

**PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT MANGAN (Mn), TIMBAL  
(Pb), DAN KADMIUM (Cd) PADA SEDIMEN HULU SUNGAI WAY  
KURIPAN KOTA BANDAR LAMPUNG**  
(Skripsi)

Oleh  
**ALFI NURUL IZZAH**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT Mn, Pb, DAN Cd PADA SEDIMEN HULU SUNGAI WAY KURIPAN KOTA BANDAR LAMPUNG**

**Oleh**

**ALFI NURUL IZZAH**

Sungai Way Kuripan merupakan salah satu sungai terpenting yang melintasi kota Bandar Lampung dan kemudian bermuara di Teluk Lampung. Jalan Sungai Kuripan banyak digunakan untuk keperluan industri dan lokal. Dengan banyaknya aktivitas dan jumlah penduduk di sungai Way Kuripan ini akan sebanding dengan tingginya tingkat pencemaran yang terjadi di sungai. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kadar logam berat serta memverifikasi metode analisis yang digunakan pada logam berat Mangan, Timbal dan Kadmium pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung. Metode yang dilakukan meliputi prosedur pembuatan larutan, metode sampling, preparasi sampel untuk penentuan kandungan logam berat, pembuatan kurva kalibrasi, dan verifikasi metode. Verifikasi metode ditunjukkan melalui parameter akurasi, presisi, linearitas, LoD dan LoQ. Hasil yang diperoleh dari penelitian yakni konsentrasi logam berat dalam sedimen hulu sungai Way Kuripan pada Titik A, Titik B, dan Titik C untuk logam Mn sebesar  $\pm 4,71203$  mg/L,  $\pm 5,56963$  mg/L dan  $\pm 4,47143$  mg/L. Logam Pb sebesar  $\pm 0,276$  mg/L,  $\pm 0,0938$  mg/L, dan  $\pm 0,0722$  mg/L. Logam Cd sebesar  $\pm 0,0061$  mg/L,  $\pm 0,0076$  mg/L, dan  $\pm 0,0112$  mg/L. Berdasarkan National Sediment Survey U.S. EPA bahwa konsentrasi logam Mn, Pb, dan Cd tidak melebihi batas nilai baku tercemar. Nilai %recovery pada masing-masing sampel logam Mn, Pb, dan Cd berada didalam rentang 95-103% yang masuk dalam rentang nilai baik berdasarkan Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) 2016.

**Kata kunci:** Sungai Way Kuripan, Sedimen, Mangan, Timbal, Kadmium

## **ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF Mn, Pb, AND Cd HEAVY METAL CONTENT IN THE UPPER WAY KURIPAN RIVER SEDIMENTS BANDAR LAMPUNG CITY**

**By**

**ALFI NURUL IZZAH**

The Way Kuripan River is one of the most important rivers that crosses the city of Bandar Lampung and then empties into Lampung Bay. Jalan Sungai Kuripan is widely used for industrial and local purposes. With so many activities and the number of people on the Way Kuripan river, this will be proportional to the high level of pollution that occurs in the river. The purpose of this study was to determine the levels of heavy metals and to verify the analytical method used for the heavy metals Manganese, Lead and Cadmium in the upstream sediments of the Way Kuripan river, Bandar Lampung City. The methods used include the procedure for making solutions, sampling methods, sample preparation for determination of heavy metal content, preparation of calibration curves, and method verification. Method verification is shown through the parameters of accuracy, precision, linearity, LoD and LoQ. The results obtained from the study were the concentration of heavy metals in the upstream sediments of the Way Kuripan river at Point A, Point B, and Point C for Mn metal of  $\pm 4.71203$  mg/L,  $\pm 5.56963$  mg/L and  $\pm 4.47143$  mg /l. Pb metal of  $\pm 0.276$  mg/L,  $\pm 0.0938$  mg/L, and  $\pm 0.0722$  mg/L. Cd metal is  $\pm 0.0061$  mg/L,  $\pm 0.0076$  mg/L, and  $\pm 0.0112$  mg/L. Based on the National Sediment Survey U.S. EPA that the metal concentrations of Mn, Pb, and Cd do not exceed the polluted standard values. The %recovery values for each metal sample Mn, Pb, and Cd are in the range of 95-103% which is in the good value range based on the 2016 Association of Official Agricultural Chemists (AOAC).

**Keywords: Way Kuripan River, Sediments, Mangan, Lead, Cadmium**

**PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT Mn, Pb, DAN Cd PADA  
SEDIMEN HULU SUNGAI WAY KURIPAN KOTA BANDAR LAMPUNG**

**Oleh**

**ALFI NURUL IZZAH**

**Skripsi**

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Kimia**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT Mn, Pb, DAN Cd PADA SEDIMEN HULU SUNGAI WAY KURIPAN KOTA BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Alfi Nurul Tezzah**

No. Pokok Mahasiswa : 1857011001

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**  
NIP 19740609 200501 1 002

**Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP 19710414 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

**Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP 19740611 200003 21 002

**MENGESAHKAN**

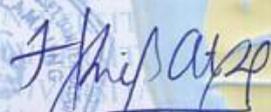
1. Tim Penguji

Ketua : **Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**

Sekretaris : **Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Zipora Sembiring, M.Si.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

  
**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Desember 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfi Nurul Izzah  
Nomor pokok mahasiswa : 1857011001  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Penentuan Kandungan Logam Berat Mn, Pb, dan Cd pada Sedimen Hulu Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung**" ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diaacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 17 Januari 2024

Yang Menyatakan

A handwritten signature in black ink is written over a 5000 Rupiah stamp. The stamp is partially obscured by the signature. The stamp text includes 'SEPTA RIBU RUPIAH', '5000', 'METAL TEMPEL', and 'DRAFA X038246844'.

Alfi Nurul Izzah

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Alfi Nurul Izzah, lahir di Serang pada tanggal 21 Januari 2001. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Alm. Bapak Djuanedi dan Ibu Mila Warna. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN Panancangan 3 pada tahun 2012, lalu melanjutkan Pendidikan di MTsN 1 Kota Serang dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan Pendidikan di MAN 2 Kota Serang dan lulus pada tahun 2018. Pada kuartal kedua tahun 2018 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Wilayah Barat Indonesia (SMM PTN-BARAT).

Selama menempuh pendidikan di jurusan kimia, penulis juga aktif dalam berorganisasi. Organisasi yang pernah diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) sebagai Kader Muda Himaki pada tahun 2018-2019, anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) pada periode kepengurusan 2019, dan Himpunan Mahasiswa Banten (HMB) anggota bidang Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) pada periode kepengurusan 2020-2021. Selain mengikuti organisasi, penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum Kimia Analitik I dan II untuk Mahasiswa Jurusan Kimia pada tahun 2021. Penulis telah menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di UPTD Laboratorium Lingkungan Hidup Kabupaten Serang dengan judul **Analisis Kandungan Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) Dalam Air Sungai menggunakan Spektrofotometer UV-Vis**, serta penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri selama 40 hari di Desa Bogeg, Kelurahan Banjaragung, Kecamatan Cipocok Jaya, Kota Serang pada tahun 2021.

## MOTTO

Aku percaya, takdir Allah pastilah yang terbaik untukku dan untukmu juga

*-Unknown-*

Jangan terlalu bergantung pada siapapun didunia ini, bahkan bayanganmu pun akan meninggalkanmu saat berada ditengah kegelapan

*-Ibnu Taimiyah-*

Sebelum mencintai orang lain aku belajar untuk mencintai diri sendiri, karena aku merasa cinta diriku terus berkurang. Jadi aku belajar untuk lebih percaya diri dan itu membuatku selangkah lebih dekat dengan tujuanku.

*-Choi Yeonjun-*

*Everyone's tastes are different, and I like myself so it's okay. They say that if you like yourself, others will like you too*

*-Kim Sunoo-*

Tidak perlu merasa kesal sebab doa yang belum jadi nyata, bersabar saja sebanyak-banyaknya, jangan menyerah begitu saja, karena jika kamu mau bersabar Allah mampu memberimu lebih dari yang kau minta.

*-Unknown-*

## **PERSEMBAHAN**

### **Puji syukur kehadirat Allah SWT**

Atas limpahan karunia-Nya serta shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa diharapkan syafaatnya di hari akhir.

Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan sebuah karya kecilku sebagai wujud bakti dan tanggung jawabku kepada :

Ayah dan Ibuku tercinta

**Abi Djunaedi (Alm.), Abi Kuncoro Harimurti, dan Umi Mila Warna**

Terima kasih telah mendidik dan membimbingku, atas doa, nasihat, dan kasih sayang sepanjang hidup.

Rasa hormat dan bakti saya kepada :

**Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**

Serta seluruh dosen pengajar yang telah membimbing dan mendidik hingga dapat menyelesaikan Pendidikan sarjana

Serta

Almamaterku tercinta

**Universitas Lampung**

## SANWACANA

Puji juga syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam teruntuk Nabi Muhammad SAW, semoga kita termasuk umatnya yang mendapat syafaat beliau di yaumul akhir nanti, *aamiin ya rabbal'alamiin*.

