

Agus Bintara Birawida : Penilaian dan Manajemen Risiko Timbal di Udara pada Anak Sekolah Dasar Pesisir

---

## **PENILAIAN DAN MANAJEMEN RISIKO TIMBAL DI UDARA PADA ANAK SEKOLAH DASAR PESISIR KOTA MAKASSAR**

### ***Assessment and Risk Management of Lead in the Air for Coastal Primary School Student Makassar City***

**Agus Bintara Birawida**

Departement Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Unhas  
(agusbirawida@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

Timbal bersifat neurotoksik akumulatif. Timbal dapat meracuni lingkungan yang berdampak pada seluruh sistem tubuh. Pada anak-anak, timbal menurunkan tingkat kecerdasan, pertumbuhan, pendengaran, menyebabkan anemia, dan dapat menimbulkan gangguan pemusatan perhatian dan gangguan tingkah laku. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan seberapa besar laju asupan, durasi pajanan, frekuensi pajanan dan tingkat risiko kesehatan (*Risk Quotient/RQ*) paparan timbal (Pb) pada anak SD. Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Kota Makassar pada lima kecamatan yaitu kecamatan, Tamalate, Mariso, Ujung Tanah, Tallo dan Biringkanaya. Jenis Penelitian ini adalah observasional dengan menggunakan rancangan analisis risiko kesehatan lingkungan. Jumlah asupan (Ink) timbal (Pb) dalam udara pada responden untuk perhitungan risiko penyakit karsinogen adalah 0,0103  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hari}$  dan untuk risiko penyakit non karsinogen adalah 0,0242  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hari}$ . Mayoritas responden memiliki nilai  $RQ > 1$ , yaitu  $RQ$  2,594 untuk pajanan risiko karsinogen dan  $RQ$  6,054 untuk risiko non karsinogen. Kesimpulannya Adalah Anak sekolah dasar yang menghirup Udara yang tercemar Pb, lebih banyak berisiko, yaitu  $RQ > 1$  daripada yang tidak berisiko  $RQ < 1$ , baik pada  $RQ$  karsinogen maupun non karsinogen

**Kata kunci : Penilaian risiko, timbal, neurotoksik**

#### **ABSTRACT**

*Lead is neurotoxic accumulative. Lead can poison the environment which affects all body systems. In children, lead to lower levels will effect of intelligence, growth, loss, anemia, and cause attention deficit disorder and conduct disorder. The Aims of this study is to determine the rate of intake, duration of exposure, frequency of exposure and the level of health risk (Risk Quotient/RQ) exposure to lead (Pb) on elementary school children. This research was conducted in the coastal area of Makassar in five districts namely districts, Tamalate, Mariso, Ujung Tanah, Tallo and Biringkanaya. This study was an observational by using design analysis of environmental health risks. Total intake (Ink) lead (Pb) in the air at the respondent's calculation of disease risk carcinogen is 0.0103 mg / kg / day and for non-carcinogenic risk is 0.0242 mg/kg/day. The majority of respondents have a value  $RQ > 1$ , the  $RQ$  2,594 for the risk of exposure to carcinogens and  $RQ$  6,054 for non-carcinogenic risk. The conclusion is a primary school Children who breathe polluted air Pb, more risky, the  $RQ > 1$  than non-risk  $RQ < 1$ , both at  $RQ$  carcinogens and non-carcinogens.*

**Keywords: Risk assesment, lead, neurotoxic**

## PENDAHULUAN

Timbal dapat meracuni lingkungan yang berdampak pada seluruh sistem tubuh. Pada anak-anak, timbal menurunkan tingkat kecerdasan, pertumbuhan, pendengaran, menyebabkan anemia, dan dapat menimbulkan gangguan pemusatan perhatian dan gangguan tingkah laku. Paparan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan otak yang parah, bahkan kematian. Anak-anak kecil sangat rentan terhadap keracunan timbal karena mereka menyerap jauh lebih banyak timbal dari lingkungannya daripada orang dewasa dan sistem syaraf pusat mereka masih dalam taraf berkembang. Timbal juga dapat meracuni sistem pembentukan darah merah karena dapat menimbulkan gangguan pembentukan sel darah merah.<sup>1</sup>

Timbal bersifat neurotoksik akumulatif. Pada anak kecil timbal dapat menimbulkan penurunan kemampuan otak, sedangkan pada orang dewasa dapat menimbulkan gangguan tekanan darah tinggi dan keracunan jaringan lainnya. Anak-anak di seluruh dunia saat ini berisiko terpapar oleh timbal dari berbagai sumber pencemar. Keracunan timbal menyumbang sekitar 0,6% dari beban penyakit global.<sup>2</sup>

