

SKRIPSI

**FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PERBEDAAN KADAR
TIMBAL DALAM DARAH ANAK SEKOLAH DASAR NEGERI
BAWAKARAENG I KOTA MAKASSAR**

ADINDA RESKY RAMADHANI

K011181388



*Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat*

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PERBEDAAN KADAR
TIMBAL DALAM DARAH ANAK SEKOLAH DASAR NEGERI
BAWAKARAENG I KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

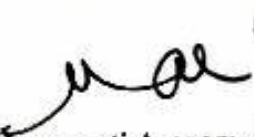
**ADINDA RESKY RAMADHANI
K011181388**

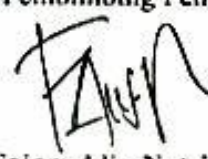
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
pada tanggal 03 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc
Nip. 19760418 200501 2 001


Muh. Fajaruddin Natsir, SKM, M.Kes
Nip. 19890211 201504 1 002

Ketua Program Studi,



Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc
Nip. 19760418 200501 2 001

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Jumat Tanggal 03 Maret 2023.

Ketua : **Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc**

(.....)

Sekretaris : **Muh. Fajaruddin Natsir, SKM, M.Kes**

(.....)

Anggota :

1. **Dr. Erniwati Ibrahim, S.KM., M.Kes**

(.....)

2. **Dr. Lalu Muhammad Saleh, S.KM., M.Kes**

(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adinda Resky Ramadhani
Nim : K011181388
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
No.Hp : 089674643661
E-mail : adindareskyramadhani@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi **“FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PERBEDAAN KADAR TIMBAL DALAM DARAH ANAK SEKOLAH DASAR NEGERI BAWAKARAENG I KOTA MAKASSAR”** benar bebas dari plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia disanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 10 Maret 2023



Adinda Resky Ramadhani

RINGKASAN

Universitas Hasanuddin
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Kesehatan Lingkungan
Makassar, Maret 2023

Adinda Resky Ramadhani

“FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PERBEDAAN KADAR TIMBAL DALAM DARAH ANAK SEKOLAH DASAR NEGERI BAWAKARAENG I KOTA MAKASSAR”

(xvii + 93 halaman + 6 tabel + 3 gambar + 14 lampiran)

Timbal merupakan zat berbahaya yang dapat memberi dampak buruk bagi kesehatan manusia melalui saluran pernapasan, pencernaan, penetrasi pada lapisan kulit dan sebanyak 50% timbal terserap dari total timbal yang masuk ke dalam tubuh anak. Faktor yang dapat mempengaruhi kadar timbal dalam darah yaitu jenis kelamin, jarak rumah dari jalan raya, paparan asap rokok keluarga, kebiasaan makan jajanan pinggir jalan, jenis transportasi yang digunakan dan kebiasaan mencuci tangan. Sekolah Dasar Negeri (SDN) Bawakaraeng I terletak pada jarak 11,2 meter dari jalan utama dan 240 meter dari jalan raya yang menyebabkan sekolah menjadi padat kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar timbal dan faktor-faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal dalam darah anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar.

Jenis penelitian ini adalah observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Sampel penelitian ini adalah anak kelas 5 SDN Bawakaraeng I Kota Makassar yang berjumlah 26 orang dengan pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Analisis data menggunakan uji *Mann Whitney* dan *Kruskal Wallis* untuk menguji perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan jenis kelamin, jarak rumah dari jalan raya, jenis transportasi yang digunakan, paparan asap rokok keluarga, kebiasaan makan jajanan pinggir jalan dan mencuci tangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar timbal dalam darah anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar berkisar antara 0,39-5,97 $\mu\text{g/dL}$ dengan rerata 1,28 $\mu\text{g/dL}$. Hasil penelitian juga menunjukkan terdapat perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan variabel jarak rumah dari jalan raya dengan *p-value* < 0,05 yaitu 0,038. Sedangkan variabel lain memiliki *p-value* > 0,05 yakni jenis kelamin (0,979), paparan asap rokok keluarga (0,221), kebiasaan makan jajanan pinggir jalan (0,22), jenis transportasi yang digunakan (0,295) dan kebiasaan mencuci tangan (sebelum makan 0,363 dan setelah beraktivitas di luar 0,069) sehingga tidak ada perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD antara kelompok tersebut. Kesimpulannya bahwa hanya variabel jarak rumah dari jalan raya yang memiliki perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD. Berdasarkan hasil penelitian diharapkan agar pihak sekolah melakukan pencegahan dan pengendalian terhadap kadar timbal dalam darah anak didiknya.

Kata Kunci: Timbal, Darah, Anak SD

Daftar Pustaka: 84 (2003-2022)

SUMMARY

Hasanuddin University
Faculty of Public Health
Environmental Health
Makassar, March 2023

Adinda Resky Ramadhani

“FACTORS RELATED TO DIFFERENCES OF BLOOD LEAD LEVELS IN CHILDREN OF BAWAKARAENG I STATE ELEMENTARY SCHOOL IN MAKASSAR CITY”

(xvii + 93 pages + 6 tables + 3 figures + 14 Attachments)

Lead is a harmful substance that can adversely affect human health through the respiratory tract, digestion, penetration in the skin layer and as much as 50% of lead is absorbed from the total lead that enters the child's body. Factors that can affect blood lead levels are gender, distance of the house from the highway, exposure to family cigarette smoke, the habit of eating street snacks, the type of transportation used and the habit of washing hands. Bawakaraeng I State Elementary School located in 11.2 meters from main road and 240 meters from the highway which causes the school to become congested with vehicles. This study aims to analyze lead levels and factors related to differences of blood lead levels in children at Bawakaraeng I Elementary School in Makassar City.

This type of research is analytical observational with a cross sectional approach. The sample of this study was the 5th grade students of Bawakaraeng I State Elementary School in Makassar City, totaling 26 people samples with *purposive sampling*. Data analysis using *Mann Whitney* test and *Kruskal Wallis* test to test the difference in the average blood lead level of elementary school children based on gender, distance of the house from the highway, type of transportation used, exposure to family cigarette smoke, the habit of eating street snacks and washing hands.

The results showed that blood lead levels of children at Bawakaraeng I State Elementary School in Makassar City ranged from 0.39-5.97 µg/dL with an average of 1.28 µg/dL. The results also showed that there was a difference in the average level of lead in the blood of elementary school children based on the variable distance of the house from the highway with *p-value* < 0,05 that is 0,038. Whereas other variables have *p-value* > 0,05 which are gender (0.979), exposure to family cigarette smoke (0.221), the habit of eating street snacks (0.22), the type of transportation used (0.295) and hand washing habits (before eating 0.363 and after outside activities 0.069) so that there is no difference in the average blood lead level of elementary school children between these groups. The conclusion was that only the variable distance of the house from the highway had a difference in the average blood lead level of elementary school children. Based on the results of the study, it is hoped that the school will prevent and control the blood lead level of its students.

Keyword: Lead, Blood, Elementary School Children

Bibliography: 84 (2003-2022)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, karena berkat rahmat dan ridha-Nya sehingga tugas akhir (skripsi) penulis dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tidak lupa dihaturkan kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* yang merupakan sebaik-baiknya suri tauladan bagi umat manusia.

Alhamdulillah dengan segala usaha dan kerja keras serta dukungan dan doa dari keluarga, kerabat dan seluruh pihak yang telah berpartisipasi sehingga skripsi yang berjudul **“Faktor yang Berhubungan dengan Perbedaan Kadar Timbal dalam Darah Anak Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng I Kota Makassar”** dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat. Penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada kedua orang tua saya, Ayahanda **Anto** dan Ibunda **Hasnawati** atas segala do'a yang tak pernah terputus serta jasanya yang tidak akan pernah bisa terbalaskan dengan apapun. Penulis juga persembahkan skripsi ini kepada Saudara Kandung penulis (**Muhammad Zhafran, Muhammad Fauzan, Maghfira Zalzabila dan Nurul Azkyah**) yang telah memberikan semangat selama pengerjaan skripsi.

Pengerjaan skripsi ini tentunya penulis mendapat bantuan, semangat, doa serta motivasi, sehingga penulis dapat melewati hambatan dan tantangan tersebut dengan mudah. Dengan rahmat dan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Sukri Palutturi, SKM, M.Kes, M.Sc, Ph.D selaku dekan, Bapak Dr. Wahiduddin, SKM, M. Kes selaku wakil dekan I, Bapak Prof Dr. Atjo Wahyu, SKM., M.Kes selaku wakil dekan II dan Bapak Prof. Anwar Mallongi, SKM, M.SC, Ph.D selaku wakil dekan III beserta seluruh tata usaha, kemahasiswaan, atas segala bantuannya selama penulis mengikuti pendidikan di FKM UNHAS.
3. Ibu Dr. Ernawati Ibrahim, S.KM., M.Kes selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin dan selaku penguji dari Departemen Kesehatan Lingkungan.
4. Ibu Dr. Hasnawati Amqam, S.KM., M.Sc selaku dosen pembimbing I dan Bapak Muh. Fajaruddin Natsir, S.KM., M.Kes selaku pembimbing II yang telah membimbing dan meluangkan waktu ditengah kesibukannya demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Dr. Lalu Muhammad Saleh, S.KM., M.Kes selaku penguji dari Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang telah memberikan saran dan kritik serta arahan perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Sudirman Nasir, S.Ked., MWH., Ph.D selaku pembimbing akademik yang telah memberikan nasehat, motivasi, serta dukungan selama mengenyam pendidikan dunia perkuliahan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah mengajarkan berbagai hal dan pengalaman berharga yang berhubungan dengan ilmu kesehatan masyarakat selama mengikuti perkuliahan.
8. Seluruh staf dan pegawai di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam pengurusan dalam pelaksanaan perkuliahan baik secara langsung maupun tidak langsung. Ibu Tika selaku Staf Departemen Kesehatan Lingkungan banyak membantu dan memfasilitasi untuk kelancaran perkuliahan dan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Terkhusus kepada keluarga besar Dg. Mangung dan Patta Wakka yang telah memberikan saya begitu banyak cinta, kasih sayang dan pelajaran hidup hingga dapat berhasil menjadi lebih baik sampai ke tahap ini.
10. Kepada sepupu-sepupu tercinta (Kak Nur, Kak Nisa, Wahyu, Fitri, Muflih, Nunung, Fitrah, Dipa, Nabila, Indah, Asyraf, Hilya dan Harun) yang selalu kebersamai menjadi *support system* dan pengisi hari-hari serta selalu menghibur sejak saya kecil hingga sampai ke tahap ini.
11. Sobat Bestie07 (Vika, Uci, Sri, Sukma, Dani dan Alm. Lulu) yang sudah kebersamai dalam menjalani hidup sejak 2004 sampai berkumpul kembali di Surga-Nya kelak.
12. Sobat BFF (Nining dan Ica) serta teman-teman angkatan 2012 SDN Baraya I Kota Makassar (Dilla, Ima, Nurul, Jihan dan Maul) yang selalu menjadi pendengar yang baik dalam segala keadaan sejak SD tahun 2006.

