JURNAL RISET TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
Advancing Research in Sustainable Mining Environment Economic and Geotecnical Engineering

Volume 5 Nomor 2/ 2025 / ISSN : 2621-3869
Publish : 22 Desember 2025

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA AIR SUMUR MASYARAKAT SEKITAR WILAYAH PENAMBANGAN DI KECAMATAN TINANGGEA KABUPATEN KONAWE SELATAN PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Nurwana. K[a*], Firdaus[a], Ika Sartika Ambarsari[a]
[a)]Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kota Kendari, Indonesia 93232
nurwana2908@gmail.com

Intisari

Analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan suatu metode untuk menilai atau meramalkan potensi bahaya bagi kesehatan manusia. Penelitian ini memiliki jarak cukup dekat dengan lokasi penambangan nikel laterit, maka ada kemungkinan sumur gali masyarakat mengandung mineral logam. Penelitian ini bertujuan mengetahui kadar kandungan mineral logam Fe, Zn, Cd, Co, Cu, Cr^(6+), Cr Total, Pb dan Ni pada sumur masyarakat desa Asingi dan desa Bomba-Bomba, kemudian bertujuan mengetahui karakterisasi risiko yang ditimbulkan baik efek non karsinogenik atau karsinogenik. Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan metode purposive sampling. Berdasarkan hasil penelitian kadar rata- rata mineral logam air sumur desa Asingi yaitu Fe 0,1389 mg/L, Cd 0,0214 mg/L, Cr^(6+) 0,01065 mg/L, Cu 0,0448 mg/L, Pb 0,0023 mg/L, Zn 0,01535 mg/L, Co 0,00335 mg/L, Ni 0,0047 mg/L, dan Cr 0,0187 mg/L. Sedangkan kadar rata- rata mineral logam air sumur desa Bomba-Bomba yaitu Fe 0,05205 mg/L, Cd 0,00645 mg/L, Cr^(6+) 0,00655 mg/L, Cu 0,0071 mg/L, Pb 0,00415 mg/L, Zn 0,0602 mg/L, Co 0,00285 mg/L, Ni 0,0046 mg/L, dan Cr 0,00255 mg/L. Selain itu karakterisasi risiko yang ditimbulkan pada sampel air sumur desa Bomba-Bomba memiliki efek non karsinogenik karena semua kandungan mineral logamnya memiliki nilai RQ<1. Sedangkan sampel air sumur desa Asingi memiliki efek karsinogenik pada salah satu mineral logamnya yaitu kadmium (Cd) karena nilai RQ >1.

Kata Kunci: ARKL, Mineral Logam, Karsinogenik, Non Karsinogenik

Abstract

Environmental health risk assessment is a method used to evaluate or predict potential hazards to human health. This study was conducted in close proximity to a laterite nickel mining site, which raises the possibility that community-dug wells may contain heavy metals. The objective of this study was to determine the concentrations of Fe, Zn, Cd, Co, Cu, 〖Cr〗^(6+), total Cr, Pb, and Ni in groundwater from community wells in Asingi Village and Bomba-Bomba Village, as well as to assess the risk characterization in terms of non-carcinogenic and carcinogenic effects. This research applied both quantitative and qualitative approaches using purposive sampling. The results showed that the average concentrations of heavy metals in the well water of Asingi Village were Fe 0.1389 mg/L, Cd 0.0214 mg/L, 〖Cr〗^(6+) 0.01065 mg/L, Cu 0.0448 mg/L, Pb 0.0023 mg/L, Zn 0.01535 mg/L, Co 0.00335 mg/L, Ni 0.0047 mg/L, and total Cr 0.0187 mg/L. Meanwhile, the average concentrations of heavy metals in the well water of Bomba-Bomba Village were Fe 0.05205 mg/L, Cd 0.00645 mg/L, 〖Cr〗^(6+) 0.00655 mg/L, Cu 0.0071 mg/L, Pb 0.00415 mg/L, Zn 0.0602 mg/L, Co 0.00285 mg/L, Ni 0.0046 mg/L, and total Cr 0.00255 mg/L. Furthermore, the risk characterization of groundwater samples from Bomba-Bomba village indicated non-carcinogenic effects, as

all heavy metal concentrations had RQ values < 1. In contrast, groundwater samples from Asingi village showed a carcinogenic effect associated with cadmium (Cd), which had an RQ value > 1.

