

**BIOAKUMULASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd TERHADAP
HISTOLOGI INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis Mossambicus*) di
SUNGAI BENGAWANJERO DESA BOJOASRI KECAMATAN
KALITENGAH KABUPATEN LAMONGAN**

TESIS

**Oleh:
ROBIATUL ADAWIYAH
NIM: 19821001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**BIOAKUMULASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd TERHADAP
HISTOLOGI INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis Mossambicus*) di
SUNGAI BENGAWANJERO DESA BOJOASRI KECAMATAN
KALITENGAH KABUPATEN LAMONGAN**

Tesis

**Oleh:
ROBIATUL ADAWIYAH
NIM: 19821001**

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana
Malik Ibrahim Malang untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
memperoleh gelar Magister Sains (M.Si)**

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**BIOAKUMULASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd TERHADAP
HISTOLOGI INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis Mossambicus*) Di
SUNGAI BENGAWANJERO DESA BOJOASRI KECAMATAN
KALITENGAH KABUPATEN LAMONGAN**

Tesis

**Oleh:
ROBIATUL ADAWIYAH
NIM: 19821001**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

Pembimbing I



**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 197410182003122002**

Pembimbing II



**Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd
NIP.196301141999031001**

**Mengetahui,
Ketua Program Magister Biologi**



**Prof. Dr. H. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si.
NIP. 19710919 200003 2 001**

TESIS

BIOAKUMULASI LOGAM BERAT Pb Dan Cd TERHADAP INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossam*) DI SUNGAI BENGAWANJERO DESA BOJOASRI KECAMATAN KALITENGAH KABUPATEN LAMONGAN

Oleh :
Robiatul Adawiyah
NIM : 19821001

telah dipertahankan
di depan dewan penguji tesis dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Sains (M. Si)
Tanggal: 18 Desember 2022

Penguji Utama	Prof. Dr. Drh. Hj Bayyinatul Muchtaromah NIP. 19710919 200003 2 001	()
Ketua Penguji	Dr. Agus Mulyono, M.Kes NIP. 19750808 199903 1 003	()
Sekretaris Penguji	Dr. Evika Sandi Savitri, M.P NIP. 197410182 003122 002	()
Anggota Penguji	Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd NIP. 19630114 199931 001	()

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Magister Biologi



Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si.
NIP. 19710919 200003 2 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebuah karya yang penuh perjuangan ini, saya persembahkan untuk:

Kedua orang tuaku, Bapak M. Ihsan dan Ibu Qomariyah dan Adikku Nabilatu Huril 'In yang selalu memberi do'a, kasih sayang tanpa batas, serta telah membesarkanku dan mendidikku dengan penuh kesabaran.

Suamiku Ach Faza Muzakky yang telah mendukung saya baik secara moril dan materil.

Serta semua pihak yang telah membantu dan mendukung dari awal tersusun tulisan ini hingga tulisan ini selesai ;-)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Robiatul Adawiyah
NIM : 19821001
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Magister Biologi
Judul Penelitian : Bioakumulasi Logam Berat Cd dan Pb Terhadap Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 27 Desember 2022
Yang membuat pernyataan



Robiatul Adawiyah
NIM. 19821001

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

**Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Histologi Insang Ikan
Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Sungai Bengawan Jero Desa Bojoasri
Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan**

Robiatul Adawiyah, Evika Sandi Savitri, Eko Budi Minarno

Program Studi Magister Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam
Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat Pb, Cd di perairan sungai Bengawanjero dan akumulasi Pb, Cd pada daging ikan mujair serta untuk mengetahui histologi insang ikan mujair. Penelitian ini termasuk jenis penelitian *Ex Post Facto*. Penelitian dilakukan di sungai Bengawanjero dibagi 3 stasiun. Analisis kandungan Pb, Cd menggunakan AAS, pengamatan histologi insang dengan metode parafin. Hasil data logam berat Pb dan Cd air sungai dan daging ikan mujair dianalisis secara deskriptif, dan dibandingkan dengan baku mutu air sesuai PP. No. 22 Tahun 2021 dan SNI Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan (SNI. 7387:2009). Kerusakan histologi insang dianalisis dengan metode *scoring*. Kadar logam berat Pb air sungai tertinggi pada stasiun I sebesar 0.0094 dan Cd sebesar 0.0077. Akumulasi Pb tertinggi pada daging ikan terdapat di stasiun I sebesar 0.0976 tidak melebihi baku mutu yaitu 0,3 dan Cd sebesar 0.0976 tidak melebihi baku mutu yaitu 0,1. Hasil pengamatan histologi insang ikan Mujair dari ketiga stasiun terdapat kerusakan histologi meliputi, edema lamella sekunder, fusi lamella sekunder dan Hiperplasia lamella sekunder. Kandungan Pb, Cd pada air sungai dan pada daging ikan mujair berada di bawah baku mutu air sesuai PP. No. 22 Tahun 2021 dan SNI Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan (SNI. 7387:2009). Meskipun demikian, perlu diwaspadai keberadaan logam berat Pb, Cd karena logam berat bersifat toksik dan akumulatif.

