

**TESIS**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA AIR  
MINUM MASYARAKAT DI PULAU KODINGARENG DAN  
BARRANG LOMPO KOTA MAKASSAR  
TAHUN 2022**

***ENVIRONMENTAL HEALTH RISK ASSESSMENT ON PUBLIC  
DRINKING WATER IN KODINGARENG AND BARRANG  
LOMPO ISLANDS MAKASSAR CITY  
IN 2022***

**Disusun dan diajukan oleh**

**ASKIAH AZIZAH  
K012201040**



**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA AIR MINUM  
MASYARAKAT DI PULAU KODINGARENG DAN  
BARRANG LOMPO KOTA MAKASSAR  
TAHUN 2022**

**Tesis  
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi  
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:  
ASKIAH AZIZAH**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA AIR MINUM MASYARAKAT DI PULAU KODINGARENG DAN BARRANG LOMPO KOTA MAKASSAR TAHUN 2022

Disusun dan diajukan oleh

**ASKIAH AZIZAH**  
**K012201040**

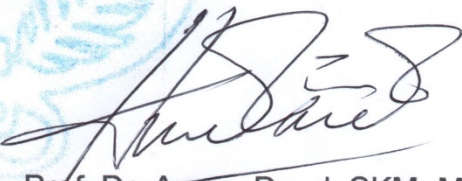
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Juli 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes  
NIP. 19820803 200812 1 003

  
Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes  
NIP. 19661012 1199303 1 002

Dekan Fakultas  
Kesehatan Masyarakat

Ketua Program Studi S2  
Ilmu Kesehatan Masyarakat

  
Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.Ed  
NIP. 19670617 199903 1 001

  
Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH.  
NIP. 19590605 198601 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Askiah Azizah  
NIM : K012201040  
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA AIR MINUM  
MASYARAKAT DI PULAU KODINGARENG DAN BARRANG  
LOMPO KOTA MAKASSAR TAHUN 2022”**

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Juli 2022.

Yang menyatakan



Askiah Azizah



## PRAKATA



Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan izin dan kuasa-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “**Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan pada Air Minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar Tahun 2022**”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Magister Kesehatan Masyarakat (M.K.M) pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini sangat sederhana dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar tesis ini dapat bermanfaat.

Dan ucapan yang tak terhingga teruntuk kedua orang tua, Ayahanda **Alm. Drs. Suherman S** dan Ibunda tercinta **Hj. Herda D**, yang telah memberikan doa, motivasi, cinta dan kasih sayang, serta materi yang tiada hentinya selama penulis menempuh pendidikan.

Bimbingan, doa serta dorongan semangat dari berbagai pihak yang penulis dapatkan merupakan salah satu berkah yang tidak ternilai harganya. Untuk itu melalui kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya atas bantuan, bimbingan, saran, dan motivasi kepada bapak **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel.,M.Kes**, sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Bapak **Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes**, sebagai pembimbing atas segala bimbingan

dan arahan kepada penulis selama menjadi dosen pembimbing sehingga penulis bisa ketahap ini. Begitu pula kepada penguji bapak **Prof. Anwar, SKM., M.Sc., Ph.D**, Ibu **Prof. Dr Masni, Apt.,MSPH.**, dan bapak **Dr. Aminuddin Syam, SKM.,M.Kes., M.Med.,ED**, yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya.

Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. **Ibu Prof. Dr Masni, Apt.,MSPH** selaku ketua program studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
2. Seluruh Dosen beserta staf program studi magister Ilmu Kesehatan Masyarakat terkhusus untuk Dosen dibidang Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berguna kepada penulis selama menempuh pendidikan Magister.
3. Bapak **Abd. Rahman K, ST** selaku admin prodi magister Ilmu Kesehatan Masyarakat atas segala bantuannya dalam proses pengurusan berkas.
4. Rekan-rekan Mahasiswa Program Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat atas dukungannya.
5. Kakak tercinta **Akhyar Suherman S.T** dan **Asnawi Abdullah S.T** atas do'a, semangat, bantuan materil maupun moril yang diberikan selama ini.

6. Kepada Adik tercinta **Aisyah Azizah S, Anas Asyraf S** dan **Anis Isyraf S** serta semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Dalam hal ini penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, besar harapan penulis kepada pembaca atas kontribusinya baik berupa saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tesis ini. Olehnya itu penulis berharap kritikan dan saran dari pembaca. Dengan pengharapan semoga tesis ini dapat memberikan nilai positif bagi pembangunan kesehatan dan pengembangan ilmu pengetahuan. Aamiin.

Makassar, 12 Juli 2022

Askiah Azizah

## ABSTRAK

**ASKIAH AZIZAH**, *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan pada Air Minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar Tahun 2022* (Dibimbing oleh **Agus Bintara Birawida** dan **Anwar Daud**)

Logam berat dianggap sebagai salah satu sumber pencemar pada air sumur yang digunakan sebagai sumber air minum dan menyebabkan manusia terkena banyak risiko kesehatan. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat risiko non-karsinogenik (RQ) dan karsinogenik (ECR) pajanan logam berat pada air sumur yang digunakan sebagai sumber air minum masyarakat di Pulau Kodingareng dan Pulau Barrang Lompo.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *cross sectional* dengan desain analisis risiko kesehatan lingkungan dengan sampel lingkungan sebanyak 6 sampel dan sampel manusia sebanyak 68 responden. Data dianalisis dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dan menggunakan program Microsoft Office Excel dan SPSS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dalam sumber air minum responden sebesar 0.00019 mg/L, Pb 0.0011 mg/L, CrVI 0.0090 mg/L dan Ni 0.0018 mg/L. Seluruh konsentrasi logam berat masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 tahun 2010 untuk persyaratan air bersih. Tingkat risiko non karsinogenik dari konsumsi air minum yang mengandung logam berat Cd, Pb, CrVI dan Ni menunjukkan bahwa responden tidak berisiko dengan nilai  $RQ \leq 1$  pada durasi pajanan 5-30 tahun sedangkan pada tingkat risiko karsinogenik dari konsumsi air minum yang mengandung logam berat Pb dan Ni aman atau tidak memiliki risiko karsinogenik namun paparan Cd dan CrVI menunjukkan bahwa nilai  $ECR > 1/10.000$  responden atau tidak aman pada durasi pajanan 30-70 tahun maka perlu dilakukan manajemen risiko yaitu dengan menghitung penentuan batas aman konsentrasi dan jumlah konsumsi aman.

**Kata Kunci:** ARKL, Air Sumur, Air Minum, Logam Berat, Manajemen Risiko





## ABSTRACT

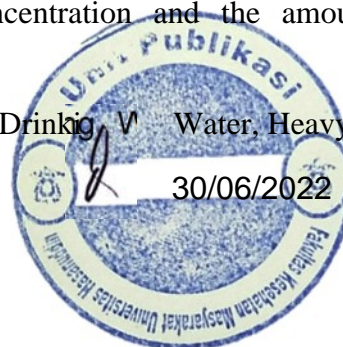
**ASKIAH AZIZAH**, *Environmental Health Risk Assessment on Public Drinking Water In Kodingareng and Barrang Lompo Islands Makassar City in 2022* (Supervised by **Agus Bintara Birawida dan Anwar Daud**)

Heavy metals were responsible for the drinking water contamination in well waters. Heavy metal contaminants in waters and the environment may pose a number of potential health risks. The present study aims to identify the non-carcinogenic risks (RQ) and carcinogenic risks (ECR) of heavy metal exposure in well waters as a drinking water resource in Kodingareng and Barrang Lompo Island.

This study is an observational study employing environmental health risk assessment involving 6 environmental samples and 68 respondents. The data is analyzed using environmental health risk assessment using Microsoft Office Excel and SPSS software.

The results demonstrated that heavy metal concentrations identified from the respondent's water source included Cd (0.00019 mg/L), Pb (0.0011 mg/L), Cr(VI) (0.0090) mg/L and Ni (0.0018 mg/L). The above heavy metal concentration does not exceed the permissible limit according to Regulation of Minister of Health No. 492 of 2010 concerning Drinking Water Quality Requirements. The respondent's non-carcinogenic risks of drinking water containing the above (Cd, Pb, Cr(VI), N) heavy metal concentrations are within low risk in 5-30 years of exposure with RQ value of <1. On the other hand, there was no observed potential carcinogenic risk or non-hazardous due to Pb and Ni, however Cd and CrVI indicates that the ECR value is > 1/10,000 heavy metals suggested potential carcinogenic risks or hazards in 30-70 years, it is necessary to do risk management by calculating the safe limit of concentration and the amount of safe consumption.

**Keywords:** EHRA, Well water, Drinking Water, Heavy Metals, Risk Management



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iii
PRAKATA .....	iv
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR ISTILAH .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Umum tentang Air.....	9
B. Tinjauan Umum tentang Air Minum .....	14
C. Tinjauan Umum tentang Pencemaran Air .....	17
D. Tinjauan Umum tentang Uji Kualitas Air.....	21
E. Tinjauan Umum tentang Kepulauan Spermonde .....	39
F. Tinjauan Umum tentang Permasalahan Pesisir .....	41
G. Tinjauan Umum tentang ARKL .....	46
H. Kerangka Teori.....	63
I. Kerangka Konsep .....	67
J. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	69
K. Tabel Sintesa.....	72

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Jenis Penelitian .....	78
B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	78
C. Populasi dan Sampel.....	79
D. Alat, Bahan dan Cara Kerja .....	80
E. Pengumpulan Data.....	93
F. Instrumen Pengumpulan Data.....	93
G. Pengolahan dan Analisis Data .....	69
H. Penyajian Data .....	98

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian .....	99
1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	99
2. Karakteristik Responden .....	104
3. Penilaian Risiko.....	105
4. Manajemen Risiko.....	142
B. Pembahasan .....	145
1. Konsentrasi Logam Berat .....	149
2. Berat Badan .....	152
3. Laju Asupan .....	154
4. Frekuensi Paparan .....	155
5. Durasi Paparan .....	156
6. <i>Intake</i> .....	158
7. Karakteristik Risiko .....	159
8. Manajemen Risiko .....	165
9. Efek Logam Berat Terhadap Masyarakat .....	168
C. Keterbatasan Penelitian .....	170

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan.....	172
B. Saran.....	174

### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Uraian Langkah Identifikasi Bahaya .....	56
Tabel 2.2 Uraian Penjelasan Notasi .....	58
Tabel 2.3 Definisi Operasional .....	69
Tabel 2.4 Tabel Sintesa .....	72
Tabel 4.1 Distribusi Responden .....	104
Tabel 4.2 Sumber dan Pengolahan Air Minum .....	105
Tabel 4.3 Konsentrasi Logam Berat di Pulau Kodingareng Lompo .....	106
Tabel 4.4 Konsentrasi Logam Berat di Pulau Barrang Lompo .....	106
Tabel 4.5 Karakteristik Responden di Pulau Kodingareng Lompo .....	109
Tabel 4.6 Karakteristik Responden di Pulau Barrang Lompo .....	109
Tabel 4.7 <i>Intake Realtime</i> Non Karsinogenik .....	110
Tabel 4.8 <i>Intake Realtime</i> Karsinogenik.....	111
Tabel 4.9 <i>Risk Quotient (RQ) Realtime</i> .....	122
Tabel 4.10 <i>Excess Cancer Risk (ECR) Realtime</i> .....	123
Tabel 4.11 Tingkat Risiko Non Karsinogenik di Pulau Kodingareng .....	137
Tabel 4.12 Tingkat Risiko Non Karsinogenik di Pulau Barrang Lompo ..	138
Tabel 4.13 Tingkat Risiko Karsinogenik di Pulau Kodingareng .....	139
Tabel 4.14 Tingkat Risiko Karsinogenik di Pulau Barrang Lompo .....	140
Tabel 4.15 Penentuan Batas Aman Konsentrasi Efek Karsinogenik .....	143
Tabel 4.16 Penentuan Batas Aman Konsumsi Efek Karsinogenik.....	144

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Paradigma atau proses ' <i>risk analysis</i> ' .....	52
Gambar 2.2 Bagan Alir Penerapan ARKL.....	53
Gambar 2.3 Proses <i>Risk Assessment</i> .....	54
Gambar 2.4 Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.....	64
Gambar 2.5 Kerangka Konsep Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan...	67
Gambar 4.1 Titik Pengambilan Sampel di Pulau Kodingareng Lompo ..	102
Gambar 4.2 Titik Pengambilan Sampel di Pulau Barrang Lompo.....	103
Gambar 4.3 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> Cd 30 Tahun.....	112
Gambar 4.4 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> Pb 30 Tahun .....	113
Gambar 4.5 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> CrVi 30 Tahun .....	114
Gambar 4.6 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> Ni 30 Tahun .....	115
Gambar 4.7 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> Cd 70 Tahun.....	117
Gambar 4.8 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> Pb 70 Tahun .....	118
Gambar 4.9 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> CrVI 70 Tahun .....	119
Gambar 4.10 Proyeksi Nilai Mean <i>Intake</i> Ni 70 Tahun .....	120
Gambar 4.11 Proyeksi Nilai Mean <i>Risk Quotient</i> Cd 30 Tahun .....	125
Gambar 4.12 Proyeksi Nilai Mean <i>Risk Quotient</i> Pb 30 Tahun .....	126
Gambar 4.13 Proyeksi Nilai Mean <i>Risk Quotient</i> CrVI 30 Tahun.....	127
Gambar 4.14 Proyeksi Nilai Mean <i>Risk Quotient</i> Ni 30 Tahun.....	129
Gambar 4.15 Proyeksi Nilai Mean <i>Excess Cancer Risk</i> Cd 70 Tahun....	131
Gambar 4.16 Proyeksi Nilai Mean <i>Excess Cancer Risk</i> Pb 70 Tahun....	132
Gambar 4.17 Proyeksi Nilai Mean <i>Excess Cancer Risk</i> CrVI 70 Tahun .	134
Gambar 4.18 Proyeksi Nilai Mean <i>Excess Cancer Risk</i> Pb 70 Tahun....	135

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Lembar Penjelasan Penelitian
- Lampiran 2 : Lembar Persetujuan Menjadi Responden
- Lampiran 3 : Formulir Persetujuan Informan
- Lampiran 4 : Kuosioner Penelitian
- Lampiran 5 : Permohonan Izin Penelitian
- Lampiran 6 : Persetujuan Etik
- Lampiran 7 : Izin Penelitian
- Lampiran 8 : Hasil Laboratorium
- Lampiran 9 : Output Excel
- Lampiran 10 : Output SPSS
- Lampiran 11 : Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 12 : Biodata Peneliti



## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AMDAL	: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
ADKL	: Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan
BOD	: <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
BT	: Bujur Timur
BW	: <i>Body Weight</i>
Cd	: Cadmium (Kadmium)
CrVI	: Chromium (Kromium) Valensi 6
C	: <i>Concentration</i>
CalEPA	: <i>California Environmental Protection Agency</i>
Dt	: <i>Duration Time</i>
ED	: <i>Exposure Duration</i>
EF	: <i>Exposure Frequency</i>
ECR	: <i>Excess Cancer Risk</i>
ERA	: <i>Ecological Risk Assessment</i>
EHRA	: <i>Environmental Health Risk Assessment</i>
fE	: <i>Frecuency Of Exposure</i>
HRA	: <i>Health Risk Assessment</i>
ISPA	: Infeksi Saluran Pernafasan Atas
IPCS	: <i>International Programme on Chemical Safety</i>
IRIS	: <i>Integrated Risk Information System</i>
Kemendes RI	: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
NOAEL	: <i>No Observed Adverse Effect Level</i>
Ni	: Nickel (Nikel)
Pb	: Plumbum (Timbal)
Permenkes RI	: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
RfD	: <i>Reference dose</i>
RQ	: <i>Risk Quotient</i>

SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SSA	:	Spektrofotometri Serapan atom
$T_{Avg}$	:	<i>Time Average</i>
TDS	:	<i>Total Dissolved Solids</i>
TSS	:	<i>Total Suspended Solid</i>
US-EPA	:	<i>United State - Environmental Protection Agency</i>
WHO	:	<i>World Health Organization</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, yang fungsinya tidak akan digantikan oleh senyawa lainnya dan komponen utama, baik dalam tanaman maupun hewan termasuk manusia. Tubuh manusia terdiri dari 60-70% air. Air dipergunakan oleh manusia untuk kebutuhan, kebutuhan air yang paling utama sebagai air bersih dan air baku untuk diolah sebagai air minum. Air tanah merupakan sumber air yang digunakan untuk kebutuhan air bersih dan air baku yang diolah sebagai air minum dan harus memenuhi tingkat kualitas air sesuai dengan kebutuhan kadar didalam tubuh manusia (Ananda *et al.*, 2017). Air tanah selain dipengaruhi oleh kondisi geologi kualitasnya juga dapat dipengaruhi oleh jaraknya dengan laut. Semakin air tanah tersebut mendekati laut maka karakteristiknya menjadi payau hingga asin. Menurut (Febriarta *et al.*, 2018) air tanah pesisir yang karakteristiknya dominan payau mempunyai nilai hantar listrik yang relatif tinggi.