Skripsi dengan judul **“Penentuan Kandungan Logam Berat Mn, Pb, dan Cd pada Sedimen Hulu Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada momen ini penulis mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua, Abi Kuncoro Harimurti dan Umi Mila Warna yang selalu mendukung, memberi semangat, dan mendoakan penulis. Dan Abi Djunaedi (Alm) yang telah mencintai penulis hingga akhir, engkau akan selalu dan selamanya menjadi cinta pertama penulis.
3. Bapak Diky Hidayat, M.Sc., selaku pembimbing I yang telah membantu, membimbing, serta seluruh kebaikannya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku pembimbing II yang telah membantu juga memberikan saran serta nasihat, serta seluruh kebaikannya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

5. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M. Si., selaku penguji atas segala kritik dan saran yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik.
6. Ibu Dr. Dian Herasari, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing hingga penyelesaian skripsi ini
7. Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dan seluruh Dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
8. Afifa Nabilla Mutiq, Aulia Siti Pradina, Dinara Salsabilla sebagai teman terdekat penulis yang telah meluangkan waktunya untuk mendengarkan semua cerita sedih dan senang yang penulis alami selama dibangku perkuliahan.
9. Balqis Fitri Ayuni sebagai saudara perempuan juga sebagai sahabat sebaya yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis.
10. Holif Maulia sebagai teman terdekat sejak bangku sekolah menengah atas dimulai yang sudah mendengar keluh kesah serta memberikan masukan atas semua hal yang penulis tanyakan.
11. Teman-teman dari Angkatan 2018 atas doa, semangat, serta waktunya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi dengan baik.
12. Kerabat dekat penulis yang telah memberi semangat serta bantuan masukan untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Yang Jungwon, Lee Hee Seung, Park Jong Seong, Sim Jae Yoon, Park Sunghoon, Kim Sunoo, dan Nishimura Riki ENHYPEN yang selalu menjadi *mood booster*, pelipur lara dikala sedang bersedih serta telah menjadi penyemangat untuk penulis.
14. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dan doa dalam penulisan skripsi ini.
15. *Last but not least* terima kasih penulis ucapkan kepada diri sendiri untuk tetap dan telah bertahan hingga saat ini didalam berbagai macam kondisi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidaklah lepas dari kekurangan serta kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diperlukan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini, terima kasih.

Bandar Lampung, 06 Januari 2024

Penulis

Alfi Nurul Izzah

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Lokasi Sungai Way Kuripan.....	5
2.2 Pencemaran Lingkungan .....	5
2.3. Pencemaran Perairan Akibat Logam Berat .....	6
2.4. Logam Berat .....	7
2.4.1. Mangan (Mn) .....	9
2.4.2. Timbal (Pb) .....	9
2.4.3. Kadmium (Cd) .....	10
2.5. Sedimen .....	10
2.6. Spektrofotometri Serapan Atom.....	10
2.7. Verifikasi Hasil Analisis.....	10
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	19
3.1. Waktu dan Tempat .....	19
3.2. Alat dan Bahan .....	19
3.3. Prosedur Kerja .....	19
3.3.1. Pembuatan Larutan.....	19
3.3.2. Metode Pengambilan Sampel .....	20
3.3.3. Preparasi Sampel serta Penentuan Kadar Mn, Pb, dan Cd.....	21
3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	22

3.3.5. Verifikasi Hasil Analisis .....	24
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1. Pengambilan Sampel .....	26
4.2. Preparasi Sampel .....	27
4.3. Kandungan Logam Berat Mn, Pb, dan Cd pada Sampel Sedimen di Hulu Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung.....	28
4.3.1. Kandungan Logam Mn .....	28
4.3.2. Kandungan Logam Pb.....	29
4.3.3. Kandungan Logam Cd .....	31
4.4. Verifikasi Hasil Analisis.....	32
4.4.1. Linearitas.....	32
4.4.2. Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantitatif (LoQ).....	34
4.4.3. Presisi .....	35
4.4.4. Akurasi .....	36
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1. Simpulan.....	38
5.2. Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Sumber dan efek toksikologi logam berat (Kamarruzaman <i>et al.</i> ,2011) .....	7
2. Sifat fisik Mangan (Ginting, 2022) .....	9
3. Sifat fisik Timbal (Ginting, 2022).....	10
4. Sifat fisik Kadmium (Ginting, 2022) .....	10
5. Lokasi Pengambilan Sampel .....	27
6. Nilai LoD dan LoQ logam Mn, Pb, dan Cd .....	35
7. Nilai SD dan %RPD logam Mn pada sedimen .....	35
8. Nilai SD dan %RPD logam Pb pada sedimen.....	36
9. Nilai SD dan %RPD logam Cd pada sedimen .....	36
10. Nilai %Recovery logam Mn.....	37
11. Nilai %Recovery logam Pb .....	37
12. Nilai %Recovery logam Cd .....	37
13. Absorbansi logam Mn pada sedimen .....	48
14. Absorbansi logam Pb pada sedimen .....	49
15. Absorbansi logam Cd pada sedimen .....	49
16. Absorbansi larutan standar Mn .....	49
17. Konsentrasi regresi (Creg.) logam Mn pada sedimen .....	50
18. Konsentrasi logam Mn pada sedimen .....	51
19. Absorbansi larutan standar Pb.....	51
20. Konsentrasi regresi (Creg.) Logam Pb pada sedimen .....	52
21. Konsentrasi logam Pb pada sedimen.....	52
22. Absorbansi larutan standar Cd .....	53
23. Konsentrasi regresi (Creg.) logam Cd pada Sedimen .....	53

<b>24.</b> Konsentrasi logam Cd pada sedimen .....	54
<b>25.</b> Nilai standar deviasi larutan standar pada logam Mn .....	54
<b>26.</b> Nilai standar deviasi larutan standar pada logam Pb.....	55
<b>27.</b> Nilai standar deviasi larutan standar pada logam Cd .....	56
<b>28.</b> Nilai %Recovery logam Mn.....	56
<b>29.</b> Nilai %Recovery logam Pb.....	57
<b>30.</b> Nilai %Recovery logam Cd .....	57
<b>31.</b> SD dan %RPD logam Mn pada sedimen .....	58
<b>32.</b> SD dan %RPD logam Pb pada sedimen.....	58
<b>33.</b> SD dan %RPD logam Cd pada sedimen .....	58

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Hallow Cathode Lamp (Ebdom <i>et al.</i> , 1998) .....	10
2. Titik Pengambilan Sampel .....	26
3. Nilai rerata kandungan logam Mangan di sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung .....	29
4. Nilai rerata kandungan logam timbal di sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung .....	30
5. Nilai rerata kandungan logam Kadmium di sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung .....	31
6. Kurva regresi linier logam Mn .....	33
7. Kurva regresi linier logam Pb .....	33
8. Kurva regresi linier logam Cd .....	34

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bandar Lampung sebagai ibukota dari provinsi Lampung dengan luas wilayah 197,2 km<sup>2</sup> dengan ketinggian 0–700 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan letak astronomisnya, Kota Bandar Lampung terletak antara 50°20'–50°30' LS dan 105°28'–105°37' BT dengan batas utara mencakup kecamatan Natar dan kabupaten Lampung Selatan; batas selatan mencakup kecamatan Padang Cermin, Ketibung dan Teluk Lampung, dan kabupaten Lampung Selatan; batas timur mencakup kecamatan Tanjung Bintang, dan kabupaten Lampung Selatan; batas barat mencakup kecamatan Gedungtataan, kecamatan Padang Cermin, dan kabupaten Lampung Selatan (Badan Pembangunan Infrastruktur Wilayah, 2017). Kota Bandar Lampung memiliki dua sungai besar yakni sungai Way Kuripan dan sungai Way Kuala disertai dengan 23 sungai-sungai kecil lainnya (Bappeda Kota Bandar Lampung, 2011).

Sungai Way Kuripan merupakan salah satu dari sungai besar yang melintasi Kota Bandar Lampung yang kemudian bermuara di Teluk Lampung. Sungai Way Kuripan banyak dimanfaatkan untuk kepentingan industri dan juga lokal, bagian hulunya terletak di daerah perbukitan sehingga air sungai didekat daerah tersebut dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan pokok perusahaan penyedia air minum Kota Bandar Lampung. Sedangkan, bagian hilirnya berdekatan dengan muara yang dimanfaatkan sebagai alur masuk keluarnya kapal nelayan tradisional (Hardiyanto, 2018). Dengan banyaknya aktivitas dan jumlah penduduk di sungai Way Kuripan ini akan sebanding dengan tingginya tingkat pencemaran yang terjadi di sungai. Masuknya suatu limbah hasil pencemaran tersebut ke dalam

sungai dapat mengakibatkan perubahan kualitas air sungai baik secara fisik dan juga kimia. Penurunan kualitas air sungai dapat disebabkan karena adanya komponen anorganik logam berat yang secara umum sudah ditetapkan sebagai kontaminan yang bersifat toksik dikarenakan keberadaannya yang solid didalam lingkungan sungai (Valdés *et al*, 2014). Peningkatan kadar logam berat dalam air sungai umumnya disebabkan masuknya limbah industri, pertanian, dan domestik yang mengandung banyak logam berat. Pencemaran logam berat di sungai mampu mempengaruhi kehidupan biota yang tinggal di sungai tersebut.

Logam berat dikategorikan sebagai salah satu polutan anorganik yang berasal dari aktivitas manusia ataupun alam kemudian terakumulasi pada lingkungan, sehingga mengendap di dasar sungai membentuk suatu senyawa kompleks yang dapat menjadi masalah serius akibat toksisitasnya, disertai dengan bioakumulasi dan biomagnifikasi logam berat dalam rantai makanan. Logam berat mampu bereaksi dengan berbagai macam kandungan air dan mampu berafiliasi dengan macam-macam fase geokimia dalam sedimen (Khan, *et al.*, 2018).