Keywords: *ARKL, Heavy Metals, Carcinogenic, Non Carcinogenic*

1. PENDAHULUAN

Analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan suatu metode untuk menilai atau meramalkan potensi bahaya bagi kesehatan manusia. Dalam ARKL terbagi dua efek kesehatan yaitu efek *karsinogenik* dan *non karsinogenik* yang menjadi penyebab manusia mengalami kedua efek kesehatan tersebut salah satunya yaitu meminum air dengan kandungan mineral logam melebihi standar ketetapan pemerintah.

Aktivitas masyarakat didekat sumur gali atau sumur bor dapat mempengaruhi kualiatas air sumur tersebut, salah satunya kegiatan penambangan. Di kecamatan Tinanggea memiliki potensi nikel yang cukup tinggi sehingga banyak perusahaan tambang nikel laterit yang dibangun. Mineral logam yang dapat ditemukan pada penambangan nikel laterit yaitu Fe, Zn, Cd, Co, Cu, Cr^{6+}, Cr Total, Pb dan Ni. Apabila mineral logam ini masuk kedalam tubuh manusia dapat menimbulkan dampak risiko kesehatan yang berbahaya bagi tubuh manusia.

Penelitian ini memiliki jarak cukup dekat dengan lokasi penambangan nikel laterit, maka ada kemungkinan sumur gali masyarakat mengandung mineral logam. Ini bisa disebabkan karena sifat air yang cair mudah menyerap dan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Sesuai dengan uraian di atas, maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang sumur masyarakat desa Asingi dan desa Bomba-Bomba.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gangguan Kesehatan Akibat Pencemaran Mineral Logam cadmium (Cd)

Ada beberapa kasus keracunan umum akibat paparan kadmium jangka panjang akibat makanan dan air yang terkontaminasi, dan penelitian terus berlanjut mengenai mimikri estrogen yang dapat menyebabkan kanker payudara[2] (Dewata & Danhas, 2021). Kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia karena dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal dan paru-paru, meningkatkan tekanan darah, dan mengakibatkan kemandulan pada pria dewasa. Kasus keracunan kadmium yang terkenal adalah timbulnya penyakit *itai-itai* di Jepang, ditandai dengan rasa sakit pada tulang dan terjadi pengeroposan tulang[4].

2.2. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Dalam perhitungan ARKL menggunakan buku panduan ARKL 2021, berikut penjelasan ARKL dan tahapannya[5]. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) adalah sebuah proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memprakirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk juga identifikasi terhadap keberadaan faktor ketidakpastian, penelusuran pada pajanan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran yang spesifik[3].

Berikut tahapan-tahapan dalam ARKL[3]:

a) Identifikasi bahaya (*Hazard Indentification*) merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan[3]
b) Analisis dosis-respon *(Dose-Response Asseesment)* adalah proses karakterisasi hubungan antara dosis dari sebuah agen resiko yang diterima dengan kejadian efek gangguan kesehatan pada populasi terpajan dan memperkirakan efek kejadian tersebut pada manusia yang terpajan agen resiko[6].
c) Analisis pajanan (*Exposure Assessment*) adalah proses mengukur atau memperkirakan intensitas, frekuensi dan durasi pajanan manusia ke agen lingkungan atau memperkirakan pajanan hipotesis yang mungkin timbul dari pelepasan bahan kimia baru kelingkungan[6] (National Research Council, 1983). Perhitungan nilai *intake non karsinogenik* dan *karsinogenik* pada jalur pejanan ingesti (tertelan)/ oral menggunakan persamaan sebagai berikut[3]

$$I_{nk} = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad (1)$$

Keterangan

I_{nk} : jumlah konsentrasi agen resiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya (mg/kg x hari).

C : konsentrasi agen resiko pada air bersih/ minum (mg/l).
R : laju konsumsi atau banyaknya volume air atau jumlah berat makanan yang masuk setiap jamnya (L/hari).
f_E : amanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya (hari/tahun).
D_t : lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan (tahun).
W_b : Berat badan manusia/ populasi/ kelompok populasi (kg).
t_{avg} : Periode waktu rata-rata (hari)

d) Karakterisasi risiko (*Risk Characterization*) dibagi dalam dua hal, yaitu dinyatakan dalam
e) *Risk Question* (RQ) untuk efek *non karsinogenik* dan dinyatakan dalam *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek *karsinogenik*. Nilai RQ dihitung dengan membagi nilai asupan *non karsinogenik* dengan nilai dosis referensi (RfD). Risiko kesehatan ada atau tinggi dan perlu dikendalikan jika RQ >1, jika RQ ≤1, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi segala kondisi harus dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1[5]. Untuk menghitung *Risk Quotien* (RQ) untuk efek *non karsinogenik* dapat menggunakan persamaan berikut[4]:

$$RQ=\frac{I}{RfD} \quad (2)$$

Keterangan:
RQ : karakteristik risiko *(Risk Quotient)*
I : *intake*/ asupan
RfD : dosis referensi

