

## **PENILAIAN RISIKO PAJANAN CO, PB DAN NO<sub>2</sub> PADA ANAK SEKOLAH DI KAWASAN SEKOLAH DASAR MAKASSAR**

*Risk Assessment of CO, Pb and NO<sub>2</sub> in School Children at Elementary School of Makassar*

**Insan Sosiawan<sup>1</sup>, Makmur Soelomo<sup>2</sup>, Agus Bintara Birawida<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departemen Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Hasanuddin, insansosiawan9@gmail.com

<sup>2</sup> Departemen Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Hasanuddin, mselomo3011@gmail.com

<sup>3</sup> Departemen Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Hasanuddin, agusbirawida@gmail.com

Alamat Korespondensi: Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10, Tamalanrea Kota Makassar Sulawesi Selatan

### **ARTICLE INFO**

*Article History:*

Received August, 2<sup>nd</sup>, 2018

Revised form August, 7<sup>th</sup>, 2018

Accepted August, 13<sup>th</sup>, 2018

Published online February, 25<sup>th</sup>, 2020

### **Kata Kunci:**

Penilaian risiko;  
paparan;  
anak sekolah;

### **Keywords:**

*Risk assesment;  
exposure;  
school children;*

### **ABSTRAK**

**Latar Belakang:** Senyawa CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> merupakan polutan yang cukup toksik apabila dihirup oleh manusia. **Tujuan:** Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tingkat risiko kesehatan dari paparan CO, Pb, serta NO<sub>2</sub> pada anak Sekolah Dasar di kompleks Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar. **Metode:** Jenis penelitian yang digunakan ialah penelitian observasional dengan rancangan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Pengambilan sampel lingkungan dilakukan di siang hari di satu titik di kawasan Sekolah Dasar tersebut. Pengambilan sampel manusia dilakukan di wilayah yang sama pada anak sekolah dasar kelas 4, 5, dan 6 dengan menggunakan kuesioner. Populasi Lingkungan ini adalah konsentrasi CO, Pb, dan NO<sub>2</sub>. Data diolah dan dianalisis dengan menggunakan SPSS dan Microsoft Excel yang disajikan dalam bentuk tabel yang disertai dengan narasi mengenai variabel yang diteliti. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Lama paparan (jam/hari) CO, Pb, serta NO<sub>2</sub> terhadap anak ialah sebesar 5,5 jam/hari. Durasi paparan (tahun) anak Sekolah Dasar Inpres Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar ialah berkisar antara 3 sampai 5 tahun. **Kesimpulan:** Tingkat risiko tidak aman (RQ>1) terdapat pada zat pencemar NO<sub>2</sub> yaitu sebanyak 7 responden dan untuk zat pencemar CO dan Pb seluruh responden masih dalam kategori aman.

### **ABSTRACT**

**Background:** Compounds CO, Pb, and NO<sub>2</sub> are pollutants that are quite toxic if inhaled by humans. **Purpose:** The purpose of this study was to determine the level of health risks from exposure to CO, Pb, and NO<sub>2</sub> in children of the Bawakaraeng Complex Elementary School Jl. Gunung Bawakaraeng Makassar City. **Methods:** This type of research is an observational study with a design of environmental health risk analysis (ARKL). Environmental sampling was carried out during the day at one point in the Elementary School area. Human sampling was conducted in the same area in primary school children students of grades

---

4, 5, and 6 using a questionnaire. The population of this Environment is the concentration of CO, Pb, and NO<sub>2</sub>. The data is processed and analyzed using SPSS and Microsoft Excel presented in a table format with a narrative of the variables studied. **Results:** The results showed that the duration of exposure (hours / day) of CO, Pb, and NO<sub>2</sub> to children are 5.5 hours / day. Duration of exposure (years) is in the range of 3 to 5 years. **Conclusion:** . The level of unsafe risk ( $RQ > 1$ ) is found in NO<sub>2</sub> pollutants as many as 7 respondents and for CO and Pb pollutants all respondents are still in the safe category.

©2020 Hasanuddin Journal of Public Health.  
 Published by Faculty of Public Health, Hasanuddin University.  
 This is an open access article under CC-BY-SA license  
 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

---

## PENDAHULUAN

Pencemaran udara di kota besar semakin terasa, sebagian besar disebabkan oleh kendaraan bermotor. Pembakaran bensin dalam kendaraan bermotor merupakan separuh penyebab polusi udara. Banyak senyawa polutan yang terkandung dalam bahan bakar dan minyak pelumas mesin kendaraan bermotor. Pembakaran bensin yang tidak sempurna akan menghasilkan banyak bahan yang tidak diinginkan dan meningkatkan pencemaran. Bahan-bahan yang tidak diinginkan tersebut seperti karbon monoksida (CO), senyawa fosfor Timbal (Pb), dan Nitrogen Dioksida.<sup>1</sup>

Senyawa CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> merupakan polutan yang cukup toksik apabila dihirup oleh manusia. CO sangat toksik, ketika terhirup, akan berikatan dengan hemoglobin menggantikan oksigen. Hal ini mencegah butir darah merah membawa oksigen ke jaringan tubuh. Pada jam sibuk, udara di jalanan mengandung CO yang menyebabkan kepala terasa pening, atau merasa ingin muntah. Pada Pb, atau senyawa yang mengandung Pb, apabila terhirup, Pb akan diserap oleh sel darah merah dan beredar ke seluruh tubuh. Pb akan terkonsentrasi dalam jaringan lemak, seperti hati dan ginjal, dan dapat menyebabkan lesi-lesi atau luka pada sistem saraf pusat. Jika tubuh terkena Pb secara terus menerus, maka Pb akan ditimbun di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Sedangkan karbon monoksida merupakan pembunuh yang tak nampak .<sup>2</sup> Untuk zat pencemar NO<sub>2</sub> efek yang dapat ditimbulkan berupa radang paru-paru untuk paparan beberap menit hingga yang lebih parah ialah *Bronchilitis fibrosis obliterans*.<sup>3</sup>