13. Sobat Squad86 (Ihsan, Afdal, Wulan, Aziizah, Elvira, Shely, Andhyka, Dhilo, Dela, Jimson, Alim, Alfin, Eko) serta teman-teman C Unggulan angkatan 2015 SMPN 05 Makassar yang telah kebersamai dalam suka dan duka serta memberikan motivasi dan juga semangat dalam menjalani hidup sejak SMP tahun 2012.
14. Sobat Psychedelic IPA 10 SMAN 17 Makassar, terkhusus Ana, Nurba dan Tipo serta Keluarga Besar PMR-PMI Unit 215 SMAN 17 Makassar yang telah memberi banyak semangat dan dukungan dalam segala hal sejak SMA tahun 2015.
15. Teman-teman BST (Musda, Kania, Cici, Kiyu, Uppi, Ika, Ana, Liyah, Desi, Ulfa, Nufit, Hikma, Pitti, Rifdah, Ani, Inces, Astisa, Uppy, Nadiya) yang telah memberikan semangat, dukungan, dan kerja sama selama menempuh pendidikan S1 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
16. Teman-teman BELAJAR YUK (Cici, Kiyu, Musda, Astisa, Rani, Jihan, Intan, Yuan, Ulfa, Fia, Hezty, Nadiya, Miftah dan Ken) yang telah membantu dan bisa diajak kerjasama dalam proses perkuliahan di Departemen Kesehatan Lingkungan FKM Unhas.
17. Teman-teman Kesmas C (Mimin, Mahirah, Nabila, Aqiella, Felicia, Julia, Monci, Wide) yang banyak membantu selama saya berproses di FKM UNHAS.
18. Teman-teman mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin angkatan 2018, terkhusus Departemen Kesehatan Lingkungan

angkatan 2018 yang telah kebersamai serta membantu dalam proses perkuliahan.

19. Teman-teman Posko 20 PBL di Kelurahan Lae-Lae Kecamatan Ujung Pandang Kota Makassar (Musda, Siska, Fani, Army, Intan, Srimul dan Rizki) yang memberikan pengalaman sangat berharga dan sulit untuk dilupakan terutama momen menyebrangi pulau untuk mengabdikan kepada masyarakat di tengah-tengah pandemi Covid-19.
20. Teman-teman KKN Profesi Kesehatan Angkatan 60 di Desa Tanammawang, Kecamatan Bontoramba, Kabupaten Jeneponto yang telah memberikan pengalaman yang tidak terlupakan dalam pengabdian masyarakat.
21. Kepada seluruh teman-teman dan adik-adik dalam kepengurusan LD Al-‘Aafiyah FKM Unhas pada periode 2021-2022 yang telah memberikan banyak pengalaman dalam berorganisasi.
22. Kepada seluruh guru, orang tua dan adik-adik kelas 5 SDN Bawakaraeng I Kota Makassar tahun 2022 yang telah memberi banyak bantuan dan dapat bekerja sama selama proses penelitian.
23. Kepada petugas Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Makassar yang telah membantu dalam pengambilan dan pemeriksaan sampel penelitian serta telah memberikan izin untuk ikut belajar dalam pemeriksaan sampel.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	9
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
A. Tinjauan Umum tentang Timbal.....	13
B. Tinjauan Umum tentang Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Timbal dalam Darah.....	29
C. Tabel Sintesa.....	34
D. Kerangka Teori	39
BAB III KERANGKA KONSEP	44
A. Dasar Pemikiran Variabel yang Diteliti.....	44
B. Kerangka Konsep.....	45
C. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	47
D. Hipotesis Penelitian	49
BAB IV METODE PENELITIAN	50

A. Jenis Penelitian	50
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	50
C. Populasi dan Sampel.....	51
D. Alat, Bahan dan Cara Kerja	54
E. Pengumpulan Data	60
F. Pengolahan dan Analisis Data	61
G. Penyajian Data	63
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
A. Hasil	64
B. Pembahasan	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	87
A. Kesimpulan	87
B. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Sintesa Faktor yang Berhubungan dengan Perbedaan Kadar Timbal dalam Darah Anak Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng I Kota Makassar	34
Tabel 3.1	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	47
Tabel 4.1	Standar Larutan Timbal.....	60
Tabel 5.1	Distribusi Frekuensi Faktor Risiko Paparan Timbal pada Anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar.....	64
Tabel 5.2	Kadar Timbal dalam Darah Anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar	67
Tabel 5.3	Hubungan Faktor Risiko Paparan Timbal dengan Kadar Timbal dalam Darah Anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kerangka Teori Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Timbal dalam Darah Anak.....	43
Gambar 3.1	Kerangka Konsep Penelitian	45
Gambar 4.1	Peta Lokasi Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng I Kota Makassar	51

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *Informed Consent*
- Lampiran 2 Kuesioner Penelitian
- Lampiran 3 Hasil Pengukuran dan Uji Laboratorium
- Lampiran 4 Lembar Perbaikan Proposal dan Skripsi
- Lampiran 5 Surat Izin Penelitian dari Kampus
- Lampiran 6 Surat Izin Penelitian dari PTSP
- Lampiran 7 Surat Izin Penelitian dari Walikota
- Lampiran 8 Surat Izin Penelitian dari Dinas Pendidikan Kota Makassar
- Lampiran 9 Surat Permohonan Pengambilan dan Pemeriksaan Sampel ke
BBLK
- Lampiran 10 Rekomendasi Persetujuan Etik
- Lampiran 11 Output Data Analisis SPSS
- Lampiran 12 Hasil Pemetaan dengan GPS Essential
- Lampiran 13 Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 14 Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR SINGKATAN

APDC	: <i>Ammonium Pirolidin Diviacarbonat</i>
BA	: Berat Atom
BB	: Berat Badan
BBM	: Bahan Bakar Minyak
BBLK	: Balai Besar Laboratorium Kesehatan
CDC	: <i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CO	: Karbon Monoksida
EDTA	: <i>Ethylene Diamine Tetra Acetate</i>
EPA	: <i>Environment Protection Agency</i>
IAKMI	: Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia
ICP	: <i>Inductively Coupled Plasma</i>
IHME	: <i>Institute for Health Metrics and Evaluation</i>
IQ	: <i>Intelegensia Quotient</i>
KLH	: Kementerian Lingkungan Hidup
Km	: Kilometer
m	: Meter
NA	: Nomor Atom
Pb	: <i>Plumbum</i>
SD	: Sekolah Dasar
SDN	: Sekolah Dasar Negeri
TEL	: <i>TetraEthyl Lead</i>
UNICEF	: <i>United Nations International Children's Emergency Fund</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>
WUS	: Wanita Usia Subur

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Timbal dalam bahasa ilmiah disebut *Plumbum* dan disimbolkan sebagai Pb. Timbal termasuk dalam golongan logam berat karena memiliki massa jenis lebih dari 5 g/cm³. Selain merupakan logam berat alami, timbal juga berasal dari aktivitas manusia yang dapat mencapai lebih dari 300 kali lipat dari timah alami (Alwi, Yasnani and Ainurafiq, 2016). Timbal merupakan zat berbahaya yang dapat meracuni dan merusak lingkungan serta memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia. Hal ini karena timbal termasuk logam berat yang tidak dapat terurai dan mudah diserap, sehingga dianggap sebagai sumber pencemar global (Birawida, 2016; Mallongi, 2019; Testi, Soenardjo and Pramesti, 2019).

Timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara (saluran pernapasan), makanan dan minuman (saluran pencernaan), serta penetrasi pada lapisan kulit. Timbal kemudian diabsorpsi dalam darah yang selanjutnya didistribusikan ke organ otak, hati, ginjal, dan muskuloskeletal (otot dan tulang). Selain itu, timbal juga tersimpan dalam rambut dan kuku (Kustiningsih, Thomas and Nurlailah, 2017; Prilly, Akili and Maddusa, 2018).

Tingkat penyerapan zat timbal secara fisiologis pada anak-anak lebih besar daripada orang dewasa. Sebanyak 50% timbal terserap dari total timbal yang masuk ke dalam tubuh anak, dibandingkan orang dewasa yang hanya menyerap sebanyak 10-15%. Hal ini terjadi karena anak-anak mengalami

proses perkembangan yang pesat, sehingga sistem mereka tidak sepenuhnya berkembang dan mengakibatkan anak menjadi lebih rentan (Birawida, 2016; Salsabila, Pratam and Angraini, 2020).

Potensi dampak buruk paparan timbal pada anak dapat meningkat karena beberapa hal. Selain timbal di udara dan debu yang terhirup melalui saluran pernapasan, perilaku anak sehari-hari (misalnya mengunyah atau memakan mainan, mengisap jari, bermain di lantai dan tidak mencuci tangan dengan baik) juga memberi dampak buruk. Selain itu, kebiasaan makan (misalnya makan makanan dan minuman kaleng) juga dapat menyebabkan keracunan timbal. Perilaku-perilaku tersebut dapat menyebabkan timbal masuk ke tubuh melalui saluran pencernaan (Li *et al.*, 2014).