Untuk menghitung *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek *karsinogenik* dapat menggunakan persamaan berikut[5]:

$$ECR=Intake_{cancer} \times CSF \quad (3)$$

Keterangan:
ECR : *Excess Cancer Risk*
Intake : jumlah asupan kronis
CSF : *Cancer Slope Factor.*

f) Pengelolaan risiko merupakan langkah selanjutnya di luar ARKL yang dilakukan apabila hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman atau berisiko terhadap kesehatan atau nilai RQ>1. Cara pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui 3 pendekatan yaitu pendekatan teknologi, sosial-ekonomis, dan institusional[5].Untuk pajanan agent risiko melalui ingesti/mulut dapat menggunakan persamaan berikut[5]:

$$C_{aman}=\frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{R \times f_E \times D_t} \quad (4)$$

$$R_{aman}=\frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times f_E \times D_t} \quad (5)$$

$$f_{E_{aman}}=\frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times D_t} \quad (6)$$

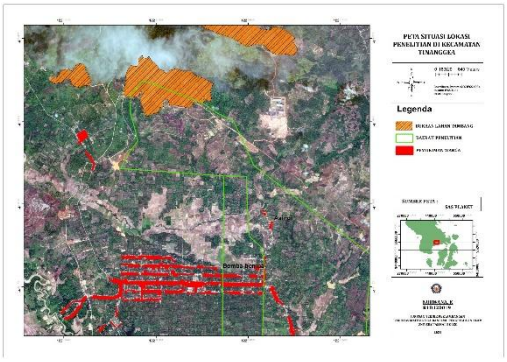
$$D_{t_{aman}}=\frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times f_E} \quad (7)$$

g) Komunikasi Risiko adalah langkah penting dari berkelanjutan ARKL agar data dan informasi yang diperoleh bisa diterima Masyarakat. Penyampaian dalam bahasa yang mudah dimengerti dan tanpa adanya informasi yang ditutupi[5].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan sekitar satu bulan di Desa Asingi dan Desa Bomba-Bomba, yang terletak di Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasi Desa Asingi berjarak 102 km dari Universitas Halu Oleo, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan dapat dijangkau menggunakan kendaraan roda dua atau empat dalam waktu sekitar 145 menit dengan kecepatan 60 km/jam. Sementara itu, Desa Bomba-Bomba berjarak 103 km dan memerlukan waktu sekitar 138 menit untuk dijangkau dengan kecepatan yang sama. Jarak antara lokasi penelitian dan kota tambang Asingi adalah 1,5 km, sedangkan untuk Desa Bomba-Bomba adalah 3,3 km. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan metode *purposive sampling*.

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Alat tulis	Alat tulis yang digunakan yaitu pulpen dan buku, kegunaannya yaitu untuk mencatat data-data yang diperoleh ketika berada di lapangan.
2	Jerigen sampel	Digunakan sebagai alat untuk menyimpan sampel penelitian yaitu berupa sampel air sumur gali.
3	*Global positioning system* (GPS)	Digunakan untuk mengetahui titik koordinat tempat sampel air sumur yang digunakan sebagai bahan penelitian ini.
4	Timbangan berat badan	Digunakan sebagai alat untuk mengetahui berat badan masyarakat.
5	Kamera	Digunakan untuk mengambil dokumentasi alat dan bahan yang digunakan serta mengambil dokumentasi kertika berada dilapangan.
6	Air sumur gali	Digunakan sebagai bahan penelitian yang akan di uji laboratorium untuk mengetahui kandungan mineral logam di dalamnya.

3.4. Prosedur Penelitian

1. Studi literatur

Tahap studi literatur yang dimaksudkan terdiri dari pengumpulan serta pemahaman beragam referensi untuk menjamin keberhasilan penelitian ini. Aktivitas yang dilakukan pada tahap ini mencakup pengumpulan dokumen atau referensi yang berkaitan dengan standar kualitas air minum serta prosedur dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.

2. Observasi

Tahapan pengamatan dilakukan dengan observasi langsung pada daerah penelitian guna untuk mendapatkan informasi dan data secara langsung serta dapat mengetahui permasalahan pada daerah yang diteliti.