Kata kunci: Bioakumulasi, Logam berat, Histologi, Ikan Mujair, Sungai Bengawanjero

**Bioaccumulation of Heavy Metals Pb and Cd On Histology of Mujair Fish
(*Oreochromis mossambicus*) Gills in the Bengawan Jero River, Bojoasri
Village, Kalitengah District, Lamongan Regency**

Robiatul Adawiyah, Evika Sandi Savitri, Eko Budi Minarno

Biology Masters Study Program, Faculty of Science and Technology, State
Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAC

This study aims to determine the content of heavy metal Pb, Cd in the waters of the Bengawanjero River and the accumulation of Pb, Cd in tilapia fish meat and to determine the histology of tilapia fish gills. This research is a type of Ex Post Facto research. The research was conducted on the Bengawanjero river divided into 3 stations. Analysis of Pb, Cd content using AAS, gill histology observations using paraffin method. The results of data on heavy metals Pb and Cd in river water and mujair fish meat were analyzed descriptively, and compared with water quality standards according to PP. No. 22 of 2021 and SNI Maximum Limits of Heavy Metal Contamination in Food (SNI. 7387:2009). Histological damage to gills was analyzed by scoring method. The highest levels of heavy metal Pb in river water at station I was 0.0094 and Cd was 0.0077. The highest accumulation of Pb in fish meat was at station I of 0.0976 not exceeding the quality standard of 0.3 and Cd of 0.0976 not exceeding the quality standard of 0.1. The results of histological observations of the gills of Mujair's fish from the three stations showed histological damage including secondary lamella edema, secondary lamella fusion and secondary lamella hyperplasia. The content of Pb, Cd in river water and tilapia fish meat are below the water quality standards according to PP. No. 22 of 2021 and SNI Maximum Limits of Heavy Metal Contamination in Food (SNI. 7387:2009). Even so, it is necessary to watch out for the presence of heavy metals Pb, Cd because heavy metals are toxic and accumulative.

Keywords: Bioaccumulation, Heavy metals, Histology, Tilapia Fish, Bengawanjero River

التراكم الأحيائي للمعادن الثقيلة من الرصاص والكاديوم في علم الأنسجة لخياشيم أسماك موجير
في نهر بنجاوان جيرو ، قرية بوجواسري ، مقاطعة كاليتنجا ، (*Oreochromis mossambicus*)
لامونجان ريجنسي

Robiatul Adawiyah, Evika Sandi Savitri, Eko Budi Minarno

برنامج دراسة الماجستير
في علم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الولاية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج

خلاصة

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد محتوى المعدن الثقيل من الرصاص والكاديوم في مياه نهر بنجاوانجيرو وتراكم الرصاص والكاديوم في لحوم أسماك البلطي وتحديد نسيج خياشيم أسماك . تم إجراء البحث على نهر Ex Post Facto البلطي. هذا البحث هو نوع من أبحاث AAS بنجاوانجيرو مقسم إلى 3 محطات. تحليل محتوى الرصاص والكاديوم باستخدام وملاحظات الأنسجة الخيشومية باستخدام طريقة البارافين. تم تحليل نتائج البيانات الخاصة في مياه الأنهار ولحوم أسماك المجير بشكل وصفي ، ومقارنتها Cd و Pb بالمعادن الثقيلة . لا. رقم 22 لعام 2021 والحد الأقصى للحدود القصوى لتلوث PP بمعايير جودة المياه وفقاً لـ . تم تحليل الضرر النسيجي للخياشيم (SNI.7387: 2001) المعادن الثقيلة في الغذاء كانت 0.0094 و I في مياه النهر في المحطة Pb بطريقة التسجيل. أعلى مستويات المعدن الثقيل عند 0.0976 لا I كانت 0.0077. كان أعلى تراكم للرصاص في لحوم الأسماك في المحطة Cd ولا يتجاوز معيار الجودة 0.1. أظهرت نتائج Cd 0.0976 يتجاوز معيار الجودة 0.3 و الملاحظات النسيجية لخياشيم أسماك المجير من المحطات الثلاث أضراراً نسيجية متضمنة وذمة الصفيحة الثانوية ، اندماج الصفيحة الثانوية وتضخم الصفيحة الثانوية. محتوى الرصاص . لا. رقم PP والكاديوم في مياه الأنهار ولحوم أسماك البلطي أقل من معايير جودة المياه وفقاً لـ SNI 22 لعام 2021 والحد الأقصى للحدود القصوى لتلوث المعادن الثقيلة في الغذاء Cd و Pb. ومع ذلك ، من الضروري الانتباه إلى وجود المعادن الثقيلة (SNI.7387: 2009)