Jumlah dan Jenis Kendaraan Bermotor di Provinsi Sulawesi Selatan, Kota Makassar terus mengalami perkembangan jumlah dan jenis kendaraan. Pada tahun 2013 di Kota Makassar jumlah kendaraan mobil penumpang sebanyak 151.328, bus sebanyak 16.981, mobil beban sebanyak 57.601, dan sepeda motor 926.097. Pada tahun 2015, jumlah kendarann mobil penumpang sebanyak 1904.28, bus sebanyak 17.206, truk sebanyak 67.161, dan yang paling banyak sepeda motor sebanyak 10.62943.<sup>4</sup>

Tingginya jumlah kendaraan di suatu wilayah akan mengakibatkan tingginya pencemaran udara di daerah tersebut. Begitupun di Kota Makassar, peningkatan kendaraan dari tahun ke tahun akan meningkatkan konsentrasi pencemar di ruas-ruas jalan kota. Hasil penelitian Afdaliana dkk. di 5 ruas jalan utama Kota Makassar disemua titik menunjukkan kualitas udara CO. Polutan CO rata-rata dari titik 1 yaitu 50,06  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , titik 2 yaitu 35,29  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , titik 3 yaitu 64,72  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , titik 4 yaitu 26,45  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , dan titik 5 yaitu 43,35  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hasil polutan CO bervariasi dan berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) terdapat beberapa kategori yang tidak sehat.<sup>5</sup>

Salah satu jalan yang ada di Kota Makassar dengan jumlah kendaraan melintas cukup tinggi ialah Jalan Gunung Bawakaraeng. Jalan Gunung Bawakaraeng merupakan salah satu jalan protokol yang banyak dilalui dalam mengakses pusat kota. Waktu jam-jam sibuk seperti di pagi hari dan sore hari sering terjadi kemacetan yang cukup lama diakibatkan oleh jumlah kepadatan kendaraan melintas yang tinggi dan kondisi jalan ruas jalan yang tidak sesuai. Kemacetan tersebut dapat berdampak banyak terhadap kehidupan, salah satunya ialah penurunan kualitas udara dikarenakan meningkatnya jumlah polutan akibat pembakaran tidak sempurna kendaraan bermotor.

Sepanjang jalan Gunung Bawakaraeng aktifitas manusia juga cukup tinggi terjadi. Hal itu dapat diketahui dari banyaknya pertokoan, perkantoran, tempat ibadah, pasar, dan pusat-pusat pendidikan. Salah satu institusi pendidikan yang ada yaitu Sekolah Dasar Inpres Bawakaraeng. SD Inpres Bawakaraeng ini terletak dipinggir jalan berdekatan dengan simpang empat. Kondisi Jl. Gunung Bawakaraeng akan sedikit banyak mempengaruhi aktifitas proses belajar-mengajar di sekolah. Mulai dari kebisingan hingga kandungan polutan kimia di udara yang dapat mengganggu aktifitas dan kondisi tubuh manusia pada kawasan sekolah tersebut. Polutan kimia tersebut berada di kawasan sekolah dipengaruhi oleh berbagai faktor yang ada seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan atau arah angin.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan dari pajanan CO, Pb, serta NO<sub>2</sub> pada anak Sekolah Dasar di Kawasan Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar.

## **METODE**

Jenis penelitian yang digunakan ialah penelitian observasional dengan rancangan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Metode analisis risiko kesehatan lingkungan dipilih karena penelitian ini bersifat *agent specific* atau meneliti sumber penyakit pada polutan tertentu sehingga metode ARKL dinilai sebagai metode yang sesuai karena penelitian bukan pada kejadian penyakit atau pada kondisi lingkungan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2018 hingga bulan April 2018 di Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng. Pengambilan sampel lingkungan dilakukan di siang hari. Pengukuran dilakukan di satu titik di kawasan Sekolah Dasar tersebut. Pengambilan sampel manusia dilakukan di wilayah yang sama pada anak sekolah dasar dengan menggunakan kuesioner.

Populasi manusia yang termasuk dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas 4, 5, dan 6 pada kawasan Sekolah Dasar kompleks Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar. Populasi Lingkungan ini adalah konsentrasi CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> di semua daerah apada kawasan Sekolah Dasar Inpres Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar. Data diolah dan dianalisis dengan menggunakan SPSS dan *Microsoft Excel*. Data disajikan dalam bentuk tabel yang disertai dengan narasi atau penjelasan mengenai variabel yang diteliti.

## HASIL

Penelitian ini dilaksanakan di Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng. Pengambilan sampel manusia dilakukan pada empat Sekolah Dasar yang ada di Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng yaitu SDN I Bawakaraeng, SDN II Bawakaraeng, SDN III Bawakaraeng, SD Inpress Bawakaraeng. Pengambilan sampel udara ambien diambil di dua titik (stasiun) di sekitar Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng.

Karakteristik responden merupakan ciri khusus yang melekat pada responden. Adapun karakteristik responden yang diambil ialah jenis kelamin, umur, jenis kendaraan yang digunakan dan jarak rumah dari lokasi penelitian. Dari 86 responden yang ada, responden laki-laki merupakan responden terbanyak yaitu sebanyak 46 responden. Responden berjenis kelamin perempuan sebesar 40 responden. Disitribusi responden berdasarkan umur terlihat bahwa dari 86 responden, umur tertinggi yaitu 13 tahun sebanyak 1 responden dan kelompok umur terendah pada umur 9 tahun sebanyak 8 responden. Jumlah responden terbanyak terdapat pada umur 10 tahun (Tabel 1).

Berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan ini dibagi menjadi dua tabel yakni berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan pada saat berangkat ke sekolah dan jenis kendaraan yang digunakan pada saat pulang sekolah. Jenis kendaraan motor merupakan kendaraan yang paling banyak digunakan responden pada saat berangkat sekolah yaitu sebesar 53 responden sedangkan jenis kendaraan mobil merupakan kendaraan yang paling rendah digunakan yaitu digunakan oleh 7 responden. Sepulang sekolah kebanyakan responden tidak menggunakan kendaraan yaitu sebesar 45 responden sedangkan yang paling sedikit digunakan oleh responden adalah jenis kendaraan mobil yaitu digunakan oleh 6 responden. Jarak dari rumah dengan sekolahnya lebih besar dari 1000 m dan jumlah responden palingsedikit terdapat pada jarak 500-1000 m antara sekolah dan rumahnya (Tabel 1).

**Tabel 1**  
Distribusi Responden Berdasarkan Karakteristik Umum di  
Kawasan Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng

<b>Karakteristik responden</b>	<b>Frekuensi (n)</b>	<b>Persentase (%)</b>
<b>Jenis Kelamin</b>		
Laki-laki	46	53.5
Perempuan	40	46.5
<b>Umur (Tahun)</b>		
9	8	9.3
10	31	36.0
11	25	29.1
12	21	24.4
13	1	1.2
<b>Kendaraan Menuju Sekolah</b>		
Mobil	7	8.1
Motor	53	61.6
Tidak Berkendaraan	26	30.2
<b>Kendaraan Sepulang Sekolah</b>		
Mobil	6	7.0
Motor	35	40.7
Tidak Berkendaraan	45	52.3
<b>Jarak rumah ke sekolah</b>		
< 500 m	30	34.9
500-1000 m	21	24.4
> 1000 m	35	40.7
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>100</b>

Sumber: Data primer, 2018

Dua lokasi titik pengambilan sampel konsentrasi zat pencemar CO memiliki konsentrasi yang sama yaitu  $740.79 \mu\text{g} / \text{NM}^3$ , zat pencemar Pb memiliki konsentrasi lebih kecil dari  $0.01 \mu\text{g} / \text{NM}^3$  di dua titik pengambilan sampel udara ambien, sedangkan zat pencemar  $\text{NO}_2$  berkisar  $0.56 - 1.44 \mu\text{g} / \text{NM}^3$ . Berdasarkan rekomendasi standar baku mutu udara ambien pada Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 ketiga zat pencemar diatas pada setiap titik sampel masih dalam batas yang sesuai pada udara ambien yakni  $30.000 \mu\text{g} / \text{Nm}^3$  zat pencemar CO,  $400 \mu\text{g} / \text{Nm}^3$  untuk zat pencemar  $\text{NO}_2$ , dan  $2 \mu\text{g} / \text{Nm}^3$  untuk zat pencemar Pb. Pada saat pengambilan sampel konsentrasi zat pencemar pada udara ambien, juga dilakukan pengambilan parameter fisik udara seperti suhu, kelembaban, dan arah angin. Parameter fisik udara merupakan hal-hal yang dapat mempengaruhi tingkat konsentrasi pencemar di udara ambien pada suatu wilayah penelitian (Tabel 2).

**Tabel 2**  
Hasil Pemeriksaan Rata-rata CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> pada Udara Ambien di Kawasan Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng Kota Makassar

Parameter	N	Mean	Minimum Maksimum	Satuan	Ket
CO	2	740.79	740.79 740.79	µg / NM <sup>3</sup>	MS
Pb	2	<0.01	<0.01 <0.01	µg / NM <sup>3</sup>	MS
NO <sub>2</sub>	2	1	0.56 1.44	µg / NM <sup>3</sup>	MS
Suhu	2	32.05	31.4 32.7	°C	-
Kelembaban	2	66.15	65.4 66.9	%RH	-
Kecepatan Angin	2	1.6-2.9	0.4-2.9 1.9-4.0	m/detik	-

Sumber : Data Primer, 2018

Berdasarkan umur responden, terdapat 5 tingkatan umur responden yang ada pada tabel. Terdapat 7 responden yang berisiko terkena dampak kesehatan oleh zat pencemar NO<sub>2</sub>. Jika dilihat berdasarkan tingkatan umur terhadap konsentrasi zat pencemar NO<sub>2</sub>, terdapat 6 responden pada umur 11 tahun dan satu responden pada umur 12 tahun. Sedangkan untuk zat pencemar CO dan Pb tidak terdapat responden yang memiliki nilai risiko lebih besar dari satu (Tabel 3).

**Tabel 3**  
Distribusi Besaran Risiko CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> Pada Udara Ambien Berdasarkan Umur Responden di Kawasan Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng Kota Makassar

Umur	Zat Pencemar					
	CO		Pb		NO <sub>2</sub>	
	RQ ≤ 1	RQ > 1	RQ ≤ 1	RQ > 1	RQ ≤ 1	RQ > 1
9	8	0	8	0	8	0
10	31	0	31	0	31	0
11	25	0	25	0	19	6
12	21	0	21	0	20	1
13	1	0	1	0	1	0
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>79</b>	<b>7</b>

Sumber: Data primer, 2018

Besaran risiko responden berdasarkan lama durasi pajanan responden. Terdapat tujuh responden yang memiliki nilai risiko lebih besar dari satu. Tiga kelompok durasi pajanan responden yang ada pada tabel. Dua responden berada pada durasi pajanan lima tahun dan lima responden berada pada durasi pajanan 6 tahun. Sedangkan untuk zat pencemar CO dan Pb tidak terdapat responden yang memiliki nilai risiko lebih besar dari satu. Berdasarkan berat badan responden. Terdapat tujuh responden yang nilai risiko yang lebih besar dari satu. Ketujuh responden tersebut berada pada berat badan kurang dari 31.5 kg. Sedangkan untuk zat pencemar CO dan Pb tidak terdapat responden yang memiliki nilai risiko lebih besar dari satu (Tabel 4).