Anak-anak memiliki risiko sebanyak 99% terhadap paparan timbal secara internasional baik yang berada di negara berpenghasilan tinggi ataupun rendah. Terjadi peningkatan kasus keracunan timbal pada anak-anak di Amerika yaitu sebesar 7% dari tahun 2007 sampai 2011. Hal ini disebabkan oleh peningkatan identifikasi kasus daerah yang berisiko diantara populasi yang berisiko tinggi (*Florida Department of Health Healthy Homes and Lead Poisoning Prevention Program*, 2012).

Paparan tinggi timbal dapat menyerang otak dan sistem saraf pusat, menyebabkan koma, kejang dan kematian. Pada anak-anak dapat menyebabkan kecacatan intelektual dan gangguan perilaku (berkurangnya perhatian dan peningkatan perilaku antisosial). Paparan timbal juga menyebabkan anemia, hipertensi, gangguan ginjal, imunotoksisitas dan toksisitas pada organ

reproduksi. *Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME) menyatakan bahwa pada tahun 2019, paparan timbal menyebabkan 900.000 kematian di seluruh dunia. IHME juga menyatakan paparan timbal menyumbang 62,5% dari beban global terhadap kecacatan perkembangan intelektual, 8,2% penyakit jantung hipertensi, 7,2% penyakit jantung iskemik dan 5,65% stroke (*World Health Organization*, 2021).

Laporan pada tahun 2021 juga diluncurkan oleh *United Nations International Children's Emergency Fund* (UNICEF) dan *Pure Earth* yang melakukan penelitian terkait keracunan timbal pada anak. Diketahui bahwa terdapat 1 dari 3 anak atau bahkan 800 juta anak yang ada di dunia memiliki kadar timbal dalam darah lebih dari 5 $\mu\text{g/dL}$. Kadar ini mengakibatkan seseorang membutuhkan perawatan, berdasarkan standar dari *World Health Organization* (WHO) dan *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) (UNICEF, 2020). Tahun 2021, CDC menggunakan nilai acuan terhadap timbal dalam darah sebesar 3,5 $\mu\text{g/dL}$. Kadar ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi anak-anak dengan kadar timbal dalam darah yang lebih tinggi daripada kadar anak-anak pada umumnya (CDC, 2021).

Hasil identifikasi telah menyatakan bahwa tidak terdapat kadar timbal darah yang aman pada anak-anak. Bahkan pada kadar timbal dalam darah yang rendah dapat berdampak negatif pada anak seperti tingkat kecerdasan rendah, penurunan kemampuan untuk memperhatikan, dan kurang berprestasi di sekolah. Paparan timbal yang tinggi dapat menyebabkan efek samping seperti

kerusakan pada otak dan sistem saraf, masalah pendengaran dan bicara, serta pertumbuhan dan perkembangan belajar yang lambat (CDC, 2022).

Rata-rata kadar timbal yang ada dalam darah anak-anak di Cina yaitu sebanyak 92,9 $\mu\text{g/L}$ dan terdapat 30% dari sampel memiliki lebih dari 100 $\mu\text{g/L}$. Hal ini terjadi karena di negara berkembang, langkah-langkah seperti: pengendalian penggunaan bensin bertimbal tidak dilaksanakan sampai akhir 1990-an. Akibatnya, kadar timbal dalam darah anak-anak di negara berkembang, termasuk Cina, lebih tinggi daripada di negara maju (Wang and Zhang, 2006).

Penelitian menunjukkan bahwa Indonesia khususnya kota Makassar tidak aman dari bahaya timbal. Negara Indonesia sendiri, persentase kadar timbal yang ada dalam darah yaitu 5-10 $\mu\text{g/dL}$ sebesar 21,8%; 10-20 $\mu\text{g/dL}$ sebesar 11,2%; dan kadar timbal yang lebih dari 20 $\mu\text{g/dL}$ sebesar 6,5% (Arianty, Beatrice and Wulandari, 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Khidri, dkk mengungkapkan bahwa sebanyak 90% anak jalanan dan anak TK di Makassar mengandung konsentrasi timbal di atas ambang batas dalam darah mereka. Sedangkan 10% dari mereka memiliki konsentrasi timbal 10 mg/dl dalam darah. Hal ini dipengaruhi oleh faktor demografi seperti lokasi perumahan, fisik perumahan, perjalanan ke sekolah dan jenis kendaraan ke sekolah memiliki pengaruh penting terhadap kadar timbal dalam darah (Khidri, Sakkir and Sjafruddin, 2008).

Paparan timbal dan peningkatan kadar timbal dalam darah anak terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor dari karakteristik individu

yaitu jenis kelamin (Li *et al.*, 2014). Faktor lingkungan juga dapat berpengaruh yaitu tinggal bersama dengan anggota keluarga yang merupakan perokok dan lokasi rumah dekat jalan raya (Prilly, Akili and Maddusa, 2018). Jalan raya adalah jalanan yang besar dan lebar, juga beraspal, bisa dilalui kendaraan yang besar seperti truk dan bus dari dua arah berlawanan (KBBI, 2016). Menurut Sandie Ha, profesor dari Departemen Kesehatan Masyarakat di Universitas California, Mercedes, bahwa rumah dikategorikan dekat dengan jalan raya apabila berjarak kurang dari 500 meter dari jalan raya (Scutti, 2019). Selain itu, terdapat juga faktor perilaku seperti sering mengonsumsi makanan atau jajanan yang telah terkontaminasi timbal, jenis kendaraan ke sekolah, dan tidak membiasakan diri untuk mencuci tangan (Prilly, Akili and Maddusa, 2018).

Jenis makanan yang dikonsumsi juga sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Lingkungan yang telah tercemar oleh zat timbal berpotensi besar mencemari makanan yang ada di sekitar daerah tersebut. Begitupun dengan makanan yang berasal dari laut (*seafood*) yang telah tercemar, maka akan mengandung zat polutan yang sangat tinggi (Kusumastuti, Setiaini and Joko, 2020). Selain itu, penggunaan cat dinding rumah juga berpengaruh terhadap kandungan timbal dalam darah anak. Hasil penelitian dari *International Organization Promoting Safe Chemical Policies and Practices that Protect Human Health and the Environment*, menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 77% sampel cat di Indonesia mengandung zat timbal. Kadar reratanya yaitu sebanyak 17.300 bpj atau 200 kali lipat dari kadar yang telah disarankan yaitu hanya 90 bpj. Tingginya angka kandungan timbal dalam cat

memungkinkan anak-anak terpajan oleh zat timbal bahkan ketika berada di dalam rumah (Lestari and Djajaningrat, 2021).

Penelitian telah dilakukan oleh Li Ying, dkk tahun 2014 terkait hubungan antar jenis kelamin dengan konsentrasi timbal dalam darah anak di Wuhan China. Diperoleh hasil bahwa terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan konsentrasi timbal dalam darah anak dimana nilai $p < 0,001$. Ditemukan bahwa laki-laki memiliki kadar timbal dalam darah lebih tinggi daripada perempuan. Hal ini dikarenakan laki-laki lebih aktif dibanding perempuan (Li *et al.*, 2014).

Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Li You, dkk tahun 2016 terkait faktor risiko terhadap keracunan timbal pada anak-anak di China. Berdasarkan penelitian tersebut, diketahui bahwa lokasi tempat tinggal dekat jalan raya, perokok pasif dan sering mengonsumsi makanan yang tercemar timbal merupakan faktor yang berhubungan dengan keracunan timbal pada anak dengan $p < 0,00001$. Tinggal di dekat jalan raya adalah faktor risiko terjadinya keracunan timbal pada anak, karena anak-anak lebih banyak kontak dengan timbal, di udara yang mereka hirup dan pada makanan yang tercemar oleh asap kendaraan yang mereka makan. Sementara rokok mengandung logam berat seperti kadmium dan timbal, paparan perokok pasif dapat meningkatkan kadar timbal dalam darah anak. Sebuah studi menemukan bahwa orang tua yang merokok di rumah berhubungan dengan peningkatan kadar timbal dalam darah (Li *et al.*, 2016).

Penelitian terkait faktor yang berhubungan dengan kadar timbal dalam darah anak SD juga telah dilakukan oleh Prilly, dkk tahun 2018. Berdasarkan penggolongan jenis transportasi yang digunakan anak untuk ke sekolah, diperoleh hasil bahwa rerata kadar timbal dalam darah tertinggi adalah penumpang sepeda motor sebesar $1,72 \mu\text{g/dL}$. Hal ini menyebabkan anak-anak lebih mudah terpapar timbal saat berangkat dan pulang sekolah. Sedangkan, faktor kebiasaan mencuci tangan diperoleh hasil rerata kadar timbal dalam darah tertinggi adalah kelompok yang tidak membiasakan mencuci tangan yaitu sebesar $1,58 \mu\text{g/dL}$. Hal ini karena tangan anak-anak yang tidak dicuci menyebabkan timbal dapat terhirup dan dicerna oleh tubuh (Prilly, Akili and Maddusa, 2018).

Penelitian dilakukan pada anak SD karena anak SD berada pada rentang usia 6-12 tahun yang rentan terpapar oleh timbal. Berdasarkan studi kementerian kesehatan, menyatakan bahwa penelitian pada 400 siswa SD di Bandung ditemukan sebanyak 65,5% siswa memiliki kadar timbal dalam darah $14,13 \mu\text{g/dL}$. Didapatkan juga hasil penelitian pada anak-anak usia 6-12 tahun di Jakarta yang memiliki rata-rata kadar timbal dalam darah $8 \mu\text{g/dL}$ dan sebanyak 25% dari sampel yang memiliki kadar timbal $10-14 \mu\text{g/dL}$. Sedangkan di Makassar, didapatkan hasil pengujian kadar timbal pada 200 anak yang sangat tinggi yakni $23,96 \mu\text{g/dL}$ dan memapar sebanyak 90% lebih responden (Asnawi and Hariandja, 2022).