Timbal merupakan salah satu bahan pencemar udara yang berbentuk partikulat. Baku mutu udara nasional untuk timbal berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah sebesar 2 µg/m<sup>3</sup> untuk 24 jam pengukuran<sup>3</sup> sedangkan standar yang ditetapkan oleh WHO untuk konsentrasi timbal di udara adalah 0,5µg/m<sup>3</sup>. Sistem syaraf dan pencernaan anak masih dalam tahap perkembangan, sehingga lebih rentan terhadap timbal yang terserap. Anak dapat menyerap hingga 50% timbal yang masuk ke dalam tubuh, sedangkan orang dewasa hanya menyerap 10-15%.<sup>1</sup> Menurut ukuran internasional, ambang batas maksimum kandungan timbal adalah 0,15 gram perliter.<sup>4</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Shiek. B. Y di Taibah, Arab Saudi terhadap 167 siswa menunjukkan 85% responden memiliki konsentrasi Pb>10 µg/dl dalam darah dan 16,8% responden memiliki <10 µg/dl dan hasilnya menunjukkan ada hubungan kadar Pb dalam darah dengan penurunan IQ dan performa kerja.<sup>5</sup> Penelitian yang dilakukan oleh Khidri, dkk, terhadap anak jalanan

dan anak taman kanak-kanak di Kota Makassar 90% diantaranya mengandung konsentrasi timbal dalam darahnya diatas ambang batas dan 10% lainnya memiliki konsentrasi timbal 10 µg/dl dalam darahnya. Rata-rata kandungan timbal dalam darah anak-anak yang diperiksa adalah 23,96µg/dl.<sup>6</sup>

Pencemaran timbal sebagian besar disebabkan oleh asap kendaraan bermotor. Hampir 85% pencemaran timbal pada manusia berlangsung melalui pernafasan, 14% melalui pencernaan, dan sisanya 1% melalui kulit. Sebanyak 30-40% timbal yang terabsorpsi akan masuk ke dalam aliran darah lalu 95% timbal dalam darah tersebut diikat oleh eritrosit.<sup>7</sup> Hasil penelitian membuktikan bahwa bahan tersebut tidak bisa diurai oleh tubuh. Jadi, timbal dapat merusak jaringan tubuh siapapun.<sup>8</sup> Tujuan Penelitian ini adalah untuk menentukan seberapa besar laju asupan, durasi pajanan, frekuensi pajanan dan tingkat risiko kesehatan (*Risk Quotient/RQ*) paparan timbal (Pb) pada anak SD di wilayah pesisir kota Makassar

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Kota Makassar pada lima kecamatan yaitu Kecamatan, Tamalate, Mariso, Ujung Tanah, Tallo dan Biringkanaya. Penelitian ini bersifat observasional dengan menggunakan rancangan analisis risiko kesehatan lingkungan. Populasi dalam penelitian ini terbagi dua yaitu populasi lingkungan dan populasi manusia. Populasi lingkungan adalah semua Pb udara di lima kecamatan wilayah pesisir kota Makassar. Populasi manusia adalah semua anak sekolah dasar dan bermukim di lima kecamatan pesisir Kota Makassar. Adapun sampel lingkungan dalam penelitian ini adalah tiga titik lokasi dengan tiga kali pengulangan Pb udara di lima kecamatan wilayah pesisir Kota Makassar. Sedangkan sampel manusia adalah sebanyak 45 orang anak Sekolah Dasar dan bermukim di lima kecamatan pesisir Kota Makassar.

Sampel udara di ambil pada stasiun yang masing-masing di lakukan selama 3 kali pengulangan waktu pagi, siang, dan sore hari. Partikel di udara ditangkap dengan menggunakan alat HVAS (*High Volume Air Sample*) dan media penyaring atau filter. Pb yang terkandung di dalam partikel tersuspensi tersebut didekstruksi dengan

menggunakan pelarut asam, kemudian diukur dengan alat Spektrofometer Serapan Atom. Sampel udara di ambil pada stasiun yang masing-masing di lakukan selama 3 kali pengulangan waktu pagi, siang, dan sore hari. Partikel di udara ditangkap dengan menggunakan alat HVAS (*High Volume Air Sample*) dan media penyaring atau filter. Pb yang terkandung di dalam partikel tersuspensi tersebut di dekstruksi dengan menggunakan pelarut asam, kemudian diukur dengan alat Spektrofometer Serapan Atom.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Adapun tahapan analisis data dalam penelitian ini adalah analisis risiko kesehatan lingkungan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat pajanan responden (*Intake/I*) dan tingkat risiko responden (*Risk Quotient/RQ*).<sup>9</sup> Analisis tingkat pajanan atau *intake* dilakukan untuk mengetahui besarnya pajanan *risk agent* timbal (Pb) yang diterima responden perkilogram berat badan setiap harinya. Perhitungan tingkat pajanan (*intake*)<sup>10</sup>:

$$Ink = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

**Keterangan:**

- $I_{nk}$  : intake (asupan), jumlah *risk agent* yang diterima individu per berat badan per hari (mg/kg/hari)
- C : konsentrasi *riskagent* (mg/kg) atau (mg/L)
- R : laju (*rate*) asupan (gr/hari) atau (L/hari)
- $f_E$  : frekuensi pajanan tahunan (hari/tahun)
- $D_t$  : durasi pajanan (tahun)
- $W_b$  : berat badan (kg)
- $t_{avg}$  : periode waktu rata-rata (70 tahun x 365 hari/tahun) untuk efek karsinogen dan (30 tahun x 365 hari/tahun) untuk efek non karsinogen

Untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan yang akan terjadi dari masing-masing individu, maka dilakukan perhitungan RQ sesuai dengan persamaan berikut<sup>10</sup> :

$$RQ = \frac{Ink}{R_f D}$$

Hasil perhitungan RQ dapat menunjukkan tingkat risiko kesehatan pada anak sekolah dasar akibat menghirup timbal (Pb) yang terdapat dalam udara. Apabila  $RQ \leq 1$  menunjukkan paparan ma-

sih berada di bawah batas normal dan udara yang dihirup anak sekolah dasar tersebut masih dalam batas aman dari risiko menderita penyakit sepanjang hidupnya. Sedangkan, bila  $RQ > 1$  menunjukkan paparan berada diatas batas normal dan udara yang dihirup anak sekolah dasar tersebut berisiko menderita penyakit sepanjang hidupnya. Analisis ini berguna untuk mengetahui manajemen pengurangan risiko kesehatan akibat paparan timbal (Pb) yang terdapat dalam udara terhadap anak sekolah dasar. Manajemen pengurangan risiko yang dapat digunakan adalah menurunkan konsentrasi, mengurangi laju konsumsi, dan membatasi durasi pajanan.<sup>9</sup>

**HASIL**

Tabel 1 menunjukkan kandungan rata-rata timbal (Pb) di dalam udara yang diperoleh di lima kecamatan pesisir Kota Makassar paling tinggi pada Kecamatan Tallo yaitu 1,634  $\mu\text{g}/\text{M}^3$  dan belum melewati batas maksimum timbal dalam udara yaitu 2  $\mu\text{g}/\text{M}^3$ , sedangkan yang paling rendah pada Kecamatan Biringkanaya yaitu 0,106 mg/kg. Tabel 2 menunjukkan bahwa laju asupan terhadap 45 responden berdasarkan inhalasi udara yang mengandung kandungan timbal (Pb) dalam 6 jam, laju asupan tertinggi yaitu 44,50 % responden menginhalasi udara 1-10 $\mu\text{gr}/\text{M}^3\text{jam}$ , sedangkan laju asupan terendah yaitu 11,10 % responden menginhalasi udara 31-40  $\mu\text{gr}/\text{M}^3\text{jam}$ .

Tabel 2 menunjukkan bahwa durasi pajanan responden berdasarkan inhalasi udara yang

**Tabel 1. Distribusi Kandungan Rata-rata Timbal (Pb) dalam Udara yang di Inhalasi Masyarakat di Lima Kecamatan Pesisir Kota Makassar**

Kecamatan	n	Mean	Minimum Maksimum	SD
Tamalate	9	0,626	0,132 1,204	0,325
Mariso	9	0,493	0,141 1,622	0,474
Ujung Tanah	9	1,191	0,239 2,365	0,812
Tallo	9	1,634	0,863 2,111	0,469
Biringkanaya	9	0,106	0,052 0,197	0,041

Sumber : Data primer, 2013

**Tabel 2. Distribusi Indikator Intake Responden di Lima Kecamatan Pesisir Kota Makassar**

Indikator	n	%
<b>Laju Asupan (<math>\mu\text{g}/\text{jamM}^3</math>)</b>		
1 – 10	20	44,50
11 – 20	14	31,10
21 – 30	6	13,30
31 - 40	5	11,10
<b>Durasi Paparan (Tahun)</b>		
0 - 4	15	33,33
0 - 5	15	33,33
0 - 6	15	33,33
<b>Frekuensi pajanan (Hari/Tahun)</b>		
50 – 150	2	4,50
150 – 250	23	51,10
250 – 350	20	44,40
<b>Berat Badan (Kg)</b>		
20 – 29	25	56
30 – 39	15	33
40 – 49	4	9
> 50	1	2