Kondisi air tanah pesisir saat ini mengalami penurunan kualitas yang disebabkan oleh pencemaran laut. Sumber pencemaran laut adalah sampah laut. Sampah laut (*marine debris*) sebagai benda padat *persistent*, diproduksi atau diproses oleh manusia. Dibuang atau ditinggalkan di dalam lingkungan laut, umumnya berasal dari aktivitas domestik masyarakat dan

diperkirakan sebesar 80% berasal dari daratan dan 20% sisanya berasal dari aktivitas kapal, kilang minyak lepas pantai. Sampah di pesisir dan lautan dapat menurunkan kualitas fisik lingkungan seperti tanah, air, sungai, pesisir dan air laut. Ketidakpedulian dan ketidakmampuan untuk mengatasi permasalahan dan pengelolaan sampah berakibat terjadinya degradasi kualitas lingkungan (NOAA, 2013 dalam Suryono, 2019).

Material antropogenik yang harus diwaspadai adalah logam berat, karena dapat tersebar secara temporal dan spasial yang bersumber dari sampah atau material-material yang masuk ke perairan pesisir mengalami transport oleh arus pasang surut, koagulasi dan sedimentasi, pengenceran, asosiasi dengan bahan organik sedimen, dan diserap oleh plankton (Yuliadi *et al.*, 2017) sehingga menimbulkan dampak pada ekosistem pesisir (Liang *et al.*, 2017)

Hasil penelitian Wu *et al* (2020) menunjukkan bahwa total 13 logam berat target di perairan pesisir di sepanjang garis pantai Cina menunjukkan variasi spasial yang drastis dengan konsentrasi rata-rata berkisar antara 14 pada Kadmium (Cd) hingga 136.26 pada tembaga (Cu)  $\mu\text{g/L}$ . Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang dominan dengan konsentrasi maksimal 1485.92  $\mu\text{g/L}$  dan memperoleh hasil evaluasi kasus terburuk untuk menggambarkan bahwa polusi berat terjadi di lebih dari 50% lokasi pengambilan sampel. Logam berat di perairan pesisir menimbulkan risiko kanker yang tinggi dan risiko non-kanker yang tidak dapat diterima baik untuk orang dewasa maupun anak-anak. Oleh karena itu, pengendalian

logam berat yang efektif diperlukan untuk keberlanjutan regional dan kesejahteraan penduduk di wilayah pesisir Cina.

Hasil penelitian Akbar (2014) di Makassar, Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa besar risiko lingkungan yang terjadi di wilayah pesisir Kota Makassar akibat paparan Kadmium (Cd) berkisar pada 0.1–1.0 dengan kategori risiko rendah. Kompleksnya aktivitas di perairan pesisir Kota Makassar dan sekitarnya, merupakan penyebab tercemarnya perairan pesisir Kota Makassar. Selain kadmium (Cd), logam kromium (VI) juga merupakan logam yang menjadi parameter bagi penentuan kualitas air suatu perairan karena toksitasnya. Hasil penelitian (Agustina, 2015) menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat kromium (VI) di semua titik sampling di Perairan Belawan berada di atas baku mutu yang diperkenankan.

Hasil penelitian oleh (Setiawan, 2014 )menunjukkan kandungan logam berat pada sedimen muara Sungai Tallo di Kota Makassar secara keseluruhan, kandungan logam berat Besi (Pb), Tembaga (Cu) dan Kadmium (Cd) pada sampel air di semua lokasi penelitian telah melebihi ambang batas. Keracunan Kadmium (Cd) kronis menyebabkan kerusakan pada fisiologis tubuh, yaitu ginjal, paru-paru, darah, jantung, kelenjar reproduksi, indera penciuman dan kerapuhan tulang. Kadmium (Cd) bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia karena dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal serta merusak lingkungan perairan. Logam berat lainnya yang bersifat toksik adalah Nikel (Ni). Meskipun dalam

jumlah kecil berat Nikel (Ni) dibutuhkan oleh tubuh, sifat toksiknya akan timbul bila dalam kadar yang relatif tinggi dan dapat membahayakan kesehatan manusia seperti kanker paru-paru, kanker pangkal tenggorokan, merusak fungsi ginjal, menyebabkan kegagalan respirasi, kelahiran cacat, asma, dan liver (Sari *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian Wahyuni (2018) diketahui bahwa ada keterkaitan antara konsentrasi logam berat dengan jarak sumur dari pinggir laut. Berarti semakin dekat jarak sumur dengan laut semakin tinggi konsentrasi logam berat dalam air sumur. Pencemaran air sumur tidak hanya berasal dari keberadaan dan jumlah sumber pencemar tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi fisik sumur gali itu sendiri, yang meliputi tinggi bibir sumur, dinding sumur, lantai sumur, saluran buangan, dan jarak sumur dengan sumber pencemar serta praktik penggunaan dan pemeliharaan sumur gali.

Pencemaran air diakibatkan karena semakin banyaknya aktivitas masyarakat maka tidak menutup kemungkinan juga akan bertambahnya kadar logam berat dalam air laut, logam berat yang kadarnya melebihi keadaan normal yang sudah ditentukan dan berakibat terhadap penurunan kualitas sumber daya dan dapat berakibat fatal pada kesehatan manusia itu sendiri. Permasalahan intrusi air laut sering menjadi salah satu permasalahan dikawasan pesisir dan tentunya akan berkaitan dengan masalah pencemaran air dan mengakibatkan menurunnya kualitas air tanah seperti air menjadi asin karena tingginya kadar garam. Intrusi air laut



merupakan fenomena meresapnya air laut kedalam air tanah baik secara alami ataupun buatan yang disebabkan oleh pengambilan air tanah untuk kebutuhan domestik dan sebagainya. Terakumulasinya polutan-polutan kesumber air seperti air tanah baik secara langsung maupun tak langsung akan menurunkan kualitasnya baik secara fisik, kimia maupun mikrobiologi (Malisan, 2011).

Namun, penelitian tentang logam berat pada air tanah di wilayah pesisir khususnya di Sulawesi Selatan masih terbatas, dengan tidak adanya penelitian tentang risiko logam berat dalam air tanah terhadap kesehatan manusia. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menilai dampak pajanan logam berat pada air minum yang dikonsumsi adalah dengan menggunakan metode analisis risiko kesehatan lingkungan. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan adalah proses analisis yang dilakukan untuk menghitung atau mengetahui risiko organisme tertentu atau populasi akibat pajanan oleh agent tertentu. Analisis risiko kesehatan lingkungan dibagi menjadi lima tahapan yaitu pertama tahap identifikasi bahaya (*hazard identification*), kedua tahap analisis dosis respon (*dose-response assessment*), ketiga tahap analisis pajanan (*exposure assessment*), keempat tahap karakteristik risiko (*risk characterization*), kelima tahap manajemen risiko (*risk management*) (Rahman, 2007).

Pulau Kodingareng Lompo dan Barrang Lompo merupakan gugus kepulauan spermonde yang memiliki jumlah penduduk yang padat dan berdasarkan studi sebelumnya oleh (Birawida *et al.*, 2018) menunjukkan

bahwa masyarakat Pulau Kodingareng Lompo 98,9% membuang sampah domestik ke laut sehingga dapat menimbulkan pencemaran air. Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan dengan observasi lingkungan dan wawancara terhadap dua warga sekitar dan kepala desa, masyarakat menggunakan air tanah sebagai kebutuhan pokok untuk mencuci, mandi, memasak dan minum. Oleh karena itu, data tersebut memperkuat peneliti untuk menganalisis besaran risiko kesehatan masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo yang mengonsumsi air minum yang mengandung logam berat.

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian yaitu, "Bagaimana tingkat risiko kesehatan masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo yang mengonsumsi air minum yang mengandung logam berat kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium valensi 6 (CrVI) dan nikel (Ni).

### **C. Tujuan Penelitian**

#### **1. Tujuan Umum**

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo yang mengonsumsi air minum yang mengandung logam berat kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium valensi 6 (CrVI) dan nikel (Ni).

## 2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui konsentrasi kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) VI dan nikel (Ni) pada air minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar
- b. Untuk mengetahui laju asupan (*intake*) kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) VI dan nikel (Ni) pada air minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar
- c. Untuk mengetahui karakteristik risiko akibat pajanan kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) VI dan nikel (Ni) pada air minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar
- d. Untuk mengetahui manajemen risiko akibat pajanan kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) VI dan nikel (Ni) pada air minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar

## **D. Manfaat Penelitian**

### 1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang karakteristik konsentrasi kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) VI dan nikel (Ni) pada air minum masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar dan tingkat risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh logam berat tersebut guna merumuskan upaya-upaya manajemen risiko dan komunikasi risiko sehingga efek yang merugikan

kesehatan masyarakat dapat ditekan.

## 2. Manfaat Institusi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi Pemerintah dan Masyarakat Daerah Pesisir dalam rangka peningkatan kualitas kesehatan. Selain itu. Dapat menjadi bahan referensi dan bahan bacaan yang diharapkan bermanfaat dalam menambah pengetahuan mahasiswa FKM Unhas.

## 3. Manfaat Praktis

Menambah wawasan dan pengalaman bagi pembaca. Selain itu penelitian ini merupakan salah satu syarat kelulusan di bagian departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

## 4. Manfaat Untuk Penulis

Hasil penelitian ini merupakan pengalaman berharga bagi peneliti dalam mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama mengikuti pendidikan serta memperluas wawasan pengetahuan tentang risiko kesehatan lingkungan akibat pencemaran logam berat pada sumber air

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum tentang Air**

Air merupakan sumber daya mutlak yang harus ada bagi kehidupan. Hal ini dibuktikan dengan keberadaan air dalam tubuh organisme. Air merupakan sumber daya yang terbatas, konsumsi air telah meningkat dua kali lipat dalam 50 tahun terakhir dan gagal mencegah terjadinya penurunan mutu air. Sekitar 1.8 milyar penduduk dunia tidak mempunyai akses ke air bersih (Wulandari *et al.*, 2015). Air dan kesehatan merupakan dua hal yang saling berhubungan. Kualitas air yang dikonsumsi masyarakat dapat menentukan derajat kesehatan masyarakat tersebut, khususnya air untuk minum dan makan. Air minum selain merupakan kebutuhan esensial, juga berpotensi sebagai media penularan penyakit, keracunan dan sebagainya. Sumber air baku air minum bisa berasal dari waduk, air hujan, air tanah dan lain sebagainya (Herlina, 2012)

Kualitas lingkungan yang baik, biasanya identik dengan tingkat kesehatan masyarakat di sekitar lingkungan tersebut. Ketersediaan sumber air bersih menjadi penentu baik atau buruknya kualitas lingkungan. Salah satu sumber air bersih yang masih banyak digunakan masyarakat adalah air sumur. Air sumur merupakan air tanah dangkal dengan kedalaman kurang dari 30 meter. Sementara sumur bor biasanya dibuat untuk mendapatkan air tanah dalam, dengan menggunakan bor dan memasukan pipa dengan

panjang mencapai 100-300 meter. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Sebagai batasannya air yang memenuhi syarat bagi sistem penyediaan air minum, dimana persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologis (Birawida, 2019). Menurut Rahmat (2014) air merupakan salah satu kebutuhan pokok semua makhluk hidup termasuk manusia dan besar pengaruhnya terhadap kehidupan makhluk hidup. Peran air dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Peranan air dalam kehidupan merupakan sumber daya alam yang perlu dijaga kualitas dan kuantitasnya agar tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan karena air menguasai hajat hidup orang banyak. Air dalam kehidupan sehari-hari memiliki peranan yang sangat penting karena digunakan untuk keperluan air minum, mandi, mencuci, memasak meliputi sektor pertanian, industri, dan perdagangan.
2. Peranan air terhadap penularan penyakit memiliki peranan yang sangat besar dalam penularan beberapa penyakit menular. Besarnya penularan air terhadap penularan penyakit disebabkan karena keadaan air itu sendiri yang memungkinkan dan sangat cocok sebagai tempat berkembang biak mikroba dan sebagai tempat tinggal sementara (perantara) sebelum mikroba berpindah kepada manusia.



Menurut Effendi (2003) dalam Wulandari (2015) air memiliki karakteristik yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia lain, karakter tersebut antara lain:

1. Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni  $0^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$ )- $100^{\circ}\text{C}$ , air berwujud cair.
2. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik.
3. Air memerlukan panas yang tinggi pada proses penguapan. Penguapan adalah proses perubahan air menjadi uap air.
4. Air merupakan pelarut yang baik.
5. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi.
6. Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku.

Bagi kehidupan makhluk hidup, air bukanlah merupakan hal yang baru, karena tidak satupun kehidupan di bumi ini dapat berlangsung tanpa air. Oleh sebab itu air dikatakan sebagai benda mutlak yang harus ada dalam kehidupan manusia. Sumber air menurut Sutrisno dan Suciastuti (2010) antara lain:

#### 1) Air Permukaan

Air permukaan mengalir dipermukaan bumi akan membentuk air permukaan. Air ini umumnya mendapat pengotoran selama pengalirannya. Pengotoran tersebut misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri, dan lain sebagainya. Dengan

adanya pengotoran ini menyebabkan kualitas air permukaan menjadi berbeda-beda. Pengotoran ini dapat secara fisik, kimia dan bakteriologi. Secara umum air permukaan dibagi menjadi air sungai dan air rawa atau danau.

## 2) Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang sangat penting dalam mencukupi kebutuhan manusia, baik untuk kebutuhan domestik maupun industri. Jika dibandingkan dengan sumber air lainnya, maka air tanah mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi karena biaya produksi yang rendah dan kualitas yang lebih baik. Meskipun demikian air tanah mempunyai kuantitas yang terbatas, karena tergantung pada geometri atau bentuk dan sebaran ekuifernya. Air tanah secara umum terbagi lagi menjadi;

### 1) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi akibat proses penyerapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian juga dengan bakteri, sehingga air tanah dangkal terlihat jernih tetapi banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam terlarut) karena melalui lapisan tanah yang memiliki unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah (Budon *et al.*, 2013) Air tanah dangkal banyak digunakan sebagai sumur penduduk seperti sumur gali. Sumur gali merupakan salah satu sumber penyediaan air bersih bagi masyarakat

di pedesaan, maupun perkotaan. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dengan permukaan tanah, oleh karena itu mudah terkena kontaminasi melalui rembesan yang berasal dari kotoran manusia, hewan, maupun untuk keperluan domestik rumah tangga. Sumur gali sebagai sumber air bersih harus ditunjang dengan syarat konstruksi, syarat lokasi untuk dibangunnya sebuah sumur gali, hal ini diperlukan agar kualitas air sumur gali aman sesuai dengan aturan yang ditetapkan. Kualitas air yang digunakan masyarakat harus memenuhi syarat kesehatan agar dapat terhindar dari berbagai penyakit maupun gangguan kesehatan yang disebabkan oleh air (Ramadita, 2014).

## 2) Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat pada lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam lebih sulit daripada air tanah dangkal. Suatu lapis rapat air biasanya didapatkan pada kedalaman 100-300m. Pada umumnya kualitas air tanah dalam lebih baik daripada air tanah dangkal, karena terjadi penyaringan yang lebih sempurna terutama untuk bakteri.