Cara yang efektif untuk mengetahui dampak biologis dari paparan timbal adalah melalui metabolisme. Mengukur metabolit yang ada dalam

sampel biologis, seperti plasma atau serum, dapat memberikan gambaran tentang fungsi metabolisme. Hal ini memungkinkan untuk dilakukan penyelidikan terkait aktivitas biologis terhadap suatu pajanan, termasuk timbal (Niedzwiecki *et al.*, 2021).

Timbal yang terdapat dalam debu masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi sebanyak 35-40%. Kemudian timbal akan tersimpan pada organ paru-paru lalu masuk ke dalam aliran darah. Timbal yang tersimpan di dalam tubuh, baik yang berasal dari udara ataupun masuk melalui makanan dan minuman akan terkumpul di dalam skeleton sebanyak 90-95% (Ardillah, 2016; Annashr, Djaja and Kusharisupeni, 2020).

Sulitnya menganalisis timbal dalam tulang, maka kadar timbal yang ada dalam tubuh dapat ditetapkan dengan melakukan analisis konsentrasi timbal dalam darah maupun urin. Pemeriksaan timbal dalam darah baik terhadap plasma ataupun serum dilakukan karena konsentrasi timbal yang terdapat di dalam darah merupakan indikator yang baik dibandingkan dengan konsentrasi timbal yang ada di dalam urin. Hal ini karena 95% timbal dalam darah terikat pada eritrosit sehingga dianggap sebagai indikator terbaik terhadap paparan individu (Cañas *et al.*, 2014; Ardillah, 2016).

Sekolah Dasar Negeri (SDN) Bawakaraeng I terletak di Jalan Gunung Bawakaraeng yang merupakan salah satu jalan di Kota Makassar dengan jumlah kendaraan yang tinggi. Jarak SD Bawakaraeng dengan jalan utama sangat dekat yaitu 11,2 meter dan 240 meter dari jalan raya Veteran Utara, yang menyebabkan sekolah menjadi padat kendaraan. Hal tersebut

mengakibatkan kemacetan yang berdampak pada penurunan kualitas udara karena terjadinya pembakaran yang tidak sempurna dari kendaraan bermotor, sehingga terbentuknya senyawa timbal pada udara sekitar. Selain itu, sepanjang Jalan Gunung Bawakaraeng terdapat banyak aktivitas manusia yang juga sangat tinggi. Hal ini diketahui karena banyaknya pedagang kaki lima, pertokoan, perkantoran, tempat ibadah, pusat-pusat pendidikan bahkan pasar yang letaknya berhadapan dengan SDN Bawakaraeng I (Nurasrin, Hustim and Irmawati, 2017; Sosiawan, Soelomo and Birawida, 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penting untuk dilakukan analisis terhadap kadar timbal dalam darah anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar. Selain itu, faktor-faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal dalam darah anak juga penting untuk dianalisis. Sehingga dapat diketahui faktor apa saja yang mempengaruhi adanya kandungan timbal dalam darah anak SDN Bawakaraeng I Kota Makassar.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah terdapat perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan jenis kelamin, jarak rumah dari jalan raya, paparan asap rokok keluarga, kebiasaan makan jajanan pinggir jalan, jenis transportasi yang digunakan, dan kebiasaan mencuci tangan?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan kandungan timbal dalam darah anak SD.

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisis kadar timbal dalam darah anak SD.
- b. Untuk menganalisis perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan jenis kelamin.
- c. Untuk menganalisis perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan jarak rumah dari jalan raya.
- d. Untuk menganalisis perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan paparan asap rokok keluarga.
- e. Untuk menganalisis perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan kebiasaan makan jajanan pinggir jalan.
- f. Untuk menganalisis perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan jenis transportasi yang digunakan.
- g. Untuk menganalisis perbedaan rerata kadar timbal dalam darah anak SD berdasarkan kebiasaan mencuci tangan.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah pengetahuan dan wawasan serta dapat digunakan sebagai media pengembangan ilmu

pengetahuan terkait faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal dalam darah anak SD.

2. Manfaat Institusi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menginformasikan kepada pihak SDN Bawakaraeng I terkait faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal yang terdapat dalam darah anak didiknya. Diharapkan juga dapat menjadi sumber informasi bagi pihak SD lainnya dan para pembuat kebijakan. Sehingga dapat dilakukan pengendalian serta pencegahan.

3. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Bagi Penulis

Penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan penulis tentang faktor-faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal pada anak serta dampak yang ditimbulkan. Penelitian ini juga menjadi wadah pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh selama meneliti di jenjang pendidikan strata satu, disamping syarat untuk memperoleh gelar sarjana kesehatan masyarakat.

b. Bagi Akademik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah sumber bacaan dan perbendaharaan Skripsi penelitian terkait faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal pada anak sekolah dasar.

c. Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi dan menambah wawasan masyarakat tentang faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal dalam darah anak sekolah dasar, sehingga dapat dilakukan pencegahan dan pengendalian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Timbal

1. Pengertian Timbal

Timbal adalah salah satu jenis logam yang aplikatif serta mempunyai banyak kegunaan dan manfaat, disamping itu timbal juga dapat sangat berbahaya. Timbal merupakan kontaminan bagi lingkungan yang memiliki sifat toksisitas yang sangat tinggi bagi manusia dan makhluk hidup yang lain. Timbal merupakan logam yang dapat ditemukan secara alami di lingkungan dan pada produk manufaktur (Mallongi, 2019).

Timbal atau yang lebih dikenal dengan sebutan timah hitam. Secara ilmiah, timbal juga disebut *Plumbum* dan disimbolkan dengan Pb. Pada susunan berkala, timbal memiliki berat atom sebesar 207,2 gr/mol. Timbal merupakan logam berat yang berwarna kelabu kebiruan, timbal juga mudah menguap yang titik leburnya berada pada 327,5°C, untuk titik didihnya yaitu pada 1620°C. Pada suhu sekitar 550°C hingga 600°C, timbal akan menguap dan bereaksi bersama dengan oksigen yang terdapat dalam udara kemudian membentuk timbal oksida (Aruan and Manurung, 2021).

2. Karakteristik Timbal

Beberapa karakteristik yang dimiliki oleh timbal, antara lain (Mallongi, 2019):

- a. Logam lunak berwarna abu-abu kebiruan dan mengkilat
- b. Memiliki titik lebur yang rendah

- c. Mudah dibentuk
- d. Mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat dimanfaatkan untuk melapisi logam agar tidak berkarat.
- e. Merupakan unsur logam yang terdapat secara alami di kerak bumi.
- f. Timbal meleleh pada suhu 328°C (662°F).
- g. Titik didih timbal yaitu pada 1.740°C (3.164°F).
- h. Berbentuk sulfid
- i. Memiliki gravitasi 11,34
- j. Termasuk ke dalam logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia.
- k. Memiliki nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2.
- l. Termasuk ke dalam logam berat atau "*Trace Metals*" karena mempunyai berat jenis lebih dari lima kali berat jenis air.

3. Sifat-Sifat Timbal

Beberapa sifat khusus yang dimiliki oleh timbal, diantaranya (Mallongi, 2019):

- a. Timbal merupakan logam yang lunak sehingga sangat mudah untuk dipotong dengan pisau atau bahkan dengan tangan serta mudah dibentuk.
- b. Timbal merupakan logam yang sangat tahan terhadap kejadian korosi atau proses terjadinya pengkaratan, sehingga sering dimanfaatkan sebagai bahan pelapis.

- c. Memiliki tingkat kerapatan yang besar dibandingkan dengan logam lainnya seperti emas dan juga merkuri.
- d. Dapat dimanfaatkan sebagai penghantar listrik yang sangat baik.

4. Sumber Timbal

Berdasarkan pernyataan WHO bahwa timbal dapat berada di lingkungan dan bahkan dalam tubuh manusia melalui berbagai sumber. Beberapa sumbernya yaitu mainan anak-anak, udara, air minum yang mengalir pada pipa yang mengandung timbal, baterai, kosmetik, cat, krayon, tanah dan lain sebagainya. Masuknya timbal ke dalam tubuh manusia melalui beberapa saluran, seperti saluran pernapasan (inhalasi), saluran pencernaan (oral) serta pada kulit (termal). Hal tersebut dapat terjadi pada saat manusia melakukan aktivitas. Aktivitas tersebut seperti, bernapas (menghirup udara), makan dan minum, menelan, terserap oleh kulit, dan melalui plasenta ibu hamil yang keracunan timbal, serta meminum zat yang mengandung timbal (Romli, Suhartono and Setiani, 2016).

Berdasarkan sumbernya, timbal dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, yaitu (Mallongi, 2019):

a. Sumber Alami

Sumber alami timbal dapat ditemukan secara alami di lingkungan seperti pada udara, bebatuan, tanah, dan pada air baik air tanah maupun air permukaan. Timbal juga dapat ditemukan secara alami pada tumbuhan dan padi-padian. Keberadaan timbal bisa kita temukan secara

alami di lingkungan, beberapa sumber timbal dari lingkungan adalah sebagai berikut (Mallongi, 2019):

1) Udara

Timbal di udara berbentuk gas dan partikel. Kadar timbal di udara sebanyak 0,0006 mikrogram/m³, sedangkan kadar timbal pada daerah yang tidak berpenghuni seperti pegunungan California, Amerika Serikat sebanyak 0,0008 mikrogram/m³. Batas baku mutu timbal di udara sebesar 0,025-0,04 gr/Nm³.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang standar baku mutu udara ambien Nasional, standar baku mutu untuk parameter timbal adalah 2 µg/Nm³ dalam pengukuran 24 jam (Peraturan Pemerintah RI, 1999). Sedangkan standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh WHO terhadap parameter timbal di udara adalah 0,5 µg/Nm³ (Indriani, Polii and Ogie, 2021).