Sumber : Data primer, 2013

mengandung residu timbal (Pb), frekuensi durasi pajanan masing-masing responden sama 33,33 % semakin tinggi tingkat kelas, durasi paparannya semakin tinggi. Tabel 2 menunjukkan bahwa frekuensi pajanan responden berdasarkan inhalasi udara yang mengandung timbal (Pb), frekuensi tertinggi yaitu 51,10 % responden menginhalaasi udara selama 150-250 hari/tahun, sedangkan yang terendah yaitu 4,50 % responden menginhalaasi

udara selama 50-150 hari/tahun.

Tabel 2 menunjukkan bahwa berat badan responden hasil penelitian ini bervariasi antara 20 kg hingga 60 kg. Rata-rata berat badan responden adalah 29,25 kg. Tabel 4.24 di atas menunjukkan bahwa berat badan tertinggi pada responden, yaitu 25 % responden memiliki berat badan antara 20-29 kg, sedangkan berat badan terendah, yaitu 2 % responden memiliki berat badan >50 kg. Analisis risiko ada dua tahap, yaitu analisis tingkat pajanan atau *intake* (I) dan analisis tingkat risiko atau *Risk Qoutien* (RQ).

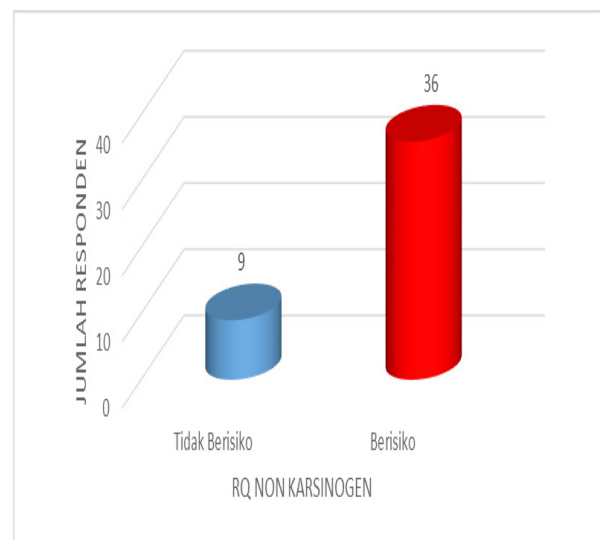
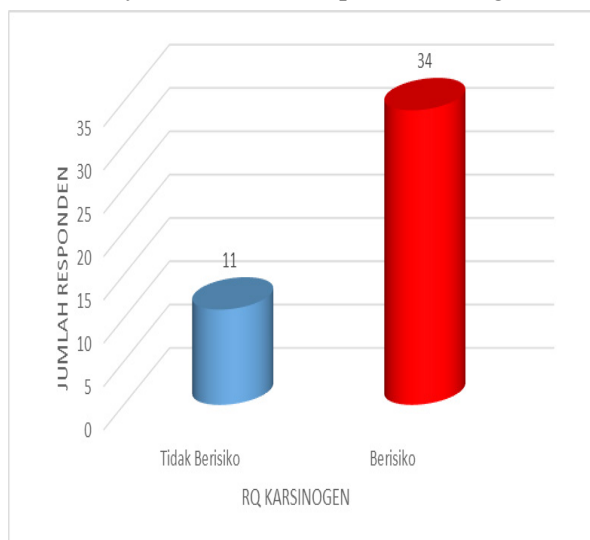
Contoh perhitungan untuk *intake* tiap responden adalah responden dengan nomor responden 31, setiap hari berada di Kecamatan Tallo. Memiliki berat badan 34,2 kg, menginhalaasi udara selama 288 hari/tahun selama 5 tahun. Setiap hari menginhalaasi udara sebanyak 3.350  $\mu\text{g}/\text{M}^3\text{jam}$ . Konsentrasi timbal (Pb) dalam udara adalah 1,88 $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Maka besarnya *intake* timbal (Pb) untuk paparan 30 tahun (non karsinogen) dan 70 tahun (karsinogen).

