ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT BEKAS TAMBANG EMAS PADA AIR, SEDIMEN, DAN IKAN BETUTU DI DANAU SARANTANGAN

Skripsi

Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan

Jurusan Teknik Lingkungan

Oleh :

RIVALDO RUMAPEA
NIM. D1051211016

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rivaldo Rumapea

NIM : D1051211016

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "Analisis Kandungan Logam Berat Bekas Tambang Emas pada Air, Sedimen, dan Ikan Betutu di Danau Sarantangan" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana/magister di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atas diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 29 Juni 2026

Rivaldo Rumapea
NIM D1051211016

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT BEKAS TAMBANG EMAS PADA AIR, SEDIMEN DAN IKAN BETUTU DI DANAU SARANTANGAN

Jurusan Teknik Lingkungan
Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan

Oleh:

Rivaldo Rumapea
NIM. D1051211016

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 29 Juni 2026 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi:

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Ir. Aji Ali Akbar, S.Hut., M.Si., IPU NIP. 197711112006041001
Dosen Pembimbing Pendamping	: Jumiati, S.Si., M.Si. NIP. 198406222019032015
Dosen Penguji Utama	: Herda Desmaiani, S. Si., M. Sc. NIPPPK. 198612062024212001
Dosen Penguji Pendamping	: Ochih Saziati, S. Si., M. Sc. NIPPPK. 198710082025212052

Pontianak, 29 Juni 2026

Dekan,

Dr. -Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Aji Ali Akbar, S.Hut., M.Si., IPU
NIP. 197711112006041001

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Aku telah mengakhiri pertandingan yang baik, aku telah mencapai garis akhir dan aku telah memelihara iman."

2 Timotius 4:7

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia, penyertaan, dan anugerah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan penuh rasa syukur, hormat, dan terima kasih, karya sederhana ini saya persembahkan kepada :

Bapak dan Keluarga

Bapak dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan dan skripsi ini.

Dosen dan Tenaga Kependidikan

Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura yang telah membagikan ilmu, membimbing, mengarahkan, serta memberikan pengalaman yang sangat berharga selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada Kak Sri atas segala bantuan, perhatian, dan dukungan yang diberikan selama proses penyelesaian studi.

Rekan Seperjuangan Teknik Lingkungan Angkatan 2021

Terima kasih kepada sahabat sekaligus rekan seperjuangan, Arifin, Rahil, Harry, Fauzi, dan Dafa yang selalu hadir memberikan bantuan, semangat, motivasi, serta kebersamaan selama menjalani perkuliahan, penelitian, dan berbagai proses yang telah dilalui bersama. Kehadiran kalian telah menjadi bagian berharga yang membuat setiap perjalanan terasa lebih ringan dan penuh makna.

Pada akhirnya, karya ini saya persembahkan kepada semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan bantuan selama perjalanan saya menyelesaikan pendidikan sarjana. Kiranya Tuhan membalas setiap kebaikan yang telah diberikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul "Analisis Kandungan Logam Berat Bekas Tambang Emas pada Air, Sedimen, dan Ikan Betutu di Danau Sarantangan" dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Tanjungpura. Penyusunan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dengan demikian, pada kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Ir. Dian Rahayu Jati, S.T., M.Si sebagai Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura.
3. Ir. Ulli Kadaria, S.T., M.T., IPM. sebagai Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura.
4. Dr. Ir. Aji Ali Akbar, S.Hut., M.Si., IPU., sebagai Dosen Pembimbing Utama.
5. Jumiati, S. Si., M.Si., sebagai Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Herda Desmaiani, S. Si., M.Sc., sebagai Dosen Penguji Utama.
7. Ochih Saziati, S. Si., M.Sc., sebagai Dosen Penguji Pendamping.
8. Putranty Widha Nugraheni, S. Pd., M. Si. sebagai Dosen Pembimbing Akademik
9. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
10. Orangtua serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, serta bantuan baik secara moral maupun material selama proses penyusunan skripsi ini.
11. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik sebagai inspirasi maupun motivasi bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan ke depannya.