2) Air

Hasil analisis air tanah menunjukkan bahwa terdapat kadar timbal sekitar 1-60 mikrogram/liter. Hasil analisis air permukaan khususnya pada air sungai dan danau, ditemukan bahwa terdapat kadar timbal sekitar 1-10 mikrogram/liter. Baku mutu timbal dalam air yang telah ditetapkan oleh WHO sebesar 0,1 mg/liter (Putra, Setiani and Nurjazuli, 2020). Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup

(KLH) No.02 tahun 1988 yaitu sebesar 0,05-1 mg/liter (Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, 1988). Sedangkan, baku mutu timbal dalam air berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 yaitu 0,05 mg/l untuk wisata bahari dan 0,008 mg/l untuk biota laut (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004).

3) Tanah

Kadar timbal pada permukaan tanah rata-rata sebesar 5-25 mg/kg.

4) Batuan

Diketahui bahwa bumi kita mengandung timbal sekitar 13 mg/kg. Kadar timbal yang terdapat pada bebatuan yakni sebesar 10-20 mg/kg. Khusus timbal yang telah bercampur dengan batu fosfat atau dalam batu pasir, kadarnya lebih besar yakni 100 mg/kg.

5) Tumbuhan

Tumbuhan diketahui secara ilmiah dapat mengandung timbal. Kadar timbal pada dedaunan adalah 2,5 mg/kg dari berat daun kering.

6) Makanan

Timbal pada makanan dapat bertambah kadarnya selama proses pembuatan. Kadar timbal yang paling banyak ditemukan terkandung pada beras, kentang, gandum dan lain sebagainya. Asupan yang diperbolehkan yaitu sebanyak 50 mikrogram/kg berat badan (BB) untuk orang dewasa, sedangkan untuk anak-anak sebanyak 25 mikrogram/kg BB.

b. Sumber dari Aktivitas Manusia

1) Industri

Semua industri yang menggunakan timbal memiliki potensi yang besar sebagai sumber pencemaran. Baik yang memanfaatkan timbal sebagai bahan baku (industri baterai), kabel (industri kabel) dan bahan pewarna (industri kimia). Hal ini dikarenakan tingkat toksisitasnya yang cukup rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lainnya.

2) Transportasi

Timbal banyak digunakan sebagai anti *knock* pada bahan bakar. Timbal yang dicampurkan tersebut yaitu $(C_2H_5)_4$ atau *TetraEthyl Lead* (TEL). Timbal kemudian bercampur dengan oli dan berproses di dalam mesin kemudian keluar bersama dengan gas buang lainnya dari knalpot.

5. *Pathway* Timbal (Pb)

Pathway atau jalan masuk timbal terdiri dari beberapa bagian, yakni sebagai berikut:

a. *Pathway* Timbal ke Lingkungan

1) Melalui Transportasi (Udara)

Sektor transportasi mengakibatkan pencemaran udara karena emisi ditentukan dari jenis bahan bakar, performa mesin kendaraan dan konsumsi bahan bakar yang dipengaruhi oleh penggunaan bahan bakar dan jumlah kendaraan. Penyebab adanya timbal di udara karena

gas buangan dari motor yang menggunakan bahan bakar dengan kandungan TEL. Menurut Warta Pertamina, kandungan TEL dalam bensin premium sebanyak 0,30 gr/ltr, sedangkan ambang batas timbal dalam bensin menurut *Environment Protection Agency* (EPA) adalah 0,05 gr/ltr. Kadar timbal di udara dapat dipengaruhi oleh intensitas lalu lintas dan ada tidaknya kemacetan lalu lintas pada ruas jalan tersebut (Kabuhung, 2013).

2) Melalui Perairan (Air)

Konsentrasi timbal dalam air disebabkan oleh banyaknya limbah yang mengandung timbal masuk ke perairan. Terjadinya fluktuasi timbal dalam air karena masuknya buangan seperti limbah industri, limbah domestik dan limbah pertanian. Penggunaan motor kapal sebagai alat transportasi dengan bahan bakar minyak yang mengandung *tetraethyl* timbal, menyebabkan kadar timbal di perairan menjadi tinggi. Cairan limbah domestik dan aliran air dari perkotaan, juga menyumbang timbal masuk ke perairan. Peningkatan kadar timbal di perairan bersumber dari kegiatan manusia seperti emisi gas kendaraan bermotor dan dari limbah industri (Nurfadhilla *et al.*, 2020).

3) Melalui Limbah Industri (Tanah)

Terjadinya pencemaran tanah mempunyai hubungan yang erat dengan pencemaran udara dan air. Sumber pencemar udara dan air juga merupakan sumber pencemar pada tanah. Sisa hasil dari industri

yang mengandung timbal merupakan limbah yang sangat beracun bagi mikroorganisme tanah. Terserapnya zat tersebut ke dalam tanah menyebabkan kematian bagi mikroorganisme yang berfungsi terhadap kesuburan tanah sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran tanah (Muslimah, 2017).

4) Melalui Akar dan Daun (Tumbuhan)

Terdapat dua jalur timbal masuk ke dalam tumbuhan, yaitu melalui akar dan daun. Akar adalah organ tumbuhan sebagai penyerap dan penyalur unsur hara ke bagian lain tumbuhan, sehingga akumulasi timbal lebih tinggi di akar karena banyaknya unsur hara yang terserap. Penyerapan dan akumulasi timbal pada tumbuhan dapat terbagi menjadi tiga proses. Pertama, proses penyerapan oleh akar. Kedua, yaitu translokasi timbal dari akar ke bagian lain dari tumbuhan. Terakhir, yaitu lokalisasi timbal pada bagian jaringan tertentu, hal ini untuk menjaga agar metabolisme tumbuhan tidak terhambat (Hapsari, Amri and Suyanto, 2018).

b. *Pathway* Timbal ke Manusia

1) Melalui makanan

Makanan pinggir jalan merupakan makanan yang berisiko tercemar timbal, khususnya gorengan. Kemasan pembungkus gorengan juga mengakibatkan terjadinya cemaran timbal, terutama kemasan dari kertas yang bertinta. Timbal yang terkandung dalam

tinta akan mudah berpindah ke makanan karena kontak dengan panas. Sehingga apabila dikonsumsi oleh manusia akan terjadi proses penumpukan logam berat dan terakumulasi di dalam jaringan tubuh manusia (Bella and Erlani, 2020).

2) Melalui jaringan tubuh

Timbal masuk ke dalam tubuh manusia dapat melalui saluran pernafasan dan juga pencernaan. Timbal yang diabsorpsi kemudian diangkut oleh darah menuju ke organ-organ tubuh lainnya, dimana sebanyak 95% timbal yang masuk ke dalam darah akan diikat oleh eritrosit. Unsur dari timbal dalam tubuh dapat mengalami deposit pada beberapa jaringan lunak yaitu sumsum tulang, sistem saraf, ginjal, dan juga hati serta pada jaringan keras seperti tulang, gigi, kuku, hingga rambut (Aruan and Manurung, 2021).

Saluran pernafasan menjadi jalur pajanan timbal paling besar dengan tingkat absorpsi sebesar 40%, sedangkan absorpsi timbal melalui saluran pencernaan hanya sekitar 5-10%. Timbal yang masuk ke dalam tubuh manusia akan didistribusikan ke dalam darah sebanyak 95% yang telah terikat pada sel darah merah, dan selebihnya terikat pada plasma darah. Sebagian dari timbal disimpan pada bagian jaringan lunak dan juga tulang, dimana ekskresi terjadi melalui ginjal

sampai ke saluran pencernaan. Tahapan metabolisme timbal dalam tubuh, yaitu sebagai berikut (Fadlila, 2021):

a) Absorpsi

Manusia bisa terpajan oleh timbal yang ada di lingkungan, yaitu melalui udara, tanah, air, maupun makanan. Sebagian timbal yang terdapat di udara dapat secara langsung terhirup oleh manusia, sedangkan sisanya akan jatuh ke tanah dan juga ke permukaan air yang kemudian dapat masuk ke dalam air tanah. Timbal juga dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman serta kulit (dermal), juga dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan (inhalasi) dan saluran pencernaan (ingesti). Absorpsi timbal melalui kulit hanya dapat terjadi pada timbal yang berbentuk organik. Timbal masuk melalui saluran pernapasan kemudian akan masuk ke dalam sistem organ pernapasan, apabila partikel besarnya $<10 \mu\text{m}$ akan tertahan di organ paru-paru, sedangkan partikel yang besarnya $>10 \mu\text{m}$ akan mengendap pada saluran pernapasan di bagian atas (Fadlila, 2021).

b) Distribusi dan Penyimpanan

Timbal yang telah diabsorpsi kemudian diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh. Sebanyak 95% timbal diikat oleh sel darah merah (eritrosit) dalam darah, dan sebanyak 90% diikat oleh tulang. Sisa timbal kemudian terdeposit dalam jaringan lunak, yaitu pada hati, ginjal dan juga pada saraf. Timbal akan berada selama 35

hari dalam darah, 40 hari pada jaringan lunak, 3-4 tahun pada tulang trabekular, dan akan bertahan selama 16-20 tahun pada komponen kortikal tulang. Indikator adanya timbal dalam tubuh dapat diketahui dari *lead line* pada gusi, yaitu pigmen yang berwarna abu-abu di antara gusi dan gigi. Hal ini merupakan salah satu tanda khas terjadinya keracunan timbal (Fadlila, 2021). Perlu diketahui bahwa gigi dan juga tulang panjang lebih banyak mengandung timbal dibandingkan dengan tulang yang lain (Rosita and Lidiawidiarti, 2018).

c) Ekskresi

Timbal terekskresi melalui saluran pencernaan yaitu feses, urin dan juga melalui keringat serta rambut, sebanyak 75-80% timbal terekskresi melalui urin, sedangkan hanya 15% melalui feses. Timbal terekskresi melalui saluran pencernaan karena dipengaruhi oleh saluran aktif dan juga pasif dari kelenjar saliva, pankreas serta kelenjar lainnya yang terdapat di dinding usus, regenerasi sel epitel dan pada ekskresi empedu. Proses ekskresi timbal melalui organ ginjal dapat dipengaruhi oleh proses filtrasi glomerulus. Kadar timbal yang terdapat dalam urin adalah gambaran terjadinya pajanan baru sehingga pemeriksaan timbal urin seringkali digunakan untuk pajanan okupasional (Fadlila, 2021).

