

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logam Berat Seng (Zn) sebagai Zat Pencemaran Udara

Seng (Zn) merupakan unsur umum di alam yang termasuk ke dalam golongan unsur hara mikro, yaitu unsur hara yang diperlukan dalam jumlah yang sedikit. Seng merupakan logam putih kebiruan berkilau yang cukup reaktif apabila bereaksi dengan oksigen dan merupakan jenis logam yang tidak mudah teruraikan di udara. Seng berguna bagi pembuatan aloi serta galvanisasi besi dan baja (Daintith, 1990).

Selain itu, menurut Calebrese dan Kenyon (1991), seng juga dimanfaatkan bagi industri dalam tahapan oksidasi peralatan elektronik, kosmetik, pembuatan zat warna dan cat, industri karet dan industri obat salep. Peningkatan kegiatan industri yang memanfaatkan seng (Zn) dalam kegiatan produksi secara signifikan menyebabkan peningkatan emisi yang dihasilkan. Emisi logam berat seng (Zn) hasil produksi industri tersebut dilepaskan ke udara ambien, berakumulasi dengan partikel lain yang ada di udara. Menurut Hettich (2001), seng (Zn) di udara pada umumnya berikatan dengan partikel aerosol yang ditentukan berdasarkan dari jenis sumber emisinya. Seng (Zn) yang dilepaskan dari sumber emisi industri berada pada rentang yang cukup kecil untuk kategori partikel terhirup (*respirable particles*).

Kendaraan bermotor juga turut menjadi faktor penyumbang emisi logam berat seng (Zn) selain dari hasil produksi industri. Menurut Layola (2009), penggunaan bahan bakar solar dan rem pada kendaraan menjadi menyumbang emisi logam berat Zn, Cu, Fe dan *crustal elements* di udara. Polusi udara dari kendaraan bermotor mengandung *Total Suspended Particulate* (TSP) yang dilepas ke udara ambien. Penggunaan bahan bakar yang mengeluarkan *Total Suspended Particulate* (TSP) telah diteliti mengandung lebih banyak logam berat, salah satunya seng (Zn) dibandingkan dengan debu jatuh (*settled dust*). Sifat seng (Zn)

yang mudah berikatan dengan oksida dapat menjadi sumber bergerak yang potensial terhadap penyebaran logam berat (Sipos, 2012).

Sumber pencemaran logam berat seng (Zn) yang paling utama sesungguhnya berasal dari aktivitas manusia yang terakumulasi dalam air. Menurut Romimohtarto (1991), logam berat yang telah masuk kedalam perairan akan terencerkan dan tersebar oleh adukan atau turbulensi dan arus laut. Air yang mengandung berbagai jenis logam berat termasuk seng (Zn) tersebut kemudian mengalami proses hidrologi. Sebagian dari air tersebut terserap tanaman dalam bentuk ion Zn^{+2} , bercampur dan mengendap dalam tanah (Mengel dan Kirby, 1987).

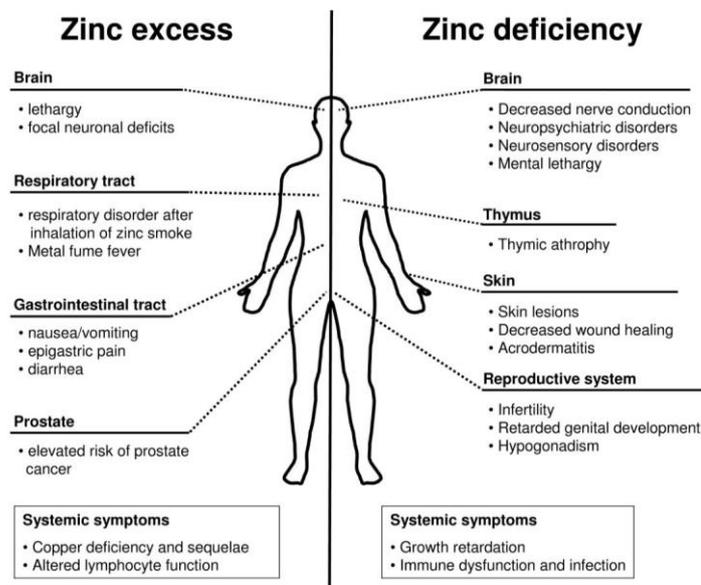
Distribusi dan transportasi seng (Zn) yang berada di air, tanah dan endapan dipengaruhi oleh spesifikasi seng dan karakteristik lingkungan yang tercemar. Solubilitas seng umumnya ditentukan oleh pH. Pada pH asam, seng di air dapat berbentuk ion, sedangkan pada pH basa, seng dapat mengendap. Sedangkan tanah dengan pH asam dan sedikit bahan organik memiliki kapasitas penyerapan seng dibandingkan dengan tanah yang memiliki pH basah. Sementara itu, distribusi dan transportasi seng (Zn) di udara berbeda-beda, sesuai dengan ukuran dan sifat seng (Zn) yang dilepaskan di udara. Seng (Zn) dengan densitas rendah dan diameter kecil mudah terdistribusi dengan jarak yang jauh (Hettich, 2001).