## 3) Air Atmosfer atau Air Hujan

Air atmosfer atau air hujan dalam keadaan murni, sangat bersih tetapi sering terjadi pengotoran karena industri, debu, dan lain sebagainya. Air atmosfer memiliki sifat agresif terutama mempercepat

terjadinya korosif. Air hujan juga memiliki sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun. Air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Air hujan merupakan penyubliman awan atau uap air menjadi air murni yang ketika turun dan melalui udara akan melarutkan benda-benda yang terdapat di udara.

#### 4) Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak terpengaruhi oleh musim dan kuantitas dan kualitas sama dengan air tanah dalam. Selain itu gaya gravitasi juga mempengaruhi aliran air tanah menuju ke laut. Tetapi dalam perjalanannya air tanah juga mengikuti lapisan geologi yang berkelok sesuai jalur akufer di mana air tanah alami yang pada umumnya berkualitas baik, maka mata air di jadikan pilihan sumber air bersih yang di cari-cari dan di perebutkan oleh penduduk kota (Wulan, 2016).

### **B. Tinjauan Umum tentang Air Minum**

Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 menyebutkan air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil. Peraturan Pemerintah tersebut juga menjelaskan bahwa air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan perikehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama

pembangunan. Berdasarkan definisi dan penjelasan mengenai air tersebut diketahui bahwa air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup. Dalam kehidupan sehari-hari, air dipergunakan antara lain untuk keperluan minum, mandi, memasak, mencuci, membersihkan rumah, pelarut obat, dan pembawa bahan buangan industri (Sutrisno, 2004).

Air bersih berupa air tawar mempunyai peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia antara lain untuk minum, mengolah makanan, mandi, energi, transportasi, pertanian, industri, dan rekreasi. Jumlah air yang terbatas dan semakin banyaknya manusia menyebabkan terjadinya krisis air bersih, kualitas air tawar yang ada pun semakin rusak. Perebutan penggunaan air bersih untuk berbagai penggunaan menyebabkan hilangnya akses yang layak terhadap air bersih bagi sebagian orang. Perilaku boros air bersih menyebabkan semakin banyak lagi orang yang kehilangan akses terhadap air bersih (Hapsari, 2015)

Sumber air merupakan salah satu komponen utama yang ada pada suatu sistem penyediaan air bersih, karena tanpa sumber air maka suatu sistem penyediaan air bersih tidak akan berfungsi. Macam-macam sumber air dapat di manfaatkan sebagai sumber air bersih antara lain air laut, air hujan, air permukaan (sungai, rawa, danau) dan air tanah yang salah satunya dengan sumur gali. Sumur gali adalah satu konstruksi sumur yang paling umum dan banyak digunakan untuk mengambil air tanah bagi masyarakat kecil dan

rumah-rumah perorangan sebagai air minum dengan kedalaman 7-10 meter dari permukaan tanah (Asmadi *et al.*, 2011).

Undang-undang No. 17 tahun 2019 tentang Sumber Daya Air mendefinisikan air tanah sebagai air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Perbedaan potensi kelembaban total dan kemiringan antara dua lokasi dalam lapisan tanah dapat menyebabkan gerakan air dalam tanah. Air bergerak dari tempat dengan potensi kelembaban tinggi ke tempat dengan potensi kelembaban yang lebih rendah (Asdak, 2010).

Standar Baku Mutu air adalah spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media air yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat. Air tanah biasanya digunakan untuk keperluan higiene sanitasi yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu air untuk keperluan higiene sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum. Menurut Suyono (2004), faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air tanah berupa iklim meliputi curah hujan, batuan/geologi yang membuat komposisi kimia air berubah pada tiap tempat, waktu air berada dalam tanah, tumbuhan pada wilayah tersebut serta faktor non alami seperti pembuangan limbah misalnya limbah industri, limbah rumah tangga dan sampah yang akan membuat air semakin tercemar.



### **C. Tinjauan Umum tentang Pencemaran Air**

Air bersih merupakan barang langka di pulau-pulau kecil, terutama yang penduduknya cukup padat untuk mendapatkan air bersih masyarakat umumnya menggali sumur dangkal, namun pada musim kemarau berubah menjadi asin dan pada pemukiman yang padat kualitasnya menurun dari tahun ke tahun kepadatan penduduk yang terus meningkat ini tetapi luas wilayah tetap, maka akan berkecendrungan memberikan dampak yang besar terhadap perubahan kualitas lingkungan, khususnya lingkungan perairan, baik air tanah, air permukaan maupun perairan laut (Herlambang, 2018)

Pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu akan menyebabkan air tidak dapat sesuai dengan peruntukannya. Penetapan baku mutu air dengan pendekatan golongan perlu disesuaikan dengan menerapkan pendekatan klasifikasi kualitas air (kelas air), sehingga dapat dihitung berapa beban zat pencemar yang diterima oleh air. Kualitas air yang baik akan sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah tersebut dengan kadar konsentrasi maksimum yang diperbolehkan (Faisal *et al.*, 2019)

Pencemaran terhadap lingkungan laut dan tanah memiliki potensi yang sama. Laut dijadikan persinggahan kapal-kapal besar dan membuang sisa pembakaran yang tidak terpakai lagi. Berbagai sampah dan tumpahan limbah minyak dari kapal bercampur dengan air laut dan sedimen yang pada akhirnya memberikan dampak yang buruk pada lingkungan pesisir dan keragaman

hayati. Air laut yang tercemar juga akan berpengaruh terhadap tanah dan air tanah yang disebabkan oleh intrusi air laut (Hasan *et al.*, 2013). Meningkatnya industri dengan pesat terutama industri yang banyak menggunakan pembakaran dan penggunaan bahan logam yang berada dekat dengan daerah pesisir serta meningkatnya urbanisasi ke daerah kota terutama daerah pesisir tanpa fasilitas penanganan limbah menambah peningkatan pencemaran di daerah pesisir dan laut serta berdampak pada menurunnya kualitas air laut. Laut juga banyak digunakan warga sebagai tempat pembuangan sampah baik sampah organik maupun sampah anorganik sehingga kualitas air laut kian hari kian menurun (Damaianto *et al.*, 2014)

Semakin banyaknya aktivitas masyarakat tersebut di perairan maka tidak menutup kemungkinan juga akan bertambahnya kadar logam berat dalam air laut. Logam berat terbagi atas dua jenis yakni logam berat esensial dan non esensial. Jenis yang pertama yakni logam berat esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup, namun beberapa di antaranya (dalam kadar tertentu) bersifat racun. Unsur ini di alam biasanya terdapat dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (terikat dengan zat padat) serta terdapat sebagai bentuk ionik (Hamzah *et al.*, 2013)

Menurut Malisan (2011) salah satu pencemar yang biasa ditemukan dalam laut adalah logam berat yang kadarnya melebihi keadaan normal yang sudah ditentukan, kelebihan logam berat ini biasanya diakibatkan karena tingginya aktivitas pembuangan limbah yang langsung mengarah ke laut dan

dapat membahayakan kelangsungan hidup biota laut, kenyamanan ekosistem laut serta berakibat terhadap penurunan kualitas sumber daya dan dapat berakibat fatal pada kesehatan manusia itu sendiri (Tahril, 2012). Logam berat dapat masuk ke perairan secara alami dengan peristiwa alam seperti pelapukan, erosi batuan dan tanah. Kehadiran logam berat pada perairan juga dapat berasal dari limpasan air perkotaan, air hujan, limbah rumah tangga, limbah industri, operasi pertambangan, deposisi atmosfer dan aktivitas pertanian (Govindasamy *et al.*, 2011)

Persisten laut memiliki potensi yang amat banyak, sumber daya yang terkandung didalamnya yang berlimpah, Indonesia sendiri yang dikenal sebagai Negara kepulauan belum mampu menjadikan laut sebagai penopang dalam memajukan kesejahteraan warganya, ini disebabkan karena kurangnya pengetahuan warga khususnya yang tinggal di wilayah pesisir dalam memanfaatkan perairan laut. Namun sebaliknya laut dan daerah pesisir kadang mengalami pencemaran diakibatkan eksploitasi yang berlebihan dan kurangnya fasilitas pemerintah dalam menjaga kelestariannya (Supriadi, 2016).

Kualitas air tanah dangkal semakin menurun disebabkan oleh intrusi air laut, dimana air menjadi asin karena tingginya kadar garam. Intrusi air laut merupakan fenomena meresapnya air laut kedalam air tanah baik secara alami ataupun buatan yang disebabkan oleh pengambilan air tanah untuk kebutuhan domestik dan sebagainya. Pada kondisi alami, air tanah akan mengalir secara

terus-menerus ke laut akibat berat jenis air laut yang lebih besar dari air tawar berat jenis air laut yang lebih besar daripada air tawar akan menyebabkan air laut mudah untuk mendesak air tanah (Putri *et al.*, 2016). Permasalahan intrusi air laut sering menjadi salah satu permasalahan dikawasan pesisir dan tentunya akan berkaitan dengan masalah air bersih. Intrusi air laut dapat menyebabkan dampak yang sangat luas dalam berbagai aspek kehidupan, seperti gangguan kesehatan, penurunan kesuburan tanah, kerusakan bangunan dan lain sebagainya (Widada, 2007).

Daerah padat penduduk (kumuh) juga memberikan kontribusi lebih besar untuk menimbulkan pencemaran air tanah khususnya air tanah dangkal akibat kurang tersedianya lahan untuk pembuatan *septic tank*, mengakibatkan polutan akan mengalir bersama-sama air hujan masuk ke badan-badan perairan. Terakumulasinya polutan-polutan ke air tanah baik secara langsung maupun tak langsung akan menurunkan kualitas air tanah baik secara fisik, kimia maupun mikrobiologi (Sundra, 2012).

Terakumulasinya polutan-polutan ke air tanah baik secara langsung maupun tak langsung akan menurunkan kualitas air tanah baik secara fisik, kimia maupun mikrobiologi. Secara alami air tanah memiliki daya dukung (*carying capacity*) untuk memurnikan sendiri (*self furification*), terutama air tanah dalam yaitu melalui filtrasi pori tanah maupun akar-akar tanaman. Akan tetapi jika polutan dalam volume banyak atau memiliki dosis tinggi seperti limbah B3 (bahan berbahaya beracun) ataupun logam berat maka akan

melampaui daya dukung yang dimiliki perairan tersebut. Jika penurunan kualitas air tersebut melampaui ambang batas baku mutu yang ditetapkan sesuai dengan peruntukannya, maka air tersebut dikatakan tercemar (Sundra, 2012).

#### **D. Tinjauan Umum tentang Uji Kualitas Air**

Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi, atau kenampakan (bau dan warna) (Wulandari *et al.*, 2015)

##### **a. Kualitas Fisik**

Parameter fisik, yaitu parameter yang dapat diidentifikasi dari kondisi fisik air. Contohnya, warna, bau, kekeruhan, temperatur, TDS (*Total Dissolved Solids*), dan TSS (*Total Suspended Solid*).

##### **1) Tidak berwarna**

Air untuk keperluan rumah tangga harus jernih. Air yang berwarna berarti mengandung bahan-bahan lain yang berbahaya bagi kesehatan, artinya sebaiknya air minum tidak berwarna untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan tanin dan asam humat atau zat organik, sehingga bila terbentuk bersama klor dapat membentuk senyawa kloroform yang beracun, sehingga berdampak terhadap kesehatan pengguna air.

## 2) Tidak berbau

Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan organik yang sedang mengalami penguraian oleh mikroorganisme air.

## 3) Rasanya tawar

Secara fisika, air bisa dirasakan oleh lidah. Air yang terasa asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik. Rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik. Air dengan rasa yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang membahayakan kesehatan, seperti rasa logam.

## 4) Kekeruhan

Air yang berkualitas harus memenuhi persyaratan fisik seperti jernih atau tidak keruh. Air yang keruh disebabkan mengandung partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan kotor. Untuk standar air bersih ditetapkan oleh Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV2010, yaitu kekeruhan yang dianjurkan maksimum 5 NTU. Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat organik, maupun anorganik. Zat anorganik biasanya berasal dari lapukan tanaman atau hewan, dan buangan industri juga berdampak terhadap kekeruhan air, sedangkan zat organik

dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung pembiakkannya dan dapat tersuspensi dan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit didisinfeksi karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut, sehingga berdampak terhadap kesehatan, bila mikroba terlindung menjadi patogen

#### b. Kualitas Kimia

Kualitas air tergolong baik bila memenuhi persyaratan kimia sebagai berikut (Adhani, 2017):

##### 1.) pH netral

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa sesuatu larutan, pH air biasanya dimanfaatkan untuk menentukan indeks pencemaran dengan melihat tingkat keasaman atau kebasaan air yang dikaji, terutama oksidasi sulfur dan nitrogen pada proses pengasaman dan oksidasi kalsium pada proses pembasaan. Angka indeks yang umum digunakan mempunyai kisaran antara 0 hingga 14 dan merupakan angka logaritmik negatif dari konsentrasi ion *hydrogen* di dalam air. Angka pH 7 adalah netral, sedangkan angka pH lebih besar dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat basa dan terjadi ketika ion-ion karbon dominan. Sedangkan pH lebih kecil dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat asam.

2.) Tidak mengandung bahan kimia yang beracun

Air yang berkualitas baik tidak mengandung bahan kimia beracun seperti sianida sulfida, fenolik.

3.) Tidak mengandung garam-garam atau ion-ion logam

Logam berat (*heavy metals*) atau logam toksik (*toxic metals*) adalah terminologi yang umumnya digunakan untuk menjelaskan sekelompok elemen logam yang kebanyakan tergolong berbahaya bila masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat yang terdapat baik di lingkungan maupun di dalam tubuh manusia dalam konsentrasi yang sangat rendah disebut juga sebagai *trace metals*.

*Trace metals* seperti kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg) mempunyai berat jenis sedikitnya lima kali lebih besar daripada air. Logam-logam berat yang sering dijumpai dalam lingkungan perairan yang tercemar limbah industri adalah merkuri atau air merkuri (Hg), nikel (Ni), kromium (Cr), kadmium (Cd), arsen (As), dan timbal (Pb). Air minum yang baik dan layak konsumsi tentunya bebas dari kontaminan salah satunya adalah logam berat. Adanya logam berat dalam air minum dapat berdampak pada kesehatan baik secara langsung ataupun tidak langsung. Logam berat yang tidak bisa terurai dalam tubuh akan terakumulasi dan dalam jangka waktu yang lama akan berjumlah lebih banyak. Apabila kadar logam berat dalam tubuh berjumlah besar akan berdampak pada kesehatan. Meskipun banyak logam dapat



mengakibatkan keracunan dalam tubuh, akan tetapi dalam jumlah yang sangat sedikit logam berat tersebut juga diperlukan oleh tubuh.

Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Air yang berkualitas baik tidak mengandung garam atau ion-ion logam:

a.) Kadmium (Cd)

i. Karakteristik Logam Kadmium

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfit). Kadmium membentuk  $Cd^{2+}$  yang bersifat tidak stabil. Cd memiliki nomor atom 48, berat atom 112.4, titik leleh  $321^{\circ}C$ , titik didih  $767^{\circ}C$  dan memiliki masa jenis  $8,65 \text{ g/cm}^3$  (Widowati *et al.*, 2008). Kadar Cd pada perairan alami berkisar antara 0.29-0.55 ppb dengan rata-rata 0.42 ppb. Logam Cd di air umumnya ditemukan dalam bentuk divalen ion Cd (II). Kadmium akan berbentuk senyawa klorida ( $CdCl_2$ ) pada air laut dan pada air tawar akan berbentuk karbonat ( $CdCO_3$ ) (Darmono, 2008).

## ii. Sumber dan Kegunaan Kadmium

Secara global sumber utama Cd adalah dari deposisi atmosferik, proses *smelting* dan *refining* dari logam non ferrous, proses industri terkait produksi bahan kimia dan metalurgi, serta air buangan limbah domestik. Hanya 15% saja dari deposisi atmosferi yang berasal dari sumber-sumber alamiah. Diperkirakan 1.000 ton Cd dilepaskan per tahun ke atmosfer dari smelters dan pabrik-pabrik yang mengolah Cd. Pelepasan Cd ke dalam perairan alamiah sebagian besar berasal dari industri galvanik, sumber lain polusi Cd adalah industri baterai, pupuk dan fungisida yang mengandung Cd dan Zn juga merupakan sumber potensial polusi kedua logam ini (Zusfahair *et al.*, 2020).