**Tabel 4**

Distribusi Besaran Risiko CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> pada Udara Ambien Berdasarkan Durasi Paparan Sampel di Kawasan Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng Kota Makassar

<i>D<sub>t</sub></i>	Zat Pencemar					
	CO		Pb		NO <sub>2</sub>	
	RQ ≤ 1	RQ > 1	RQ ≤ 1	RQ > 1	RQ ≤ 1	RQ > 1
4	29	0	29	0	29	0
5	28	0	28	0	26	2
6	29	0	29	0	24	5
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>79</b>	<b>7</b>

Sumber : Data Primer, 2018

## PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan dari paparan CO, Pb, serta NO<sub>2</sub> pada anak Sekolah Dasar Inpres Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar. Perhitungan analisis risiko dilakukan dengan menghitung asupan (*Intake*) melalui inhalasi/perapasan untuk mengetahui tingkat agen risiko/*risik agent* (RQ) terhadap responden. Perhitungan *Intake* diperoleh dari data konsentrasi CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> sebagai agen risiko pada udara ( $\mu\text{g} / \text{NM}^3$ ) ambien dilokasi penelitian, laju inhalasi ( $\text{m}^3/\text{jam}$ ) pada anak/anak/responden, lama paparan (jam/hari), frekuensi paparan (hari/tahun), durasi paparan yakni lama responden menjadi siswa dilokasi penelitian dalam tahun, berat badan (kg) dan periode waktu rata-rata karsinogenik ( $70 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun} = 25.550 \text{ hari}$ ) dan non karsinogen ( $30 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun} = 10.950 \text{ hari}$ ).

Penelitian ini dilakukan pada wilayah Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng. Kompleks Sekolah Dasar Bawakaraeng merupakan wilayah Sekolah Dasar yang terdiri dari beberapa Sekolah Dasar yakni: Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng I, Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng II, Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng III, dan Sekolah Dasar Inpress Bawakaraeng. Jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 86 orang siswa dan dilakukan wawancara tentang lama berada disekolah, lama hari bersekolah tiap minggunya, lamanya siswa bersekolah dilokasi penelitian serta dilakukan pengukuran berat badan. selain dilakukan wawancara dengan responden dilakukan pula pengambilan sampel lingkungan yaitu konsentrasi zat pencemar CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> pada udara ambien di lokasi penelitian.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kebanyakan berjenis kelamin laki-laki dan jika dilihat dari umur responden maka responden yang berumur 10 tahun lebih banyak. Hal ini berkemungkinan terjadi disebabkan bahwa umur responden pada tingkatan kelas yang sama tidak selalu sama satu dengan yang lain ataupun bisa dikatakan bervariasi. Sehingga pada saat dilakukan penelitian terdapat responden dengan tingkatan kelas yang berbeda tetapi memiliki umur yang sama.

Saat dilakukan wawancara pertanyaan yang diajukan ke responden tidak hanya jenis pertanyaan yang dibutuhkan dalam menentukan besaran risiko paparan zat pencemar CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> pada masing-masing individu responden. Terdapat beberapa pertanyaan lain seperti kegiatan

ekstrakurikuler, jenis kendaraan yang digunakan, dan jarak rumah dan sekolah. Ketiga hal tersebut dapat memperlihatkan faktor lain yang dapat mempengaruhi jumlah zat pencemar yang terpapar pada responden meski jawaban dari pertanyaan tersebut tidak dapat digunakan dalam menentukan nilai besaran risiko kesehatan akibat paparan zat pencemar. Hal-hal tersebut dapat dikatakan sebagai faktor tak tentu yang dapat mempengaruhi pajanan zat pencemar pada reseponden (*uncertainty factor*).

Ada banyak hal atau parameter yang dapat diperhatikan dalam menilai risiko kesehatan pada anak-anak. Hal tersebut dikarenakan terdapat banyak perbedaan pada anak-anak dan usia dewasa. Salah satu parameter lain yang dimaksud ialah faktor perilaku. Hal ini dapat dilihat dari pola kegiatan bermain dan aktivitas lain anak yang memungkinkan lebih banyak kontak dengan berbagai kontaminan.<sup>6</sup> Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata responden memiliki kegiatan ekstra lain selain kegiatan belajar-mengajar formal yang ada di sekolah. Kegiatan dilakukan berkisar antara 3 hingga 12 jam dalam 6 hari sekolah. Kegiatan-kegiatan tersebut dari kegiatan pramuka, drama, mengaji, serta les pelajaran tambahan. Hasil ini menunjukkan bahwa ada kemungkinan bertambahnya frekuensi pajanan harian tiap individu.