2.2. Bahaya Logam Berat Seng (Zn) bagi Kesehatan Makhluk Hidup

Tubuh manusia mengandung logam seng (Zn) sebesar 2-3 gram dimana 90% diantaranya terkandung dalam jaringan otot dan tulang. Selain itu, seng tersebar diseluruh tubuh, antara lain pada organ hati dan ginjal, kelenjar prostat, dan kelenjar pankreas (Plum dan Lothar, 2010).

Seng (Zn) berperan sebagai kofaktor (membantu mempercepat) berbagai kerja enzim yang berkaitan dengan proses pada system kekebalan, indera mata, rasa dan penciuman. Selain itu, seng (Zn) juga berperan dalam usaha menghambat virus dan mengurangi risiko kanker, pertumbuhan sel dan sintesa protein (VitaHealth, 2006).

Paparan seng (Zn) dalam tubuh dapat melalui tiga cara, yaitu melalui pernafasan, kulit dan pencernaan. Masing-masing dari jalur *intake* seng (Zn) tersebut memiliki masing-masing efek yang dapat ditimbulkan yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Efek paparan seng (Zn) pada tubuh

(Sumber: Plum dan Lothar, 2010)

Pada umumnya, paparan seng (Zn) melalui inhalasi dapat disebabkan dari proses industri seperti galvanisasi, asap kendaraan dan bahkan bom asap yang mengandung seng oksida (*zinc oxide*) dan seng klorida (*sinc chloride*) pada pelatihan militer dapat memicu adanya gangguan inhalasi bagi manusia yang terpapar secara langsung. Efek yang sering kali ditimbulkan akibat paparan seng melalui inhalasi adalah demam logam (*metal fume fever*) (Plum dan Lothar, 2010).

Kulit yang terpapar seng, baik dalam bentuk bubuk maupun larutan dengan konsentrasi garam seng dapat menyebabkan efek korosif yang parah. Selain itu, seng juga dapat terserap melalui luka. Sementara itu, paparan seng melalui pencernaan dapat bersumber dari lingkungan yang telah terkontaminasi terlebih dahulu oleh seng, sebagai contoh adalah kandungan seng yang melebihi batas normal melalui asupan seng dalam air minum. Selain itu, garam seng juga yang

masuk melalui pencernaan dan terakumulasi dalam tubuh dapat mempengaruhi beberapa organ secara bersamaan, seperti paru-paru, hati, ginjal, jantung serta sistem saraf (Nriagu, 2011).

Kelebihan logam berat seng (Zn) yang tersebar di alam dapat menyebabkan dampak yang berbahaya baik bagi lingkungan maupun makhluk hidup, salah satunya adalah *metal fume fever syndrome*. Sindrom ini terjadi akibat paparan seng yang bereaksi dengan oksigen yang diikuti oleh demam dan beberapa penurunan kondisi fungsi tubuh. Demam tersebut dapat mencapai hingga 39-40 derajat celsius dan biasanya diikuti dengan kejang. Beberapa kasus telah dilaporkan gejala dari *metal fume fever syndrome* juga diikuti dengan sakit dibagian dada yang terus menerus. Pada kasus berbahaya dan tidak tertolong, *metal fume fever syndrome* dapat menyebabkan kematian (US EPA, 1984).

Defisiensi seng (Zn) lainnya menyebabkan penurunan kesehatan lainnya, seperti kerusakan fungsi indra serta penurunan kepekaan pada bau dan rasa. Selain itu, seng juga menyebabkan peningkatan potensi gejala mudahnya terkena infeksi dari luar (VitaHealth, 2006).

2.3. Analisis Risiko Kesehatan

Menurut Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan (2012), analisis risiko adalah sebuah proses mengendalikan situasi atau keadaan dari organisme, sistem atau sub/populasi yang kemungkinan terpajan bahaya yang meliputi 3 komponen yaitu:

- a. *Risk assessment*, meliputi:
 - i. Identifikasi bahaya (*hazard identification*), digunakan untuk mengidentifikasi agen risiko secara spesifik yang berpotensi menimbulkan gangguan pada tubuh yang terkena paparan, media lingkungan agen risiko. Konsentrasi agen risiko serta gejala kesehatan yang potensial akibat terpajan agen risiko.
 - ii. Analisis dosis-respon (*dose-response assessment*), digunakan untuk mengetahui jalur paparan agen risiko masuk ke dalam

tubuh manusia, efek kesehatan akibat sejumlah dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh serta dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) atau *slope factor* (SF) agen risiko.