## iii. Metabolisme Kadmium dalam Tubuh

Kadmium dapat masuk melalui jalur inhalasi dari polutan udara yang dihasilkan oleh aktivitas industri seperti proses pengelasan dan pemurnian logam. Kadmium juga dapat masuk melalui jalur oral yaitu melalui makanan yang tercemar Cd. Kadmium merupakan senyawa yang persisten di lingkungan dengan waktu paruh 30-40 tahun (Irianti *et al.*, 2017). Kadmium ditransportasikan dalam darah yang berikatan dengan sel darah merah dan protein berat molekul tinggi dalam plasma, khususnya oleh albumin. Sebagian kecil kadmium dalam darah mungkin

ditransportasikan oleh metalotionin. Kadar kadmium dalam darah pada orang dewasa yang terpapar kadmium secara berlebihan biasanya 1 µg/dL. Absorpsi kadmium gastrointestinal lebih rendah dibandingkan absorpsi melalui respirasi, yaitu sekitar 5-85%. Absorpsi kadmium akan meningkat apabila terjadi defisiensi Ca, Fe, dan rendah protein di dalam makanan. Defisiensi Ca dalam makanan akan merangsang sintesis ikatan Ca-protein sehingga akan meningkatkan absorpsi kadmium, sedangkan kecukupan Zn dalam makanan bisa menurunkan absorpsi kadmium. Hal tersebut diduga karena Zn merangsang produksi metalotionin (Widowati *et al.*, 2008).

#### iv. Toksisitas Kadmium

Kadmium sangat membahayakan kesehatan karena pengaruh racun akut dari unsur tersebut sangat buruk dapat mempengaruhi sistem saraf dan sistem ginjal manusia. Keracunan kadmium bersifat akut dan kronis. Sistem tubuh yang dapat dirusaknya adalah ginjal, paru-paru, kekurangan darah, kerapuhan tulang, mempengaruhi sistem reproduksi dan organorgannya serta logam kadmium diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia (Irianti *et al.*, 2017).

Keracunan akut muncul setelah 4-10 jam sejak penderita 12 terpapar oleh Cd. Keracunan Cd bisa menimbulkan penyakit paru-paru akut. Paparan Cd secara akut dapat menyebabkan kehilangan nafsu makan, daya tahan tubuh lemah, kerusakan hepar dan ginjal, kanker, sakit kepala, kedinginan hingga menggigil, nyeri otot dan diare bahkan bisa menyebabkan kematian (Widowati *et al.*, 2008). Kadmium (Cd) adalah logam yang berwarna putih keperakan, lunak dan tahan korosi. Oleh karena sifat-sifatnya, Kadmium (Cd) didapat pada limbah berbagai jenis pertambangan logam yang tercampur Cd seperti Pb, dan Zn. Dengan demikian, Cd dapat ditemukan di dalam perairan baik di dalam sedimen maupun di dalam penyediaan air minum.

#### b) Timbal (Pb)

##### i. Karakteristik Logam Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya adalah plumbum (Pb). Timbal merupakan logam yang mempunyai empat bentuk isotop, berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327.5°C dan titik didih pada 1740°C di atmosfer. Timbal termasuk ke dalam kelompok logam berat golongan IVA di dalam Sistem Periodik Unsur kimia. Timbal mempunyai nomor atom 82

dengan berat atom 207,2 berbentuk padat pada suhu kamar dan memiliki berat jenis sebesar 11,4/l. Timbal jarang ditemukan di alam dalam keadaan bebas, melainkan dalam bentuk senyawa dengan molekul lain, misalnya dalam bentuk  $PbBr^2$  dan  $PbCl^2$  (Gusnita, 2012).

Timbal mempunyai sifat persisten dan toksik serta dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Raharjo *et al.*, 2018).

## ii. Sumber, Kegunaan dan Polusi Timbal

Timbal secara alamiah terdapat dalam jumlah kecil pada batu-batuan, penguapan lava, tanah dan tumbuhan. Timbal komersial dihasilkan melalui penambangan, peleburan, pengilangan dan pengolahan ulang sekunder (Darmono, 2008). Sumber alternatif yang tergolong besar adalah pembakaran batu bara, asap dari pabrik-pabrik yang mengolah senyawa timbal alkil, timbal oksida, peleburan biji timbal dan transfer bahan bakar kendaraan bermotor, karena senyawa timbal alkil yang terdapat dalam bahan bakar tersebut dengan sangat mudah menguap

(Adhani, 2017). Kontribusi pencemaran timbal terbesar berasal dari emisi gas buangan kendaraan bermotor, industri, pembangkit listrik dan kegiatan rumah tangga (Hasbiah *et al.*, 2016). Bahan-bahan mengandung timbal seperti baterai, pipa, plastik dan cat apabila dibuang ke lingkungan menjadi sumber utama pencemaran timbal di tanah dan air.

Timbal yang masuk kedalam perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia di antaranya adalah air buangan limbah dari industri yang berkaitan dengan timbal, air buangan yang dari pertambangan biji timah hitam, buangan sisa industri baterai dan bahan bakar angkutan air. Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan sehingga menyebabkan pencemaran (Jallus *et al.*, 2008).

Timbal dapat masuk keperairan melalui aktivitas manusia salah satunya dari pembuangan limbah dari industri yang mengandung logam. Kandungan timbal (Pb) yang terdapat pada perairan pantai dan daerah perikanan kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang menurut penelitian Puspita (2012), berkisar antara 7.81–2.88 ppm. Timbal (Pb) yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb. Adanya kandungan logam berat timbal (Pb)

di perairan dapat membahayakan biota perairan. Pencemaran logam berat timbal (Pb) yang terjadi di perairan dimungkinkan terserap oleh kerang dan membahayakan kesehatan manusia apabila dikonsumsi. Salah satu upaya untuk menurunkan kandungan logam berat timbal (Pb) menggunakan bahan yang bersifat asam yaitu jeruk (Hilmi, 2017).

### iii. Metabolisme Timbal (Pb) dalam Tubuh

Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pencernaan, saluran pernafasan, dan dermal. Absorpsi timbal melalui saluran pencernaan hanya 5-10% sedangkan jalur pemajanan terbesar dengan tingkat absorpsi mencapai 40% pada saluran pernafasan. Penyerapan melalui kulit dapat terjadi karena senyawa timbal dapat larut dalam minyak dan lemak. Timbal yang telah masuk ke dalam tubuh akan didistribusi ke dalam darah sebesar 95% yang terikat pada sel darah merah, dan sisanya terikat pada plasma darah. Sebagian timbal disimpan pada jaringan lunak dan tulang. Eksresi terutama melalui ginjal dan saluran pencernaan (Irianti *et al.*, 2017).

### v. Toksisitas Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Dalam bumi terkandung sekitar 13 ppm, dalam tanah antara 2.6-25 ppm, di perairan sekitar

3 mg/L dan dalam air tanah jumlahnya kurang dari 0.1 ppm. Tingkat potensi toksisitas timbal terhadap makhluk hidup dan aktivitas mikroorganisme termasuk ekstrem toksik sama halnya dengan Hg (Ernawan, 2010)

Efek yang dapat ditimbulkan oleh logam timbal di dalam tubuh manusia, Pada sistem syaraf dapat menimbulkan kerusakan otak. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan otak sebagai akibat dari keracunan timbal adalah epilepsi, halusinasi, keracunan pada otak besar, dan delirium yaitu jenis penyakit gula. Timbal yang larut dalam darah akan berpindah ke ginjal sehingga menyebabkan kerusakan pada ginjal. Pada sistem gastrointestinal, gejala-gejala yang muncul berupa diare, sembelit, kurangnya nafsu makan serta gangguan epigastrik setelah makan. Kecenderungan untuk munculnya gejala lebih parah pada bagian perut kolik terus menerus dan sembelit yang lebih parah apabila kadar timbal dalam darah melebihi 100  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  (Sudarwin, 2008).

c) Kromium (Cr) VI

i. Karakteristik Logam Kromium (Cr)

Kromium (Cr) adalah metal kelabu yang keras. Kromium (Cr) didapatkan pada industri gelas, metal, fotografi, dan elektroplating. Kromium memiliki senyawa yang sangat iritan dan



korosif, menimbulkan ulcus yang dalam pada kulit dan selaput lendir. Inhalasi kromium (Cr) dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung. Di dalam paru-paru, kromium (Cr) ini dapat menimbulkan kanker (Said, 2018).

Salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan jika terkandung dalam air adalah kromium CrVI bersifat karsinogenik bagi tubuh (Jacobs *et al.*, 2004). Kromium (Cr) VI dapat masuk ke badan perairan dengan dua cara, yaitu cara alamiah dan nonalamiah. Masuknya kromium (Cr) secara alamiah seperti erosi atau pengikisan pada batuan mineral dan debu-debu atau partikel Kromium (Cr) yang ada di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Masuknya kromium (Cr) secara non alamiah lebih berkaitan dengan aktifitas manusia seperti buangan limbah industri dan rumah tangga ke badan air (Andini, 2017).

## ii. Sumber, Kegunaan dan Polusi Kromium (Cr)

Logam Kromium (Cr) yang masuk ke lingkungan dapat berasal dari berbagai sumber, tetapi sumber umum yang diduga paling banyak berpengaruh yaitu dari aktivitas industri, pertambangan, kegiatan rumah tangga dan zat sisa pembakaran serta mobilitas bahan bakar. Akibat dampak buruk yang diakibatkan oleh kromium (Cr) VI maka pemerintah mengeluarkan PP No. 82 tahun 2001 dan Permenkes No. 416/MENKES/PER/ IX/

1990 mengenai kadar maksimum kromium valensi 6 atau CrVI untuk keperluan air baku air minum dan sebesar 0,05 mg/L (Andini, 2017).

Kromium (Cr) adalah salah satu pencemar lingkungan utama yang berasal dari limbah industri dan penyamakan kulit. Kromium (Cr) dianggap sebagai polutan utama oleh *United States Environmental Protection Agency (US-EPA)* karena stabil dalam larutan air dan karenanya tinggi dalam mobilitas di lingkungan yang berbeda. Kromium (Cr) adalah unsur logam dalam tabel periodik. Dia tidak berbau dan tidak berasa, ditemukan di bebatuan, tanaman, tanah, dan debu vulkanik, manusia dan hewan dan ada di lingkungan paling umum sebagai trivalen kromium (Cr) III, kromium heksavalen atau kromium valensi 6 (Cr) VI dan logam kromium. Kromium (Cr) III umumnya terkandung dalam banyak sayuran, buah-buahan, daging, biji-bijian dan ragi. Proses industri umumnya menghasilkan kromium (Cr) VI dan kromium (Cr). Sumber utama kromium (Cr) VI dalam air minum adalah pembuangan dari baja dan pulp, dan erosi deposit alami kromium (Cr) III dalam berbagai tempat, senyawa kromium telah tersebar ke lingkungan melalui kebocoran, miskin penyimpanan atau praktik pembuangan yang tidak tepat. Senyawa kromium sangat persisten dalam air dan sedimen (Liang *et al.*, 2017)

### iii. Metabolisme Kromium (Cr) VI dalam Tubuh

Paparan jumlah yang lebih tinggi dari senyawa kromium pada manusia dapat menyebabkan penghambatan eritrosit glutathione reduktase, yang pada gilirannya menurunkan kapasitas untuk mengurangi methemoglobin dengan hemoglobin . Hasil yang diperoleh dari berbagai *invitro* dan *invivo* percobaan telah menunjukkan bahwa senyawa kromat dapat menyebabkan kerusakan DNA dalam berbagai cara dan dapat menyebabkan pembentukan adduct DNA, penyimpangan kromosom, pertukaran kromatit, perubahan dalam replikasi dan transkripsi dari DNA (O'Brien *et al.*, 2001).

### vi. Toksisitas Kromium (Cr) VI

Pencemaran kromium berasal dari buangan industri-industri pelapisan krom, pabrik tekstil, pabrik cat, penyamakan kulit, pabrik tinta dan pengilangan minyak. Hal tersebut berasal dari natrium kromat dan natrium dikromat yang merupakan spesies kromium (VI) bersifat toksik sebagai bahan pokok untuk memproduksi bahan kimia krom, seperti bahan pewarna krom, garam-garam krom yang dipergunakan penyamakan kulit, pengawetan kayu, bahan anti korosif pada peralatan otomotif, ketel dan pengeboran minyak. Keterangan ini menunjukkan perlu adanya upaya mengurangi sifat tokisisitas kromium (VI) tersebut

dengan cara mengadsorpsi atau mendegradasinya. Beberapa literatur hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat toksik logam berat kromium (VI) jauh lebih toksik dibandingkan krom (III). Dalam SK Menteri Negara LH yang bernomor Kep 03/MENKLH/11/1991 disebutkan bahwa kadar maksimum krom total yang diperbolehkan dalam perairan adalah 0,1 ppm sedang kadar kromium (VI) 0,05 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jumlah yang lebih sedikit keberadaan kromium (VI) telah dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan.

Air sumur pada umumnya digunakan masyarakat sekitar untuk keperluan sehari-hari dalam berbagai aktivitas baik untuk minum, mencuci, mandi dan lain sebagainya. Apabila air sumur yang dikonsumsi setiap harinya tercemar logam berat Kromium (Cr) VI, maka akan mengakibatkan pengendapan kromium (Cr) VI dalam tanah dan diserap oleh tanaman dan ternak disekitar sumber air, selanjutnya kromium (Cr) VI akan terakumulasi di dalam tanaman dan ternak. Makanan yang berasal tanaman dan ternak yang mengandung endapan kromium (Cr) VI, jika dikonsumsi oleh manusia akan mengendap dalam tubuh. Hal ini bisa menyebabkan penyakit kanker karena sifat kromium Cr (VI) yang terlarut dalam air bersifat karsinogenik (Jacobs *et al.*, 2004).

d) Nikel (Ni)

i. Karakteristik Logam Nikel (Ni)

Nikel adalah logam dengan nomor atom 28 dan massa atom 58,69. Pada SPU terletak pada periode 4, golongan VIII B. Wujud logam ini yaitu berwarna putih perak yang keras, bersifat liat, dapat ditempa dan sangat kokoh. Nikel melebur pada 1455°C, dan bersifat sedikit magnetis (Kadem, 2004).

Nikel (Ni) dapat mencemari lingkungan perairan, hal ini berasal dari aktifitas manusia seperti pencucian dinding kapal, buangan industri, dan lain sebagainya. Nikel dapat terdapat sebagai unsur bebas juga sebagai senyawa dimana Nikel (Ni) valensi II dan III. Nikel (Ni) dapat menyebabkan kanker walaupun dalam jumlah kecil (Wali *et al.*, 2020).

ii. Sumber, Kegunaan dan Polusi Nikel (Ni)

Sekitar 65% nikel digunakan untuk membuat stainless steel dan memiliki komposisi sebagian besar besi, 18% kromium, dan 8% nikel, 12% dari semua nikel digunakan sebagai elemen paduan super. Sisa 23% antara lain digunakan sebagai paduan baja, baterai isi ulang, katalis dan bahan kimia lainnya, mata uang logam, produk pengecoran, dan plating. Nikel mudah dibentuk dan bisa ditarik menjadi kawat. Logam ini tahan korosi bahkan pada

suhu tinggi sehingga banyak digunakan pada turbin gas dan mesin roket (Wali *et al.*, 2020).

Nikel dapat mencemari lingkungan perairan, hal ini berasal dari aktifitas manusia seperti pencucian dinding kapal, buangan industri, dan lain sebagainya. Nikel dapat terdapat sebagai unsur bebas juga 132 Logam Berat Sekitar Manusia sebagai senyawa dimana nikel valensi II dan III. Nikel dapat menyebabkan kanker walaupun dalam jumlah kecil (Yang *et al.*, 2005).

#### iii. Metabolisme Nikel (Ni) dalam Tubuh Manusia

Manusia dapat terpapar nikel melalui udara, air minum, makanan atau rokok. Kontak kulit dengan tanah atau air yang terkontaminasi juga dapat mengakibatkan paparan nikel. Dalam jumlah kecil, nikel merupakan unsur penting, tetapi ketika berada dalam konsentrasi terlalu tinggi akan membahayakan kesehatan manusia (R. Adhani, 2018)

#### iv. Toksisitas Nikel (Ni)

Paparan nikel dalam jumlah besar akan memiliki konsekuensi mengalami kemungkinan lebih tinggi mengalami kanker paru-paru, kanker hidung, kanker laring, kanker prostat, sakit kepala dan pusing setelah terpapar gas nikel, emboli paru, kegagalan pernapasan, janin lahir cacat dan gangguan jantung (R. Adhani, 2018).