Selain itu, lokasi sekolah dan pilihan moda perjalanan ke sekolah memiliki hubungan dampak yang empiris dengan dampak udara tercemar pada individu. Lokasi tempat tinggal akan menentukan pilihan kecenderungan berjalan kaki atau berkendara menuju sekolah.<sup>7</sup> Perilaku perjalanan ini akan berdampak pada tingkat paparan zat pencemar pada individu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 35 responden yang jarak dari rumah dengan sekolahnya lebih besar dari 1000 m dan jumlah responden paling sedikit terdapat pada jarak 500-1000 m antara sekolah dan rumahnya. Hasil ini pula menunjukkan bahwa ada kemungkinan bertambahnya frekuensi pajanan harian tiap individu.

Pemilihan moda perjalanan kebanyakan menggunakan kendaraan jenis sepeda motor untuk menuju sekolah yaitu sebesar 53 responden dan untuk pulang kebanyakan memilih untuk tidak menggunakan kendaraan (berjalan kaki) yaitu sebesar 45 responden. Sedangkan yang paling sedikit, menggunakan kendaraan jenis mobil untuk menuju sekolah yaitu sebesar 7 responden dan untuk pulang sekolah sebesar 6 responden menggunakan mobil. Perbedaan penggunaan jenis moda perjalanan yang digunakan responden untuk menuju dan pulang sekolah banyak dipengaruhi oleh faktor orang tua, dimana pada saat menuju sekolah beberapa responden diantar menuju sekolah disebabkan oleh orang tua yang juga akan menuju tempat kerja sedangkan pada saat pulang sekolah tidak lagi menggunakan kendaraan dikarenakan perbedaan jam pulang orang tua dan responden sehingga orang tua tidak lagi/tidak sempat menjemput responden.

CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> merupakan beberapa jenis zat pencemar beracun dan berbahaya yang banyak ditemukan pada udara. Zat pencemar ini masuk ke lingkungan udara akibat dari proses kimia industri maupun hasil-hasil pelepasan/zat buang kendaraan bermotor. Adanya zat pencemar ini pada suatu lingkungan dapat mempengaruhi aktifitas organisme pada lingkungan tersebut.

Karbon Oksida (CO) merupakan zat pencemar yang diproduksi oleh pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau oleh pembakaran yang terjadi di dalam mesin sedangkan zat pencemar Pb merupakan metal kehitaman yang biasa digunakan sebagai konstituen di dalam cat, baterai, dan saat ini banyak dicampurkan ke dalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan. Pb merupakan racun sistematis. Berbeda dengan Pb yang memiliki warna kehitaman, gas NO<sub>2</sub> memiliki warna merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Gas NO<sub>x</sub> diudara terutama berasal dari gas buangan hasil pembakaran yang keluar dari generator pembangkit atau mesin bahan bakar gas alami.

Penelitian ini dilakukan pengambilan sampel lingkungan berupa penangkapan zat pencemar di udara ambien. Pengambilan sampel lingkungan dilakukan pada dua titik di Kawasan Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng. Titik (station) pertama berada pada sebelah barat sekolah dan stasiun kedua berada pada sebelah timur sekolah. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara meletakkan alat pada masing-masing stasiun pemeriksaan untuk menangkap udara ambien yang terindikasi terdapat zat pencemar. Alat ini diletakkan selama satu jam. Satu jam waktu pengukuran merupakan waktu yang digunakan dalam pemeriksaan sampel sesaat.

Konsentrasi CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> pada udara ambien adalah jumlah kandungan logam pada udara ambien yang diperoleh melalui pemeriksaan dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan dan dapat menimbulkan dampak kesehatan yang kronis karsinogenik dan akumulatif. Pada penelitian ini diperoleh hasil pemeriksaan CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> pada udara ambien di wilayah Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng masing-masing sebesar 740.79 µg / NM<sup>3</sup>, <0.01 µg / NM<sup>3</sup>, dan berkisar 0.56 – 1.44 µg / NM<sup>3</sup>.

Berdasarkan rekomendasi Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 baku mutu udara ambien untuk cemaran zat pencemar CO, Pb, dan NO<sub>2</sub> untuk sampel sesaat (paparan 1 jam) berturut-turut ialah 30.000 µg / NM<sup>3</sup>, 2 µg / NM<sup>3</sup>, dan 400 µg / NM<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan ketiga zat pencemar yang telah diteliti pada dua stasiun pengambilan sampel masih berada di bawah baku mutu udara zat pencemar atau dapat dikatakan masih memenuhi syarat untuk berada pada udara ambien.

Hasil penelitian Dahlan, dkk mengenai konsentrasi zat pencemar Pb pada wilayah sekolah dasar menunjukkan hal yang sejalan dengan hasil penelitian ini. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa dari 12 titik pengambilan sampel di tiga lokasi yang berbeda, keseluruhan dari 12 titik pengambilan sampel udara masih dibawa standar baku mutu yang ditentukan, yakni kurang dari 2 µg/Nm. Hasil pengukuran konsentrasi Pb di tiga stasiun pengambilan sampel ditemukan bahwa konsentrasi Pb tertinggi adalah 0,1369 µg/Nm<sup>3</sup> yaitu terletak pada titik 4 stasiun III dan konsentrasi Pb terendah adalah 0,0001 µg/Nm<sup>3</sup> yaitu terletak di titik 4 stasiun II. <sup>7</sup>

Konsentrasi zat pencemar NO<sub>2</sub> dibawah baku mutu udara pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Lilis di salah satu institusi pendidikan di Kota Makassar yaitu Universitas Hasanuddin.<sup>8</sup> Adanya pengaruh antara kelembaban dengan kadar zat pencemar di udara. Hal tersebut disebabkan saat kelembaban tinggi maka uap air yang ada di udara akan bereaksi dengan zat pencemar.<sup>9</sup> Konsentrasi zat pencemar yang ada pada udara ambien di lokasi penelitian diketahui sangat rendah disebabkan karena beberapa hal yang mungkin mempengaruhi besarnya zat pencemar yang berasal dari sumber pencemar berkurang ketika sampai pada lokasi penelitian. Lingkungan sekolah yang terdapat tumbuhan yang cukup serta kondisi bangunan gedung sekolah yang tinggi dapat menjadi penghalang proses masuknya zat pencemar ke lokasi penelitian. Selain itu, faktor fisik udara seperti suhu, kelembaban dan kecepatan juga memiliki pengaruh besar terhadapnya besarnya konsentrasi zat pencemar pada suatu wilayah.