3. Pengumpulan data

a) Data Primer

Data primer merujuk pada informasi yang diperoleh secara langsung dari tempat penelitian. Dalam penelitian ini, data primer yang digunakan adalah koordinat sampel air yang diambil dari sumur. Di samping itu, diperlukan data hasil survei, yang mencakup data mengenai *rate* (R), *duration time* (Dt), dan *weight of body* (Wb) untuk menghitung nilai intake.

b) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang telah didadapatkan dari sumber yang telah ada. Data sekunder dikumpulkan sesuai literatur dan berbagai referensi yang telah diperoleh yang terkait dengan masalah pada penelitian ini. Data yang dimaksud meliputi: Peta situasi lokasi penelitian, nilai RfD, dan nilai CSF.

4. Pengolahan data

Data yang telah dikumpulkan, baik dari sumber utama maupun sekunder, selanjutnya diproses. Proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer, seperti *Microsoft Office* untuk mengolah serta menganalisis informasi, dan *ArcGIS*, program yang digunakan untuk membuat peta dari area penelitian. Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik koordinat sumur gali.
2. Melakukan pengolahan data pajanan ingesti (tertelan) dengan menambahkan data pendukung berupa data konsentrasi dari mineral logam Fe, Zn, Cd, Co, Cu, Cr6+, Cr, Pb dan Ni yang didapatkan dari hasil uji laboratorium, untuk mencari nilai *intake* dapat menggunakan Persamaan 2.1.
3. Melakukan pengolahan data karakteristik risiko *non karsinogenik* dengan menghitung nilai *Risk Quotient* (RQ) dengan menggunakan Persamaan 2.2.
4. Melakukan pengolahan data karakteristik risiko *karsinogenik* dengan menghitung nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) sesuai dengan Persamaan 2.3.
5. Melakukan pengelolaan risiko dengan menghitung nilai C aman menggunakan Persamaan 2.4., R aman menggunakan Persamaan 2.5., f_E aman menggunakan Persamaan 2.6., dan Dt aman menggunakan Persamaan 2.7.
6. Melakukan komunikasi risiko.

5. Analisis data

Setelah melakukan pengolahan data maka dilakukan analisis data agar menjadi informasi baru yang lebih mudah dipahami. Tahapan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi bahaya dan efek kritis.
2. Analisis dosis respon.
3. Menganalisis pajanan berdasarkan hasil perhitungan nilai *intake non karsinogenik* maupun *karsinogenik*.
4. Menganalisis karakteristik risiko dengan menghitung nilai RQ *non karsinogenik*
5. Menganalisis karakteristik risiko dengan menghitung nilai ECR *karsinogenik*.
6. Pengelolaan risiko dan penyampaian risiko.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kadar Kandungan Mineral Logam

Kadar rata-rata kandungan mineral logam desa Asingi dan desa Bomba dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Kadar Rata-Rata Mineral Logam

No	Parameter	AS	BB
1	pH	6,595	6,86
2	Fe	0,1389	0,05205
3	Cd	0,0214	0,00645
4	Cr^{6+}	0,01065	0,00655
5	Cu	0,0448	0,0071
6	Pb	0,0023	0,00415
7	Zn	0,01535	0,0602
8	Co	0,00335	0,00285
9	Ni	0,0047	0,0046
10	Cr	0,0187	0,00255

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

Dari penelitian yang sudah dilakukan, rata-rata kadar mineral logam diatas yaitu mineral logam Cd pada sampel AS memiliki efek karsinogenik, ini ditandai dari wawancara 35 responden dimana 8 orang berpotensi mengalami gangguan kesehatan karsinogenik.

4.2. Analisis Nilai Intake dan RQ

Nilai *intake* dan RQ mineral logam kadmium (Cd) dapat dilihat pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Nilai *Intake* dan RQ kadmium (Cd)

Responden	Intake (mg/kg/hari)	Tingkat Resiko
Ritna	0,00126	1,25636
Yatin S	0,00118	1,18388
Teguh A	0,00116	1,16154
Yusuf S	0,00104	1,04342
Nur Afika	0,00117	1,17260
Firdayanti	0,00137	1,36804
Lia	0,00100	1,00100
Zulham A	0,00164	1,64164

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai RQ pada mineral logam kadmium RQ>1. Maka dari itu perlu dilanjutkan ketahap berikutnya.