Pontianak, 29 Juni 2026

Rivaldo Rumapea

ABSTRAK

Danau Sarantangan merupakan kawasan bekas tambang emas yang berpotensi menyisakan logam berat kadmium, timbal, dan merkuri di lingkungan perairan serta terakumulasi dalam organisme akuatik melalui bioakumulasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis logam berat kadmium, timbal, dan merkuri pada sedimen, air, dan daging ikan betutu (Oxyeleotris marmorata) sebagai bioindikator pencemaran di Danau Sarantangan. Sampel diambil pada tiga titik stasiun kemudian dianalisis menggunakan instrumen X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil pengukuran kualitas air menunjukkan nilai pH berkisar 6,47–6,79, suhu 33–36 °C, dan DO sebesar 3,7 mg/L di seluruh stasiun. Konsentrasi logam berat tertinggi pada air Danau Sarantangan adalah kadmium sebesar 11,09 mg/L, timbal pada sedimen sebesar 86,2 mg/kg, dan kadmium pada ikan betutu sebesar 14,7 mg/kg. Tingginya konsentrasi logam berat pada daging ikan dibandingkan air menunjukkan terjadinya bioakumulasi logam berat di perairan Danau Sarantangan. Nilai faktor biokonsentrasi (BCF) tertinggi ikan betutu terhadap air untuk masing-masing logam berat adalah kadmium sebesar 1,44, merkuri sebesar 2,64, dan timbal sebesar 2,50, sedangkan nilai BCF tertinggi terhadap sedimen adalah kadmium sebesar 6,79, merkuri sebesar 2,23, dan timbal sebesar 0,33. Seluruh nilai BCF yang diperoleh berada di bawah 100, yang menunjukkan bahwa ikan betutu telah mengakumulasi logam berat dari lingkungan perairan Danau Sarantangan, namun tergolong dalam kategori akumulatif rendah. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa ikan betutu di Danau Sarantangan mengalami bioakumulasi logam berat kadmium, timbal, dan merkuri yang berpotensi menimbulkan risiko bagi kesehatan masyarakat yang mengonsumsinya, sehingga diperlukan pemantauan berkala terhadap kualitas perairan bekas tambang guna melindungi ekosistem perairan.

Kata Kunci : Bioakumulasi, Logam Berat, Ikan Betutu

ABSTRACT

Lake Sarantangan is a former gold mining area that may retain heavy metals, cadmium, lead, and mercury, in its aquatic environment, which can accumulate in aquatic organisms through bioaccumulation. This study aimed to analyze cadmium, lead, and mercury levels in sediment, water, and the flesh of betutu fish (Oxyeleotris marmorata) as bioindicators of pollution in Lake Sarantangan. Samples were collected at three stations and analyzed using X-ray fluorescence (XRF). Water quality measurements showed pH ranging from 6.47 to 6.79, temperature from 33 to 36 °C, and dissolved oxygen (DO) of 3.7 mg/L at all stations. The highest heavy metal concentrations were cadmium in water at 11.09 mg/L, lead in sediment at 86.2 mg/kg, and cadmium in betutu fish at 14.7 mg/kg. The higher concentration of heavy metals in fish flesh compared to water indicates heavy metal bioaccumulation in Lake Sarantangan. The highest bioconcentration factor (BCF) values relative to water were 1.44 for cadmium, 2.64 for mercury, and 2.50 for lead, while relative to sediment they were 6.79 for cadmium, 2.23 for mercury, and 0.33 for lead. All BCF values were below 100, indicating that betutu fish have accumulated heavy metals from Lake Sarantangan but fall into the low-accumulation category. These findings show that betutu fish in Lake Sarantangan undergo bioaccumulation of cadmium, lead, and mercury, posing a potential health risk to the public who consume them. Periodic monitoring of water quality in former mining sites is therefore necessary to protect the aquatic ecosystem.