Frekuensi Paparan yang dimaksud ialah lamanya atau jumlah hari terjadinya paparan udara yang mengandung CO, PB, dan NO<sub>2</sub> yang diterima responden setiap tahunnya. Pada penelitian ini digunakan angka normal jumlah hari dalam satu tahun yaitu 365 hari. Hal ini diasumsikan bahwa responden terpapar udara yang sama tiap harinya. Durasi paparan yang dimaksud ialah lamanya atau jumlah tahun terjadinya paparan udara yang mengandung CO, PB, dan NO<sub>2</sub> yang diterima anak sekolah dasar. Durasi paparan dalam penelitian ditentukan berdasarkan tingkatan kelas responden. Tingkatan kelas responden yang dimaksud yaitu kelas 4, 5, dan 6 yang diartikan sebagai durasi responden terpajan selama 4 tahun, 5 tahun, dan 6 tahun oleh zat pencemar yang ada pada udara ambien. Pada saat dilakukan wawancara dengan responden, responden ditanyai tentang apakah responden merupakan siswa pindahan dari sekolah lain atau merupakan siswa murni yang bersekolah di lokasi penelitian mulai dari kelas 1.

Pertanyaan tersebut ditanyakan untuk memastikan bahwa nantinya durasi paparan responden di lokasi penelitian benar sesuai dengan tingkatan kelas. Jika responden merupakan siswa pindahan dari sekolah lain maka responden diganti dengan responden baru hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan nilai rata-rata asupan dan besaran risiko zat pencemar. Namun, pada saat penelitian dilakukan, tidak ditemukan sebagaimana hal yang dimaksud. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat 29 responden dengan durasi paparan 4 tahun, 28 responden dengan durasi paparan 5 tahun, dan 29 responden dengan durasi paparan 6 tahun. Pada penelitian ini diketahui bahwa hanya zat pencemar NO<sub>2</sub> yang memiliki risiko dampak kesehatan terhadap responden yaitu sebanyak 7 responden. Jika dilihat dari durasi pajanannya, responden dengan durasi paparan 6 tahun yang paling banyak yaitu sebanyak 5 responden sedangkan 2 responden berasal dari kategori durasi pajan 5 tahun. hal ini menunjukkan bahwa durasi pajanan sangat mempengaruhi tingkat risiko pajanan zat pencemar pada tiap individu. Durasi pajanan yang lama dapat memungkinkan tingkat risiko individu untuk terkena dampak kesehatan semakin tinggi.

Data berat badan responden dalam penelitian dikumpulkan dengan cara dilakukan pengukuran berat badan secara langsung berupa penimbangan berat badan pada responden. Berdasarkan hasil pengumpulan data berat badan responden ditemukan nilai rata-rata (*median*) berat badan ialah 31.5 kg. Jumlah responden yang diteliti ialah sebanyak 86 responden. Responden dengan berat badan lebih dari 31.5 kg ialah sebesar 43. Responden dengan berat badan kurang dari atau sama dengan 31.5 kg ialah sebesar 43 kg. Jika dilihat dari tingkatan kelas, responden dengan berat badan lebih dari 31.5 kg paling banyak terdapat pada tingkatan kelas 4 yaitu sebesar 16 orang dan untuk responden dengan berat badan kurang dari atau lebih besar sama dengan 31.5 kg paling banyak berada pada siswa kelas 6.

Metode pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan, berat badan seseorang akan mempengaruhi besarnya nilai risiko dan secara teoritis, semakin berat badan seseorang maka semakin kecil nilai risikonya atau dengan kata lain semakin kecil kemungkinan seseorang mengalami gangguan kesehatan akibat paparan zat pencemar. Nilai berat badan akan selalu berbanding terbalik dengan nilai risiko. Hasil penelitian ini menunjukkan dari 7 orang yang memiliki tingkat risiko tinggi terkena dampak zat pencemar NO<sub>2</sub>, semua responden berasal dari kategori berat badan kurang dari 31.5 kg. Berat badan tersebut di antara lain yaitu 21, 22, 23, 25 dan 26 kg. Hal sejalan teori sebelumnya. Kategori berat badan yang rendah akan sangat rentan terkena dampak kesehatan dari zat pencemar. Walaupun ada faktor lain yang mempengaruhi tingkat risiko seseorang terkena dampak kesehatan dari zat pencemar selain berat badan.

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ). RQ dihitung dengan membagi asupan setiap *risk agent* dengan dosis referensinya. Nilai Rfc menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan jika berlanjut sepanjang hayat.  $RQ > 1$  diinterpretasikan sebagai *agent* risiko yang dikuantifikasi memiliki probabilitas risiko yang dikendalikan demikian sebaliknya.