*Intake* timbal (Pb) dalam udara pada pajanan 70 tahun :

$$Ink = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$Ink = \frac{1,88 \frac{\mu\text{g}}{\text{kg}} \times 3.350 \frac{\mu\text{gr}}{\text{M}^3\text{jam}} \times 288 \frac{\text{hr}}{\text{tahun}} \times 5 \text{ tahun}}{34,2 \text{ kg} \times 25550}$$

$$Ink = 0,0103 \mu\text{g}/\text{kg}/ \text{hari}$$



**Gambar 1. Distribusi RQ Pajanan Timbal (Pb) untuk Risiko Penyakit Karsinogen dan Non Karsinogen pada Responden di Lima Kecamatan Pesisir Kota Makassar**

**Tabel 3. Uji Shapiro-Wilk untuk Mengetahui Normal atau Tidaknya Distribusi Data Variabel Penelitian**

Variabel	Mean Median	Minimum Maksimum	SD	p-value Shapiro-Wilk
Konsentrasi Timbal (Pb) dalam Udara (mg/kg)	0,810 0,578	0,052 2,365	0,72	0,011
Frekuensi Paparan (hari/tahun)	253,86 240	144,00 288,00	37,77	0,000
Durasi Paparan (tahun)	5 5	4 6	0,825	0,000
Laju asupan (gr/hari)	12,86 12,01	0,35 38,28	11,09	0,005
Berat badan (kg)	29,253 28	20 50,30	7,11	0,005
RQ untuk risiko non karsinogen (paparan 30 tahun)	4,510 2,256	0,02 21,97	5,387	0,000
RQ untuk risiko karsinogen (paparan 70 tahun)	10,523 5,264	0,04 51,25	12,57	0,000

Sumber : Data primer, 2013

Intake timbal (Pb) dalam udara pada paparan 30 tahun :

$$Ink = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$Ink = \frac{1,88 \frac{\mu g}{kg} \times 3.350 \frac{\mu gr}{M3jam} \times 288 \frac{hr}{tahun} \times 5 \text{ tahun}}{34,2 \text{ kg} \times 10950}$$

$$Ink = 0,0242 \mu g/kg/hari$$

Jumlah asupan (*Ink*) timbal (Pb) dalam udara pada responden 31 untuk perhitungan risiko penyakit karsinogen adalah  $\mu g/kg/hari$  dan untuk risiko penyakit non karsinogen adalah  $\mu g/kg/hari$ .

Langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat risiko (RQ) timbal (Pb) terhadap responden tersebut. Konsentrasi acuan (*RfC*) untuk timbal (Pb) menurut US-EPA tahun 2006 adalah 0,004 mg/kg/hari. Maka perhitungan RQ timbal (Pb) dalam udara untuk risiko penyakit karsinogen dan non karsinogen.

RQ timbal (Pb) dalam udara untuk risiko penyakit karsinogen :

$$RQ = \frac{Ink}{R_f D}$$

$$RQ = \frac{0,0103 \text{ mg/kg/hari}}{0,004 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 2,594$$

RQ timbal (Pb) dalam udara untuk risiko penyakit non karsinogen :

$$RQ = \frac{Ink}{R_f D}$$

$$RQ = \frac{0,0242 \text{ mg/kg/hari}}{0,004 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 6,054$$

Responden no. 31 memiliki nilai  $RQ > 1$ , yaitu RQ 2,594 untuk paparan risiko karsinogen dan RQ 6,054 untuk risiko non karsinogen maka dapat disimpulkan bahwa responden no. 31 termasuk dalam kelompok berisiko terhadap efek penyakit karsinogen dan non karsinogen.

Gambar 1 terlihat bahwa RQ karsinogen responden kelompok berisiko lebih tinggi yaitu 34 responden dibandingkan dengan kelompok tidak berisiko sebanyak 11 responden. Gambar 1, dengan gangguan kesehatan yang dialami tiga bulan terakhir diantaranya sakit kepala, batuk, dan gang-

**Tabel 4. Konsentrasi, Laju Asupan, dan Durasi Paparan Timbal (Pb) dalam Udara yang Aman di Inhalasi Responden Menurut Kelompok Berat Badan untuk Risiko Karsinogen dan Non Karsinogen di Lima Kecamatan Pesisir Kota Makassar**

Berat Badan (Kg)	Risiko Karsinogen			Risiko Non Karsinogen		
	Konsentrasi Timbal (Pb)	Laju Asupan Timbal (Pb)	Durasi Paparan Timbal (Pb)	Konsentrasi Timbal (Pb)	Laju Asupan Timbal (Pb)	Durasi Paparan Timbal (Pb)
20	0.1774	3.684	1.5	0.0760	1.579	0.658
25	0.2218	4.605	1.9	0.0951	1.973	0.822
30	0.2661	5.526	2.3	0.1141	2.368	0.987
35	0.3105	6.446	2.7	0.1331	2.763	1.151
40	0.3549	7.367	3.1	0.1521	3.157	1.316
45	0.3992	8.288	3.5	0.1711	3.552	1.480
50	0.4436	9.209	3.8	0.1901	3.947	1.644
55	0.4879	10.130	4.2	0.2091	4.341	1.809

Sumber : Data primer, 2013

guan system saraf. Kelompok dengan nilai  $RQ \leq 1$  dikategorikan sebagai kelompok aman, sedangkan kelompok dengan nilai  $RQ > 1$  disebut kelompok berisiko terhadap efek karsinogen.