***Keywords** : Bioaccumulation, Heavy Metals, Marble Goby*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iv**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Manfaat Penelitian 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 4
1.6 Penelitian Terdahulu 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Bioakumulasi 7
2.1.1 Faktor Biokonsentrasi 7
2.1.2 Proses Bioakumulasi 8
2.2 Dampak Penambangan Emas 9
2.3 Danau 10
2.3.1 Jenis-jenis Danau Alami 11
2.3.2 Stratifikasi Danau 11
2.4 DO (Dissolved Oxygen) 11
2.5 Kualitas air 12
2.6 Logam Berat 14
2.6.1 Kadmium 15
2.6.2 Merkuri 15
2.6.3 Timbal 16
2.7 Prosedur Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) 16
2.8 Sedimen 17
2.9 Taksonomi dan Morfologi Ikan Betutu 18
2.10 X-Ray Fluorescence (XRF) 20

BAB III METODE PENELITIAN 23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 23
3.2 Alat dan Bahan 24
3.2.1 Alat 24
3.2.2 Bahan 25
3.3 Jenis Penelitian 25
3.4 Penentuan Titik Pengambilan Sampel 25
3.5 Metode Pengumpulan Data 26
3.5.1 Data Primer 26
3.5.2 Data Sekunder 26
3.6 Pengambilan Sampel 27
3.6.1 Persiapan Wadah Sampel 27
3.6.2 Pengambilan Sampel Air 27
3.6.3 Pengambilan Sampel Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata)* 27
3.6.4 Pengambilan Sampel Sedimen 28
3.7 Pengukuran Faktor Pendukung Kualitas Air 28
3.8 Analisis Data 29
3.9 Faktor Biokonsentrasi (BCF) 29
3.10 Diagram Alir 30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Kondisi Eksisting Danau Sarantangan 32
4.2 Konsentrasi Logam Berat pada Air, Sedimen, dan Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata*) 36
4.2.1 Parameter Kualitas Air dan Kandungan Logam Berat di Lingkungan Perairan. 36
4.2.2 Konsentrasi Logam berat pada Sedimen 43
4.2.3 Konsentrasi Logam Berat pada Ikan 47
4.3 Faktor Biokonsentrasi (BCF) Ikan Betutu terhadap Logam Kadmium, Merkuri, dan Timbal 53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 57
5.1 Kesimpulan 57
5.2 Saran 57
DAFTAR PUSTAKA 59

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu 5
Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya..... 12
Tabel 3. 1 Lokasi dan Koordinat Titik Pengambilan Sampel..... 23
Tabel 3. 2 Analisis Sampel 29
Tabel 4. 1 Karakteristik Lingkungan Danau Sarantangan..... 32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Preoperkulum pada Eleotris (1) dan tulang penguat tutup insang pertama pada Belobranchus belobranchus (2). 19
Gambar 2. 2 Ikan betutu (Oxyeleotris marmorata)..... 20
Gambar 2. 3 Diagram kerja alat X-Ray Fluorescence..... 22
Gambar 3. 1 Danau Sarantangan 24
Gambar 3. 2 Diagram Penelitian 31
Gambar 4. 1 Kondisi perairan Stasiun 1..... 33
Gambar 4. 2 Kondisi perairan Stasiun 2..... 34
Gambar 4. 3 Kondisi perairan Stasiun 3..... 35
Gambar 4. 4 Nilai pH pada setiap stasiun 36
Gambar 4. 5 Nilai suhu pada setiap stasiun..... 37
Gambar 4. 6 Nilai oksigen terlarut pada setiap stasiun 38
Gambar 4. 7 Nilai konsentrasi kadmium pada setiap stasiun..... 39
Gambar 4. 8 Nilai konsentrasi merkuri pada setiap stasiun 40
Gambar 4. 9 Nilai konsentrasi timbal pada setiap stasiun..... 41
Gambar 4. 10 Konsentrasi Kadmium pada Sedimen..... 43
Gambar 4. 11 Konsentrasi Merkuri pada Sedimen..... 44
Gambar 4. 12 Konsentrasi Timbal pada Sedimen 46
Gambar 4. 13 Konsentrasi Logam Berat Kadmium pada Ikan Betutu di Setiap Stasiun Pengamatan 47
Gambar 4. 14 Konsentrasi Logam Berat Merkuri pada Ikan Betutu di Setiap Stasiun Pengamatan 49
Gambar 4. 15 Konsentrasi Logam Berat Timbal pada Ikan Betutu di Setiap Stasiun Pengamatan 50
Gambar 4. 16 Biomagnifikasi Logam Berat di Ekosistem Danau Sarantangan.. 52
Gambar 4. 17 Nilai BCF Logam Kadmium, Merkuri, dan Timbal terhadap Ikan Betutu dalam Air 53
Gambar 4. 18 Nilai BCF Logam Kadmium, Merkuri, dan Timbal terhadap Ikan Betutu dalam Sedimen 55