Penelitian ini menunjukkan dari tiga zat pencemar yang diteliti yaitu zat pencemar CO, Pb, dan NO<sub>2</sub>. Hanya zat pencemar NO<sub>2</sub> yang memiliki tingkat risiko dalam kategori tidak aman terhadap 7 responden. Ketujuh responden tersebut berasal dari kategori durasi pajanan tertinggi yaitu 5 tahun sebanyak 2 responden dan 6 tahun sebanyak 5 responden. Durasi pajanan memiliki pengaruh terhadap penentuan tingkat risiko responden. Semakin lama seseorang terpajan semakin tinggi pula dampak risiko kesehatan yang diperoleh responden tersebut. Selain itu, ketujuh responden ini berasal dari kelompok berat badan paling rendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa berat badan rendah akan sangat rentan terhadap dampak kesehatan yang ditimbulkan suatu zat pencemar apalagi jika didukung dengan durasi pajanan yang lama. Jika dilihat dari segi umur, kebanyakan dari ketujuh responden tersebut berasal dari kategori umur 11 tahun yaitu sebanyak 6 orang dan umur 12 tahun sebanyak satu orang. Walaupun demikian, umur tidak mempengaruhi tingkat keterpaparan seseorang.

Selain itu, jenis kendaraan yang digunakan oleh ketujuh responden ini untuk menuju sekolah yaitu kendaraan motor sebanyak 5 orang dan berjalan kaki sebanyak 2 orang. Kendaraan pulang menggunakan sepeda motor sebanyak 3 orang dan berjalan kaki sebanyak 4 orang. Hal tersebut bisa diartikan bahwa ada kemungkinan tingkat konsentrasi zat pencemar yang diinhalasi responden bertambah yang diperoleh dari proses perjalanan menuju dan sepulang dari sekolah. Selain itu jarak juga berkemungkinan mempengaruhi tingkat konsentrasi zat pencemar yang diinhalasi karena dari ketujuh responden tersebut jarak dari rumah menuju sekolahnya cukup beragam yaitu berkisar dari yang paling rendah sejauh 160 m dan yang terjauh yaitu sejauh 3,7 km.

Penelitian ini juga dilakukan perhitungan jumlah kendaraan yang melewati kawasan Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng. Perhitungan jumlah kendaraan dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel lingkungan udara ambien. Perhitungan dilakukan pada jam sibuk selama satu jam dengan rentan perhitungan tiap 15 menit. Mengenai kepadatan kendaraan biasanya dilakukan pada tiga waktu jam sibuk yaitu pukul 9.00, pukul 12.00, dan pukul 15.00, masing-masing selama dua jam dalam rentan waktu 15 menit. Namun pada penelitian ini hanya dilakukan pada satu waktu jam sibuk yakni pada pukul 9.00 selama satu jam. Perhitungan jumlah kendaraan ini dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel lingkungan pada udara ambien.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kendaraan dengan jenis motor paling banyak melintas pada Jl. Gunung Bawakaraeng sekitar pukul 9.00 yaitu berkisar antara 1198 hingga 1293 unit tiap 15 menitnya sedangkan kendaraan jenis mobil berkisar antara 487 hingga 531 unit tiap 15 menitnya. Penelitian Sukmawati mengenai studi kualitas udara Kota Makassar menunjukkan bahwa ada korelasi positif hubungan antara jumlah kendaraan dan zat pencemar. Hal tersebut menunjukkan semakin tinggi jumlah kendaraan maka konsentrasi zat pencemar pada udara ambien juga meningkat.<sup>10</sup>

Zat pencemar udara dalam hal ini CO, Pb dan NO<sub>2</sub> diperkirakan paling banyak berdampak pada organ pernapasan. Organ pernapasan paling banyak berpengaruh karena yang pertama berhubungan langsung dengan zat-zat pencemar tersebut. Walaupun demikian, organ-organ lain seperti otak dan juga darah juga terkena dampak yang cukup besar akibat besarnya zat pencemar di udara. Menurut Teksam efek jantung akut pada anak-anak yang terpapar CO di Turki menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya cedera miokard tanpa temuan EKG normal. Hal ini diketahui dari adanya 16 pasien memiliki biomarker jantung yang diagnosa cedera miokard.<sup>11</sup>

Penelitian yang dilakukan Farikha and Pramono, anak-anak berisiko lebih besar dibanding orang dewasa untuk terpapar dampak negatif dari timbal. Hal ini karena anak-anak mengabsorpsi >50% timbal yang masuk ke dalam tubuh, dibandingkan dengan orang dewasa yang mengabsorpsi 15-35%. Kontaminasi timbal terjadi melalui makanan, air, dan udara. Keracunan timbal pada anak-anak terjadi apabila kadar timbal dalam darah  $\geq 10 \mu\text{g/dl}$ . Timbal mempengaruhi sistem hematologi dimana terjadi gangguan pada sintesis heme dan menyebabkan anemia. Timbal mengganggu eritropoiesis

dengan menghambat sintesis protoporfirin dan mengganggu penyerapan zat besi sehingga meningkatkan resiko anemia.<sup>12</sup>

Studi Epidemiologi menunjukkan bahwa akibat paparan NO<sub>2</sub> dalam jangka panjang dapat menimbulkan peningkatan bronkhitis dan asma pada anak-anak. Selain itu paparan NO<sub>2</sub> menyebabkan gangguan pada fungsi paru Soedarto sedangkan pada bayi umumnya nitrit akan bereaksi dengan hemoglobin yang dijumpai pada pembentukan enzim yang dapat menguraikan metHb menjadi Hb masih belum sempurna. Akibat dari gangguan in, bayi akan kekurangan oksigen sehingga mukanya akan tampak membiru atau sering dikenal dengan bayi biru.<sup>13</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Budiono menemukan bahwa ada hubungan yang signifikan dimana siswa yang memiliki kadar Pb darah tinggi mempunyai peluang 3,4 kali untuk memiliki tingkat kecerdasan (majemuk) rendah.<sup>14</sup> Anak sekolah dasar yang menghirup udara yang tercemar Pb, lebih banyak berisiko terkena dampak kesehatan, yaitu nilai risiko atau *Risk Quotient* (RQ) >1 daripada yang tidak berisiko RQ <1, baik pada RQ karsinogen maupun non karsinogen. Hal ini banyak dipengaruhi oleh variasi berat badan responden semakin berat semakin kurang risiko dampak yang terkena responden.<sup>15</sup>