Waktu paruh yang dimiliki timbal dalam darah yaitu kurang dari 25 hari. Waktu paruh timbal pada jaringan lunak yaitu 40 hari sedangkan pada tulang yaitu setelah 25 tahun. Proses ekskresi yang lama tersebut menyebabkan timbal dapat dengan mudah terakumulasi di dalam tubuh, baik pada proses pajanan okupasional ataupun non-okupasional (Ardillah, 2016).

6. Biomonitoring Timbal dalam Tubuh Manusia

Biomonitoring pada manusia merupakan teknik ilmiah untuk menilai paparan manusia terhadap agen lingkungan dan efeknya. Hal ini berdasarkan pada pengambilan sampel dan analisis jaringan atau cairan suatu individu. Dengan cara ini, dimungkinkan untuk membandingkan kadar suatu zat dari subjek yang terpajan dan tidak terpajan, serta untuk menemukan perubahan fisiologis ataupun munculnya berbagai jenis penyakit (Stojsavljević *et al.*, 2019). Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1406/MENKES/SK/XII/2002 tentang Standar Pemeriksaan Kadar Timah Hitam pada Spesimen Biomarker Manusia, untuk pemeriksaan kadar timbal dalam tubuh dapat melalui rambut, urin, dan darah (Sari, 2021).

a) Pada Darah

Pendekatan yang efektif untuk mengetahui dampak biologis dari paparan timbal adalah melalui metabolisme dengan mengukur metabolit dalam sampel biologis, seperti plasma ataupun serum. Sehingga hal ini dapat memberikan gambaran tentang fungsi metabolisme, yang memungkinkan penyelidikan terkait aktivitas biologis terhadap paparan, termasuk timbal. Ketika timbal masuk ke dalam tubuh, maka akan berikatan dengan darah dan kemudian dialirkan ke seluruh bagian tubuh. Pemeriksaan timbal dalam darah dilakukan karena 95% timbal dalam darah terikat pada eritrosit sehingga dianggap sebagai indikator terbaik terhadap paparan individu (Cañas *et al.*, 2014; Niedzwiecki *et al.*, 2021; Sari, 2021).

b) Pada Rambut

Timbal dapat terikat pada gugus sulfhidril yang terdapat di rambut, karena gugus sulfhidril merupakan kandungan enzim yang mudah berikatan dengan ion-ion dari logam berat yang masuk ke tubuh. Sehingga kadar timbal pada rambut dapat digunakan sebagai indikator dari pencemaran timbal. Oleh karena itu, pemeriksaan timbal pada rambut menjadi salah satu metode untuk menganalisis tingkat pencemaran timbal yang terkandung dalam tubuh (Yulaipi and Aunurohim, 2013; Roza, Ilza and Anita, 2015).

c) Pada Urin

Pemeriksaan pada urin sering digunakan sebagai *screening test* terhadap keracunan timbal. Hal ini karena urin adalah salah satu dari sisa

metabolisme tubuh yang dikeluarkan setiap hari dan sebanyak 75-80% kadar timbal yang masuk ke tubuh akan diekskresikan melalui urin. Timbal yang telah larut dalam darah akan disebar ke seluruh tubuh, kemudian masuk dalam sistem urinaria sebagai tempat pembuangan akhir. Urin juga dapat memberikan gambaran terkait kesehatan seseorang seperti fungsi dari ginjal, saluran kemih, hati, ataupun infeksi pada saluran kemih. (Sari, 2021).

7. Standar Baku Mutu Timbal dalam Darah

Tahun 2021, CDC menetapkan batas dari kadar timbal yang ada dalam darah anak yaitu sebanyak 3,5 µg/dl. Kadar ini dapat menjadi acuan dalam proses identifikasi darah untuk mengetahui perbedaan kandungan timbal dalam darah anak-anak (CDC, 2021). Akan tetapi, diketahui bahwa tidak terdapat jumlah konsentrasi yang aman terhadap timbal dalam darah. Bahkan kadar timbal dalam darah serendah 3,5 g/dl dapat dikaitkan dengan penurunan kecerdasan pada anak-anak, kesulitan perilaku dan masalah belajar. Saat paparan timbal meningkat, kisaran dan tingkat keparahan gejala dan efek juga meningkat (World Health Organization, 2021).

8. Dampak Timbal

Timbal merupakan salah satu jenis polutan yang mengakibatkan dampak buruk bagi lingkungan dan makhluk hidup. Di lingkungan, timbal dapat mengakibatkan pencemaran pada udara, air dan juga tanah. Sedangkan terhadap makhluk hidup, timbal masuk ke dalam tubuh lalu mengendap dalam darah. Efek yang diberikan timbal, baik secara akut

maupun kronis bagi kesehatan manusia yaitu terjadinya gangguan sistem organ tubuh. Efek toksik dari timbal ini dapat menyerang orang dewasa, anak-anak dan bahkan janin yang masih berada dalam kandungan (Aruan and Manurung, 2021).

Keracunan timbal pada anak-anak mengakibatkan terjadinya penurunan *Intelegensia Quotient* (IQ), gangguan organ kardiovaskuler, rusaknya alat pendengaran dan kesulitan belajar. Selain itu, anak juga menjadi kurang peduli, *hyperactive* dan *aggressive* serta memperlambat proses pertumbuhan pada anak (Romli, Suhartono and Setiani, 2016). Gejala pada orang dewasa berupa anoreksia (gangguan makan), mengalami muntah, nyeri perut, dan juga diare atau bahkan konstipasi (sembelit). Penderita juga akan merasakan sakit kepala, lesu, hingga depresi dan apabila paparannya lebih besar maka dapat menyebabkan terjadinya anemia serta mengakibatkan gagal ginjal (Shatriadi and Zairinayati, 2017).

Bentuk gangguan kesehatan yang dapat terjadi akibat pajanan timbal adalah sebagai berikut:

a. Gangguan pada sistem hematopoietik

Dampak yang diakibatkan oleh timbal terhadap kesehatan sering terjadi pada sistem pembentukan darah (sistem hematopoietik). Akibatnya, terjadi penghambatan pada proses sintesis dan pembentukan hemoglobin serta memperpendek umur dari sel darah merah sehingga dapat terjadi anemia. Dampak dari kejadian anemia adalah terganggunya transportasi sel darah merah dan jaringan tubuh sehingga menyebabkan

seseorang mengalami kekurangan oksigen untuk menghasilkan energi (Rosita and Mustika, 2019).

b. Gangguan pada sistem ekskresi

Ginjal merupakan organ yang memiliki fungsi sebagai sistem ekskresi, yaitu menyaring zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Akibatnya, terjadi proses patologis ginjal yaitu inflamasi dikarenakan zat asing yang terakumulasi. Salah satu contoh zat asing adalah polutan oleh asap kendaraan bermotor karena sistem pembakaran yang tidak sempurna sehingga menghasilkan timbal. Timbal yang terhirup kemudian tersebar ke dalam aliran darah, lalu menuju ke berbagai jaringan tubuh dan selanjutnya akan diekskresi melalui ginjal. Proses tersebut dapat merusak ginjal dengan cara mempengaruhi sistem hemodinamik, imunologi, serta metabolitnya (Satrio and Saktini, 2016).

c. Gangguan pada sistem saraf pusat

Timbal adalah logam berat yang dapat merusak saraf dan kognitif. Gejalanya yaitu sering merasakan sakit kepala, mual, tremor, kolik, hingga mati rasa pada anggota tubuh (Salsabila, Pratam and Angraini, 2020). Efek lain dari timbal terhadap tubuh yaitu mengakibatkan kerusakan pada sistem saraf dan juga penurunan IQ, khususnya pada anak-anak yang masih di usia tumbuh kembang otak. Timbal juga mengakibatkan kerusakan asimtomatik fungsi *neurobehavioral* (Budiyono *et al.*, 2016).

d. Gangguan pada sistem reproduksi

Sumber terbesar timbal berasal dari emisi kendaraan bermotor. Dampak yang ditimbulkan yaitu terganggunya kesuburan pada reproduksi pria, karena timbal dapat mempengaruhi fertilitas. Sehingga terjadi penurunan pada kualitas sperma yang akibatnya sulit untuk mempunyai anak. Beberapa dampak lainnya, yaitu Spermatogenesis abnormal atau terjadinya penurunan jumlah sperma dan motilitas, libido berkurang, fungsi pada prostat abnormal, terjadi kerusakan kromosom, perubahan pada testosteron dan infertilitas. (Marwoto *et al.*, 2020).

Timbal yang terakumulasi dalam tubuh juga dapat berbahaya bagi wanita usia subur (WUS). Kadar timbal dalam darah WUS berdampak buruk bagi sistem reproduksi dan dapat mempengaruhi kesehatan di masa kehamilan. Dampak kronis oleh timbal yaitu kelelahan, adanya gangguan reproduksi dan ginjal serta terjadinya keguguran atau kelahiran prematur pada wanita hamil (Kusumastuti, Setiaini and Joko, 2020). Timbal juga dapat menyebabkan gangguan hormonal. Hal ini dapat berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan kematangan dari folikel atau proses folikulogenesis, dimana tidak ada ovum yang dapat diovulasikan (Ningtyas, Tirtasari and Agustin, 2019).

B. Tinjauan Umum tentang Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Timbal dalam Darah

Faktor-faktor risiko yang mempengaruhi adanya kandungan timbal dalam tubuh manusia, yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik Individu

a. Umur

Umumnya kelompok usia muda akan lebih sensitif terhadap aktivitas dari timbal, hal ini terjadi karena proses perkembangan organ dan fungsinya belum sempurna. Sedangkan pada kelompok usia tua, kepekaannya akan lebih tinggi dibandingkan dengan orang dewasa. Hal ini disebabkan karena aktivitas dari enzim biotransformasi telah berkurang dengan pertambahan umur dan juga daya tahan dari beberapa organ telah berkurang terhadap efek dari timbal. Semakin tua usia maka akan semakin tinggi jumlah konsentrasi Pb yang telah terakumulasi pada jaringan tubuh seseorang (Ardillah, 2016).

b. Jenis Kelamin

Pengaruh dari efek toksik yang ditimbulkan oleh timbal berbeda antara laki-laki dan perempuan. Wanita akan lebih rentan terpapar oleh timbal dibandingkan dengan pria. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan terhadap faktor ukuran tubuh atau fisiologis, keseimbangan hormonal dan juga adanya perbedaan proses metabolisme (Ardillah, 2016).