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penambangan emas rakyat merupakan suatu usaha pertambangan emas yang dilakukan masyarakat setempat secara kecil-kecilan atau secara bekerja sama antar masyarakat dengan menggunakan alat sederhana untuk pencaharian sendiri (Muryani, 2019). Metode pengolahan emas yang secara umum digunakan pada masyarakat antara lain, sianida dan amalgamasi (Abbas dan Firman, 2022). Beberapa keuntungan menggunakan pelarut sianida antara lain adalah kemudahan dalam pengontroloan, investasi murah, dan instalasi yang mudah serta prosesnya yang sudah terbukti efektif. Kekurangan pelarut ini adalah kinetika reaksi yang lambat dan potensi masalah lingkungan yang ditimbulkan (Arham *et al*., 2020). Proses pengolahan emas dalam metode amalgamasi menggunakan merkuri dengan tujuan mengikat butiran emas agar mudah dalam pemisahan dengan partikel lainnya (Yulis, 2018).

Kota Singkawang merupakan salah satu dari 14 kabupaten/kota yang ada di Provinsi Kalimantan Barat yang memiliki beberapa lokasi bekas penambangan emas tanpa izin (Juniardi dan Marjito, 2018). Salah satunya adalah Danau Sarantangan yang terletak di Kelurahan Sagatani, Kecamatan Singkawang Selatan. Aktivitas penambangan beroperasi pada tahun 1988 dan berhenti pada tahun 2000 karena masyarakat melakukan unjuk rasa untuk menghentikan penambangan emas tanpa izin tersebut. Meskipun aktivitas penambangan tersebut telah berhenti, limbah logam berat yang di tinggalkan masih berpotensi mencemari ekosistem perairan Danau Sarantangan. Penelitian di wilayah pesisir Kalimantan Barat juga menunjukkan adanya kandungan logam berat seperti timbal dan kadmium pada air, sedimen, serta biota perairan yang melebihi ambang batas baku mutu lingkungan, sehingga menunjukkan bahwa logam berat masih menjadi ancaman bagi ekosistem perairan di wilayah ini (Nurhidayanti *et al*., 2023).

Bioakumulasi merupakan fenomena penimbunan partikel kontaminan, seperti bahan kimiawi yang masuk kedalam organisme melalui beragam metode, seperti

ingesti, respirasi, kontak langsung pada partikel kontaminan, sedimentasi, berbagai sumber air, ataupun dari mangsa (Utomo dan Muzaki, 2023). Konsentrasi logam berat yang tinggi dapat terakumulasi pada beberapa jenis organisme perairan seperti ikan dan udang (Hardianti *et al*., 2022). Ikan sebagai bagian penting dari rantai makanan akuatik yang memiliki potensi tinggi untuk mengakumulasi logam berat dari air dan makanannya.