Sebuah isu penting yang menarik untuk dibahas yakni pencemaran logam berat pada sedimen sungai. Sedimen menjadi salah satu habitat bagi banyaknya organisme akuatik dan berperan penting pada ekosistem perairan, sedimen juga berperan sebagai tempat penyimpanan utama dari polutan kimia yang persisten dan beracun apabila dilepaskan ke lingkungan. Pada ekosistem sungai, limbah kimia yang masuk dalam badan air sulit untuk terurai hingga akhirnya terjadi pengendapan pada sedimen. Berdasarkan tautan di atas, maka sedimen mampu menjadi alat indikator yang sensitif untuk mengamati kontaminan dalam lingkungan sungai (Kruopiene, 2007).

Beberapa logam berat yang sering mencemari lingkungan yakni Hg, Cr, As, Mn, Cd, dan Pb (Notohadiprawiro, 1993). Logam berat yang ada di perairan, suatu saat akan mengendap di dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan seperti udang, kerang dan kepiting akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Jika biota laut yang telah terkontaminasi logam berat tersebut dikonsumsi dalam jangka waktu tertentu, dapat menjadi

racun yang akan meracuni makhluk hidup (Palar, 2008). Keberadaan logam berat seperti mangan (Mn), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) yang mengendap pada sedimen akan masuk ke dalam tubuh organisme yang apabila logam berat ini terakumulasi pada konsentrasi tertentu ke dalam air, biota, serta sedimen di perairan tersebut akan menimbulkan efek toksik terhadap organisme yang hidup di dalamnya (Sembel, 2015). Oleh karena itu, untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat di hulu sungai Way Kuripan diperlukan penentuan kandungan logam berat Mn, Pb, dan Cd pada sedimen di hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung dengan menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Penggunaan metode SSA dalam analisis logam berat tersebut dengan menggunakan konsentrasi yang spesifik, sehingga didapatkan kandungan logam berat Mn, Pb, dan Cd pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung.

Metode yang dipakai dalam penelitian ini ialah metode verifikasi, tujuan dipakainya metode ini ialah untuk memastikan bahwa analis dapat menerapkan metode analisis dengan baik (dalam perencanaan, pelaksanaan uji, pengolahan data, dan rekaman hasil) serta menjamin mutu hasil pengujian. Verifikasi metode analisis logam bisa dikerjakan dengan sejumlah parameter seperti uji akurasi (ketepatan), uji presisi (sensitivitas), uji linearitas, *Limit of Detection* (LoD), *Limit of Quantitation* (LoQ) (Aradea, 2014).

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Menentukan kadar logam berat Mangan, Timbal dan Kadmium pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung.
2. Memverifikasi metode analisis yang digunakan pada logam berat Mangan, Timbal dan Kadmium pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung menggunakan instrumen SSA.
3. Mengetahui kualitas verifikasi metode analisis dengan parameter akurasi, presisi, linearitas, LoD, LoQ pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat daripada penelitian ini yakni menjadi salah satu sumber data mengenai kualitas kontaminasi logam berat Mn, Pb, dan Cd pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung yang kemudian mampu menjadi petunjuk bagi masyarakat, industri, maupun pemerintah dalam menjalankan kegiatan rumah tangga dan juga industri yang berpengetahuan lingkungan. Serta mampu menjadi sumber ilmu pengetahuan mengenai verifikasi (linearitas, LoD, LoQ, akurasi, dan presisi) analisis logam berat Mn, Pb, dan Cd pada sedimen hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lokasi Sungai Way Kuripan

Hulu sungai Way Kuripan terletak di perbukitan Betung kelurahan Kuripan yang terdapat di kecamatan Teluk Betung Barat dan hilirnya berada di kelurahan Pesawahan yang terdapat di kecamatan Teluk Betung Selatan dan Kota Karang yang terdapat di kecamatan Teluk Betung Timur. Lebar sungai Way Kuripan di hulu yakni  $\pm 20,0$  m serta  $\pm 10,0$  m pada hilir sungainya (Rafi'i, *et al.*, 2013).

Secara morfologinya sungai Way Kuripan merupakan sungai yang berkelok-kelok, sungai ini mengalir dari sisi barat Kota Bandar Lampung kearah sisi tenggaranya sebagai muara di Teluk Lampung. Pada sisi hulu hingga bagian tengah yang berupa area dataran tinggi/perbukitan tetapi area ini separuhnya dalam keadaan rusak akibat pembukaan wilayah untuk akitivitas reboisasi. Pada area hilir, keadaannya condong datar, bersamaan dengan pemukiman yang cukup padat juga tak tertata. Pemanfaatan pinggir sungai yang digunakan menjadi daerah tempat tinggal dapat mengakibatkan modifikasi dimensi terusan sungai mejadi sempit sehigga dapat memotong daya tampung sungai, sehingga apabila hujan lebat terjadi maka besaran air banjir akan meningkat, berlebih dengan saluran got yang tidak mumpuni hingga kawasan sekitar sungai terancam menghadapi banjir (Baskoro, 2009)

### 2.2 Pencemaran Lingkungan

Rochmani (2015) menjabarkan berbagai persoalan lingkungan di Indonesia berdampak pada penurunan kualitas lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Pencemaran lingkungan didefinisikan sebagai turut campurnya suatu makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain kedalam lingkungan

hidup akibat dari kegiatan manusia sehingga melampaui induk mutu lingkungan hidup. Polutan dikategorikan menjadi 2 bagian bersumber dari proses masuknya yaitu:

1. Polutan alamiah merupakan polutan yang masuk dengan alamiah ke dalam lingkungan, seperti dampak dari letusan gunung berapi.
2. Polutan antropogenik merupakan polutan yang masuk dari pengaruh aktivitas manusia, seperti aktivitas rumah tangga, dan aktivitas industri.

### **2.3. Pencemaran Perairan Akibat Logam Berat**

Rahmatsyah *et al* (2018) menjabarkan bahwa tinggi rendahnya kadar logam berat dalam suatu perairan tidak hanya dipengaruhi oleh ketertutupan pantai, namun juga bergantung pada kondisi air laut setempat. Banyak logam yang bersifat toksik dalam air dan mencemari air tawar maupun air laut. Jika pencemaran air karena logam terjadi maka organisme pertama yang terpengaruh akibat penambahan polutan logam ke perairan adalah organisme dan tumbuhan yang tumbuh di perairan atau habitat tertentu. Dalam tubuh makhluk hidup, logam mengalami biokonsentrasi dan bioakumulasi sehingga kadar logam di dalam tubuh makhluk hidup lebih besar daripada di lingkungan perairan. Logam juga mengalami biomagnifikasi, kadarnya semakin meningkat dengan peningkatan posisi organisme pada rantai makanan.

Logam berat masuk ke dalam badan air melalui air hujan, limpasan permukaan, pengikisan dan pelapukan batuan mineral, serta limbah dari aktivitas manusia yang mengandung logam sehingga mencemari lingkungan. Umar (2014) menjabarkan bahwa kelarutan logam berat dalam air bisa dapat meningkat atau menurun sesuai dengan kondisi lingkungan perairan. Logam berat yang masuk ke badan air sungai dan laut akan dikeluarkan dari badan air oleh organisme akuatik melalui 3 proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi.

Logam berat dalam air akan terakumulasi dalam padatan, terutama pada sedimen. Pengaruh parameter kimia seperti terjadinya perubahan pH akan menyebabkan logam berat dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal tersebut dapat

menyebabkan logam berat bersifat racun bagi ekosistem perairan (Connell and Miller, 2006).

Logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air secara alami yang kurang dari 1 µg. Tingkat konsentrasi logam dalam air dibagi sesuai dengan tingkat polusi, seperti polusi berat, polusi sedang, dan non-polusi. Air yang mengalami polusi berat biasanya memiliki kandungan logam berat yang tinggi di dalam air dan organisme yang hidup di dalamnya. Pada tingkat polusi sedang, kandungan logam berat dalam air dan organisme dalam air berada dalam batas marginal. Adapun pada tingkat non polusi, kandungan logam berat dalam air dan organisme sangat rendah dan bahkan tidak terdeteksi (Lestari *et al.*, 2019). Sumber dan efek toksikologi logam berat dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sumber dan efek toksikologi logam berat (Kamarruzaman *et al.*,2011)

<b>Logam Berat</b>	<b>Sumber</b>	<b>Efek</b>
Tembaga (Cu)	Pestisida dan Insektisida	Anemia, radang sendi, insomnia, pembesaran hati, dan masalah jantung
Kromium (Cr)	Baja dan Tekstil industri	Masalah pernapasan, sistem kekebalan yang melemah, kerusakan hati, ginjal, dan kanker paru-paru
Nikel (Ni)	Elektroplating dan industri baterai	Sakit kepala, nyeri dada dan kanker paru-paru
Timbal (Pb)	Baterai dan Cat	Kesulitan belajar, keterbelakangan mental dan kerusakan ginjal
Arsen (As)	Kegiatan pertambangan	Kanker kulit
Seng (Zn)	Pembuatan cat dan limbah	Kelesuan
Mangan (Mn)	Industri pembuatan cat dan Farmasi	Gangguan neurologis permanen

#### **2.4. Logam Berat**

Logam berat ialah kontaminan berbahaya dan dapat terakumulasi dalam tubuh organisme, air, serta sedimen di dasar perairan (Harun, 2008). Apabila logam berat telah masuk kedalam tubuh manusia maka tidak dapat dimusnahkan, hanya dapat keluar melalui ekskresi. Hal serupa juga akan terjadi apabila logam berat masuk ke suatu lingkungan terutama pada perairan. Pencemaran logam berat

dapat dipengaruhi dari faktor alam seperti gunung merapi, kebakaran hutan, atau faktor kegiatan manusia (kegiatan industri, pertambangan, peternakan dan perkebunan, serta kegiatan rumah tangga) (Nordberg, 1986).