Penelitian telah membuktikan bahwa laki-laki memiliki kadar timbal dalam darah lebih tinggi dibandingkan perempuan. Hal ini terjadi dikarenakan laki-laki melakukan lebih banyak aktivitas di luar ruangan, sehingga mereka memiliki lebih banyak peluang untuk terpapar timbal melalui udara, makanan, air, atau debu dalam waktu yang bersamaan (Li *et al.*, 2014).

2. Lingkungan

a. Jarak Rumah dari Jalan Raya

Jarak rumah memberi pengaruh terhadap konsentrasi timbal yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia. Hal ini disebabkan karena semakin dekat jarak antara rumah dengan jalan raya, maka akan semakin dekat dengan paparan terhadap asap kendaraan. Sehingga menyebabkan kadar timbal di udara sekitar tempat tinggal menjadi tinggi, dan dapat meningkatkan kadar timbal dalam tubuh seseorang bila terpajan dalam waktu yang lama (Samsuar *et al.*, 2017).

b. Paparan Asap Rokok Keluarga

Komponen utama yang terdapat pada asap rokok yaitu tar, nikotin, karbon monoksida (CO), radikal bebas dan juga timbal (Pb). Kandungan kimia yang terdapat dalam rokok tidak hanya memberi dampak pada perokok aktif, tetapi juga berdampak pada perokok pasif. Perokok pasif adalah seseorang yang telah menghirup asap rokok dari perokok aktif. Perokok pasif juga akan terkena risiko penyakit seperti perokok aktif. Perokok pasif dalam suatu keluarga tidak hanya pada istri melainkan juga semua anggota keluarga seperti anak-anak dan balita (Triyono, Trisnawati and Hernawan, 2019).

3. Perilaku

a. Kebiasaan Makan Jajanan Pinggir Jalan

Makanan yang dijajakan di pinggir jalan merupakan makanan yang berisiko tercemar timbal. Hal ini dikarenakan faktor kondisi yang terdapat di sekitar pedagang sehingga menyebabkan makanan tersebut menjadi tidak sehat. Beberapa penyakit yang disebabkan akibat

kebiasaan makan jajanan pinggir jalan diantaranya penyakit typhus, hepatitis dan juga keracunan bahan kimia termasuk timbal yang disebabkan karena kendaraan lalu lintas padat sehingga makanan terpapar oleh timbal. Timbal ini berasal dari emisi kendaraan bermotor, kemudian terakumulasi dan diserap masuk ke dalam jajanan yang menyebabkan tingginya kadar timbal pada makanan tersebut (Bella and Erlani, 2020).

b. Jenis Transportasi yang Digunakan

Terkait masalah pencemaran udara yang diakibatkan oleh transportasi, dapat diketahui dari tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor. Motor dapat mengeluarkan dan menghasilkan emisi serta mencemarkan udara yang ada di sekitar. Sebagian besar kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buangan yang sangat buruk. Hal tersebut terjadi akibat perawatan motor yang kurang memadai, atau bahkan penggunaan bahan bakar yang kualitasnya kurang baik karena dapat menghasilkan kadar timbal yang tinggi (Ismiyati, Marlita and Saidah, 2014).

c. Kebiasaan Mencuci Tangan

Oral habit pada anak-anak masih tinggi sehingga menjadi salah satu jalur masuknya timbal ke dalam tubuh seperti kebiasaan menggigit kuku dan jari. Kuku pada seseorang yang berpotensi tinggi terpapar oleh timbal akan secara kronis terjadinya deposit timbal, dimana salah satu tempat menempelnya timbal yaitu terdapat pada mainan. Oleh karena itu

apabila anak sering menggigit kuku ataupun makan tanpa mencuci tangan lebih dahulu, dapat memperbesar kemungkinan tertelannya dan meningkatkan kadar timbal dalam tubuh anak (Ati and Murbawani, 2014).

C. Tabel Sintesa

Tabel sintesa bertujuan untuk menampilkan penelitian terdahulu yang serupa dengan yang akan dilakukan. Hal ini akan menjadi acuan untuk membandingkan layak atau tidaknya untuk meneliti kasus yang sama. Berikut beberapa jurnal terkait dengan penelitian ini:

Tabel 2.1 Tabel Sintesa Faktor yang Berhubungan dengan Perbedaan Kadar Timbal dalam Darah Anak Sekolah Dasar Negeri Bawakaraeng I Kota Makassar

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Terbit	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1	Gambaran Kadar Timbal dalam Darah pada Anak Sekolah Dasar di Kecamatan Wenang Kota Manado	Danisarah Prilly, Rahayu H. Akili, Sri Seprianto Maddusa (Prilly, Akili and Maddusa, 2018)	2018	<i>Cross Sectional</i>	Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Anak; Faktor-faktor yang berhubungan dengan kadar timbal dalam darah anak.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar timbal dalam darah anak SD ini adalah 1,40 µg/dL (kisaran 0,54-2,28 µg/dL). Faktor perilaku merokok ayah dan anggota keluarga lainnya, khususnya yang merokok di dalam rumah mempunyai pengaruh terhadap kadar timbal dalam darah anak. Berdasarkan penelitian

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Terbit	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
						ini dapat disimpulkan bahwa kadar timbal dalam darah anak SD di Kecamatan Wenang berkisar antara 0,54 µg/dL s/d 2,28 µg/dL.
2	Korelasi Timbal dalam Darah dan Tingkat Kecerdasan (majemuk) Siswa Sekolah Dasar di Sekitar Peleburan Aki Bekas di Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Lamongan	Budiyono, Budi Haryanto, Esrom Hamonangan, Bambang Hindratmo (Budiyono <i>et al.</i> , 2016)	2016	<i>Cross Sectional</i>	Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Anak; Tingkat kecerdasan majemuk.	Ditemukan kadar timbal dalam darah anak di Kabupaten Tangerang dengan rerata 39,18 µg/dl (100% melebihi batas normal CDC 1997) dan rerata 11,76 µg/dl (59,4% melebihi batas normal) di Kabupaten Lamongan. Kadar timbal dalam darah berhubungan signifikan dengan tingkat kecerdasan majemuk (nilai $p < 0,05$). Semakin dekat jarak rumah terhadap sumber pencemar timbal, semakin rendah

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Terbit	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
						pendidikan orang tua, dan seringnya tidak masuk sekolah dengan alasan sakit juga ditemukan berisiko terhadap rendahnya tingkat kecerdasan majemuk.
3	<i>An Investigation of Outpatient Children's Blood Lead Level in Wuhan China</i>	Ying Li, Siqi Wu, Yun Xiang, Xiaohui Liang (Li <i>et al.</i> , 2014)	2014	<i>Cross Sectional</i>	Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Anak;	Rerata geometrik kadar timbal darah untuk semua subjek adalah 44,75 mg/L, jauh lebih rendah dari yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya. prevalensi peningkatan kadar timbal darah (≥ 100 mg/L) pada anak-anak yang diuji adalah 2% pada tahun 2012 dan prevalensi kadar timbal darah (≥ 50 mg/L) adalah 44%. Umur dan jenis kelamin dapat menjadi faktor yang mungkin mempengaruhi

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Terbit	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
						kadar timbal darah pada anak ($p < 0,001$). Selain itu, kadar timbal darah pada musim yang berbeda juga berbeda ($p < 0,001$)
4	The Risk Factors of Child Lead Poisoning in China: A Meta-Analysis	You Li, Jian Qin, Xiao Wei, Chunhong Li, Jian Wang, Meiyu Jiang, Xue Liang, Tianlong Xia, Zhiyong Zhang (Li <i>et al.</i> , 2016)	2016	<i>Meta Analisis</i>	Faktor risiko keracunan timbal pada anak; Kasus keracunan timbal pada anak	Tiga puluh empat artikel melaporkan 13.587 anak keracunan timbal memenuhi kriteria inklusi. Pola hidup dan perilaku yang tidak sehat, pencemaran lingkungan di sekitar rumah dan potensi Paparan pekerjaan orang tua terhadap timbal merupakan faktor risiko keracunan timbal pada anak di kelompok analisis.
5	Evaluation of Serum Lead Levels in Children with	Shohreh Maleknejad, MD; Abtin	2013	<i>Case Control</i>	Faktor risiko keracunan timbal pada anak; Kadar	Keracunan timbal secara signifikan lebih sering terjadi pada kelompok

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Terbit	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
	Constipation and Normal Controls in Northern Iran	Heidarzadeh, MD; Morteza Rahbar, MD; Afshin Safaei, MD; Babak Ghomashpasand, MD (Maleknejad <i>et al.</i> , 2013)			Timbal dalam Serum Darah anak	kasus dibandingkan dengan kelompok kontrol. Frekuensi keracunan timbal pada kelompok kasus dibandingkan dengan kelompok kontrol, secara signifikan lebih tinggi pada anak-anak <7 tahun, Laki-laki (40.9% vs. 9.3%), Perempuan (34.8% vs 8.3%), penghuni rumah tua (43.1% vs. 9.7%), penghuni rumah baru (28.1% vs. 8.5%), penduduk daerah lalu lintas rendah (26.8% vs. 5.3%), Penduduk perkotaan (40.5% vs. 9.9%), Anak-anak yang ayahnya memiliki pekerjaan berisiko rendah (33.3% vs. 10.9%) dan berisiko tinggi (40.7% vs. 3.8%).