Danau Sarantangan yang dahulu dikenal sebagai Danau Pegung memiliki luas sekitar ±15,5 Ha^2 dengan kedalaman di sekitar turap 1,5 meter. Danau ini memiliki *inlet* yang berasal dari air terjun Sikalek, serta *outlet* yang mengalirkan air ke Sungai Raya, dan menjadi habitat berbagai spesies ikan seperti ikan nila, betutu, gabus, mujair, gurame, dan lele. Meskipun aktivitas penambangan telah berhenti, limbah logam berat seperti kadmium, merkuri, dan timbal yang ditinggalkan masih berpotensi mencemari ekosistem perairan dan sumber air di sekitarnya. Logam tersebut dapat terikat pada dasar danau dan menjadi sumber pencemar sekunder ketika sedimen teraduk oleh arus atau aktivitas biota. Selain itu, logam berat dapat tetap berada di badan air dalam bentuk terlarut maupun tersuspensi sehingga berpotensi diserap oleh organisme akuatik melalui proses bioakumulasi dan meningkatkan risiko kontaminasi terhadap sumber daya perairan (Aziz *et al*., 2023). Penelitian ini menganalisis kadmium, merkuri, dan timbal karena ketiganya merupakan logam berat yang bersifat toksik, persisten, serta sulit terdegradasi secara alami sehingga dapat bertahan lama di lingkungan perairan setelah terlepas dari sumbernya Mitra *et al*., (2022) dalam Oros, (2025). Selain itu, ketiga logam tersebut umum ditemukan pada kawasan bekas tambang pertambangan dan memiliki potensi bioakumulasi yang tinggi pada organisme akuatik (Hadiyanto *et al*., 2022).

Penelitian ini memilih ikan betutu sebagai spesies utama untuk analisis bioakumulasi berdasarkan informasi dari masyarakat lokal yang menyebutkan dominasinya di Danau Sarantangan terutama kebiasaannya memakan organisme kecil yang mungkin telah terkontaminasi logam berat. Selain itu, laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan betutu juga sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal. Faktor internal mencakup sifat genetik ikan, sedangkan faktor eksternal lebih banyak ditentukan oleh kondisi lingkungan perairan seperti

kualitas air dan keberadaan logam berat (Ahlina *et al*., 2019). Parameter kualitas air yang diuji meliputi pH, kadar oksigen terlarut (DO), dan suhu yang merupakan indikator utama untuk menilai kondisi perairan. Limbah bekas penambangan emas dapat mengubah nilai pH, DO, dan suhu perairan sehingga mempengaruhi kualitas air. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bioakumulasi logam berat pada organisme akuatik, kadar pH, DO, suhu, konsentrasi logam berat pada sedimen, dan ikan di Danau Sarantangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai konsentrasi logam berat (merkuri, kadmium, dan timbal) yang terdapat pada air, ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*), dan sedimen di Danau Sarantangan Kota Singkawang ?
2. Bagaimana nilai faktor biokonsentrasi (BCF) pada ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) terhadap logam berat (merkuri, kadmium, dan timbal) di Danau Sarantangan ?

1.3 Manfaat Penelitian

Memberikan kontribusi ilmiah dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan bioakumulasi logam berat pada organisme akuatik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Akumulasi logam berat (merkuri, kadmium, dan timbal) pada air dan sedimen serta bioakumulasi logam berat pada ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) di Danau Sarantangan.
2. Nilai faktor biokonsentrasi (BCF) ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) terhadap logam berat merkuri, kadmium, dan timbal di Danau Sarantangan.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut :

1. Penelitian hanya dilakukan pada 3 lokasi kawasan Danau Sarantangan, Kota Singkawang.
2. Pengujian kadar merkuri, timbal, dan kadmium pada sampel air, ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*), dan sedimen dilakukan menggunakan metode X-Ray Fluorescence (XRF).
3. Parameter yang diuji dalam penelitian ini meliputi pH, oksigen terlarut (DO), suhu, dan konsentrasi logam berat kadmium, merkuri, dan timbal.