الكلمات المفتاحية: التراكم الحيوي ، المعادن الثقيلة ، علم الأنسجة ، أسماك البلطي ، نهر بنجاوانجيرو

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmanirrohim, segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul – Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*) di Sungai Bengawan Jero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah menegakkan ajaran agama islam.

Berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terimakasih yang tak terkira khususnya kepada :

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Ketua Program Studi Magister Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P dan Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Seluruh Dosen dan tenaga kependidikan di Program Studi Magister Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Kedua orangtua Bpk M.Ihsan dan Ibu Qomariyah yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
7. Suami Ach Faza Muzakky yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman Magister Biologi angkatan 2019/2020.
Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Tesis ini sudah ditulis secara cermat sebaik-baiknya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, 15 Desember 2022

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
ملخص البحث	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat	7
1.5. Batasan Masalah.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Pencemaran Logam Berat Dalam Prespektif Al-qur'an	9
2.2. Logam Berat Dalam Tinjauan Sains	10
2.2.1 Pengertian Logam Berat.....	10
2.2.2 Jenis-jenis Logam Berat	11
2.2.3 Sifat-sifat Logam Berat	14
2.2.4 Bioakumulasi Logam Berat	16
2.2.4.1 Pengetrian Bioakumulasi	16
2.2.4.2 Dampak Bioakumulasi Logam Berat	16
2.3 Ikan Mujair	18
2.3.1. Klasifikasi Ikan Mujair	18
2.3.2 Morfologi Ikan Mujair.....	18
2.3.3 Jaringan Insang Ikan Mujair.....	19
2.3.4 Ekologi Ikan Mujair.....	20
2.3.5 Histologi Insang Ikan Mujair.....	20
2.4 Deskripsi Daerah Penelitian.....	22
2.5 Kerangka Konseptual.....	24
BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1. Jenis Penelitian.....	26
3.2. Waktu dan Tempat	26
3.3. Alat dan Bahan.....	26
3.3.1. Alat.....	26
3.3.2. Bahan	27

3.4. Metode Pengambilan Sampel.....	27
3.4.1. Penentuan Stasiun Pengamatan.....	27
3.4.2. Pengambilan Sampel	27
3.5. Prosedur Penelitian	28
3.5.1. Pengukuran Timbal (Pb) Pada Air Sungai Bengawanjero.....	28
3.5.2. Pengukuran Cadmium (Cd) Pada Air Sungai Bengawanjero	29
3.5.3. Pengukuran Timbal (Pb) Pada Daging Ikan Mujair.....	29
3.5.4. Pengukuran Cadmium (Cd) Pada Daging Ikan Mujair	30
3.6. Pembuatan Preparat Histologi Insang Ikan Mujair	30
3.7. Pengamatan Preparat Histologi Insang Ikan Mujair	32
3.8. Analisis Data	33
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Pada Sungai Bengawanjero.....	33
4.2. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Pada Sungai Bengawanjero.....	36
4.3. Hubungan Cemar Logam Berat Pb dan Cd Air Sungai Bengawanjero dan Kadar Logam Berat Pb Cd Pada Daging Ikan Mujair.....	39
4.4. Gambaran Histologi Insang Ikan Mujair yang Hidup Di Sungai Bengawanjero.....	40
BAB V. PENUTUP.....	50
5.1. Simpulan	50
5.2. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>).....	19
Gambar 2.2. Histologi Insang Ikan Mujair Normal dan Kerusakan	21
Gambar 4.1. Histologi Insang Ikan Mujair Normal	41
Gambar 4.2. Kerusakan Histologi Insang Ikan Mujair Pada Stasiun I	43
Gambar 4.3. Kerusakan Histologi Insang Ikan Mujair Pada Stasiun II.....	43
Gambar 4.4. Kerusakan Histologi Insang Ikan Mujair Pada Stasiun III.....	44
Gambar 4.5. Kerusakan Histologi Insang Edema Lamela Skunder.....	44
Gambar 4.6. Kerusakan Histologi Insang Hiperplasia dan Fusi	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Lokasi Titik Sampling.....	28
Tabel 4.1. Kadar Logam Berat Pb Pada Air Sungai Bengawanjero	34
Tabel 4.2. Kadar Logam Berat Cd Pada Air Sungai Bengawanjero.....	35
Tabel 4.3. Kadar Logam Berat Pb Pada Daging Ikan Mujair	37
Tabel 4.4. Kadar Logam Berat Cd Pada Daging Ikan Mujair.....	38
Tabel 4.5. Keadaan Histologi Insang Ikan Mujair	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Korelasi Tunggal Kadar Logam Berat Pb.....	56
Lampiran 2. Hasil Uji Korelasi Tunggal Kadar Logam Berat Cd	56
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	57
Lampiran 4 Baku Mutu Kualitas Air PP. No. 22 Tahun 2021	58
Lampiran 5.Cemaran Logam Berat Dalam Pangan (SNI. 7387:2009).....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT telah berfirman tentang sumber makanan hewani yaitu ikan, baik yang berasal dari air tawar maupun dari lautan sebagaimana Al-Qur'an surat An Nahl ayat 14 sebagai berikut :