### **E. Tinjauan Umum tentang Kepulauan Spermonde**

Kepulauan Spermonde adalah rangkaian pulau-pulau kecil yang ada disekitar kota Makassar. Pulau-pulau berpenghuni yang termasuk dalam gugusan pulau ini adalah Pulau Samalona, Pulau Kodingareng Keke, Pulau Lanjukang, Pulau Kodingareng Lompo, Pulau Langkai, Pulau Lumu-Lumu, Pulau Bonetambung, Pulau Barrang Lompo, Pulau Barrang Caddi, Pulau Kayangan, Pulau Lae-Lae dan Pulau Gusung (Birawida, 2021).

Kepulauan Spermonde terletak di bagian selatan Selat Makassar, yaitu di bagian pesisir barat daya Pulau Sulawesi. Gugusan pulau ini terbentang dari utara ke selatan sejajar dengan pantai daratan Pulau Sulawesi. Kepulauan Spermonde dibagi menjadi IV zona. Zona pertama yaitu zona bagian dalam yang dekat dengan pantai Pulau Sulawesi, yang memiliki kedalaman laut 10m yang didominasi oleh pasir berlumpur. Zona kedua yaitu zona yang berjarak kurang lebih 5km dari daratan Pulau Sulawesi, memiliki kedalaman laut 30m dan banyak terdapat pulau karang. Zona ketiga yaitu zona yang berjarak mulai dari 12.5km dari daratan Pulau Sulawesi, memiliki kedalaman laut 20-50 m. Zona ketiga ini banyak dijumpai terumbu karang. Zona keempat yaitu zona terluar yang berjarak 30 km dari daratan Pulau Sulawesi dan merupakan zona terumbu karang. Kedalaman laut pulau-pulau ini adalah 40-50 meter di sisi timur dan kedalaman laut lebih dari 100 meter di sisi barat. Pulau terluar dari wilayah Kota Makassar adalah Pulau Lanjukang dan Pulau Langkai yang memiliki jarak lebih dari 20 mil dari Makassar.

Pulau-pulau yang memiliki jarak dekat yaitu berjarak kurang dari 1 mil adalah Pulau Lae-Lae, Pulau Gusung, dan Pulau Kayangan. Pulau yang berpenduduk padat adalah Pulau Lae-Lae, Pulau Kodingareng Lompo, Pulau Bonetambung, Pulau Barrang Lompo, Pulau Lumu-Lumu, dan Pulau Langkai (Birawida, 2021). Batas geografis Kepulauan Spermonde adalah pulau-pulau yang terletak di sebelah barat Sulawesi Selatan. Mulai dari pulau-pulau yang berada di Kabupaten Takalar sebagai batas selatan hingga pulau-pulau yang berada di Kabupaten Polmas sebagai batas utara, sehingga terdiri dari 8 kabupaten secara administrasi. Bentuk pulau-pulau yang ada di Kepulauan Spermonde sangat bervariasi. Bentuk pulau-pulau lebih banyak membentang dari utara ke selatan karena adanya pengaruh arus Selat Makassar sehingga umumnya terumbu karang lebih luas pada bagian barat dan selatan daripada bagian timur dan utara pulau.

Pulau Kodingareng adalah salah satu pulau dalam gugusan kepulauan spermonde yang ada di Kota Makassar yang terdiri atas pulau Kodingareng Keke dan Kodingareng Lompo. Pulau Kodingareng Keke adalah pulau yang tidak berpenghuni, sementara pulau Kodingareng Lompo adalah pulau yang memiliki jumlah penduduk yang padat, yaitu berjumlah 4.590 jiwa terdiri dari laki-laki 2316 jiwa dan perempuan 2.274 jiwa yang terdiri atas 1081 KK dengan luas wilayah daratan 14 Ha. 92% penduduk di pulau ini bekerja sebagai nelayan dan pedagang. Jika dibandingkan dengan pulau lain, Pulau kodingareng Lompo memiliki fasilitas yang cukup maju, terdapat instalasi listrik



dengan generator dan panel tenaga surya yang beroperasi selama 24 jam (Gani, 2020).

Pulau Barrang Lompo adalah salah satu pulau di kawasan Kepulauan Spermonde, memiliki jumlah penduduk sekitar 5.364 jiwa terdiri dari laki-laki 2646 jiwa dan perempuan 2.718 jiwa yang terdiri atas 1.324 KK sehingga kebutuhan air untuk keperluan sanitasi dan air minum juga sangat banyak (Syamsir, 2019). Selama ini, kebutuhan air bersih penduduk Pulau Barrang Lompo dipenuhi melalui sumur gali, sumur bor, dan Usaha Penyediaan Air Bersih. Jarak pulau tersebut dari Ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan (Makassar) yaitu 12 km, yang dapat ditempuh dalam waktu  $\pm$  45 menit dengan menggunakan perahu motor. Pulau Barrang Lompo terletak di sebelah barat Kota Makassar. Secara administrasi, Kelurahan Barrang Lompo memiliki luas wilayah sekitar 0,49 km<sup>2</sup> atau 4900 Ha. Sistem administrasi pemerintahan Kelurahan Barrang Lompo dibagi menjadi 2 lingkungan, 4 Rukun Warga (RW) dan 21 Rukun Tetangga (RT) (BPS 2009 dalam Selintung, 2013).

#### **F. Tinjauan Umum tentang Permasalahan Pesisir dan Kepulauan**

Zona pesisir banyak menerima beban masukan bahan antropogenik yang berasal dari berbagai sumber, diantaranya buangan limbah industri, pertambangan, rumah tangga dan limbah pertanian (Bayram *et al.*, 2013) yang selanjutnya akan memasuki perairan pesisir dan laut melalui limpasan air hujan, aliran sungai dan runoff dari daratan. Diperkirakan sekitar 450 mega ton/tahun bahan cemar organik berasal dari limbah domestik, pupuk, pestisida,

bahan organik sintesis, produksi kimiawi dan terjadinya tumpahan minyak yang dibuang ke pesisir dan laut di seluruh dunia. merupakan sumber utama pencemaran logam berat. Dalam banyak kasus, logam berat terdapat secara alami dalam badan air, pada tingkat dibawah ambang batas beracun, namun sifat logam yang tidak dapat didegradasi walaupun dalam konsentrasi rendah, masih memungkinkan menimbulkan risiko kerusakan melalui penyerapan dan bioakumulasi oleh organisme. Kadar logam berat yang meningkat di perairan dapat menjadi racun bagi organisme (Agustina, 2010).

Sanitasi adalah upaya pengendalian semua faktor lingkungan fisik manusia, yang mungkin menimbulkan atau dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan bagi perkembangan fisik, kesehatan dan daya tahan hidup manusia. Kepemilikan dan penggunaan fasilitas tempat buang air besar merupakan salah satu isu penting dalam menentukan kualitas sanitasi. Namun pada kenyataannya, dari Data Susenas (2009) menunjukkan hampir 49% rakyat Indonesia belum memiliki akses jamban. Ini berarti ada lebih dari 100 juta rakyat Indonesia yang Buang Air Besar Sembarangan (BABS) dan menggunakan jamban yang tidak berkualitas (WHO, 2013). Sanitasi yang buruk, terutama di daerah padat penduduk, berarti paparan lingkungan yang tidak menyenangkan dan risiko penyebaran penyakit menular melalui: kontak dengan air, masuk ke dalam rantai makanan dan tempat berkembang biak bagi serangga. Kurangnya sanitasi juga dapat mengancam keseimbangan ekologi lingkungan ketika spesies lain datang ke dalam kontak dengan air yang

terkontaminasi (UNESCO, 2008).

Kawasan pulau kecil terutama pada daerah tropis, beberapa pembatas yang berpengaruh pada sumberdaya air yang ada di antaranya adalah penyusupan air laut dan sempitnya luas daratan terutama yang dapat berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan. Pada kawasan pulau dimana sistem aliran permukaan hanya memiliki waktu tempuh pendek, hal ini mengakibatkan pemanfaatan sumberdaya air untuk wilayah semacam itu lebih mengandalkan pada air tanah, keberadaan air tanah ini sangat tergantung salah satunya dengan kondisi geologi setempat (Joleha *et al.*, 2018)

Kelompok lain dan kekhawatiran yang mempengaruhi banyak negara dan wilayah pulau dan sering diberikan prioritas tinggi di tingkat nasional adalah hilangnya tanah, kekurangan air tawar, pembuangan limbah padat, bahan kimia beracun, spesies yang terancam punah dan habitat manusia. Kelompok masalah lingkungan ketiga yang tidak terlalu luas seperti diatas, yang mempengaruhi hanya beberapa negara pulau, tetapi memiliki dampak yang signifikan ke daerah-daerah lokal, diantaranya adalah erosi pantai, pertambangan dan polusi industri (UNEP, 2013).

Mengingat sudut pandang risiko kesehatan lingkungan dan dalam konteks daerah penelitian, beberapa masalah lingkungan memiliki potensi risiko yang cukup besar terhadap kesehatan manusia dan relevan dengan daerah penelitian yang menjadi sorotan ialah kurangnya air tawar. Indonesia adalah salah satu negara yang kaya akan sumber daya air, dimana

ketersediaan air mencapai 15.500m<sup>2</sup> perkapita pertahun. Jauh diatas ketersediaan air rata-rata dunia yang hanya 8.000m<sup>2</sup> pertahun. Namun demikian, Indonesia masih saja mengalami persoalan air bersih. Sekitar 119 juta rakyat Indonesia belum memiliki akses terhadap air bersih, sebagian besar yang memiliki akses mendapatkan air bersih dari penyalur air, usaha air secara komunitas serta sumur air dalam. Dari data Bappenas disebutkan bahwa pada tahun 2009 proporsi penduduk dengan akses air minum yang aman adalah 47.63%. Sebagian besar pulau-pulau kecil yang mengalami keterbatasan sumber air tawar. Tekstur tanah yang memiliki porositas tinggi menyebabkan susah untuk memiliki air permukaan atau sungai dan sepenuhnya tergantung pada pengumpulan dan penampungan air hujan dan air tanah, hal tersebut banyak di jumpai di wilayah pulau atol dan pulau-pulau batu kapur.

Selain itu, pencemaran air tanah sering menjadi masalah besar, terutama di pulau-pulau daratan rendah. Rendahnya kualitas air ini dapat membawa penyakit bawaan air dan mempengaruhi kesehatan manusia. Penyakit-penyakit bawaan ini dan penyakit menular tropis menyebar secara luas sebagai akibat dari kontaminasi pasokan air oleh kotoran manusia. Masalah serius bagi kualitas air di pulau kecil akan terjadi akibat adanya over-eksploitasi karena meningkatnya polulasi dan aktifitas pariwisata, perkembangan industri atau pertanian. pembuangan limbah padat. dengan adanya pertumbuhan penduduk dan pariwisata, beberapa masalah lingkungan telah menjadi ancaman bagi pembangunan berkelanjutan di wilayah pulau-

pulau kecil. Salah satunya adalah limbah padat yang bukan hanya masalah manajemen yang serius, tetapi juga masalah lingkungan dan ekologi yang serius. Semakin kecil pulau, semakin sulit masalah terkait pembuangan limbah padat (Ramadhani *et al.*, 2016)

Permasalahan sampah di pulau kecil tentu berbeda dengan permasalahan sampah di pulau besar. Keterbatasan lahan merupakan hal utama yang paling kentara, sehingga kecenderungan luasnya lautan menjadi alternatif terburuk dilakukan masyarakat. Sampah, kerap menjadi akar permasalahan buruknya sanitasi lingkungan di pulau kecil. Kecenderungan masyarakat pulau kecil yang membiarkan sampah organik terpapar di wilayahnya menyebabkan bau busuk yang menyengat. Padahal, pulau kecil merupakan salah satu potensi wisata bahari yang cukup menjanjikan bilamana dikelola dengan baik. Pulau kecil di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu misalnya kendati pulau-pulau kecil ini berada di wilayah Ibu Kota Republik Indonesia, namun demikian permasalahan pengolahan sampah menjadi hal yang tidak bisa tertangani dengan baik. Akibatnya, lingkungan pulau terutama pulau-pulau berpenghuni dan padat penduduk cenderung kotor dan berbau tidak sedap. Tentu saja hal ini bertolak belakang dengan upaya pemerintah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu menjadikan daerahnya sebagai ladang dan taman kehidupan laut dimana sub sektor perikanan budidaya dan pariwisata bahari di gadang-gadang sebagai motor penggerak perekonomian daerahnya (Yuliasetyaningrum, 2015).

## **G. Tinjauan Umum tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

### **1. Sejarah**

Analisis risiko adalah padanan istilah untuk *risk assessment*, yaitu karakteristik efek yang potensial merugikan kesehatan manusia oleh pajanan bahaya lingkungan. Analisis risiko merupakan suatu alat pengelolaan risiko, yaitu proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik. Tujuannya adalah untuk menyediakan kerangka ilmiah guna membantu para pengambil keputusan dan orang-orang yang berkepentingan (legislator dan regulator, industri dan warga negara yang peduli lainnya) dan memecahkan masalah-masalah lingkungan dan kesehatan (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

Analisis risiko pada awalnya digunakan dalam bidang pengendalian radiasi, bukan dalam industri kimia. Analisis risiko yang intensif telah dilakukan tahun 1975 untuk menyelidiki kematian karena kanker akibat kebocoran reaktor nuklir. Teknik-teknik analisisnya kemudian diadopsi oleh *Food and Drug Administration* Amerika Serikat. *United States Environmental Protection Agency (US-EPA)* selanjutnya menerbitkan tentang analisis risiko karsinogenik tahun 1986. Kini analisis risiko digunakan untuk berbagai bahaya lingkungan, termasuk bahaya fisik dan biologis. Bahaya-bahaya fisik, kimiawi dan biologis lingkungan bisa menimbulkan efek yang merugikan kesehatan manusia dan kerusakan

lingkungan. Kajian efek kesehatan dikenal dengan *Health Risk Assessment* (*HRA*) atau analisis risiko kesehatan, sedangkan kajian efek lingkungan disebut *Ecological Risk Assessment* (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

*HRA* dibedakan dengan *health impact assessment* (*HIA*) atau analisis dampak kesehatan. Sebagaimana akan dijelaskan kemudian, dampak lebih bersifat umum yang berarti bisa positif dan negatif, sedangkan risiko adalah dampak yang negatif. *HRA* biasanya digunakan untuk menilai atau menaksir risiko yang disebabkan oleh bahaya-bahaya lingkungan dulu, kini dan akan datang, sedangkan *HIA* umumnya merupakan bagian perencanaan atau kegiatan atau perkembangan baru. Meskipun penggunaannya berbeda, prosedur *HRA* dan *HIA* pada prinsipnya sama saja. Perbedaan utamanya terletak pada pemajanaannya. Dalam *HIA* pemajanan yang sesungguhnya belum ada (belum bisa diukur), sedangkan dalam *HRA* pemajanan sudah ada (telah dan sedang berlangsung) (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

Selanjutnya *HIA* tumbuh dan berkembang lebih spesifik menjadi *Environmental Health Risk Assessment* (*EHRA*) atau analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Peraturan perundangan ARKL di Indonesia disebut sebagai analisis dampak kesehatan lingkungan (ADKL). ADKL sendiri dibedakan atas ADKL bagian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dan ADKL untuk pencemaran. Untuk ADKL dalam AMDAL, yang dimaksudkan sebagai kajian aspek kesehatan masyarakat

dalam konteks rencana usaha atau kegiatan baru, telah terbit Keputusan Menteri Kesehatan RI No.876.Menkes/SK/VIII/2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (Rahman, 2007)