Gambar 1 terlihat bahwa RQ non karsinogen responden kelompok berisiko lebih tinggi yaitu 36 responden di bandingkan dengan kelompok tidak berisiko sebanyak 9 responden. Gambar 1, dengan gangguan kesehatan yang dialami tiga bulan terakhir diantaranya sakit kepala, batuk, dan gangguan system saraf. Kelompok dengan nilai  $RQ \leq 1$  dikategorikan sebagai kelompok aman, sedangkan kelompok dengan nilai  $RQ > 1$  disebut kelompok berisiko terhadap efek non karsinogen.

Analisis univariat digunakan untuk mengetahui normal atau tidaknya distribusi data variabel penelitian. Uji yang digunakan dalam analisis ini adalah uji *Shapiro-Wilk* untuk variabel dengan jumlah sampel  $< 50$ , sedangkan untuk variabel dengan jumlah sampel  $\geq 50$ , digunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Tabel 3 menunjukkan bahwa semua data variabel yang ada terdistribusi tidak normal karena nilai  $p < 0,05$ . Perhitungan atau penggunaan selanjutnya pada data yang distribusinya tidak normal ( $p \leq 0,05$ ) digunakan nilai median, sedangkan pada data yang distribusinya normal ( $p > 0,05$ ) digunakan nilai rata-rata. Analisis univariat digunakan untuk melanjutkan perhitungan ke tahapan manajemen risiko dengan mengurangi konsentrasi, laju asupan serta durasi paparan yang didapatkan dari hasil perhitungan manajemen risiko dengan menggunakan nilai median dan

mean.

Penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada dasarnya berbeda-beda untuk setiap responden. Hal ini dipengaruhi oleh pola paparan dan karakteristik antropometri tiap responden berbeda. Berikut contoh perhitungan penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada udara untuk risiko karsinogen (paparan 70 tahun) yang diinhalasi oleh responden dengan berat badan 30 kg, durasi paparan 5 tahun, frekuensi paparan 240 hari/tahun, laju inhalasi 12 mg/hari, dan nilai  $Rfd = 0,004$  mg/kg/hari.  $Rfd = Ink$ , maka rumusnya menjadi :

$$C = 0,2661$$

Konsentrasi timbal (Pb) 0,2661  $\mu\text{g}/\text{kg}$  adalah konsentrasi yang aman terhadap risiko karsinogen bagi responden dengan berat badan 30 kg dan menginhalasi udara 12  $\mu\text{g}/\text{hari}$  untuk diinhalasi terus-menerus selama 5 tahun dengan frekuensi 240 hari/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai C timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi untuk risiko non karsinogen (durasi paparan 30 tahun) adalah 0,1141  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan konsentrasi timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi terhadap risiko karsinogen dan non karsinogen untuk frekuensi paparan 240 hari/tahun, durasi paparan 5 tahun, dan laju asupan 12  $\mu\text{g}/\text{M}^3\text{hari}$  berdasarkan kelompok berat badan. Tabel 4 terlihat bahwa semakin tinggi berat badan responden semakin tinggi pula konsentrasi timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi respon-



den terhadap risiko penyakit karsinogen dan non karsinogen. Selain itu, tabel 20 di atas juga memperlihatkan bahwa konsentrasi timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi responden lebih tinggi pada risiko karsinogen dibandingkan risiko non karsinogen.