4.3. Tingkat Risiko *Karsinogenik*

Tingkat risiko *karsinogenik* atau ECR dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Nilai ECR

Responden	Parameter	ECR
Ritna	Kadmium (Cd)	0,0079153
Yatin S		0,0074586
Teguh A		0,0073175
Yusuf S		0,0065734
Nur Afika		0,0073874
Firdayanti		0,0086186
Lia		0,0063063
Zulham A		0,0103424

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

4.4. Pengelolaan Risiko

Langkah ini dilakukan karena pada tahap tingkat risiko nilai RQ dinyatakan tidak aman atau *unacceptable.* Nilai C aman, R aman, FE aman, Dt aman dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Nilai C aman, R aman, FE aman, Dt aman

Responden	C aman	R aman	f_E aman	Dt aman
Ritna	0.017	2.388	279	13
Yatin S	0.018	2.534	296	10
Teguh A	0.018	2.582	301	8
Yusuf S	0.021	2.875	335	46
Nur Afika	0.018	1.705	298	11
Firdayanti	0.016	1.462	256	9
Lia	0.021	1.998	350	11
Zulham A	0.013	1.218	213	7

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

Dapat dilihat bahwa masing-masing responden memiliki batas aman dalam meminum air yang mengandung mineral logam kadmium.

4.5. Komunikasi Risiko

Komunikasi risiko ini penting dilakukan karena ini berkaitan dengan kesehatan masyarakat. Pihak-

pihak yang dapat melakukan komunikasi risiko ini, tentunya dilakukan oleh orang yang paham atau berkompeten, dapat di dengar oleh masyarakat dan terbuka atas semua informasi yang diketahui ketika menyampaikan informasi penting ke masyarakat. Komunikasi risiko dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan yang dapat dilihat pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Pendekatan Komunikasi Risiko

Komunikasi Risiko	Pendekatan
Pemilik Sumur	Melakukan pengujian mineral logam pada air sumur secara berkala.
Masyarakat	1.Menggunakan sumur yang aman dan yang sudah terjamin kualitasnya. 2.Sosialisasi tentang potensi adanya mineral logam dan bahaya apa yang dapat ditimbulkan.

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Kadar rata- rata mineral logam air sumur desa Asingi yaitu Fe 0,1389 mg/L, Cd 0,0214 mg/L, Cr^{6+} 0,01065 mg/L, Cu 0,0448 mg/L, Pb 0,0023 mg/L, Zn 0,01535 mg/L, Co 0,00335 mg/L, Ni 0,0047 mg/L, dan Cr 0,0187 mg/L. Sedangkan kadar rata- rata mineral logam air sumur desa Bomba-Bomba yaitu Fe 0,05205 mg/L, Cd 0,00645 mg/L, Cr^{6+} 0,00655 mg/L, Cu 0,0071 mg/L, Pb 0,00415 mg/L, Zn 0,0602 mg/L, Co 0,00285 mg/L, Ni 0,0046 mg/L, dan Cr 0,00255 mg/L.
2. Karakterisasi risiko pada sampel air sumur desa Bomba-Bomba memiliki efek *non karsinogenik* karena semua kandungan mineral logamnya memiliki nilai RQ<1. Sedangkan sampel air sumur desa Asingi memiliki efek *karsinogenik* pada salah satu mineral logamnya yaitu kadmium (Cd) karena nilai RQ >1, maka dari itu perlu dilanjutkan ke tahap pengelolaan dan komunikasi risiko.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak dan Ibu Dosen pembimbing yaitu Bapak Drs. Firdaus, M.Si dan ibu Ir. Ika Sartika Ambarsari, S.T.,M.T atas segala masukan yang telah diberikan sehingga penelitian ini bisa diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anasti, R., Anasta, L., Harnovinsah, & Oktris, L. (2022). *Sukses Menyelesaikan Skripsi Dengan Metode Penelitian Kuantitatif dan Analisis Data SPSS*. Penerbit Salemba. ISBN: 9789790619807.

[2] Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2021). *Toksikologi Lingkungan*. PT RajaGrafindo Persada. ISBN: 978-623-231-973-8.

[3] Direktorat Jendral PP dan PL kementerian Kesehatan. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*.

[4] Effendi, H. (2024). *Telaah Kualitas Air*. PT Kanisius. ISBN: 978-979-21-7956-9.

[5] Fitra, M., Awaluddin, Sejati, & Fikri, E. (2021). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. PT. Global Eksekutif Teknologi. ISBN: 978-623-96136-4-8.

[6] National Research Council. (1983). *Risk Assement in the Federal Government: Managing the Process*. National Academy Press. ISBN: 0-309-03349-7.