Namun, pedoman teknis ini belum memberikan pedoman yang semestinya sebagai prosedur formal analisis risiko kesehatan lingkungan. Langkah-langkah analisis risiko, yang tercantum dalam Lampiran II, masih sangat umum. Misalnya, dalam langkah-langkah analisis risiko (II.A), tidak disebutkan persamaan matematis untuk menetapkan dosis-respon secara kuantitatif, asupan (*intake*) dan karakteristik risiko. Pedoman ini tidak menjelaskan karakteristik risiko karsinogenik dan *non karsinogenik*, padahal prosedur untuk menetapkan tingkat risiko kedua efek itu berbeda. Pedoman ini juga tidak memberi ruang untuk memerankan ADKL sebagai bagian proses legislasi dan regulasi untuk menetapkan standar kualitas kesehatan lingkungan seperti baku mutu air atau nilai ambang batas (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

Adapun di tingkat internasional, sekurang-kurangnya ada beberapa model analisis risiko yang dikembangkan oleh Kanada, Amerika Serikat, Inggris dan Australia. Meskipun secara mendasar proses-proses analisis risiko adalah sama, beberapa istilah yang sedikit berbeda banyak digunakan untuk setiap langkah analisis risiko. *International Life Science Institute* mencatat ada 6 model analisis risiko yang masing-masing menggunakan terminologi agak berbeda, yaitu *enHealth EHRA* (Australia), *International*



*Life Science Institute Risk Science Institute, UP EPA Ecological Risk Assessment, NAS NRC Risk Assessment, Codex Risk Assessment dan OIE Import Risk Assessment.* Namun, model-model itu tetap sesuai dengan paradigma *risk analysis* yang dikembangkan oleh *National Academic of Science* Amerika Serikat (NRC, 1983), sebagaimana diuraikan dalam seksi 2 (Paradigma *Risk Analysis*) (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

Menyikapi masalah peristilahan analisis risiko tersebut, *International Programme on Chemical Safety (IPCS)* dan *WHO* membentuk *Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals* yang lebih dikenal dengan *IPCS Harmonization Project*. Proyek harmonisasi ini merupakan pelaksanaan rekomendasi Konferensi PBB tentang Lingkungan dan Pembangunan *United Nation Conference on Economic and Development (UNCED)* 1992 di Brazil untuk menindaklanjuti 6 area (wilayah) program Chapter 19 Agenda 21. Harmonisasi bukanlah berarti standarisasi melainkan upaya agar ada konsistensi dan saling memahami di antara berbagai pendekatan untuk memahami risiko bahan kimia secara global (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

Harmonisasi pendekatan analisis risiko ini dicapai dengan menyiapkan kerangka untuk membandingkan informasi mengenai analisis risiko, memahami pengertian dasar standar-standar pemajanan bahan kimia tertentu diberbagai Negara, menghemat biaya dan waktu dengan tukar-menukar informasi untuk menghindari duplikasi kerja, menumbuhkan

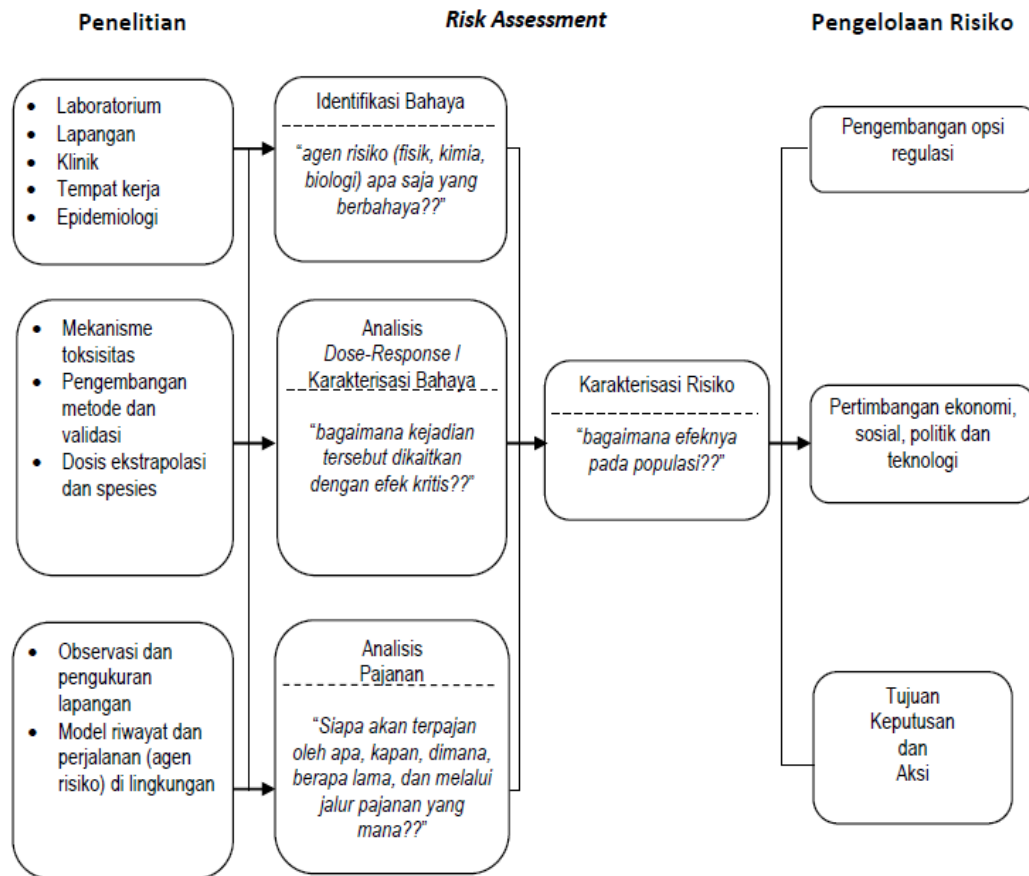
dan mengembangkan ilmu yang terpercaya melalui komunikasi yang lebih baik antar organisasi dan pakar-pakar *peer review* analisis risiko. Misi proyek harmonisasi ini adalah untuk memastikan analisis bahan kimia dan pengelolaannya berjalan secara lebih baik untuk meningkatkan peroteksi kesehatan manusia dan lingkungan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Salah satu hasil kerja *IPCS Harmonization Project* adalah *IPCS Risk Assessment Terminology* (2004). Hasil proyek lainnya, *Environmental Health Criteria XXX Principles for Modelling Dose-Response for the Risk Assessment of Chemicals*, masih berupa *draft* dan baru dilepas melalui internet 24 Februari 2004 untuk mendapat tanggapan public sampai 30 April 2005 (*IPCS, 2004 dalam Dirjen P2PL Kemenkes, 2012*).

## 2. Paradigma Risk Analysis

Mengacu pada *Risk Assessment and Management Handbook* tahun 1996, analisis risiko mengenal dua istilah yaitu *risk analysis* dan *risk assessment*. *Risk analysis* meliputi 3 komponen yaitu penelitian, asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dan pengelolaan risiko. Proses analisis risiko dapat diilustrasikan sebagai berikut:

- a. Penelitian dimaksudkan untuk membangun hipotesis, mengukur, mengamati dan merumuskan efek dari suatu bahaya ataupun agen risiko di lingkungan terhadap tubuh manusia, baik yang dilakukan secara laboratorium, maupun penelitian lapangan dengan maksud untuk

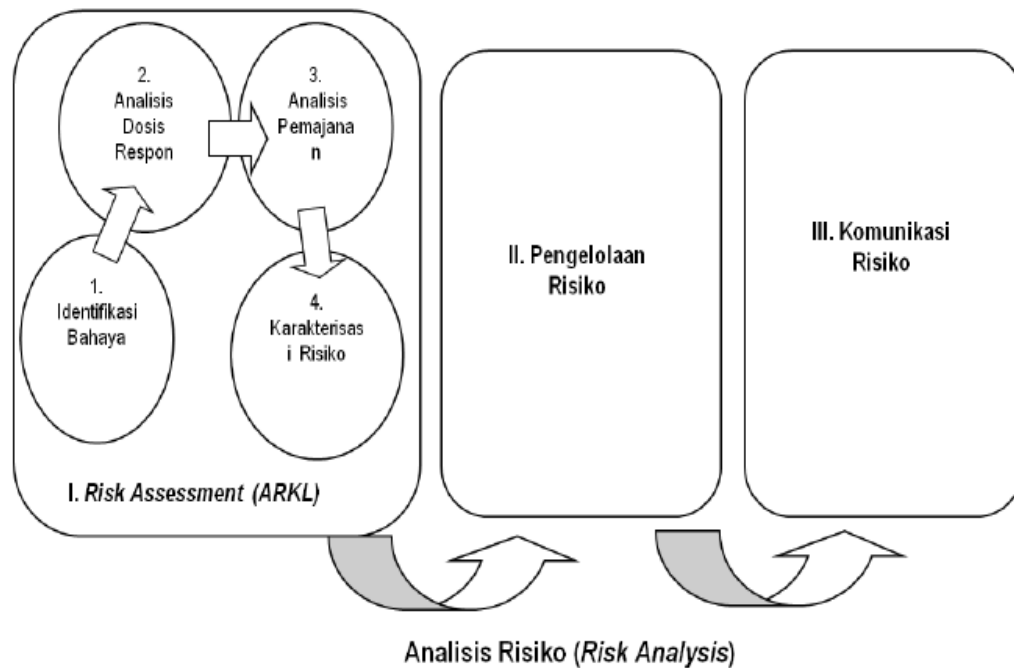
- mengetahui efek, respon atau perubahan pada tubuh manusia terhadap dosis, dan nilai referensi yang aman bagi tubuh dari agen risiko tersebut.
- b. Asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh yang diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi.
  - c. Pengelolaan risiko dilakukan bilamana asesmen risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bisa diterima pada suatu populasi tertentu melalui pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta sosial, ekonomi, politis, dan melakukan tindak lanjut (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).



Sumber: National Risk Council, 1986

**Gambar 2.1**  
**Paradigma atau proses 'risk analysis'**

Secara operasional, pelaksanaan ARKL diharapkan tidak hanya terbatas pada analisis atau penilaian risiko suatu agen risiko atau parameter tertentu di lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, namun juga dapat menyusun skenario pengelolaannya. Bagan alir penerapan ARKL sebagai bagian dari analisis risiko dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut:



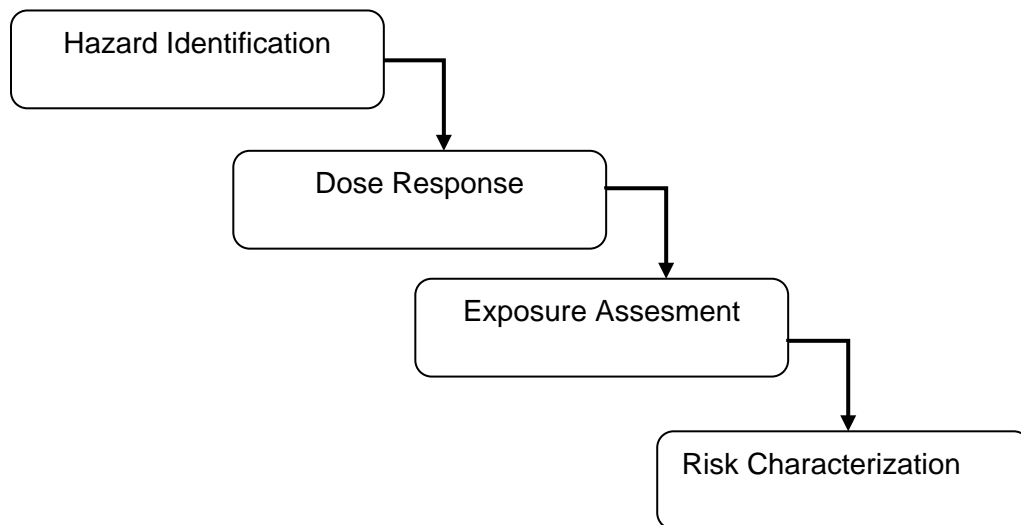
Sumber: Dirjen P2PL Kemenkes, 2012

**Gambar 2.2**  
**Bagan Alir Penerapan ARKL**

Pada gambar 2.2 di atas dijelaskan bahwa ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan output adalah karakterisasi risiko (dinyatakan sebagai tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko/parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak. Selanjutnya hasil ARKL akan dikelola dan dikomunikasikan kepada masyarakat sebagai tindak lanjutnya.

### 3. Langkah-Langkah ARKL

Pelaksanaan ARKL meliputi empat langkah yaitu: identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pemajanan, dan karakterisasi risiko namun untuk pemahaman yang lebih komprehensif, pedoman teknis ini juga menguraikan atau menjelaskan langkah-langkah pengelolaan dan komunikasi risiko sebagai tindak lanjut dari ARKL sehingga nantinya diharapkan dapat memberikan petunjuk teknis yang lengkap dalam melakukan analisis dan tindak lanjut dari ARKL. Selain itu, perumusan masalah juga perlu dilakukan sebelum memasuki langkah-langkah ARKL (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).



Sumber: Louvar, 1998

**Gambar 2.3**  
**Proses Risk Assessment**

a. Langkah I

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Sebagai pelengkap dalam identifikasi bahaya dapat ditambahkan gejala-gejala gangguan kesehatan apa yang terkait erat dengan agen risiko yang akan dianalisis. Tahapan ini harus menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial. Uraian apa yang harus dijawab dalam identifikasi bahaya dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1**  
**Uraian Langkah Identifikasi Bahaya**

Pertanyaan	Uraian
Agen risiko spesifik apa yang berbahaya	Agen risiko bahan kimia jelaskan spesi atau senyawa kimia apa yang berbahaya secara jelas. Contoh: Merkuri (Hg) jelaskan apakah agen risiko berupa elemental mercury, <i>anorganic mercury</i> , atau <i>organic mercury (methyl mercury)</i> . Agen risiko biologi jelaskan spesiesnya.
Di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting	Jelaskan media lingkungan dimana agen risiko eksisting; apakah di udara ambien, air, tanah, <i>sludge</i> , biota, hewan, dll. Contoh: jika merkuri sebagai agen risiko, maka media lingkungan yang terkontaminasi antara lain air bersih, <i>sludge</i> (jika pada pertambangan emas rakyat), ataupun di hewan (ikan yang dikonsumsi).
Seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan	Jelaskan konsentrasi hasil pengukurannya di media lingkungan.
Gejala kesehatan apa yang potensial	Uraikan gejala kesehatan/gangguan kesehatan apa yang dapat terkait dengan agen risiko.

*Sumber: Dirjen P2PL Kemenkes, 2012*

b. Langkah II

Setelah melakukan identifikasi bahaya (agen risiko, konsentrasi dan media lingkungan), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis-respons yaitu mencari nilai *RfD*, dan/atau *RfC*, dan/atau *SF* dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek apa saja yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko



tersebut pada tubuh manusia. Analisis dosis-respon ini tidak harus dengan melakukan penelitian percobaan sendiri namun cukup dengan merujuk pada *Literature* yang tersedia. Langkah analisis dosis respon ini dimaksudkan untuk:

- 1) Mengetahui jalur pajanan (*pathways*) dari suatu agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia.
- 2) Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.
- 3) Mengetahui dosis referensi (*RfD*) atau konsentrasi referensi (*RfC*) atau *slope factor* (*SF*) dari agen risiko tersebut

c. Langkah III

Setelah melakukan langkah 1 dan 2, selanjutnya dilakukan Analisis pajanan yaitu dengan mengukur atau menghitung *intake* atau asupan dari agen risiko. Untuk menghitung *intake* digunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan sendiri) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dan lainnya), dan asumsi yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai default yang

tersedia. Rumus perhitungan yang digunakan untuk Intake non karsinogenik dan karsinogenik pada jalur pemajanan ingesti (tertelan);

$$I = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{1000}$$

**Tabel 2.2**  
**Penjelasan Notasi dan Satuan Rumus *Intake* Ingesti**

Notasi	Arti notasi	Satuan	Nilai Default
<i>I (Intake)</i>	Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	mg/kg hari	x Tidak ada nilai default
<i>C (Concentration)</i>	Konsentrasi agen risiko pada air bersih atau air minum	mg/l (air)	Tidak ada nilai default
<i>R (Rate)</i>	Laju konsumsi atau banyaknya volume air yang masuk setiap jamnya	L/hari	Dewasa: 2L/hari Anak-anak: 1L/hari
<i>fE (frequency of exposure)</i>	Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya	Hari/tahun	Pajanan pemukiman: 350 hari/tahun
<i>Dt (duration time)</i>	Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan	Tahun	Residensial (pemukiman)/ pajanan seumur hidup : 30 tahun pada

		dewasa, 6 Tahun pada anak-anak.
<i>Wb (weight of body)</i>	Berat badan Kg manusia/ populasi/ kelompok populasi	Dewasa: 55 Kg Anak-anak: 15 Kg
<i>t avg (time average)</i>	Periode waktu rata-rata untuk efek karsinogenik	70 tahun x 365 hari/tahun
<hr/>		
Sumber: Rahman, 2007		

#### d. Langkah IV

Penentuan karakteristik risiko merupakan tahap keempat dalam melakukan analisis risiko bahan kimia di lingkungan kerja setelah dilakukan identifikasi bahaya, penilaian dosis respon, dan penilaian paparan risiko toksin. Penentuan karakteristik risiko akan ditentukan suatu toksin memiliki risiko atau tidak bagi tubuh (Tualeka, 2014).