Upaya lain yang dapat dilakukan untuk menurunkan atau memanipulasi nilai *intake* agar sama dengan *RfC* adalah mengurangi jumlah inhalasi. Dengan kata lain menurunkan laju asupan. Sebagai contoh, perhitungan penurunan laju asupan timbal (Pb) dalam udara untuk risiko karsinogen pada responden dengan berat badan 30 kg, frekuensi pajanan 240 hari/tahun, durasi paparan 5 tahun konsentrasi timbal (Pb) dalam udara 0,578 µg/kg, dan nilai *Rfd*=0,004 mg/kg/hari. *Rfd*=*Ink*, maka rumusnya menjadi :

$$R = 5,526 \mu\text{g}/\text{M}3\text{hari}$$

Laju asupan 5,526 µg/hari adalah jumlah yang aman untuk risiko karsinogen bagi responden dengan berat badan 30 kg, durasi pajanan 5 tahun, frekuensi 240 hari/tahun, dan konsentrasi timbal (Pb) 0,578 µg/kg. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapat nilai R (laju asupan) timbal (Pb) dalam udara untuk risiko non kanker (pajanan 30 tahun) adalah 2,368 µg/m<sup>3</sup>hari.

Tabel 4 memperlihatkan hasil perhitungan laju asupan timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi terhadap risiko karsinogen dan non karsinogen untuk frekuensi pajanan 240 hari/tahun, durasi pajanan 5 tahun, dan konsentrasi klorprifos 0,578 mg/kg berdasarkan kelompok berat badan. Tabel di atas terlihat bahwa semakin tinggi berat badan responden semakin tinggi pula laju asupan yang aman terhadap risiko penyakit karsinogen dan non karsinogen. Selain itu, Tabel 4 memperlihatkan bahwa laju asupan timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi responden lebih tinggi pada risiko karsinogen dibandingkan risiko non karsinogen.

Upaya ke-3 yang dapat dilakukan untuk menurunkan atau memanipulasi nilai *intake* agar sama dengan *Rfd* adalah mengurangi durasi paparan timbal (Pb). Sebagai contoh, perhitungan penurunan durasi paparan timbal (Pb) dalam udara untuk risiko karsinogen pada responden dengan berat badan 30 kg, frekuensi pajanan 240 hari/tahun, konsentrasi timbal (Pb) dalam udara 0,578

mg/kg, dan nilai *Rfd*=0,004 mg/kg/hari. *Rfd*=*Ink*, maka rumusnya menjadi :

$$Dt = 2,3 \text{ tahun}$$

Durasi pajanan 2,3 tahun adalah lama paparan yang aman untuk risiko karsinogen bagi responden dengan berat badan 30 kg, frekuensi paparan 240 hari/tahun, laju asupan 12 µg/hari dan konsentrasi timbal (Pb) 0,578 µg/kg. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapat nilai Dt (Durasi Pajanan) timbal (Pb) dalam udara untuk risiko non kanker (pajanan 30 tahun) adalah 0,987 tahun.

Tabel 4 memperlihatkan hasil perhitungan durasi paparan timbal (Pb) dalam udara yang aman diinhalasi terhadap risiko karsinogen dan non karsinogen untuk frekuensi paparan 240 hari/tahun, laju asupan 12 µg/hari, dan konsentrasi timbal (Pb) 0,578 µg/kg berdasarkan kelompok berat badan. Tabel ini menunjukkan bahwa semakin tinggi berat badan responden semakin lama pula durasi paparan yang aman terhadap risiko penyakit karsinogen dan non karsinogen. Selain itu, Tabel 4 juga memperlihatkan bahwa durasi paparan timbal (Pb) dalam udara yang aman bagi responden lebih lama pada risiko karsinogen dibandingkan risiko non karsinogen.

## PEMBAHASAN

Secara umum Kecamatan Tallo merupakan kecamatan yang paling tercemar oleh logam berat Pb, baik jalurnya melalui udara maupun makanan. Oleh karenanya, perhatian dalam kebijakan penanggulangan/penurunan Pb ini harus di prioritaskan daerah ini. Data hasil penelitian juga terlihat bahwa daerah yang masih aman dari paparan Pb secara spasial adalah wilayah pesisir kecamatan Biringkanaya. Oleh karena, letak yang jauh dari pemukiman padat membuat lingkungan di wilayah masih jauh dari hazard Pb, baik di udara, tanah, perairan, maupun manusia.

Hasil perhitungan RQ diketahui semakin tinggi berat badan responden semakin rendah nilai RQ yang didapatkan. Seseorang yang memiliki berat badan yang rendah akan mudah mengalami toksisitas daripada yang memiliki berat badan yang lebih tinggi. Dengan kata lain, semakin tinggi berat badan responden semakin kecil risiko menderita penyakit karsinogen dan penyakit non karsinogen. Dari hasil penelitian analisis risiko Pb

terhadap anak sekolah dasar di pesisir Makassar menunjukkan bahwa paparan timbal di udara telah meningkatkan risiko perilaku dan penurunan intelektual, tertunda pubertas, mengurangi pertumbuhan postnatal, dan bahkan menyebabkan nefropati pada anak-anak.<sup>11-16</sup>

Hasil penelitian menjelaskan bahwa semakin tinggi berat badan responden semakin besar laju asupan kerang yang mengandung timbal (Pb) yang aman terhadap risiko penyakit karsinogen dan non karsinogen. Selain itu, hasil penelitian juga memperlihatkan laju asupan yang mengandung Pb yang aman bagi responden lebih besar pada risiko karsinogen dibandingkan risiko non karsinogen.