## KESIMPULAN & SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi zat pencemar CO, Pb, NO<sub>2</sub> pada udara di wilayah Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng, Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar ialah berturut-turut 740.79 µg / NM<sup>3</sup>, <0.01 µg / NM<sup>3</sup>, dan berkisar 0.56 – 1.44 µg / NM<sup>3</sup>. Nilai rata-rata berat badan siswa di Sekolah Dasar Kompleks Bawakaraeng, Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar ialah 31.5 kg. Nilai Lama pajanan (jam/hari) CO, Pb, serta NO<sub>2</sub> terhadap anak ialah sebesar 5,5 jam/hari. Durasi pajanan (tahun) anak Sekolah Dasar Inpres Bawakaraeng Jl. Gunung Bawakaraeng Kota Makassar ialah berkisar antara 3 sampai 5 tahun. Tingkat risiko tidak aman (RQ>1) terdapat pada zat pencemar NO<sub>2</sub> yaitu sebanyak 7 responden dan untuk zat pencemar CO dan Pb seluruh reponden masih dalam kategori aman. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk peneliti selanjutnya dimana ruang lingkup penelitian dapat diperluas dan diperdalam pada faktor-faktor tak tentu lain maupun yang sudah diteliti. Pada penelitian selanjutnya pula diharapkan jumlah sampel dapat diperbanyak bahkan dapat dilakukan pada beberapa sekolah agar dapat ditemukan informasi dan perbandingan yang signifikan.

## REFERENSI

1. Sastrawijaya, A. T. Pencemaran Lingkungan. Jakarta: Rineka Cipta; 2009.
2. Arty, I. S. Pendidikan Lingkungan Hidup tentang Bahaya Polutan Udara. Cakrawala Pendidikan Jurnal Ilmiah Pendidikan. 2005;(3):385-404.

3. Darmayasa, I. G. O. Dampak NOX Terhadap Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*. 2013;2(1):98-107.
4. BPS. Banyaknya Kendaraan Bermotor dan Jenis Kendaraan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan. [Online]. Makassar: Badan Pusat Statistik; 2015. Available at: <https://sulsel.bps.go.id/index.php/linkTabelStatis/150> [Diakses pada 10 Agustus 2017].
5. Afdaliana, A. M., Hamid, S. & Zubair, A. Studi Tingkat Kualitas Udara Pada Ruas Jalan Utama Kota Makassar Pada Jam Sibuk; 2015.
6. Sukmawati, S., Palloan, P. & Ihsan, N. Studi Kualitas Udara Kota Makassar (Studi Kasus Konsentrasi NO<sub>2</sub>). *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 2011;7(1):47-58.
7. Enhealth, C. Environmental Health Risk Assessment. Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards. Canberra: Department of Health and Ageing and enHealth Council; 2012. Available at: [https://www1.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/A12B57E41EC9F326CA257BF0001F9E7D/\\$File/Environmental-health-Risk-Assessment.pdf](https://www1.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/A12B57E41EC9F326CA257BF0001F9E7D/$File/Environmental-health-Risk-Assessment.pdf).
8. Dahlan, R. Faktor yang Berhubungan dengan Kandungan Timbal (Pb) dalam Udara Ambien di Wilayah Sekolah Dasar di Kawasan Pesisir Kota Makassar. [Skripsi]. Makassar: Universitas Hasanuddin; 2013.
9. Lilis, L. 2017. Risiko Paparan Nitrogen Dioksida (No<sub>2</sub>) Dan Timbal (Pb) pada Petugas Satuan Kemanan dan Petugas Penyapu Jalan di Universitas Hasanuddin. *Patria Artha Journal of Nursing Science*. 2017;1(2):63-72.
10. Sarira, D. R. I. Studi Kadar SO<sub>2</sub> dan CO di Udara serta Keluhan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat Sekitar PT Semen Bosowa Maros Kecamatan Bantimurung. [Skripsi]. Makassar: Universitas Hasanuddin; 2015.
11. Teksam, O., Gumus, P., Bayrakci, B., Erdogan, I. & Kale, G. Acute Cardiac Effects of Carbon Monoxide Poisoning in Children. *European Journal of Emergency Medicine*. 2010;17(4):192-196.
12. Reffiane, F., Arifin, M. N. & Santoso, B. Dampak Kandungan Timbal (Pb) Dalam Udara Terhadap Kecerdasan Anak Sekolah Dasar. *Malih Peddas*. 2011;1(2):96-107.
13. Farikha, D. A. & Pramono, A. Gambaran Kadar Hemoglobin, Kadar Timbal Darah, dan Asupan Seng pada Anak Usia 9-12 Tahun. *Journal of Nutrition College*. 2015;4(2):614-619.
14. Budiyo, B., Haryanto, B., Hamonangan, E. & Hindratmo, B. Korelasi Timbal dalam Darah dan Tingkat Kecerdasan (Majemuk) Siswa Sekolah Dasar di Sekitar Peleburan Aki Bekas di Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Lamongan. *Jurnal Ecolab*. 2016;10(1):41-47.

15. Birawida, A. B. 2016. Penilaian dan Manajemen Risiko Timbal di Udara Pada Anak Sekolah Dasar Pesisir Kota Makassar. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 2016;12(1);54-62.