Logam berat yang bersarang dalam perairan sebagai unsur dari sistem suspensi pada air dan sedimen melewati proses absorpsi, sedimentasi dan perputaran ion. Dalam pengedaran logam, sistem sedimentasi pada air terkadang didorong oleh kesetimbangan dinamis dan interaksi fisikokimia dan disebabkan oleh pH, konsentrasi dan jenis senyawa, keadaan redoks, serta bilangan oksidasi logam (Lu. *et al*, 2007). Perputaran limbah akibat kegiatan manusia menaikkan eksistensi logam berat pada air. Risiko logam berat tidak akan sama dengan polutan lain, seperti tidak terdeklinsi dan akumulasi di permukaan bumi. Kontaminasi logam berat pada ekosistem perairan sebagai potensi masalah global (Harikumar, 2010). Pekey (2006) pada penelitiannya menjabarkan logam cenderung terjebak dalam lingkungan akuatik selanjutnya tertimbun pada sedimen.

#### **2.4.1. Mangan (Mn)**

Mangan berada pada bentuk manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{4+}$ ). Dari tanah,  $Mn^{4+}$  dihasilkan sebagai senyawa mangan dioksida. Pada perairan anaerobik, akibat dekomposisi bahan organik konsentrasi tinggi,  $Mn^{4+}$  mengalami reduksi menjadi  $Mn^{2+}$  terlarut. Sedangkan dalam perairan aerobik,  $Mn^{2+}$  akan mengalami reoksidasi membentuk  $Mn^{4+}$  dan mengendap di dasar perairan (Effendi, 2003).

Mn secara alami didapatkan di banyak jenis batuan dan tanah di lingkungan dengan dataran rendah, kadar air, udara, tanah, dan makanan. Level Mn rata-rata dalam berbagai media, kadar dalam air minum sekitar 0,004 mg/L; tingkat udara rata-rata sekitar 0,02 mg/m<sup>3</sup>, level di kisaran tanah dari 40-900 mg/L, dan rata-rata harian asupan dari makanan berkisar dari 1-5 mg/hari. Kebakaran hutan, vegetasi, dan aktivitas vulkanik adalah sumber alami utama lainnya terhadap logam Mn. Sumber utama Mn dalam tanah berasal dari batuan kerak, yaitu karena adanya deposisi atmosfer langsung, pencucian tanaman, dan ekskresi dari tumbuhan serta hewan (Rollin, 2011).

**Tabel 2.** Sifat fisik Mangan (Ginting, 2022)

Nomor atom	25
Titik didih (K)	2334
Titik lebur (K)	1519
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	7.21
Kalor penguapan (kJ/mol)	221
Kalor fusi (kJ/mol)	12.91
Energi ionisasi (kJ/mol)	1.55

#### 2.4.2. Timbal (Pb)

Frank (2006) menjabarkan bahwa logam timbal tersebar bebas di seluruh tingkatan atmosfer. Akan tetapi menurut Gustina (2012) meskipun timbal jarang ditemukan bebas di alam, timbal terkandung dalam senyawa molekul lain seperti PbBr<sub>2</sub> dan PbCl<sub>2</sub>. Dibandingkan dengan logam berat lainnya, timbal lebih tersebar luas di lingkungan. Umumnya kandungan timbal dalam tanah pada rentang 5-25 mg/kg, dalam air tanah pada rentang 1-60 µg/L, dan di udara pada rentang < 1 µg/m<sup>3</sup>, akan tetapi kadar timbal akan lebih tinggi pada daerah dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi (Frank, 2006).

Hampir seluruh manusia melakukan kontak dengan timbal dari lingkungan sekitarnya. Manusia dapat terkontaminasi timbal melalui air, makanan, debu, minyak, dan udara (Paulo, *et al.*, 2014). Hasil pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor menjadi penyebab terjadinya peningkatan kandungan timbal di udara. Timbal anorganik merupakan sebuah emisi yang dihasilkan dari pembakaran aditif timbal dalam bahan bakar kendaraan (Sudarmaji *et al.*, 2006). Palar (2005) mengungkapkan, selain akibat pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, pencemaran timbal juga dapat bersumber dari penggunaan cat, kegiatan industri, baterai, kabel, insektisida, bahan peledak, penggunaan timbal dalam pembuatan keramik, penggunaan solder timbal dalam industri perhiasan, dan kosmetik.

Adhani (2017) menuturkan bahwasannya paparan timbal mampu mengakibatkan sakit kepala, halusinasi, tremor, konsentrasi & kepintaran menurun, gangguan syaraf, gangguan fungsi ginjal, penurunan hemoglobin, keguguran, cacat juga kematian pada janin, dll.

**Tabel 3.** Sifat fisik Timbal (Ginting, 2022)

Nomor atom	82
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	11,34
Kekerasan (skala Brinell = Mpa)	38,3
Titik didih (°C)	1,749
Titik lebur (°C)	327,46
Kalor fusi (kJ/mol)	4,77

### 2.4.3. Kadmium (Cd)

Logam berat kadmium tidak berbau dan memiliki bioakumulasi yang tinggi. Karakteristik logam kadmium hampir sama dengan logam seng (Zn), yakni logam Cd mudah diserap manusia, jaringan tumbuhan dan hewan. Kadmium beracun untuk seluruh organisme dan mampu memasuki tubuh manusia dalam berbagai cara. Pada saat Cd atau senyawa terkaitnya diserap ke dalam tubuh manusia, mereka dapat mengakibatkan berbagai atau seluruh gejala seperti air liur berlebih, kesulitan bernapas, mual, muntah, sakit perut, anemia, gagal ginjal, dan diare. Selain itu, pada saat debu maupun asap Cd terhirup, kadmium dapat mengakibatkan tenggorokan kering, sakit kepala, nyeri dada, batuk, peningkatan kegelisahan, dan komplikasi bronkial. Kadmium juga memiliki pengaruh yang sangat negatif pada sistem metabolisme, bahwa Cd dapat menyebabkan kerusakan ginjal hingga kematian (Lu *et al.*, 2007).

Kadmium yang berada di air berawal dari berbagai proses yakni masuk ke dalam perairan karena adanya proses erosi tanah, pelapukan batuan induk. Kadmium lebih banyak masuk ke dalam air akibat kegiatan manusia seperti perindustrian ketika limbah hasil dari pabrik tersebut dibuang langsung ke perairan yang lalu terakumulasi di dasar perairan kemudian membentuk sedimen. Cd juga mampu masuk ke dalam organisme yang hidup di air dimana Cd mampu masuk melalui oral, inhalasi atau dermal (Indirawati, 2017)

**Tabel 4.** Sifat fisik Kadmium (Ginting, 2022)

Nomor atom	48
Berat atom (g/mol)	112,414
Fase	Padat
Titik didih (°C)	767
Titik lebur (°C)	321.07
Warna	Perak
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	8,650

Berdasarkan penjelasan dari Faroon (2012) sebagian kecil dari kadmium yang masuk ke dalam tubuh akan keluar perlahan melalui urin dan feses. Tubuh mampu mengubah sebagian besar kadmium menjadi bentuk yang tidak berbahaya, tetapi terlalu banyak kadmium dapat membebani kemampuan hati dan ginjal. Cd ialah unsur non esensial yang bersifat racun bagi tubuh. Kadmium dapat mengakibatkan keracunan pada beberapa organ seperti organ ginjal juga paru-paru. Cd didapatkan pada makanan dan air dengan konsentrasi rendah, (sekitar 1-10%) akan dimasukkan ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan (Bernhoft, 2013).

## 2.5. Sedimen

Sedimen ialah suatu pecahan material yang umumnya terdiri atas uraian batuan, baik fisika maupun kimia. Ukuran partikel dimulai dari yang besar (*boulderi*) hingga sangat halus (*koloid*) dengan bentuk yang bervariasi seperti bulat, lonjong, persegi, dll. Di satu sisi, hasil sedimen umumnya diperoleh melalui proses pengukiran kelimpahan sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*). Artinya, sedimen yakni fragmen mineral dan bahan organik yang dipindahkan dari berbagai sumber dan diendapkan melalui media udara, angin, air, atau oleh es. Ini mengandung mineral yang disimpan oleh padatan tersuspensi dalam air dan larutan kimia (Usman, 2014).

Sedimentasi dikatakan sebagai proses pemindahan material ke daerah pengendapan yang diakibatkan karena adanya pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser. Semua batuan yang telah diendapkan dari waktu ke waktu oleh erosi dan pelapukan akan menciptakan batuan sedimen. Hasil dari sedimentasi itu sendiri dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimentasi (*transport sediment*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Proses pembentukan sedimen dimulai dengan proses pengikisan tanah, terbawa arus, meninggalkan sebagian di tanah dan sebagian lagi masuk ke sungai dan diikat oleh sungai (Pangestu *et al*, 2013).