Analisis risiko Pb udara melalui inhalasi mengungkapkan bahwa wilayah Kecamatan Tallo adalah wilayah berisiko, baik lingkungan, maupun individunya, sedangkan wilayah Biringkanaya adalah wilayah yang aman dari paparan timbal tersebut. Kekurangan metode dengan analisis risiko dalam penelitian ini, belum bisa menentukan suatu risiko dengan skala ordinal, yaitu tinggi, sedang, rendah, tetapi hanya menentukan suatu wilayah atau individu berisiko atau tidak berisiko terhadap pajanan/paparan timbal (Pb).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Anak sekolah dasar yang menghirup udara yang tercemar Pb, lebih banyak berisiko, yaitu  $RQ > 1$  daripada yang tidak berisiko  $RQ < 1$ , baik pada RQ karsinogen maupun non karsinogen. Berat badan berbanding lurus dengan manajemen risiko kesehatan lingkungan baik pada risiko Pb inhalasi. Melaksanakan upaya pencegahan dan pengobatan dengan penyuluhan kesehatan, agar masyarakat memeriksa kesehatan sendiri mungkin dan program pemeriksaan kesehatan siswa SD secara berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Widowati, dkk. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET; 2008.
2. WHO. Lead Environmental Health Criteria 3. Geneva; 1997.
3. Depkes. Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, 2005 (diakses tanggal 24 Januari 2012). Available at : <http://www.depkes.go.id/downloads>. udara PDF.
4. Santi, D.N. Pencemaran Timbal oleh Udara dan Pengaruhnya Terhadap Penanggulangannya. 2001 (diakses tanggal 24 September 2011). Available at : <http://www.library.usu.ac.id/download>.
5. Shiek, et.al. Measurement Of Blood Lead Levels Among Medical Students In Faculty Of Medicine Taibah University And Their Effects On Intelligent Quotients And Study Performance Rates. International Journal Of Academic Research. 2010 (diakses tanggal 10 Oktober 2011). Available at : [www.mdpi.com/journal/ijerph](http://www.mdpi.com/journal/ijerph).
6. Khidri. Kadar Timbal dalam darah Anak-anak di Kota Makassar. 2008 (diakses tanggal 10 Februari 2012). Available at : <http://www.pdpersi.co.id>.
7. Palar, H. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta : PT. Rineka Cipta; 2008.
8. KPPB. Dampak Pemakaian Bensin Bertimbal dan Kesehatan. 2005 (diakses tanggal 24 September 2011). Available at : <http://www.kppb.org/pdf>.
9. Rahman. Pelatihan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Bahan ajar. Jakarta : Universitas Indonesia; 2007.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Lead. US. Department of Health and Human Services; 2007.
11. Lanphear, B.P., Dietrich, K., Auinger, P., Cox, C. Cognitive deficits associated with blood lead concentrations  $\geq 10$  microg/dL in US children and adolescents. Public Health Rep. 2000;115, 521.
12. Canfield, R.L., Henderson Jr., C.R., Cory-Slechta, D.A., Cox, C., Jusko, T.A., Lanphear, B.P. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10  $\mu\text{g}$  per deciliter. N. Engl. J. Med. 2003; 348, 1517–1526.
13. Finster, M.E., Gray, K.A., Binns, H.J. Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: a field survey. Sci. Total Environ. 2004; 320, 245–257.
14. Wang, Q., Zhao, H., Chen, J., Gu, K., Zhang, Y., Zhu, Y., et al. Adverse health effects of lead



- exposure on children and exploration to internal lead indicator. *Sci. Total Environ.* 2009; 407, 5986–5992.
15. Abadin, H., Ashizawa, A., Stevens, Y.-W., Lladós, F., Diamond, G., Sage, G., et al., Toxicological Profile for Lead. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services; 2007.
16. Jusko, T.A., Henderson, C.R., Lanphear, B.P., Cory-Slechta, D.A., Parsons, P.J., Canfield, R.L. Blood lead concentrations  $\geq 10$  microg/dL and child intelligence at 6 years of age. *Environ. Health Perspect.* 2008; 116, 243–248.