsentrasi partikulat (SNI 19-7119.3-2005). Contoh perhitunga konsentrasi partikulat pada kawasan industri:

$$C = \left\{ \frac{(0,6158 - 0,5698) \times 10^6}{1026} \right\}$$

$$= 44,834 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Agar dapat dibandingkan dengan standar baku mutu PM₁₀ pada PP No.41 Tahun 1999, konsentrasi perlu diubah dalam satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dengan cara sebagai berikut :

$$C = \frac{44,834}{\left(\frac{1033 \times 298,14}{934,15 \times 298} \right)}$$

$$= 40,524 \text{ } \mu\text{g}/\text{N.m}^3$$

3.1.3 Konsentrasi PM₁₀ Anorganik dalam Sampel PM₁₀

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan di LIPI dengan metode spektrofotometri menggunakan alat AAS, diperoleh karakteristik anorganik PM₁₀ yang terdapat pada kawasan industri yaitu:

Tabel 5.2 Komposisi Anorganik Hasil Sampling di Kawasan Industri

Unsur	Hasil pengukuran			Konsentrasi Rata-rata Maksimum 24 jam	
	%	ppm	µg/m ³	Standard (µg/m ³)	Referensi
Merkuri (Hg)		2.17	0,016	2	OAQC* ¹
Arsen (As)		7.43	0,021	0.3	OAQC* ¹
Kobalt (Co)		51	0,112	0.1	OAQC*¹
Kromium (Cr)	0.107	107	0,208	1.5	OAQC* ¹
Tembaga (Cu)		100	0,237	50	OAQC* ¹
Nikel (Ni)		163	0,357	2	OAQC* ¹
Seng (Zn)		300	0,732	-	
Mangan (Mn)	0.4	400	0,820	2.5	OAQC* ¹
Kadmium (Cd)	0.219	219	0,919	2	OAQC* ¹
Mangan (Mg)	6.2	6200	5,626	-	
Timbal (Pb)	2.4	2400	18,558	2	OAQC*¹
Kalium (K)	14.1	14100	20,577	-	
Besi (Fe)	18.4	18400	38,351	-	
Kalsium (Ca)	38.7	38700	56,542	-	
Natrium (Na)	218.4	218400	187,388	-	

(Sumber: Hasil Analisis, 2012; *¹, *², *³, *⁴:The Department of Environment and Conservation (Western Australia),2012)

Ket: *¹ : OAQC (Ontario Ministry of the Environment Ambient Air Quality Criteria)

3.1.4 Mortalitas (Angka Kematian)

Untuk mengukur angka kematian digunakan angka kematian kasar karena tidak melihat faktor usia, penyebab kematian, jenis kelamin atau variabel lain. Contoh perhitungan angka kematian kasar per tahun:

$$AKK\ 2008 = \frac{36}{19964 + \left(\frac{20761 - 19964}{2}\right)} \times 1000$$

$$= 1,768 \approx 2$$

Berdasarkan contoh perhitungan pada tahun 2008 di dapat angka kematian sebesar 2 ini berarti bahwa ada 2 kasus kematian dari 1000 orang penduduk.

Tabel 5.3 Angka Kematian Kasar Kecamatan Cinambo

Tahun	Penduduk	Jumlah Mortalitas	AKK
2007	19964	-	
2008	20761	36	1,768
2009	23695	42	1,890
2010	23762	47	1,981
2011	23987	54	2,262

Sumber: Hasil Perhitungan, 2011

3.1.5 Morbiditas (angka kesakitan)

Untuk mengukur angka kesakitan digunakan insidensi. Contoh perhitungan insidensi ISPA pada tahun 2008:

$$\begin{aligned} \text{Insidensi ISPA 2008} &= \frac{8049}{19964 + \left(\frac{20761 - 19964}{2}\right)} \times 1000 \\ &= 398 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui jumlah insidensi pada tahun 2008 yaitu sebanyak 398 dari seribu orang penduduk. Insidensi ISPA digunakan sebagai indikator bahwa PM₁₀ dapat memicu terjadinya gangguan pernafasan, dengan melihat kondisi yang awalnya sehat menjadi sakit.

Tabel 5.4 Insidensi Infeksi Saluran Pernafasan Bagian Atas per 1000 orang/tahun

Tahun	Penduduk	ISPA	Insidensi
2007	19964	-	
2008	20761	8104	398
2009	23695	8049	362
2010	23762	7906	333
2011	23987	6340	266

Sumber: Hasil Perhitungan, 2012

3.2 Hasil Pengukuran

Pembahasan dilakukan untuk mengetahui hubungan konsentrasi dan komposisi anorganik dari PM₁₀ dengan baku mutu, serta hubungan komponen anorganik PM₁₀ terhadap mortalitas dan morbiditas.