مَوَاجِرَ الْفُلُكِ وَتَرَى تَلْبَسُونَهَا جِلْيَةً مِنْهُ وَتَسْتَخْرِجُوا طَرِيًّا لَحْمًا مِنْهُ لِتَأْكُلُوا الْبَحْرَ سَحَّرَ الَّذِي وَهُوَ
تَشْكُرُونَ وَلَعَلَّكُمْ فِضْلَةٍ مِنْ رَبِّكُمْ فَذَكِّرُوا فِيهِ

Artinya: “*dan Dia-lah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan daripadanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur*”.

Ayat di atas menjelaskan ikan dan sejenisnya, baik yang berasal dari air laut seperti udang dan cumi-cumi, dari air payau seperti bandeng, maupun dari air tawar seperti ikan mas, lele mujair dan gurami, adalah makanan yang segar. “segar” dalam hal ini berarti sehat dan bergizi. Dari uraian tersebut jelas bahwa Allah telah menyediakan beragam makanan baik hewani maupun nabati. Makanan hewani berupa binatang ternak, unggas dan ikan. Masing-masing kelompok mempunyai nilai gizi yang berbeda, demikian juga memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Satu di antara ikan tawar yang dapat dikonsumsi adalah ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) baik untuk dikonsumsi karena memiliki beberapa nilai unggul antara lain protein sebesar 18,7 gr dan energi sebesar 89 kal (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 2004).

Ikan Mujair memiliki habitat perairan tawar antara lain sungai, kolam dan telaga. Berdasarkan Biro Pusat Statistik (BPS), ikan Mujair termasuk jenis ikan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat (BPS, 2011). Oleh karena tingkat konsumsi

yang tinggi terhadap ikan Mujair maka kecenderungan terjadinya bioakumulasi logam berat pada ikan Mujair yang berasal dari perairan tercemar logam berat juga tinggi.

Beek (2000) mengemukakan bahwa bioakumulasi merupakan penumpukan zat-zat kimia dalam atau sebagian tubuh organisme. Bioakumulasi logam berat dapat dipindahkan antar makhluk hidup melalui rantai makanan. Bioakumulasi logam berat bagi makhluk hidup (manusia) sebagai konsumen terahir dapat berakibat negatif bagi kesehatan antara lain sistem saraf, hematologis, ginjal, kardiovaskular, gastrointensial (Kragulj *et al*, 2018).

Satu di antara berbagai pencemaran lingkungan adalah pencemaran logam berat yang terjadi pada perairan. Logam berat menurut Hutagalung (2010) dapat didefinisikan sebagai logam toksik dengan densitas 5 gr/cm³ atau lima kali dari densitas air. Logam berat menurut Happy *et al* (2012) terdapat 180 jenis dari 109 unsur kimia yang ada di bumi. Berdasarkan sifatnya logam berat terdapat dua perbedaan yaitu esensial dan non esensial. Logam berat esensial merupakan logam yang dibutuhkan oleh tubuh manusia namun dalam dosis atau jumlah tertentu, contoh dari logam berat esensial yakni Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan Se. Sedangkan logam berat non esensial dapat diartikan sebagai logam yang beracun. Manggara dan Prasongko (2015) mengemukakan, bahwa pencemaran logam berat pada perairan berasal dari limbah pemukiman dan limbah industri. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran lingkungan sebagaimana dinyatakan Allah SWT di dalam Al-Qur'an Surat Ar-Rum 41 adalah telah terbukti atau terjadi.