## 2.6. Spektrofotometri Serapan Atom

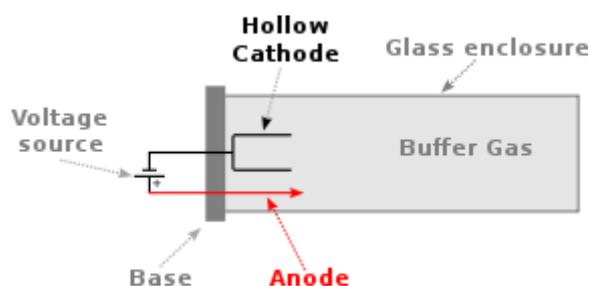
Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yakni salah satu metode analisis yang berdasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi metode ini memiliki prinsip yakni absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode ini hanya bergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. Dalam SSA, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia, dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (Nasir, 2019).

Metode SSA merupakan metode analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui eksistensi dan kadar logam berat dalam macam-macam bahan, namun terlebih dahulu dilakukan tahap pendestruksi cuplikan. Pada metode destruksi basah dekomposisi sampel dilakukan dengan cara menambahkan pereaksi asam tertentu ke dalam suatu bahan yang dianalisis. Asam-asam yang digunakan adalah asam-asam pengoksidasi seperti  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $HClO_4$ , atau campurannya. Pemilihan jenis asam untuk mendestruksi suatu bahan akan mempengaruhi hasil analisis (Habibi, 2020). Destruksi basah merupakan perombakan sampel dengan

asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, dan dioksidasi menggunakan zat oksidator.

Metode Spektrofotometri Serapan Atom yakni salah satu metode analisis yang dapat dipakai untuk menetapkan unsur-unsur di dalam suatu bahan bahkan untuk menganalisis sampel dalam jumlah sedikit, lantaran metode ini memiliki sensitivitas, akurasi dan selektivitas yang sangat tinggi. Beberapa komponen utama pada instrumen spektrofotometer serapan atom adalah sebagai berikut:

1. Sumber radiasi resonansi, Sumber radiasi resonansi yang digunakan adalah lampu katoda berongga atau *Electrodeless Discharge Tube (EDT)*. Elektroda lampu katoda berongga biasanya terdiri dari wolfram dan katoda berongga dilapisi dengan unsur murni atau campuran dari unsur murni yang dikehendaki.



**Gambar 1.** *Hallow Cathode Lamp* (Ebdom *et al.*, 1998)

2. Tempat sampel, Dalam analisis dengan spektrofotometri serapan atom, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom - atom netral yang masih dalam keadaan dasar. Ada berbagai macam alat yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atom - atom yaitu: dengan nyala (*flame*) dan dengan tanpa nyala (*flameless*) (Gandjar dan Rohman, 2007).
3. Monokromator, Dalam spektroskopi absorpsi atom fungsi monokromator adalah untuk mengecilkan garis resonansi dari semua garis yang tak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi (Nasir, 2019).
4. Detektor, berfungsi mengukur radiasi yang ditransmisikan oleh sampel dan mengukur intensitas radiasi tersebut dalam bentuk energi listrik. Dalam spektroskopi serapan atom, mengingat kepekaan spektral yang lebih baik

5. yang diperlakukan, maka digunakan penggandaan foton. Radiasi yang diterima oleh 16 detektor berasal tidak hanya dari garis resonansi yang telah diseleksi tetapi dapat juga timbul dari emisi nyala. Emisi ini dapat disebabkan oleh emisi atom yang timbul dari atom-atom yang sedang diselidiki dan dapat juga dari emisi pita molekul (Nasir, 2019).
6. *Readout*, alat untuk mencatat hasil. Hasil pembacaan dapat berbentuk angka ataupun kurva yang memvisualkan absorbansi juga intensitas emisi (Gandjar dan Rohman, 2007).
7. Tabung gas pada spektrofotometri serapan atom dimanfaatkan untuk menampung gas pembakar biasanya digunakan gas pembakar dalam suatu gas pengoksidasi (oksidan) seperti misalnya udara dan nitrogen oksida. Regulator pada tabung gas berfungsi untuk pengaturan kecepatan alir gas pembawa yang akan dikeluarkan dari dalam tabung (Nasir, 2019).
8. *Ducting*, bagian cerobong asap untuk mengisap asap serta sisa pembakaran pada SSA, kemudian disambungkan dengan cerobong asap di sisi luar atap bangunan supaya hasil pembakaran dari SSA tidak membahayakan lingkungan disekitarnya. Sisa pembakaran yang diproduksi dari pembakaran AAS lalu diolah dalam *ducting* supaya tidak berbahaya (Gandjar dan Rohman, 2007).
9. Kompresor, bagian terpisah dengan *main unit* karena fungsinya untuk mensuplai keperluan udara yang hendak dipakai oleh AAS saat pembakaran atom (Gandjar dan Rohman, 2007).
10. *Burner*, bagian terpenting pada *main unit* dikarenakan berfungsi menjadi tempat pencampuran gas asetilen dan aquabides agar tercampur merata dan bisa terbakar pada pematik api secara merata (Gandjar dan Rohman, 2007).

Gandjar dan Rohman (2007) gangguan - gangguan yang terjadi pada spektrofotometri serapan atom diantaranya:

- a. Gangguan yang berasal dari matriks sampel yang mana dapat mempengaruhi banyaknya sampel yang mencapai nyala.
- b. Gangguan kimia yang dapat mempengaruhi jumlah atau banyaknya atom yang terjadi di dalam nyala.

- c. Gangguan oleh absorbansi yang disebabkan bukan oleh absorbansi atom yang dianalisis, yakni absorbansi oleh molekul-molekul yang tidak terdisosiasi di dalam nyala.
- d. Gangguan oleh penyerapan non-atomik. Gangguan jenis ini berarti terjadinya penyerapan cahaya dari sumber sinar yang bukan berasal dari atom-atom yang akan dianalisis.

## 2.7. Verifikasi Hasil Analisis

Verifikasi didefinisikan sebagai uji kinerja metode standar. Verifikasi dilakukan terhadap suatu metode standar sebelum diterapkan di laboratorium. Verifikasi metode dipakai untuk pembuktian bahwa laboratorium yang bersangkutan mampu melakukan pengujian dengan metode tersebut dengan hasil yang valid (Riyanto, 2014). Parameter yang digunakan diantaranya:

### 1. Linearitas

Linearitas dijelaskan sebagai kemampuan suatu metode analisis untuk memberikan respon yang proposional terhadap konsentrasi analit di dalam sampel. Uji linearitas dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi larutan standar yang dapat menghasilkan persamaan garis lurus/regresi dan koefisien relasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara korelasi larutan standar dengan nilai absorbansi. Linearitas dapat diukur dengan melakukan pengukuran pada konsentrasi yang berbeda-beda. Data linearitas yang diperoleh sesudahnya diproses dengan perlakuan matematik melalui persamaan garis lurus dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*) antara hasil analisis terhadap konsentrasi analit. Tujuan dilakukannya uji linearitas ialah untuk memeriksa hubungan linear antara dua variable atau lebih yang diuji secara signifikan. Linearitas metode mampu menggambarkan ketelitian pengerjaan analisis suatu metode dengan menunjukkan nilai  $r^2 \geq 0,997$  (Chan, 2004).

### 2. Batas deteksi dan batas kuantitasi

Batas deteksi (LoD) yakni sebagai parameter uji batas analit minimal yang masih dapat dipisahkan antara sampel dengan standar. Penentuan nilai LoD bertujuan

mengevaluasi kemampuan metode dalam mengkuantifikasi analit. Batas kuantisasi (LoQ) adalah jumlah terkecil dari analit yang terkandung di dalam sampel yang masih dapat dikuantifikasi secara presisi dan akurasi (Adi *et al.*, 2019).

Batas deteksi dan batas kuantifikasi dapat dihitung dengan mengukur respon blangko beberapa kali lalu dihitung simpangan blangko, yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{LoD} = \frac{3 \times \text{Sb}}{\text{SI}} \quad (1)$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times \text{Sb}}{\text{SI}} \quad (2)$$

Keterangan:

LoD = Limit deteksi

LoQ = Limit kuantifikasi

Sb = Simpangan baku respon analitik blangko

SI = Arah garis (kepekaan arah) dari kurva respon terhadap konsentrasi atau slope (b) pada persamaan  $y = a + bx$

### 3. Ketelitian

Ketelitian dikatakan sebagai ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual ketika suatu metode dilakukan secara berulang untuk sampel yang homogen. Keseksamaan atau presisi diukur sebagai simpangan induk atau simpangan induk relatif (koefisien variasi) (Harmita, 2004).