Nilai *Reference of Concentration* (RfC) dan *Reference of Dose* (RfD) merupakan nilai referensi untuk mengetahui batas aman dari efek non karsinogenik dari suatu paparan zat pencemar. Sedangkan nilai *Slope Factor* (SF) merupakan nilai referensi untuk mengetahui batas aman dari efek karsinogenik untuk suatu agen risiko (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).

- iii. Analisis pajanan (*exposure assessment*), digunakan untuk mengetahui besaran asupan atau *intake* dari agen risiko yang masuk ke dalam tubuh manusia. Menurut Kementerian Kesehatan, 2012, perhitungan nilai asupan atau *intake* dapat dilakukan menggunakan persamaan yang disesuaikan dengan jalur pajanan agen risiko serta tingkat risiko karsinogenik atau non-karsinogenik. Perhitungan nilai *intake* dapat dilakukan menggunakan data primer atau sekunder, penggunaan nilai *default* standar yang telah tersedia atau asumsi dengan pertimbangan logis.
 - iv. Karakterisasi risiko (*risk characterization*), digunakan untuk menetapkan tingkat risiko yang dapat menimbulkan gangguan pada kesehatan manusia. Karakterisasi risiko dihitung menggunakan nilai *Reference of Dose* (RfD) atau *Reference of Concentration* (RfC), yang disesuaikan dengan agen risiko dan jalur pajanannya (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).
- b. Pengelolaan risiko
- Pengelolaan risiko dilakukan apabila hasil dari karakterisasi risiko menunjukkan ketidakamanan dari tingkat risiko. Strategi pengelolaan risiko

sendiri meliputi batas aman pajanan serta penapisan alternatif batas aman sebagai sasaran pengelolaan risiko. Cara pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan pendekatan dalam segi teknologi, institusional maupun sosial – ekonomis.

c. Komunikasi Risiko

Komunikasi risiko bertujuan untuk penyampaian informasi risiko pada masyarakat, serta pihak-pihak yang berkepentingan sebagai tindak lanjut dan merupakan tanggung jawab dari pihak penyebab terjadinya risiko.

2.4. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan terkait dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
1	POLLUTION CHARACTERISTICS AND HEALTH RISK ASSESSMENT OF AIRBORNE HEAVY METALS COLLECTED FROM BEIJING BUS STATIONS (Zheng, X, Wenji Zhao, et al, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> – Untuk mengevaluasi polusi logam berat di debu dari stasiun bus di Beijing. – Untuk melakukan analisis penilaian risiko untuk penumpang dewasa. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sampel debu dikumpulkan menggunakan <i>dust traps</i>. – Konsentrasi logam berat Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V dan Zn ditentukan dengan menggunakan <i>inductively coupled plasma mass spectroscopy</i> (ICP-MS). – Distribusi spasial, tingkat risiko dan potensi risiko kesehatan dari logam berat dianalisis menggunakan <i>Geographic Information</i> 	<ul style="list-style-type: none"> – Hasil dari perhitungan konsentrasi logam berat masing-masing diperoleh bervariasi, konsentrasi terendah yaitu Cd sebesar 0,90 mg/kg dan tertinggi yaitu Zn sebesar 982,37 mg/kg. – Pola distribusi spasial logam Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, dan Zn ditemukan dalam peta geokimia dengan titik penyebaran konsentrasi tertinggi tersebar di <i>fifth ring road</i>,

No	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
			<i>System (GIS).</i>	Beijing. – Dalam hal rata-rata jumlah paparan, Cu dan Zn berada dalam urutan yang sama besar, dimana konsentrasinya mencapai 2x lipat jumlah paparan dari logam lainnya.
2	LEAD AND ZINC IN THE SUSPENDED PARTICULATE MATTER AND SETTLED DUST IN BUDAPEST, HUNGARY (Sipos, Péter, Viktória Kovács Kis, et al, 2012)	– Untuk mempelajari konsentrasi dan tingkat pengayaan timbal dan seng – Untuk mengidentifikasi dan karakterisasi fase mineral yang terkait dengan timbal dan seng dalam bahan material lainnya.	– Filter udara ditempatkan di saluran respirasi pasokan udara dari turbin yang dipanaskan untuk mengumpulkan <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i> . – Konsentrasi Pb dan Zn dianalisis menggunakan <i>Thermo Nitro XL3 tipe X-ray fluorescent spectrometer (XRF)</i> . – Karakterisasi mineralogi dan komposisi kimia dari Pb dan Zn dianalisis menggunakan <i>High Resoution Transmission Electron Microscopy (HRTE)</i> dan	– Sampel <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i> menunjukkan lebih banyak kandungan logam berat (Pb dan Zn) dibandingkan sampel <i>settled dust</i> . – Seng (Zn) ditemukan berikatan dengan partikel kalsit dan dapat berikatan pula dengan partikel tanah liat dan Fe-oksida. – Partikel magnetit antropogenik pada umumnya mengandung Pb dan Zn, sesuai dengan sifat dari konsentrasi Pb dan Zn di konsentrasi partikulat udara