3.2.1 Konsentrasi PM₁₀ di Udara Ambien Dengan Baku Mutu Terhadap Tata Guna Lahan

Hasil perhitungan menunjukkan konsentrasi PM₁₀ sebesar 40,524 µg/Nm³. Ibandingkan dengan baku mutu yang terdapat dalam PP No. 41 Tahun 1999 yaitu sebesar 150 µg/N.m³, maka konsentrasi PM₁₀ pada kawasan industri tidak melebihi baku mutu. Ini mungkin dapat disebabkan karena faktor meteorologi, pada saat pengambilan sampling

dilakukan pada saat hujan. Berdasarkan teori presipitasi menyebabkan partikel yang ada di atmosfer turun bersamaan dengan air hujan. Sehingga konsentrasi yang ada di atmosfer menjadi lebih kecil.

Berdasarkan hasil analisis terhadap hasil sampling dapat dilihat pada tabel diatas bahwa komposisi anorganik PM_{10} yang paling tinggi adalah Na dan komposisi anorganik PM_{10} yang paling rendah adalah Hg. Dilihat dari tata guna lahan yang ada di Kecamatan Cinambo yang diduga mengemisikan komponen anorganik ke udara ambien:

Na dan Mg diduga berasal dari industri kertas. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Na sebesar $187.3885 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Natrium memiliki efek terhadap kesehatan, seperti kontak antara natrium dengan air, akan menghasilkan natrium hidroksida NaOH yang dapat mengiritasi kulit, hidung, tenggorokan, dan mata. Hal ini dapat menyebabkan batuk dan bersin. Eksposur secara berlebihan akan menyebabkan kesulitan bernafas, bronchitis. Selain dari industri kertas Na juga diduga berasal beberapa industri tekstil dari 20 industri tekstil. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Mg sebesar $5.625582 \mu\text{g}/\text{m}$. Efek yang ditimbulkan iritasi membran mukosa/saluran pernafasan bagian atas (Lenntech, 2012).

Mg diduga berasal dari beberapa industri makanan dari 28 industri makanan yang berada di Kecamatan Cinambo. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Mn sebesar $0.82014 \mu\text{g}/\text{m}$. Berdasarkan *OAQC* standard Mn yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar $2,5 \mu\text{g}/\text{m}$, sehingga unsur Mn tidak melebihi baku mutu. Efek dari Mn adalah daya ingat menurun, kerusakan syaraf, emboli paru, bronchitis dan kematian apabila tereksposur dalam jangka waktu panjang (Lenntech, 2012).

Fe dan Cr diduga berasal dari beberapa industri tekstil dari 20 industri tekstil. Biasanya digunakan sebagai pewarna tekstil. Selain dari industri tekstil Fe juga diduga bersumber dari industri kimia. Di Kecamatan Cinambo terdapat industri obat-obatan. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Fe sebesar $38.35065 \mu\text{g}/\text{m}$. Dampak yang dihasilkan dari Fe adalah Pneumoniosis jinak (*siderosis*), kanker paru. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Cr sebesar $0.207639 \mu\text{g}/\text{m}$. Berdasarkan *OAQC* standard Cr yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar $1,5 \mu\text{g}/\text{m}$, sehingga unsur Cr tidak melebihi baku mutu. Efek Cr terhadap sistem saluran pernafasan, kanker paru dan ulkus kronis/perforasi pada septum nasal (Lenntech, 2012).

Zn diduga berasal dari ban kendaraan bermotor, Cu dan Ni berasal dari ausnya bagian-bagian kendaraan bermotor, K berasal dari resuspensi debu yang terdapat di permukaan yanah da jalan yang terbawa oleh kendaraan bermotor, Cd, Cu dan Zn berasal dari pelumas kendaraan bermotor, Cu, As dan Hg diduga berasal dari pembakaran batu bara, Pb berasal dari sisa pembakaran bahan bakar fosil anorganik yang tersuspensi ke lingkungan setelah jangka waktu yang panjang (Lenntech, 2012).