Metode ini menggunakan persamaan berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(M - \bar{M})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Keterangan:

M = Konsentrasi hasil analisis

$\bar{M}$  = Konsentrasi rata-rata hasil sampel

n = Jumlah pengulangan analisis

$$\%RPD = \frac{x_1 - x_2}{\frac{1}{2}(\sum x)} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

( $x_1 + x_2$ ) = Perbedaan dari dua pengulangan

$\Sigma x$  = Jumlah total dari dua pengulangan

#### 4. Akurasi

Akurasi dijelaskan sebagai besaran yang menyatakan kedekatan hasil pengukuran dengan hasil sebenarnya (standar). Akurasi dinyatakan sebagai persentase perolehan kembali (%*recovery*) (Riyanto, 2014). Menurut Adi *et al* (2019) *recovery* merupakan perbandingan dari hasil yang diperoleh dan hasil sebenarnya. Persen perolehan kembali dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\%Recovery = \frac{Konsentrasi\ CRM\ yang\ terukur}{Konsentrasi\ CRM} \times 100 \quad (5)$$

#### 5. Ketidakpastian Pengukuran

Ketidakpastian adalah suatu parameter yang menetapkan rentang nilai yang didalamnya diperkirakan nilai benar yang diukur. Menghitung rentang tersebut dikenal sebagai pengukuran ketidakpastian. Perhitungan ketidakpastian merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam pengukuran kimia. Hasil ukur terhadap besaran kimia pasti memiliki simpangan/deviasi (Adwiwartika, 2020).

Pada pengukuran berulang nilai terbaik untuk menggantikan nilai benar  $x_0$  adalah dengan menggunakan nilai rata-rata dari data yang diperoleh ( $\bar{x}$ ). Sedangkan untuk nilai ketidapastiannya ( $S_x$ ) dapat digantikan oleh nilai simpangan induk nilai rata-rata sampel (SD). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma(M-\bar{M})^2}{n}} \quad (6)$$

Keterangan:

- M = Konsentrasi hasil analisis
- $\bar{M}$  = Konsentrasi rata-rata hasil sampel
- n = Jumlah pengulangan analisis

Sehingga hasil pengukurannya dapat ditulis sebagai:

$$X = \bar{x} \pm SD \quad (7)$$

Ketidakpastian menunjukkan seberapa dekat hasil pengukuran mendekati nilai sebenarnya. Semakin kecil nilainya maka semakin dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Pada pengukuran tunggal ketidakpastian  $\Delta x$  disebut ketidakpastian mutlak. Sedangkan pada pengukuran berulang dikenal istilah ketidakpastian relatif, yaitu perbandingan ketidakpastian pengukuran berulang dengan nilai rata-rata pengukuran.

$$\%RPD = \frac{x_1 - x_2}{\frac{1}{2}(\Sigma x)} \times 100 \quad (8)$$

Keterangan:

- $(x_1 + x_2)$  = Perbedaan dari dua pengulangan  
 $\Sigma x$  = Jumlah total dari dua pengulangan

Nilai ketidakpastian relatif menentukan banyaknya angka yang boleh disertakan pada laporan hasil pengukuran. Aturan banyaknya angka yang dapat dilaporkan dalam pengukuran berulang adalah sebagai berikut.

1. Relatif 10 % berhak atas dua angka.
2. Relatif 1% berhak atas tiga angka.
3. Relatif 0,1% berhak atas empat angka.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober 2022 di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, dan pengujian sampel dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan Hidup Kabupaten Serang.

#### **3.2. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, labu ukur 100 mL, gelas beaker 250 mL, corong kaca, batang pengaduk, spatula, mortar dan alu, pipet ukur 5 mL pipet ukur 1 mL, wadah botol, lemari asam, oven, penangas listrik, dan instrumen spektrofotometer Serapan Atom Shimadzu AA-7000.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sedimen sungai, larutan  $\text{HNO}_3$  67%, larutan  $\text{HClO}_4$  70%, kertas saring 0,45  $\mu\text{m}$ ,  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MnSO}_4$ , CRM P300 500 dan akuades.

#### **3.3. Prosedur Kerja**

##### **3.3.1. Pembuatan Larutan**

###### **3.3.1.1. Larutan $\text{HNO}_3$ 1,0 N**

Sebanyak 142,5 ml  $\text{HNO}_3$  67% dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml yang telah diisi 250 ml akuades, diencerkan hingga tepat 1000 ml kemudian homogenkan.

### 3.3.1.2. Larutan HNO<sub>3</sub> 10%

Sebanyak 153,8 ml HNO<sub>3</sub> 67% dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml yang telah diisi 250 ml akuades, diencerkan hingga tepat 1000 ml kemudian dihomogenkan.

### 3.3.1.3. Larutan Induk Mangan (Mn) 1000 mg/L

MnSO<sub>4</sub> ditimbang sebanyak 0,275 gr kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 ml, ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu homogenkan.

### 3.3.1.4. Larutan Induk Timbal (Pb) 1000 mg/L

Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ditimbang sebanyak 0,159 gr kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 ml, ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu homogenkan.

### 3.3.1.5. Larutan Induk Kadmium (Cd) 1000 mg/L

Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ditimbang sebanyak 0,21 gr kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 ml, ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu homogenkan.

## 3.3.2. Metode Pengambilan Sampel

### 3.3.2.1 Persiapan pengambilan sampel

Persiapan pengambilan sampel didahului dengan semua peralatan gelas dicuci bersih dan dibilas dengan air suling, kemudian wadah tersebut direndam dalam larutan HNO<sub>3</sub> 10% selama 24 jam untuk menghilangkan kontaminasi pada wadah sampel, kemudian dibilas kembali dengan air suling. Biarkan peralatan kering terlebih dahulu sebelum digunakan.

### 3.3.2.2 Pengambilan sampel

Pengambilan sampel sedimen dilakukan di 9 titik sepanjang hulu sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung dengan metode *purposive random sampling* yakni dengan mengambil secara langsung sampel di titik lokasi. Pengambilan sampel

sedimen dilakukan pada kedalaman  $\pm 5-10$  cm di bagian pinggir sungai dengan menggunakan sekop. Sedimen yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam plastik besar dan diberi label agar tidak tertukar dengan sampel lainnya. Sampel sedimen di bawa ke laboratorium untuk dilakukan proses penyimpanan lalu sampel sedimen akan dilakukan preparasi sampel.

### **3.3.3. Preparasi Sampel serta Penentuan Kadar Mn, Pb, dan Cd**

Preparasi sampel sedimen mengacu pada standar SNI 06-6992.7-2004, SNI 06-6992.3- 2004, dan SNI 06-6992.4-2004 untuk logam mangan (Mn), timbal (Pb), kadmium (Cd). Standar ini digunakan dan diuji coba di laboratorium pengujian untuk verifikasi serta penentuan mangan, timbal dan kadmium dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Langkah pertama yakni membuang benda-benda asing selain sedimen lalu dilanjutkan dengan mengeringkan sampel sedimen menggunakan oven dengan suhu  $70-90^{\circ}\text{C}$  hingga kering, kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortar dan alu. Setelah dihaluskan, dilakukan pengayakan menggunakan mesh  $106\ \mu\text{m}$  untuk mendapatkan butiran yang seragam dan homogen, lalu simpan di dalam wadah tertutup.

Selanjutnya untuk penentuan kadar logam mangan, timbal, dan kadmium dimasukkan sebanyak  $\pm 3$  gr sampel sedimen yang telah ke dalam Erlenmeyer 250 ml, ditambahkan  $\text{HNO}_3$  pekat sebanyak 5-10 ml aduk hingga homogen.

Selanjutnya dipanaskan diatas *hotplate* hingga larutan yang tersisa  $\pm 10$  ml dan dinginkan, ditambahkan 5 ml  $\text{HNO}_3$  pekat serta 1-3 ml  $\text{HClO}_4$  pekat tetes demi tetes melalui dinding kaca Erlenmeyer, panaskan kembali hingga timbul asap putih, setelah larutan tersisa  $\pm 10$  ml dinginkan, lalu sampel disaring dengan kertas saring dan filtrat ditempatkan pada labu ukur 100 ml serta ditambahkan akuades hingga tanda tera. Sampel uji siap diukur serapannya menggunakan instrumen spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

### **3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi**

#### **3.3.4.1. Kurva Kalibrasi Mangan (Mn)**

Larutan induk mangan 1000 mg/L dibuat menjadi 100 mg/L dengan dipipet sebanyak 10 ml, lalu ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N hingga tepat tanda tera ke dalam labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan baku mangan 100 mg/L yang telah siap tersebut kemudian dibuat menjadi larutan baku mangan 10 mg/L dengan dipipet sebanyak 10 ml, lalu ditambahkan dengan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N hingga tepat tanda tera ke dalam labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan baku mangan 10 mg/L yang telah dihomogenkan tersebut kemudian dipipet sebanyak 0,5 ml; 1,5 ml; 2,5 ml; 5 ml; 10 ml; 12,5 ml; 15 ml; 20 ml; dan 25 ml ke dalam enam buah labu ukur 50 ml, ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N ke dalam masing-masing labu ukur hingga tanda tera dan dihomogenkan, kemudian didapatkan larutan dengan konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 1; 2; 2,5; 3; 4 dan 5 mg/L. Larutan-larutan kerja mangan tersebut kemudian diukur serapannya menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang optimal di sekitar 279,5 nm (Welda, 2018).