No	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
			<p><i>Selected Area Electron Diffraction (SAED)</i></p>	<p>perkotaan dengan <i>magnetic properties</i> masing-masing logam berat diatas.</p> <p>– Lapisan silikat, karbonat dan oksida dapat menjadi sumber bergerak yang potensial terhadap penyebaran logam berat.</p>
3	<p>CONCENTRATION OF AIRBORNE TRACE METALS IN A BUS STATION WITH A HIGH HEAVY-DUTY DIESEL FRACTION</p> <p>(Layola, Josiane, Graciela Arbilla et al, 2009)</p>	<p>– Untuk menentukan emisi logam dalam partikulat dari bus sesuai dengan kondisi operasi bus di terminal bus.</p>	<p>– Konsentrasi TSP dan PM10 menggunakan metode gravimetri.</p> <p>– Konsentrasi logam menggunakan metode <i>Inductively Coupled Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)</i></p> <p>– Data percobaan dianalisis dengan menggunakan Koefisien korelasi Spearman menggunakan program lunak <i>STATISTICA 6.0, Principle Component Analysis (PCA)</i> dan <i>Cluster</i></p>	<p>– Berdasarkan penelitian yang dilakukan selain pembakaran bahan bakar solar, pemakaian rem mengandung emisi sejumlah logam termasuk Zn, Cu, Fe dan <i>crustal elements</i>.</p> <p>– Penggunaan minyak aditif juga mengandung sejumlah logam serta seperti Zn, Cu dan <i>crustal elements</i> yang dapat tersebar di <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i>.</p>

No	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
			<i>Analysis (CA)</i>	
4	<p>ESTIMASI SEBARAN DAN ANALISIS RISIKO TSP DAN PB DI TERMINAL BIS TERHADAP KESEHATAN PENGGUNA TERMINAL (STUDI KASUS: TERMINAL MANGKANG DAN PENGGARON, SEMARANG)</p> <p>(Prilia, Gita Fita, Irawan Wisnu Wardhana, dkk, 2016)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengetahui estimasi sebaran dan analisis risiko TSP dan Pb di Terminal Mangkang dan Penggaron terhadap kesehatan pengguna terminal. - Mengetahui konsentrasi TSP dan Pb di terminal dan perbandingannya terhadap baku mutu. 	<ul style="list-style-type: none"> - Metode observasi - Metode kuesioner - Metode pengukuran di lapangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Konsentrasi TSP pada akhir minggu memiliki rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan tengah minggu. - Konsentrasi Pb di Terminal Mangkang memiliki pengukuran yang lebih tinggi pada tengah minggu dibandingkan akhir minggu. - Konsentrasi Pb dan TSP di Terminal Mangkang masih dibawah baku mutu. Namun di Terminal Penggaron, konsentrasi TSP sudah melebihi ambang batas standar TSP. - Paparan TSP dan Pb di Terminal Mangkang dan Penggaron tidak berbahaya bagi kesehatan.
5	ANALISIS RESIKO	- Mengetahui konsentrasi TSP	- Pengukuran TSP di lapangan	- Lokasi yang mempunyai

No	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
	<p>KONSENTRASI DEBU (TSP) DAN TIMBAL (Pb) DI PINGGIR JALAN TERHADAP KESEHATAN MANUSIA STUDI KASUS KOTA YOGYAKARTA</p> <p>(Huboyo, Haryono Setyo, Syafrudin, 2007)</p>	<p>dan Pb di lima belas titik ruas jalan di Yogyakarta.</p> <p>Mengetahui karakterisasi risiko dari TSP dan Pb di lima belas titik ruas jalan di Yogyakarta.</p>	<p>menggunakan <i>High Volume Air Sampler (HVAS)</i>.</p>	<p>konsentrasi TSP diatas baku mutu yaitu PKU Muhammadiya, Jl.Gedongkuning, Jl. Godean, Jl. Prambanan, Jl. Wates dan Jl. Solo sementara untuk konsentrasi, seluruh titik pengambilan sampel masih dibawah baku mutu.</p> <p>Hasil perhitungan dosis intake diperoleh 0,074 mg/kg.day untuk TSP dan 0,00065 mg/kg/day untuk Pb. Hasil tersebut masih dibawah standar maksimum.</p> <p>Berdasarkan perhitungan nilai risiko menunjukkan seluruh titik pengambilan sampel masih dibawah satu sehingga masih aman terhadap kesehatn manusia disekitarnya.</p>