Karakteristik risiko untuk *non* karsinogenik dilakukan dengan membandingkan atau membagi *intake* dengan dosis atau konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah *intake* (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (*RfD*) atau konsentrasi referensi (*RfC*) yang didapat dari literatur yang ada (dapat diakses di situs [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris)).

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

Keterangan:

*RQ* = Karakterisasi risiko (*Risk Characterization*)

*RfC* = Analisis konsentrasi respons

*I* = *Intake* (paparan)

Sumber: ATSDR, 2005

Karakteristik risiko untuk efek karsinogenik dilakukan perhitungan dengan mengkali *intake* dengan SF (*slope factor*). Nilai referensi agen risiko dengan efek karsinogenik didapatkan dari situs [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris) . Rumus untuk menentukan ECR sebagai berikut;

$$ECR = I \times SF$$

Keterangan:

*ECR* = Tingkat risiko efek karsinogenik (*Excess Cancer Risk*)

*SF* = Nilai referensi agen risiko (*Slope Factor*)

*I* = *Intake* (paparan)

Sumber: ATSDR, 2005

## 2. Manajemen Risiko

Setelah melakukan keempat langkah ARKL di atas maka telah dapat diketahui suatu agen risiko aman/dapat diterima atau tidak. Pengelolaan risiko bukan termasuk langkah ARKL melainkan tindak lanjut yang harus dilakukan bilamana hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ataupun *unacceptable*. Menurut pedoman ARKL Kemenkes (2012).

a. Penentuan konsentrasi aman

Menurunkan konsentrasi agen risiko bila pola dan waktu konsumsi tidak dapat diubah.

$$Ck(\text{aman}) = \frac{(0.0001/SF) \times Wb \times 70 \times 365}{R \times fE \times fExDt}$$

b. Penentuan Jumlah Konsumsi Aman (R)

Penentuan jumlah konsumsi aman (R) Laju asupan yang dapat dikelola hanyalah pada pada pajanan melalui makanan dan air minum (*ingesti*) Untuk menghitung jumlah konsumsi aman digunakan rumus sebagai berikut:

$$Rk(\text{aman}) = \frac{(0.0001/SF) \times Wb \times 70 \times 365}{C \times fE \times fExDt}$$

3. Manajemen Risiko

Manajemen atau pengelolaan risiko merupakan proses pengambilan keputusan yang melibatkan pertimbangan faktor-faktor politik, sosial, ekonomi dan teknik yang relevan dengan pembangunan, analisis, pemilihan dan pelaksanaan mitigasi risiko yang disebabkan oleh bahaya lingkungan. Pengelolaan risiko terdiri dari tiga unsur yaitu evaluasi risiko, pengendalian emisi dan pemajanan dan pemantauan risiko. Manajemen risiko bukan bagian analisis risiko tetapi kelanjutan dari analisis risiko. Tujuan pengelolaan risiko tercapai dengan baik maka pilihan-pilihan manajemen risiko itu harus dikomunikasikan kepada pihak-

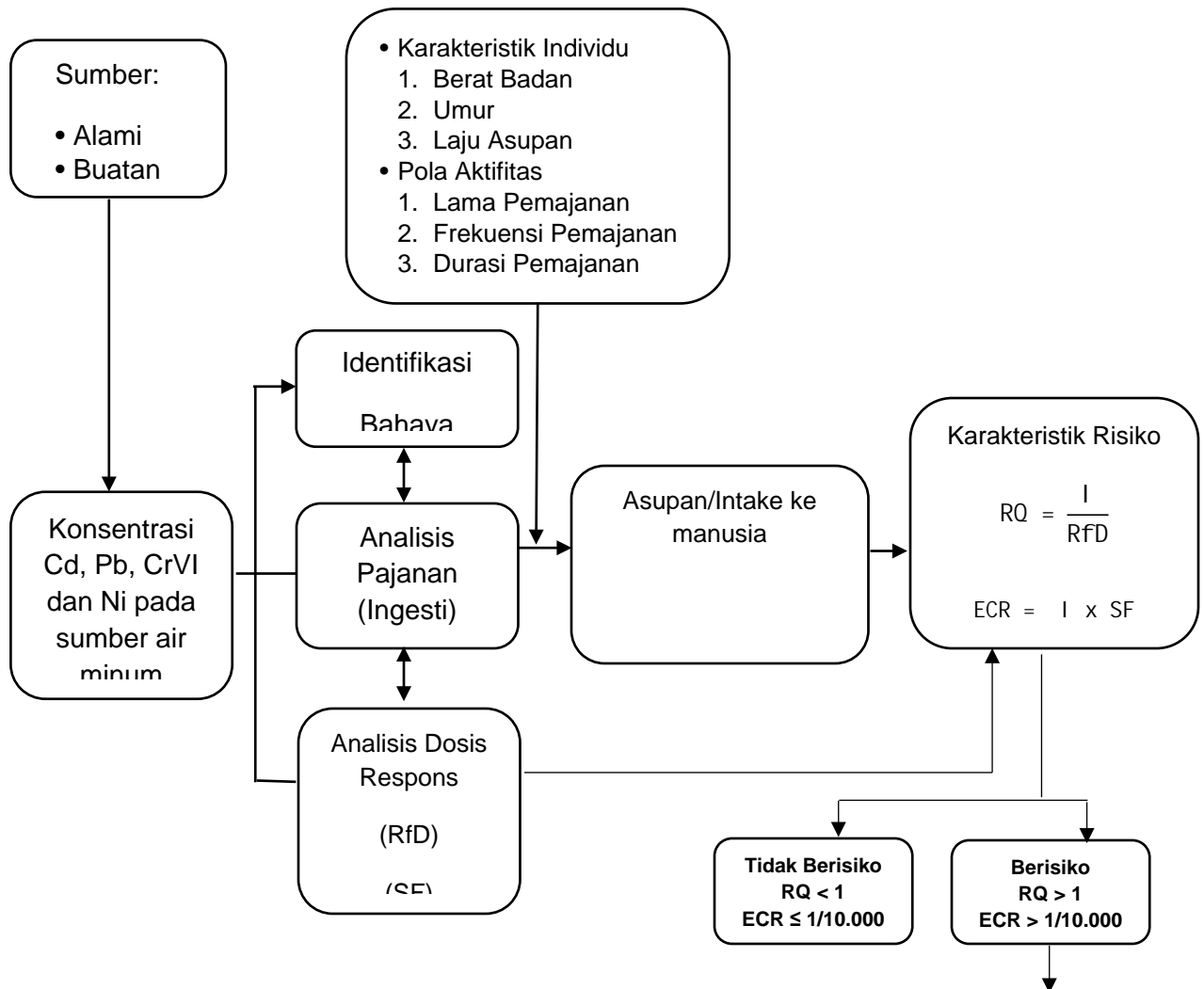
pihak yang berkepentingan. Langkah ini dikenal sebagai komunikasi risiko. Komunikasi risiko berperan untuk menjelaskan secara transparan dan bertanggungjawab tentang proses dan hasil karakterisasi risiko serta pilihan-pilihan manajemen risikonya kepada pihak-pihak yang relevan (Rahman, 2007)

Manajemen risiko merupakan upaya yang didasarkan pada informasi untuk menanggulangi atau mencegah efek yang merugikan akibat paparan zat toksik. Ada 3 hal yang dapat dilakukan dalam manajemen risiko, yaitu mengurangi konsentrasi paparan, mengurangi pola (laju konsumsi) mengurangi waktu kontak (Rahman, 2007).

Dalam perkembangan selanjutnya disadari bahwa interaksi tidak hanya perlu dilakukan antara *risk assessor* dan *risk manager* tetapi harus melibatkan semua pihak yang tertarik atau yang berkepentingan. Masalah risiko, faktor-faktor yang berhubungan dengan risiko dan persepsi tentang risiko perlu dikomunikasikan secara transparan. Proses ini dikenal sebagai komunikasi risiko dan berperan untuk menjelaskan secara transparan dan bertanggungjawab tentang proses dan hasil karakteristik risiko serta pilihan-pilihan manajemen risikonya kepada pihak-pihak yang relevan (WHO, 2004).

## H. Kerangka Teori

Teori adalah alur logika atau penalaran, yang merupakan seperangkat konsep, definisi, dan proposisi yang disusun secara sistematis (Sugiyono 2017). Berdasarkan tinjauan pustaka, disusun suatu kerangka teori bagaimana Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan pada Air Minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar Tahun 2022, yang skemanya disajikan pada gambar 2.4 berikut ini:



**Gambar 2.4**  
**Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

*Sumber: Dirjen P2PL Kemenkes (2012), ATSDR (2004).*

Standar Baku Mutu air adalah spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media air yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat. Air tanah digunakan untuk keperluan higiene sanitasi yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu air untuk keperluan higiene sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu akan menyebabkan air tidak dapat sesuai dengan peruntukannya. Penetapan baku mutu air dengan pendekatan golongan perlu disesuaikan dengan menerapkan pendekatan klasifikasi kualitas air (kelas air), sehingga dapat dihitung berapa beban zat pencemar yang diterima oleh air. Kualitas air yang baik akan sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah tersebut dengan kadar (konsentrasi) maksimum yang diperbolehkan (Faisal *et al.*, 2019)

Air laut yang tercemar juga akan berpengaruh terhadap tanah dan air tanah yang disebabkan oleh intrusi air laut (Hasan *et al.*, 2013). Meningkatnya industri dengan pesat terutama industri yang banyak menggunakan pembakaran dan penggunaan bahan logam yang berada dekat dengan daerah



pesisir serta meningkatnya urbanisasi ke daerah kota terutama daerah pesisir tanpa fasilitas penanganan limbah menambah peningkatan pencemaran di daerah pesisir dan laut serta berdampak pada menurunnya kualitas air laut. Laut juga banyak digunakan warga sebagai tempat pembuangan sampah baik sampah organik maupun sampah anorganik sehingga kualitas air laut kian hari kian menurun (Damaianto *et al.*, 2014)

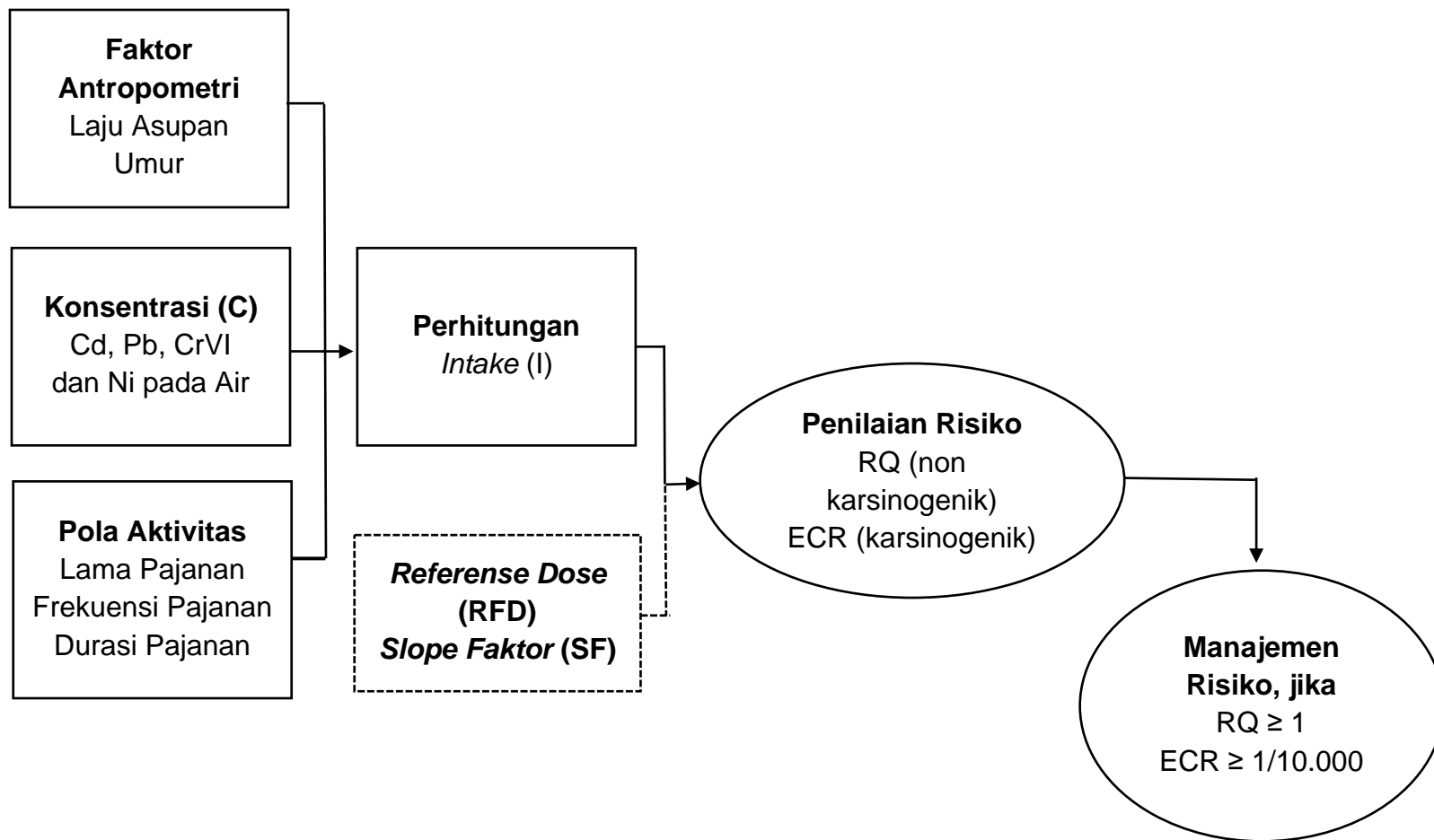
Terakumulasinya polutan-polutan ke air tanah baik secara langsung maupun tak langsung akan menurunkan kualitas air tanah baik secara fisik, kimia maupun mikrobiologi. Secara alami air tanah memiliki daya dukung (*carying capacity*) untuk memurnikan sendiri (*self furification*), terutama air tanah dalam yaitu melalui filtrasi pori tanah maupun akar-akar tanaman. Akan tetapi jika polutan dalam volume banyak atau memiliki dosis tinggi seperti limbah B3 (bahan berbahaya beracun) ataupun logam berat maka akan melampaui daya dukung yang dimiliki perairan tersebut. Jika penurunan kualitas air tersebut melampaui ambang batas (baku mutu) yang ditetapkan sesuai dengan peruntukannya, maka air tersebut dikatakan tercemar (Sundra, 2006).