#### **3.3.4.2. Kurva Kalibrasi Timbal (Pb)**

Larutan induk timbal 1000 mg/L dibuat menjadi 100 mg/L dengan dipipet sebanyak 10 ml, lalu ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N hingga tepat tanda tera ke dalam labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan baku timbal 100 mg/L yang telah siap tersebut kemudian dibuat menjadi larutan baku timbal 10 mg/L dengan dipipet sebanyak 10 ml, lalu ditambahkan dengan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N hingga tepat tanda tera ke dalam labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan baku timbal 10 mg/L yang telah dihomogenkan tersebut kemudian dipipet sebanyak 2,5 ml; 5 ml; 7,5 ml; 10 ml; 12,5 ml; 15 ml; 17,5 ml; 20 ml; dan 25 ml ke dalam enam buah labu ukur 50 ml, ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N ke dalam masing-masing labu ukur hingga tanda tera dan dihomogenkan, kemudian didapatkan larutan

dengan konsentrasi 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 dan 5 mg/L. Larutan-larutan kerja timbal tersebut kemudian diukur serapannya menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang optimal di sekitar 283,3 nm (Welda, 2018).

#### 3.3.4.3. Kurva Kalibrasi Kadmium (Cd)

Larutan induk kadmium 1000 mg/L dibuat menjadi 100 mg/L dengan dipipet sebanyak 10 ml, lalu ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N hingga tepat tanda tera ke dalam labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan baku kadmium 100 mg/L yang telah siap tersebut kemudian dibuat menjadi larutan baku kadmium 10 mg/L dengan dipipet sebanyak 10 ml, lalu ditambahkan dengan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N hingga tepat tanda tera ke dalam labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan baku kadmium 10 mg/L yang telah dihomogenkan tersebut kemudian dipipet sebanyak 0,025 ml; 0,5 ml; 1,5 ml; 2,5 ml; 3,5 ml; 6,5 ml; 7,5 ml; 8,5 ml; dan 10 ml ke dalam enam buah labu ukur 50 ml, ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1,0 N ke dalam masing-masing labu ukur hingga tanda tera dan dihomogenkan, kemudian didapatkan larutan dengan konsentrasi 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,3; 1,5; 1,7; 2 mg/L. Larutan-larutan kerja kadmium tersebut kemudian diukur serapannya menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang optimal di sekitar 228,8 nm (Welda, 2018). Dari grafik kurva standar ditemukan hubungan antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y). Dengan memanfaatkan persamaan regresi linear, lalu konsentrasi sampel bisa diketahui sebagai:

$$y = a \pm bx$$

Keterangan:

y	= Absorbansi sampel
b	= Slope
x	= Konsentrasi sampel
a	= Intersep

Konsentrasi pengukuran setelah diketahui, maka konsentrasi asli dari sampel tersebut dapat ditentukan dengan persamaan:

$$M = \frac{CxVxfp}{B}$$

Keterangan:

M	= Konsentrasi logam dalam sampel ( $\mu\text{g/L}$ )
C	= Konsentrasi yang didapat dari kurva kalibrasi ( $\text{mg/l}$ )
V	= Volume larutan sampel ( $\text{ml}$ )
B	= Berat sampel ( $\text{g}$ )
<i>fp</i>	= Faktor pengenceran

### 3.3.5. Verifikasi Hasil Analisis

Penelitian ini memakai 4 verifikasi hasil analisis yakni linearitas, limit deteksi dan limit kuantitas, presisi dan akurasi.

#### 3.3.5.1. Linearitas

Pengujian ini dilakukan dengan menyusun kurva kalibrasi standar masing-masing logam dengan lima ragam konsentrasi untuk logam Mn, Pb dan Cd. Konsentrasi standar logam Mn yakni 0,1; 0,3; 0,5; 1; 2; 2,5; 3; 4 dan 5  $\text{mg/L}$ , untuk logam Pb yakni 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 dan 5  $\text{mg/L}$ , dan untuk logam Cd yakni 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,3; 1,5; 1,7; dan 2  $\text{mg/L}$ . Nilai serapan ini kemudian dikerjakan dengan metode kuadrat terkecil untuk ditentukan nilai kemiringan (slope), nilai intersep, dan koefisien korelasinya.

#### 3.3.5.2. Limit deteksi (LoD) dan limit kuantitas (LoQ)

Determinasi nilai LoD dan LoQ untuk logam Mn, Pb dan Cd didapat dengan mengukur sampel masing-masing 3 kali pengulangan, lalu hasil pengukuran diproses melalui metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik. Perhitungan bisa ditinjau pada Persamaan 1 dan 2.

#### 3.3.5.3. Presisi

Determinasi presisi dilakukan dengan mengukur sampel salah satu sampel dengan 2 kali pengulangan, lalu hasil yang diperoleh dari analisis tersebut ditentukan nilai konsentrasi (kurva kalibrasi), nilai simpangan baku (SD), dan nilai relatif standar deviasi (RPD). Metode presisi yang baik dipresentasikan dengan perolehan relatif standar deviasi (RPD) <5%. Perhitungan bisa ditinjau pada Persamaan 3 dan 4.

#### **3.3.5.4. Akurasi**

Determinasi akurasi dilakukan dengan pengukuran larutan CRM P300 500. Akurasi dibutuhkan dalam mengetahui kedekatan hasil pengukuran yang didapat dengan nilai sesungguhnya. Persen perolehan kembali bisa diperoleh menggunakan Persamaan 5.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dirampungkan diperoleh kesimpulan yakni:

1. Konsentrasi logam berat dalam sedimen hulu sungai Way Kuripan pada Titik A, Titik B, dan Titik C untuk logam Mn sebesar  $\pm 4,71203$  mg/l,  $\pm 5,56963$  mg/l dan  $\pm 4,47143$  mg/l. Logam Pb sebesar  $\pm 0,276$  mg/l,  $\pm 0,0938$  mg/l, dan  $\pm 0,0722$  mg/l. Logam Cd sebesar  $\pm 0,0061$  mg/l,  $\pm 0,0076$  mg/l, dan  $\pm 0,0112$  mg/l. Berdasarkan *National Sediment Survey U.S. EPA* bahwa konsentrasi logam Mn, Pb, dan Cd tidak melebihi batas nilai baku tercemar.
2. Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantitatif (LoQ) yang diperoleh pada masing-masing logam Mn, Pb, dan Cd sebesar 0,591 dan 1,969; 1,501 dan 5,005; 1,128 dan 3,759.
3. Presisi yang dinyatakan dengan perhitungan nilai RPD untuk logam Mn, Pb, dan Cd pada sampel sedimen memiliki nilai RPD  $< 10\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa penelitian ini menggunakan metode analisis dengan tingkat ketelitian yang baik (AOAC, 2016).
4. Nilai *%recovery* pada masing-masing sampel logam Mn, Pb, dan Cd berada didalam rentang 95-103%. Nilai *%recovery* yang tergolong baik berada pada kisaran nilai 80-110%.

## **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, untuk penelitian selanjutnya di sarankan mencari informasi lebih lanjut mengenai analisis kadar logam pada sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung terutama di bagian hulu menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom. Dan gunakan peralatan yang lebih efisien untuk pengambilan sampel sedimen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, e. a. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Adi Yugatama, e. a. (2019). Analisis Kandungan Timbal dalam Beberapa Sediaan Kosmetik yang Beredar di Kota Surakarta. *Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 52-59.
- Adwiwartika, F. (2020). *Verifikasi Metode Analisis Logam berat Timbal (Pb) pada Daun Mangga (Mangifera indica L.) melalui Destruksi Asam dengan Spektrofotometri Serapan Atom*. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist*. Washington D.C.: AOAC Inc.
- AOAC. (2016). *Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements*. Washington D.C.: AOAC Official Methods of Analysis.
- Aprilia, W. P. (2020). *Analisis Logam Berat dalam Sedimen Berdasarkan Geoaccumulation Index (Ige) di Sungai Winongo, D.I Yogyakarta*. D.I Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Aradea, A. (2014). *Your Reliable Partner for Accredited Lab*. Semarang: PT Merck Tbk.
- Baskoro, W. A. (2009). *Kajian Pengaruh Pembangunan Jetty Terhadap Kapasitas Sungai Muara Way Kuripan Kota Bandar Lampung*. Semarang: Tesis. Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Bernhoft, R. (2013). Cadmium Toxicity and Treatment. *The Scientific World Journal*, 1-7.
- Chan, C. L. (2004). *Analytical Method Validation and Instrumen Performance Verification*. USA: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Chen, P. (2018). Manganese Metabolism in Humans. *Frontiers in Bioscience*, 1655-1679.
- Connell, D. W. (2006). *Kimia dan Ekotoksikoogi*. Jakarta: UI-Press.