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Zn sebesar $0.731905 \mu\text{g}/\text{m}$. Efek dari Zn adalah kekeringan tenggorokan, batuk, kelemahan, menggigil, demam, mual dan muntah. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Cu sebesar $0.237139 \mu\text{g}/\text{m}$. Berdasarkan *OAQC* standard Cu yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar $50 \mu\text{g}/\text{m}$, sehingga unsur Cu tidak melebihi baku mutu. Efek dari Cu yaitu gangguan saluran pernafasan sampai menyebabkan kematian. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi K sebesar $20.57658 \mu\text{g}/\text{m}$. K dapat menyebabkan gangguan pernafasan, apabila tereksposur lama akan menyebabkan kematian. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Ni sebesar $0.357153 \mu\text{g}/\text{m}$. Berdasarkan *OAQC* standard Ni yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar $2 \mu\text{g}/\text{m}$, sehingga unsur Ni tidak melebihi baku mutu. Efek yang ditimbulkan kanker paru-paru. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Cd sebesar $0.918683 \mu\text{g}/\text{m}$. Berdasarkan *OAQC* standard Cd yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar $2 \mu\text{g}/\text{m}$, sehingga unsur Cd tidak melebihi baku mutu. Efek yang ditimbulkan oleh gejala akut Cd diantaranya sesak dada, kerongkongan kering dan dada

terasa sesak, nafas pendek, nafas terengah-engah dan bisa berkembang ke penyakit arah paru-paru, sakit kepala dan menggigil, mungkin dapat diikuti kematian. Gejala kronis nafas pendek, kemampuan mencium bau turun, berat badan menurun, gigi terasa ngilu dan berwarna kuning keemasan. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Co sebesar 0.112172 µg/m. Berdasarkan *OAQC* standard Co yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar 0,1 µg/m, sehingga unsur Co melebihi baku mutu. Yang menyebabkan batuk, asma, penurunan fungsi paru, dermatitis, hipersensitivitas pernafasan, kematian. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi As sebesar 0.207639 µg/m. Berdasarkan *OAQC* standard As yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar 0,3 µg/m, sehingga unsur As tidak melebihi baku mutu. Efek As yaitu laryngitis, bronchitis, kanker paru. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi Hg sebesar 0.016245 µg/m. Berdasarkan *OAQC* standard Hg yang diperbolehkan ada di atmosfer sebesar 2 µg/m, sehingga unsur Hg tidak melebihi baku mutu. Gejala klinis yang timbul, tergantung pada banyaknya Hg yang masuk ke dalam tubuh, mulai dari gejala yang paling ringan yaitu parestesia sampai gejala ataxia, dysharthria bahkan dapat menyebabkan kematian (Lenntech, 2012).

Dari semua komposisi anorganik tersebut yang menyebabkan ISPA adalah Na, K, Mg, Mn, Zn, Cd, Cr, Cu, Co, As. Komposisi anorganik yang tidak menyebabkan ISPA adalah Hg, Fe, Ni dan Pb. Berdasarkan parameter morbiditas yang dihitung menggunakan insidensi menunjukkan bahwa untuk insidensi ISPA pada tahun 2011 mengalami penurunan jumlah penderita yaitu sebanyak 265 orang dari 1000 orang penduduk dari 375 orang pada tahun 2010 dan 362 orang pada tahun 2009. Insidensi ISPA digunakan sebagai indikator bahwa PM₁₀ dapat memicu terjadinya gangguan pernafasan, dengan melihat kondisi yang awalnya sehat menjadi sakit.

Berdasarkan literatur komposisi anorganik K, Hg, Co, Cu, Pb dan Mn dapat menyebabkan kematian apabila tereksposur didalam tubuh dalam waktu lama. Komposisi anorganik K, Mn, Co dan Cu menimbulkan dampak terhadap ISPA yang berakhir dengan kematian. Sedangkan komposisi Pb dan Hg tidak menimbulkan dampak terhadap ISPA, efek Hg tergantung pada banyaknya Hg yang masuk ke dalam tubuh, mulai dari gejala yang paling ringan yaitu parestesia sampai gejala ataxia, dysharthria bahkan dapat menyebabkan kematian sedangkan efek Pb menyebabkan kerusakan otak dan kematian. Berdasarkan hasil perhitungan mortalitas menggunakan angka kematian kasar menunjukkan bahwa kasus kematian di Kecamatan Cinambo dari tahun 2008 sampai tahun 2011 tidak mengalami peningkatan maupun penurunan kasus kematian yaitu sebanyak 2 kasus kematian dari 1000 penduduk.