D. Kerangka Teori

Timbal merupakan kontaminan bagi lingkungan yang memiliki sifat toksisitas yang sangat tinggi bagi manusia dan makhluk hidup yang lain. Timbal merupakan logam yang dapat ditemukan secara alami di lingkungan dan pada produk manufaktur (Mallongi, 2019). Timbal di lingkungan dapat berasal dari air, udara, tanah dan makanan. Timbal berasal dari beberapa sumber yaitu pertama sumber alami yang terdiri atas air, udara, tanah dan batuan, kedua sumber dari kegiatan manusia seperti industri dan transportasi (Aruan and Manurung, 2021).

Penyebab adanya timbal di udara karena gas buangan dari motor yang menggunakan bahan bakar dengan kandungan TEL. Sedangkan pada perairan terjadi fluktuasi timbal karena masuknya buangan seperti limbah industri, limbah domestik dan limbah pertanian. Selain udara dan air, terjadinya pencemaran pada tanah juga mempunyai hubungan yang erat dengan pencemaran udara dan air. Sisa hasil dari industri yang mengandung timbal merupakan limbah yang sangat beracun bagi mikroorganisme tanah (Kabuhung, 2013; Muslimah, 2017; Nurfadhilla *et al.*, 2020).

Kandungan timbal yang terdapat di dalam tubuh manusia berhubungan erat dengan beberapa faktor. Faktor-faktor ini juga menjadi penyebab terjadinya peningkatan timbal dalam tubuh manusia. Beberapa faktor yang berhubungan dengan kandungan timbal dalam darah manusia yaitu faktor karakteristik individu, lingkungan dan juga perilaku (Li *et al.*, 2014, 2016; Ardillah, 2016; Prilly, Akili and Maddusa, 2018).

Faktor karakteristik individu yang berhubungan dengan kadar timbal dalam tubuh yaitu jenis kelamin. Wanita akan lebih rentan terpapar oleh timbal dibandingkan dengan pria karena fisiologis tubuh yang berbeda. Tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa laki-laki memiliki kadar timbal dalam darah lebih tinggi dibandingkan perempuan karena laki-laki melakukan lebih banyak aktivitas di luar ruangan (Li *et al.*, 2014; Ardillah, 2016).

Faktor lainnya yaitu lingkungan terdiri atas jarak rumah dari jalan raya dan paparan asap rokok keluarga. Semakin dekat jarak antara rumah dengan jalan raya, maka akan semakin dekat dengan paparan terhadap asap kendaraan yang mengandung timbal. Selain itu, paparan asap rokok keluarga juga menjadi faktor penyebab adanya timbal dalam tubuh karena menyebabkan perokok pasif seperti istri dan anak juga terkena risiko penyakit seperti perokok aktif. Hal ini juga disebabkan karena rokok mengandung beberapa zat kimia, salah satunya adalah timbal (Samsuar *et al.*, 2017; Triyono, Trisnawati and Hernawan, 2019).

Faktor perilaku juga dapat mempengaruhi kandungan timbal dalam tubuh seperti kebiasaan jajan dipinggir jalan, jenis transportasi yang digunakan serta kebiasaan cuci tangan. Kebiasaan makan jajanan pinggir jalan dapat menyebabkan keracunan timbal karena kendaraan lalu lintas yang padat sehingga makanan menjadi terpapar. Jenis transportasi yang digunakan seperti motor juga dapat menghasilkan kadar timbal yang tinggi karena sebagian besar kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar yang kualitasnya buruk. Selain itu, kebiasaan mencuci tangan juga berhubungan dengan kadar timbal dalam

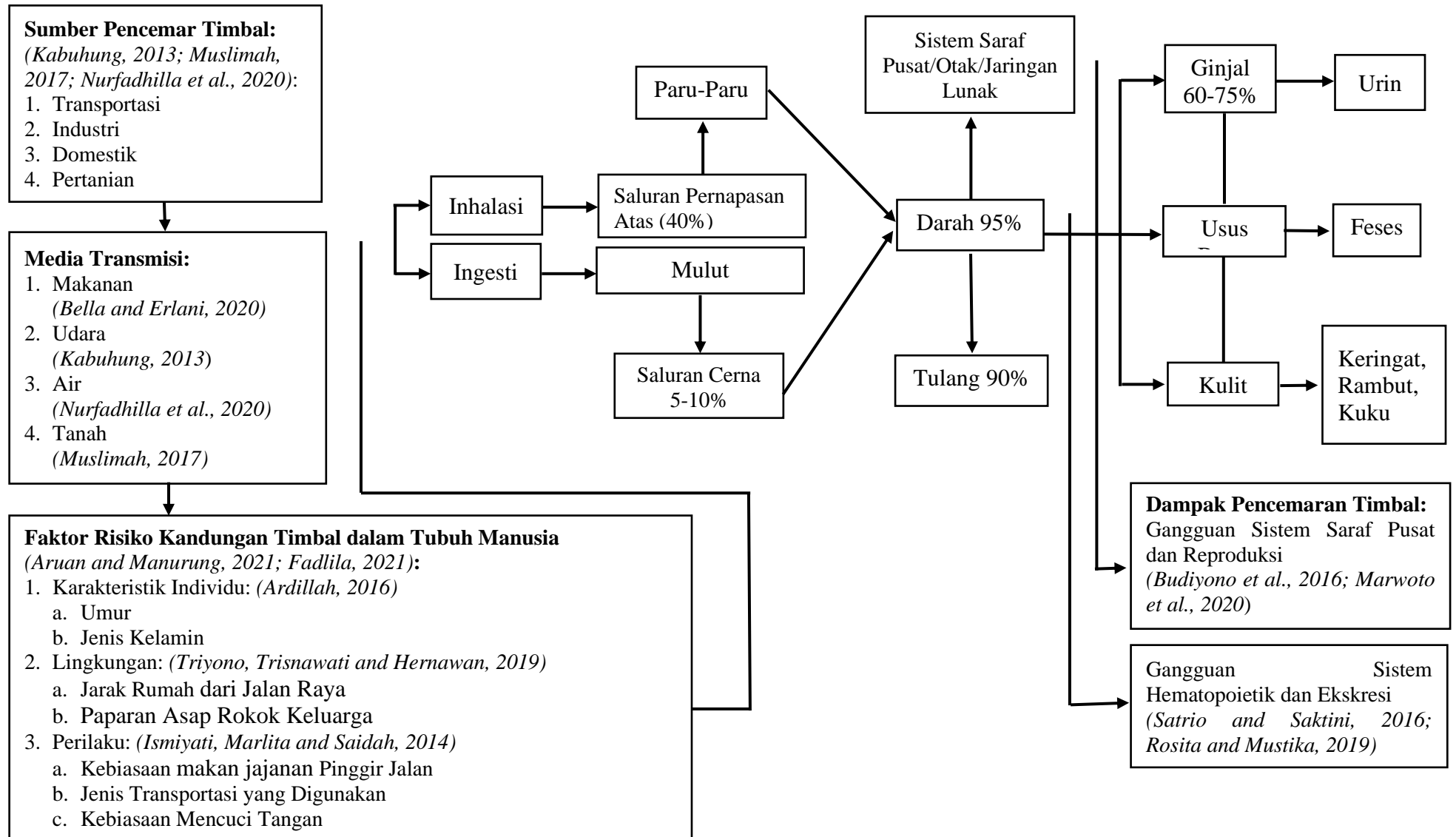
tubuh karena kuku dan tangan seseorang berpotensi tinggi terpapar oleh timbal. Apabila seseorang makan tanpa mencuci tangan, dapat memperbesar kemungkinan tertelan dan meningkatnya kadar timbal dalam tubuh (Ati and Murbawani, 2014; Ismiyati, Marlita and Saidah, 2014; Bella and Erlani, 2020).

Timbal masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan dan menjadi jalur pajanan paling besar dengan tingkat absorpsi sebesar 40%. Sedangkan absorpsi timbal melalui saluran pencernaan hanya sekitar 5-10%. Timbal yang masuk ke dalam tubuh manusia akan didistribusikan ke dalam darah sebanyak 95% yang telah terikat pada sel darah merah, dan selebihnya terikat pada plasma darah. Pada proses absorpsi, timbal dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan (inhalasi) dan saluran pencernaan (ingesti). Lalu pada tahap distribusi, sebanyak 95% timbal diikat oleh sel darah merah (eritrosit) dalam darah, dan sebanyak 90% diikat oleh tulang, sisanya terdeposit dalam jaringan lunak, yaitu pada hati, ginjal dan juga pada saraf. Kemudian pada tahap terakhir yaitu ekskresi, sebanyak 75-80% timbal terekskresi melalui urin, sedangkan hanya 15% melalui feses (Fadlila, 2021).

Dampak kesehatan akibat pajanan timbal beberapa diantaranya yaitu gangguan pada sistem hematopoietik, ekskresi, sistem saraf pusat dan reproduksi. Gangguan sistem hematopoietik berupa penghambatan pada proses sintesis dan pembentukan hemoglobin serta memperpendek umur dari sel darah merah sehingga menyebabkan anemia. Gangguan pada sistem ekskresi salah satunya adalah ginjal, dimana terjadi proses patologis yaitu inflamasi dikarenakan zat timbal yang terakumulasi. Selanjutnya gangguan pada sistem

saraf pusat berupa kerusakan dan juga penurunan IQ, khususnya pada anak-anak yang masih di usia tumbuh kembang otak. Terakhir adalah gangguan reproduksi, pada pria terjadi penurunan pada kualitas sperma yang akibatnya sulit untuk mempunyai anak dan pada wanita terjadi gangguan hormonal yang berpengaruh pada pertumbuhan serta perkembangan kematangan dari folikel (Satrio and Saktini, 2016; Rosita and Lidiawidiarti, 2018; Ningtyas, Tirtasari and Agustin, 2019).

Berdasarkan tinjauan pustaka mengenai faktor yang berhubungan dengan perbedaan kadar timbal dalam darah anak sekolah dasar di Kota Makassar, terdapat kerangka teori yang disajikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kerangka Teori Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Timbal dalam Darah Anak