- Damanik, O. D. (2017). *Penetapan Kadar Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Sumber Tanah Bor dan Air dalam Tangki DMI (Damage Manganese Iron) dengan Spektrofotometri di PT Tirta Sukses*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Diana, N. (2013). *Potensi Bakteri Enterobacter agglomerans sebagai Biosorben Logam Berat (Pb)*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik.
- Ebdom, E. H. (1998). *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. England: John Wiley and Sons Ltd.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya Air dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Erlangga. (2007). *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Propinsi Riau Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus nemurus)*. Bogor: Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Faroon, O. e. (2012). *Toxicological Profile of Cadmium*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profiles.
- Favas, P. J. (2014). *Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora*. India: Environment Risk Assessment of Soil Contamination.
- Frank, L. C. (2006). *Toksikologi Dasar*. Jakarta: UI Press.
- Gandjar, I. G. (2007). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pelajar.
- Ghasemidehkordi B., e. a. (2018). Concentration of Lead and Mercury in Collected Vegetables and Herbs from Markzi Prvince, Iran: Non-carcinogenic Risk Assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 113.
- Ginting, G. P. (2022). *Penentuan Kandungan Logam Berat Pb, Cd, dan Mn pada Kerang Darah (Anadara granosa) dan Kerang Bulu (Anadara antiquata) di Perairan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Gustina, D. (2012). Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensen Bertimbal. *Penelitian-penelitian Bidang Komposisi Atmosfer LAPAN*, 13(3): 95-101.
- Habibi, Y. (2020). Validasi Metoda Destruksi Basah dan Destruksi Kering pada Penentuan Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Tanaman Rumput. *Integrated Lab Journal*, 1(1). 25–31

- Harahap, S. (1991). *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau Dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat Dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*. Bogor: Laporan Penelitian IPB.
- Hardiyanto, M. A. (2018). *Kajian Hidrologi dan Analisis Kapasitas Pengaliran Penampang Sungai Way Kuripan Terhadap Bencana Banjir Wilayah Bandar Lampung Berbasis HEC-RAS*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Harikumar, P. K. (2010). *Assessment of Heavy Metal Contamination in the Sediments of a River Draining into a Ramsar Site in the Indian Subcontinent*. India: Water Quality Division, Centre for Water Resources Development and Management.
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Verifikasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 117–135.
- Harun, N. T. (2008). *Distribution of Heavy Metals in Monochoria hastata and Eichornia crassipes in Natural Habitats*. Malaysia: Environment Science Programme School of Science and Technology. Universitas of Malaysia.
- Hayton, A. (1993). *Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario*. Ontario: Ministry of Environment and Energy.
- Hidayat, D. (2011). Kajian Sebaran Logam Berat Pb pada sedimen di Muara Sungai Way Kuala Bandar Lampung. *Jurnal Sains MIPA*, 115-119.
- Indirawati, S. M. (2017). Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Jumantik.*, 2(2).
- Irwan, e. a. (2021). Analisis Logam Mangan (Mn) Pada Sedimen Kawasan Pantai Peunaga Pasie, Aceh Barat. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, Vol.1(2). 48-51.
- Irzon, R. (2018). Penentuan Nilai Komposisi Bahan Acuan Standar Internal Geokimia dengan Matriks Andesit dari Harogrejo Kulon Progo. *Jurnal Standarisasi*, Vol.20(2). 107-118.
- Kamaruzzaman, M. Z. (2011). Bioaccumulation of some heavy metal by green mussel *Perna viridis* (Linnaeus 1758) from Pekan, Pahang, Malaysia. *International Journal of Biological Chemistry*, 5(1). 54–60.
- Kashala-Abotnes, e. a. (2016). Lead exposure and early child neurodevelopment among children 12–24 months in Kinshasa, the Democratic Republic of Congo. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 25(12). 1361–1367.

- Katz, B. e. (1999). Factors Controlling Elevated Lead Concentrations in Water Samples from Aquifer Systems in Florida. *U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report* , 99-4020.
- Khan, M. I. (2018). Bioaccumulation of Heavy Metals in Water Sediments, and Tissues and Their Histopathological Effects on *Anodonta cygnea* (Linea, 1876) in Kabul River, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *BioMed Research International*, 10.
- Korzeniewski, K. d. (1991). Heavy Metal Contamination in Fish The Polish Zone at Southern . *Baltic. Mar. Poll. Bull*, 23: 687-689.
- Kruopiene., J. (2007). Distribution of Heavy Metals in Sediment of the Nemunas River (Lithuania). . *Polish Journal of Environment Studies*, Vol. 6.
- Lestari, P. d. (2019). The Impact of Improper Solid Waste Management to Plastic Pollution in Indonesian Coast and Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 149.
- Lu, L.-T. e. (2007). Identifiacion of Pollution Source of Cadmium in Soil. *Environmental Science Pollution Research*, 14(1): 49-59.
- Lusiana, U. (2012). Penerapan Kurva Kalibrasi, Bagan Kendali Akurasi dan Presisi sebagai Pengendalian Mutu Internal pada Pengujian COD dalam Air Limbah. *BIOPROPAL INDUSTRI*, Vol.3(1).
- Mahardika, D. I. (2012). *Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat Pada Air dan Sedimen Aliran Sungai dari Air Lindi TPA Sari Mukti*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Nasional, B. S. (2004). *SNI 06-6989.22-2004. Air dan Limbah- Bagian 22: Cara Uji nilai permanganat secara titrimetri*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Nasional, B. S. (2004). *SNI 06-6992.3-2004. Sedimen – Bagian 3: cara uji timbal (Pb) secara destruksi asam dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Nasional, B. S. (2004). *SNI 06-6992.4-2004. Sedimen – Bagian 4: cara uji kadmium (Cd) secara destruksi asam dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Nasional, B. S. (2004). *SNI 06-6992.7-2004. Sedimen – Bagian 7: cara uji mangan (Mn) secara destruksi asam dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Nasional, B. S. (2009). *SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan*. Jakarta: BSN.

- Nasir, M. (2019). *Spektrofotometri Serapan Atom*. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Nordberg M, e. (1986). *Handbook on The Toxicology of Metals 4th ed*. London: Elsevier.
- Notohadiprawiro, T. (1993, Agustus 28). *Logam Berat dalam Pertanian*. Bandung: Ghalia Indonesia.
- Palar, H. (2005). *Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pangestu, H. d. (2013). Analisis Angkutan Sedimen Total pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1): 103-109.
- Patty, J. O. (2018). Kehadiran Logam-Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Pada Air dan Sedimen Sungai Lowatag, Minahasa Tenggara – Sulawesi Utara. . *Jurnal Bioslogos*, Vol.8(1).
- Pekey, H. (2006). Heavy Metals Pollution Assessment in Sediments of the Izmit Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 123: 219-231.
- Pemda, P. L. (2000). *Rencana Strategis Pengelolaan Wilayah Pesisir Lampung; Kerjasama Pemerintah Daerah Provinsi Lampung dengan Pesisir Lampung*. Bandar Lampung: PKSPL-IPB.
- Pratama, D. S. (2016). Tingkat Pencemaran Logam Kadmium (Cd) dan Kobalt (Co) pada Sedimen di sekitar pesisir Bandar Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. , Vol.1(01).
- Purnami, H. E. (2019). *Kajian Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), dan Kromium (Cr) pada sedimen di Sungai Way Kuripan Bandar Lampung secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Bandar Lampung: Skripsi. Universitas Lampung.
- Rafi'I, C. H. (2013). Geospatial Analysis of Land Use Change in Way Kuripan Watershed, Bandar Lampung City. *2nd International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2013)*, 99-10.
- Rahmatsyah, R. J. (2018). Study of Distribution Metal from Shellfish at Coastal Beach in District of Central Tapanuli, Indonesia. *Journal of Physics*.
- Riyanto. (2014). *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi. Edisi 1 Cetakan 1*. . Yogyakarta: Deepublish.
- Rochmani. (2015). Perlindungan Hak Atas Lingkungan Hidup yang Baik dan Sehat di Era Globalisasi. *Jurnal Masalah - Masalah Hukum*, 44(1). 18–25.
- Rollin, H. (2011). *Encyclopedia of Environmental Health. Chapter Manganese: Environmental Pollution and Healt Effects*. South Africa: Elsevier.

- Sembel, D. T. (2015). *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sudarmaji, e. a. (2006). *Toksisitas Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: UNAIR.
- Taufiq, M. e. (2020). Pengembangan dan Validasi Prosedur Pengukuran Logam Timbal (Pb) dalam Makanan Pendamping Air Susu Ibu Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1). 25.
- Trimartuti, N. (2000). *Akumulasi Logam Berat Cd Pada Ikan Lunjar (Rasbora argyrotaenia), Wader (Barbodes ballaroides), dan Nilem (Osteochillus haseltii) di Kaligarang Semarang*. Yogyakarta: Tesis. Univeristas Gadjah .
- U.S., E. (2004). *The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of Unites States National Sediment Quality Survey: Second Edition EPA-823-R-04-2007*. Washington D.C.: US Environmental Protection Agency.
- U.S., E. P. (2019). *Learn about Lead*. U.S.: U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). .
- Umar, M. A. (2014). *Heavy metals content of some spices available within FCT- Abuja*. Abuja-Nigeria.: Department of Chemistry, Faculty Sciences, University of Abuja.
- Usman, K. O. (2014). Analisis Sediementasi pada Muara Sungai Komering Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(2): 209-215.
- Valdés, J. G. (2014). Cu, Pb, and Zn content insediments and benthic organisms from San Jorge Bay (northern Chile): Accumulation and biotransference in subtidal coastal systems. *Ciencias Marinas*, 40(1). 45–58.
- Verawaty, A. (2017). *Analisis Logam Berat pada Sampel Air dan Tanah di Lingkungan Industri Pembuatan Semen di Kabupaten Cilacap dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Purwokerto: Bachelor Thesis, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Walker, W. M. (1998). The potential contribution of urban runoff to surface sediment of passaic river sources and chemical characteristics. *Geomega*, 10(1): 1-11.
- Welda, A. (2018). *Kajian Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn pada Ikan Kurisi (Nemipterus japonicus) di Perairan Teluk Lampung secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Bandar Lampung: Skripsi. FMIPA Universitas Lampung.

- WHO. (2011). *IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution: Report of the seventeenth session. Reports and Studies No.31*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Wulandari, E. d. (2013). Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2). 15–17.
- Yudo, S. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol. 2(1). 1-15.
- Yulia. (2010). *Validasi Metode: Diktat Validasi Metode*. Bandung: Pusat Penelitian Kimia-LIPI.