Logam berat dalam air tanah apabila terpajan melalui saluran pencernaan (ingesti), saluran pernafasan (inhalasi) dan kulit (dermal) dapat menimbulkan risiko kesehatan. Paparan Cd secara akut dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, kanker, sakit kepala, kedinginan hingga menggigil, nyeri otot dan diare bahkan menyebabkan kematian. Keracunan akut akibat kromium (Cr)

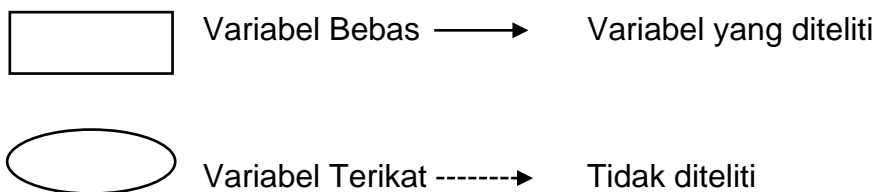
mengakibatkan iritasi mata, pembengkakan dan kemerahan pada kulit. Keracunan kronis akibat kromium (Cr) dapat menyebabkan gangguan pernafasan, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, asma, gangguan pada hati, ginjal, alat pencernaan dan imunitas. Timbal (Pb) dapat merusak jaringan saraf, fungsi ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung serta gangguan pada otak sehingga anak mengalami gangguan kecerdasan dan mental (Widowati *et al.*, 2008), sedangkan efek yang dapat ditimbulkan oleh Nikel (Ni) dalam jumlah besar akan memiliki konsekuensi mengalami kemungkinan lebih tinggi mengalami kanker paru-paru, kanker hidung, kanker laring, kanker prostat, sakit kepala dan pusing setelah terpapar gas nikel, emboli paru, kegagalan pernapasan, janin lahir cacat dan gangguan jantung sedangkan dalam jumlah kecil, nikel merupakan unsur penting, tetapi ketika berada dalam konsentrasi terlalu tinggi akan membahayakan kesehatan manusia (Adhani, 2018).

## I. Kerangka Konsep

Kerangka konsep ini terdiri dari variabel dependen dan variabel independent. Hubungan antara variabel independen dan variabel dependen digambarkan dalam bagan dibawah ini:



Keterangan:



**Gambar 2.5**  
**Kerangka Konsep**

Mengidentifikasi jenis, sifat dan konsentrasi logam berat serta kemampuan yang melekat pada suatu agen risiko yang menyebabkan dampak buruk organisme, sistem, atau sub atau populasi. Setelah melakukan identifikasi bahaya selanjutnya melakukan analisis dosis respon yaitu mencari nilai RfD, dan atau SF dari agen risiko yang menjadi kajian ARKL, serta memahami efek yang ditimbulkan. Perhitungan analisis pajanan menghasilkan nilai *intake* (i) minimal dan maksimal untuk mencari nilai tingkat risiko kesehatan yang ditimbulkan dari konsentrasi logam berat dalam sumber air minum. Pengelolaan risiko dilakukan apabila hasil karakteristik risiko menunjukkan hasil yang tidak aman atau nilai  $RQ > 1$ . Nilai RQ dihitung dengan membandingkan antara *intake* (i) atau jumlah konsentrasi agen kimia yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu setiap harinya dengan nilai *Reference Dose* (RfD) dan *Slope Factor* (SF) yang telah diperoleh berdasarkan literatur. Besarnya risiko dipengaruhi juga oleh berat badan, laju asupan, lama pajanan, dan frekuensi pajanan.

## J. Definisi Operasional

Tabel 2.3 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran dan Satuan	Skala	Parameter	Kriteria Objektif
1.	<i>Intake (I)</i>	Jumlah konsentrasi besaran risiko pajanan logam berat mg/l (air) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	Melakukan perhitungan berdasarkan pajanan semua logam berat Cd, Pb, Cr (VI) dan Ni dengan rumus:  $I = \frac{C \times V \times F \times T}{W \times 365}$	Nominal	-	-
2.	<i>Concentration (C)</i>	Konsentrasi besaran risiko pajanan logam berat mg/l (air)	<i>Atomic Absorption Spectrometry (AAS)</i>	Rasio	-	-

.	<i>frequency of exposure (fE)</i>	Lama atau jumlah hari (hari/tahun) terjadinya pajanan logam berat setiap tahunnya. (350 hari/tahun untuk nilai default residensial)	Wawancara dan Kuesioner	Rasio	-	-
4.	<i>duration time (Dt)</i>	Durasi pajanan logam berat mg/l (air) (pajanan <i>lifetime</i> : 30 tahun untuk nilai default residensial, pajanan <i>real time</i> berdasarkan lama penduduk menetap di pulau tersebut)	Wawancara dan Kuesioner (dalam tahun)	Rasio	-	-
5.	<i>weight of body (wb)</i>	Berat badan masyarakat yang dinyatakan dalam (kg)	Pengukuran dengan Timbangan berat badan (dalam Kg)	Rasio	-	-
6.	<i>time average</i>	Periode waktu rata-rata (hari) untuk efek	Wawancara dan Kuesioner	Rasio	-	-

	( <i>t avg</i> )	karsinogen (70 tahun x 365 hari/tahun untuk karsinogen)	(dalam jam/hari)			
7.	<i>Risk Quotient (RQ)</i>	Tingkat Risiko efek non karsinogenik ( <i>Risk Quotient</i> )  Nilai Rfd: Cd (0.0005mg/L), Pb (0.004mg/L), Cr (VI) (0.0005mg/L) dan Nikel (0.02mg/L).	Penentuan risiko non karsinogen dengan rumus:  $RQ = \frac{I}{RfD}$	Rasio	1. Memiliki Risiko non Karsinogenik  2. Tingkat Risiko dapat diterima  (US-EPA, 2005)	1. Berisiko jika $RQ > 1$  2. Tidak Berisiko jika $RQ < 1$
8.	<i>ECR (Excess Cancer Risk)</i>	Tingkat risiko efek karsinogenik ( <i>Excess Cancer Risk</i> )  Nilai Slope Factor: Cd (15mg/kg//d) , Pb (0.085mg/kg/d), Cr <sup>VI</sup>	Penentuan risiko karsinogenik dengan rumus;  $ECR = I \times SF$	Rasio	1. Memiliki Risiko Karsinogenik  2. Tingkat Risiko dapat diterima	1. Dikatakan Aman $ECR \leq E-4 (10^{-4})$  2. Tidak aman $ECR > E-4 (10^{-4})$

*(0.5mg/kg/d) dan Ni  
(0.91mg/kg/d).*

(US-EPA,  
2005)

---

**K. Tabel Sintesa  
Tabel.2.4**



No	Judul	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
1.	Analisis Resiko Kesehatan Pencemaran Logam Berat Pada Air, Sedimen, dan Simping (Placuna Placenta) di Pesisir Kabupaten Tangerang	(Simbolon <i>et al.</i> , 2014)	Metode Pengambilan Sampel Ditentukan Dengan Purposive Sampling. Pengambilan Sampel Pada Setiap Muara Diulang Sebanyak Tiga Kali Dengan Interval Waktu Pengambilan Sampel Selama	Kualitas Air Di Pesisir Kabupaten Tangerang Secara Umum Masih Dibawah Baku Mutu Berdasarkan Kepmen LH No 51 Tahun 2004. Tingkat Risiko Yang Dikuantifikasi Baik Yang Berasal Dari Air, Sedimen Maupun Simping Menunjukkan Nilai Diatas 1, Artinya Masyarakat Pesisir Kabupaten Tangerang Memiliki Risiko Kesehatan Akibat Paparan Logam Berat. Risiko Kesehatan Dapat Dikurangi Bahkan Dicegah Dengan Adanya Manajemen Risiko Kesehatan Dengan Cara Mengurangi Laju Asupan Simping Dan Pengendalian Limbah Dari Sumber Pencemar.
2.	Chromium, cadmium, lead, and arsenic concentrations in water, vegetables,	(Ngoc <i>et al.</i> , 2020)	Perbedaan dalam konsentrasi logam berat di antara tempat-tempat dinilai menggunakan analisis varian satu arah	Konsentrasi rata-rata logam berat yang terdeteksi dalam sampel air, makanan laut, dan sayuran melebihi batas yang diizinkan secara nasional standar dan nilai rekomendasi Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) setidaknya 2 kali lipat,

		and seafood consumed in a coastal area in Northern Vietnam. <i>Environmental Health Insights</i>	( <i>one-way analysis of variance</i> [ANOVA] dengan Tukey perbedaan nyata yang nyata (HSD) tes pasca hoc	2,5 kali lipat, dan 5 kali lipat untuk air permukaan, sayuran, dan air sumur, masing-masing. Konsentrasi keempat logam berat yang terdeteksi dalam sampel makanan laut lebih tinggi dari standar. Kadar logam berat menurun dengan bertambahnya jarak antara titik pengambilan sampel dan sumber pencemaran.
3.		Analisis Risiko Kesehatan Konsentrasi Deterjen dalam Air Baku Untuk Air Minum Terhadap Masyarakat di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	Penelitian ini menggunakan desain penelitian survei observasional dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk memperkirakan terjadinya suatu efek kesehatan akibat adanya suatu agent penyakit tertentu yang terdapat di lingkungan. Dalam ARKL,	Hasil perhitungan intake rate dari seluruh responden masih lebih kecil dibandingkan dengan nilai dosis referensi sehingga nilai RQ dari seluruh responden kurang dari satu ( $RQ \leq 1$ ). Paparan konsentrasi deterjen dalam air minum, data antropometri dan pola aktivitas dari responden masih tergolong aman atau tidak berisiko
4.	(Wahyuni, 2018)	Risiko Kesehatan Akibat Paparan Kadmium (Cd) Pada Air Yang	Penulisan Ini Menggunakan Metode <i>Literature Review</i> Dan <i>Selection Criteria For</i>	Diketahui Bahwa Kadmium Sedah Banyak Mencemari Badan Air Dan Biota Laut. Diketahui Pula Ada Hubungan Yang Kuat Antara Paparan Kadmium Dengan Kejadian Gagal Ginjal,

<p>Dikonsumsi Dan Sumber Makanan Laut Di Wilayah Pesisir Timur Belawan Sumatera Utara</p>	<p><i>Including</i> Dilakukan Dari Bulan Februari–April 2016. Penghitungan Besar Risiko Kesehatan Menggunakan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Arkl).</p>	<p>Kerusakan Pada Tulang, Kanker Dan Bahkan Gangguan Pada Janin. Wilayah Pesisir Timur Belawan Sumatera Utara Merupakan Daerah Yang Tercemar Oleh Kadmium, Masyarakat Di Derah Tersebut Mengonsumsi Air Dan Makanan Laut Yang Tercemar Kadmium Dari Lingkungan Wilayah Tersebut. Maka Dari Itu Masyarakat Berisiko Akan Mengalami Penyakit Akibat Paparan Kadmium.</p>	
<p>5</p>	<p>Analisis Kandungan Logam Berat (Fe, Cd, Cu, Zn, Pb, Dan Mn) Pada Air tanah Dan Potensi Risiko Lingkungan Di Kecamatan Asembagus Situbondo (Pristiyanto, 2020)</p>	<p>Metode pengambilan sampel air dan pengujian laboratorium mengacu kepada SNI (Standar Nasional Indonesia) menggunakan instrumen AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>)</p>	<p>Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi Fe, Cu, Zn, dan Mn masih berada di bawah baku mutu, sedangkan konsentrasi logam Cd dan Pb melebihi baku mutu. Persebaran logam berat pada tiap zona berbeda-beda dan cenderung meningkat pada zona bawah. Konsentrasi yang melebihi baku mutu ini menyebabkan naiknya angka penderita hipertensi dari tahun-tahun sebelumnya. Tingkat risiko tidak aman logam Fe (24% dewasa), Pb (65% anak-anak; 100% dewasa), dan Cd (53% dewasa). Dikarenakan sifat bioakumulasi dan biomagnifikasi logam-logam ini di lingkungan, maka perlu dilakukan pengolahan air agar aman untuk dikonsumsi, salah satunya dengan</p>

menggunakan metode koagulasi-flokulasi dan filter multimedia.

---

6	<p>Analisis Kualitas Air Sumur Gali Ditinjau dari Parameter Kimia (Cl Dan Fe) di Kelurahan Mangempang Kecamatan Barru Kabupaten Barru.</p>	<p>(Amalia &amp; Ardianti, 2020)</p>	<p>Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survey dengan pendekatan deskriptif. Sampel dalam penelitian ini adalah air sumur gali sebanyak 12 yang berada di Kelurahan Mangempang Kecamatan Barru Kabupaten Barru kemudian dilakukan pemeriksaan laboratorium.</p>	<p>Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini bahwa kualitas air sumur gali berdasarkan parameter kimia Cl, 4 dari 12 sumur gali yang diperiksa tidak memenuhi syarat kesehatan dan Kualitas air sumur gali berdasarkan parameter kimia Fe, 2 dari 12 sumur gali yang diperiksa tidak memenuhi syarat kesehatan. Disarankan bagi petugas kesehatan setempat agar kiranya bisa turun memeriksa sumur-sumur gali masyarakat.</p>
7	<p>Kualitas Fisika dan Kimia Air Bersih Di Desa Pesisir Minahasa Utara.</p>	<p>Paat (2018)</p>	<p>Pengambilan sampel air bersih dilakukan dengan metode purposive sampling. Sampel diambil sebanyak 2 kali kemudian dianalisis parameter fisika dan kimianya di laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan</p>	<p>Total karbon organik, nitrogen, fosfor dan rasio ditentukan. Nilai Cu dan Cr lebih tinggi dari ambang batas tingkat efek toksisitas, sedangkan Ni melebihi tingkat kemungkinan efek, menunjukkan risiko kemungkinan efek toksisitas.</p>

---

Pemberantasan Penyakit  
Menular Kelas 1 Manado.

8	<p>Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Merkuri Pada Sedimen Laut di Wilayah Pesisir Kota Makassar</p>	<p>(Ishak, 2017)</p>	<p>Penelitian ini menggunakan rancangan observasional dengan pendekatan Analisis Risiko Lingkungan (ARL) dengan tujuan mengetahui konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dan besar risiko cemaran logam tersebut pada sedimen laut.</p>	<p>Pengambilan sampel sedimen dilakukan di 10 titik pada 5 (lima) kelurahan pesisir Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri tertinggi berada di Kelurahan Cambayya yaitu 1,871 mg/kg dan konsentrasi merkuri terendah berada di Kelurahan Pulau Lae-Lae yaitu 1,550 mg/kg. Secara umum, kandungan logam berat merkuri pada sedimen laut di wilayah pesisir Kota Makassar telah melebihi ambang batas yaitu 0,13 mg/kg dengan besar risiko lingkungan yang terjadi di wilayah pesisir Kota Makassar akibat paparan logam merkuri, berkisar antara 11-22 dengan kategori risiko tinggi RQ&gt;10.</p>
9	<p>Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut Di Wilayah Pesisir Kota Makassar</p>	<p>Akbar (2014)</p>	<p>Jenis penelitian ini adalah penelitian observasional dengan pendekatan deskriptif menggunakan rancangan Analisis Risiko Lingkungan (ARL) dengan tujuan mengetahui konsentrasi logam berat</p>	<p>Sampel dalam penelitian ini adalah sedimen yang di ambil pada di 5 kecamatan yang berbatasan langsung dengan pesisir Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Kadmium (Cd) pada sedimen air laut di wilayah pesisir Kota Makassar, pada titik I (0,559 mg/kg), titik II (0,373 mg/kg), titik III (0,187 mg/kg), titik IV (0,186 mg/kg), dan titik V–VIII tidak terdeteksi (Tt).</p>

			<p>Kadmium (Cd) dan besar risiko cemaran logam tersebut pada sedimen wilayah pesisir Kota Makassar.</p>	<p>Sehingga besar risiko lingkungan yang terjadi di wilayah pesisir Kota Makassar akibat paparan Kadmium, berkisar pada 0,1–1,0 dengan kategori risiko rendah.</p>
10	<p>Spatial Distribution And Health Risk Assessment of Dissolved Heavy Metals in Groundwater of Eastern China Coastal Zone</p>	<p>(Wang <i>et al.</i>, 2021)</p>	<p>Studi ini menyelidiki karakteristik distribusi spasial dan faktor-faktor yang mempengaruhi logam berat di air tanah pesisir Provinsi Jiangsu dan melakukan penilaian risiko kesehatan (HRA).</p>	<p>Berdasarkan hasil analisis korelasi, logam berat pada airtanah <i>The Jiangsu Coastal Zone</i> (JCZ) terutama berasal dari pencemaran industri, intrusi air laut, dan pelarutan mineral. Intrusi air laut meningkatkan kandungan As dan B dalam air tanah, yang menyebabkan risiko kesehatan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pemerintah harus memperkuat pengawasan intrusi air laut dengan menerapkan kebijakan pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif, atau mengambil langkah-langkah rekayasa seperti memasang penghalang fisik bawah permukaan untuk mencegah dan mengendalikan intrusi air laut.</p>