3.2.2 Komposisi Anorganik PM₁₀ dengan Mortalitas dan Morbiditas

Dari semua komposisi anorganik tersebut yang menyebabkan ISPA adalah Na, K, Mg, Mn, Zn, Cd, Cr, Cu, Co, As. Komposisi anorganik yang tidak menyebabkan ISPA adalah Hg, Fe, Ni dan Pb. Berdasarkan parameter morbiditas yang dihitung menggunakan insidensi menunjukkan bahwa untuk insidensi ISPA pada tahun 2011 mengalami penurunan jumlah penderita yaitu sebanyak 263 orang dari 1000 orang penduduk dari 374 orang pada tahun 2009 dan 320 orang pada tahun 2008.

Berdasarkan literatur komposisi anorganik K, Hg, Co, Cu, Pb dan Mn dapat menyebabkan kematian apabila tereksposur didalam tubuh dalam waktu lama. Komposisi anorganik K, Mn, Co dan Cu menimbulkan dampak terhadap ISPA yang berakhir dengan kematian. Sedangkan komposisi Pb dan Hg tidak menimbulkan dampak terhadap ISPA, efek Hg tergantung pada banyaknya Hg yang masuk ke dalam tubuh, mulai dari gejala yang paling ringan yaitu parestesia sampai gejala ataxia, dysharthria bahkan dapat menyebabkan kematian sedangkan efek Pb menyebabkan kerusakan otak dan kematian. Berdasarkan hasil perhitungan mortalitas menggunakan angka kematian kasar menunjukkan bahwa kasus

kematian di Kecamatan Cinambo dari tahun 2008 sampai tahun 2011 tidak mengalami peningkatan maupun penurunan kasus kematian yaitu sebanyak 2 kasus kematian dari 1000 penduduk.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi PM_{10} di Kecamatan Cinambo yang mewakili kawasan industri berdasarkan hasil penelitian pada tanggal 11 Desember 2011 sebesar $40,524 \mu\text{g}/\text{N.m}^3$. Berdasarkan baku mutu yang terdapat dalam PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara konsentrasi PM_{10} maksimum yaitu sebesar $150 \mu\text{g}/\text{N.m}^3$.

Konsentrasi PM_{10} di Kecamatan Cinambo bila dibandingkan dengan baku mutu yang terdapat dalam PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara tidak melebihi baku mutu.

Berdasarkan hasil analisis komposisi anorganik PM_{10} yang paling tinggi adalah Na dan komposisi anorganik PM_{10} yang paling rendah adalah Hg. Dari semua komposisi anorganik yang terukur yang dapat menyebabkan ISPA adalah Na, K, Mg, Mn, Zn, Cd, Cr, Cu, Co, As. Komposisi anorganik yang tidak menyebabkan ISPA adalah Hg, Fe, Ni dan Pb.

Parameter morbiditas yang dihitung menggunakan insidensi menunjukkan bahwa untuk insidensi ISPA pada tahun 2011 mengalami penurunan jumlah penderita yaitu sebanyak 266 orang dari 1000 orang penduduk dari 333 orang pada tahun 2009.

Hasil perhitungan mortalitas menggunakan angka kematian kasar menunjukkan bahwa kasus kematian di Kecamatan Cinambo dari tahun 2008 sampai tahun 2011 tidak mengalami peningkatan maupun penurunan kasus kematian yaitu sebanyak 2 kasus kematian dari 1000 penduduk.

DAFTAR RUJUKAN

- Cooper, C David & Alley, F.C. (1994). Air Pollution Control, A Design Approach, Second Edition. Waveland Press. Inc, United States.
- Juli Soemirat. (1994). Kesehatan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Press
- Lenntech. (2012). Elements metals. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/index.htm>
- Nugraha, Dian Ayu. (2007). Studi Analisis Inventori Emisi Parameter Udara Terhadap mortalitas dan Penyakit ISPA di Kawasan Pemukiman, Padat Lalu Lintas dan Industri.
- Ontario Ministry of the Environment Ambient Air Quality Criteria (OAQC); Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ); World Health Organisation (WHO); National Environment Protection Council (NEPC)
- Peavy, Howard S., Rowe, Conald R., Tchobanoglous, George. 1985. Environmental Engineering. Singapore. Mc Graw Hill.
- PP No.14 Tahun (1999) tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- SNI 19-7119.3-2005 tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total (Cara Uji Ini Berisi Tentang Pengukuran PM_{10}) Menggunakan Peralatan Hi-Vol Sampler dengan Metode Gravimetri