Logam berat memiliki karakteristik diantaranya yaitu 1). Spesifikasi gravitasi besar (>4), 2). Nomor atom 22 – 23 dan 40 – 50, unsure antanida dan aktanida, 3). Respon biokimia spesifik pada organisme hidup, logam berat dapat menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup dan dapat dikatakan logam berat dapat menjadi racun bagi tubuh makhluk hidup (Darmono, 2001). Berdasarkan karakteristik ini logam berat memiliki sifat bioakumulatif pada sel makhluk hidup.

Bioakumulasi logam berat pada ikan Mujair yang berasal dari perairan tercemar logam berat juga penting diteliti sebab diharapkan dapat membentuk wawasan preventif pencemaran lingkungan. Kecenderungan terjadinya bioakumulasi logam berat pada ikan mujair juga dilandasi oleh penelitian Faishal pada ikan Belida.

Faishal (2009) menunjukkan bahwa ikan belida (*Chitala borneensis*) yang tertangkap di Sungai Citarum telah terpapar logam berat timbal (Pb). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sungai Citarum memiliki potensi menampung limbah yang mengandung logam berat yang berasal dari limbah pemukiman dan limbah industri. Di samping itu, ikan belida (*Chitala borneensis*) yang ditangkap di Sungai Citarum mengandung logam berat Pb dengan rata-rata 0,52 mg/Kg yang berarti melebihi ambang batas sebesar 0,40 mg/Kg.

Bioakumulasi logam berat juga berdampak terhadap histologi organ ikan. Penelitian yang dilakukan Septiarni (2011) menunjukkan bahwa bioakumulasi pada ikan mujair menunjukkan adanya perubahan pada histologi insang seperti pembengkakan atau membesarnya sel epitel sehingga terjadi struktur tidak normal pada lamella. Lestari dkk (2018) mengatakan terdapat perubahan histologi insang pada ikan mujair yaitu ditemukannya edema lamella sekunder.

Penelitian terhadap histologi insang penting dilakukan sebab insang adalah organ yang bertanggung jawab masuknya oksigen ke dalam tubuh ikan. Oksigen berperan pada proses respirasi dan respirasi adalah metabolisme yang menghasilkan fungsi untuk kelangsungan seluruh sel dan jaringan.

Penelitian ini dilakukan pada Sungai Bengawanjero merupakan anak-anak Sungai Kali Blawi dan berlokasi di Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah, Kabupaten Lamongan. Hal ini dilandasi oleh fenomena bahwa sungai Bengawanjero merupakan sumber kehidupan masyarakat namun, di sepanjang tepi sungai terdapat pemukiman dan industri tas yang diduga menghasilkan limbah yang mengandung logam berat seperti Pb dan Cd. Disisi lain Saleh (2017) mengatakan perairan sungai Bengawanjero memiliki fungsi strategis dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari,

antara lain penangkapan ikan dari Sungai Bengawanjero. Hasil tangkapan menunjukkan ikan Mujair mendominasi dengan persentase sekitar 60% perolehan nelayan berdasarkan observasi awal penulis pada tanggal 13 Februari 2020.

Kawasan Sungai Bengawanjero memiliki karakteristik ekologi yang berbeda-beda sesuai dengan aktivitas yang dilakukan masyarakat sehingga dapat dipetakan menjadi stasiun I, II, dan III. Stasiun I adalah kawasan dengan ciri dekat dengan pemukiman, stasiun II adalah kawasan dengan ciri dekat dengan pasar, stasiun III adalah kawasan dengan ciri dekat dengan kawasan tambak yang jauh dari pemukiman. Berdasarkan karakteristik lingkungan yang berbeda tersebut maka diduga paparan logam berat pada perairan juga berbeda-beda. Paparan logam berat yang berbeda diduga berdampak terhadap perbedaan bioakumulasi logam berat ikan Mujair yang berasal dari habitat tersebut.

Di sungai Bengawanjero ikan mujair hidup bebas diperairan tawar yang menjadi salah satu komoditi yang cukup digemari oleh masyarakat setempat khususnya Bojoasri. Selain ikan mujair memiliki nilai ekonomis tinggi, penangkapannya tidak terlalu sulit sehingga ikan mujair ini mengalami tangkap lebih (*over fishing*). Masyarakat memanfaatkan ikan ini dalam bentuk olahan ataupun ikan konsumsi.

Logam berat yang diteliti pada Sungai Bengawanjero adalah jenis timbal (Pb) dan besi (Cd). Hal ini dilandasi oleh penelitian pendahuluan yang peneliti lakukan terhadap baku mutu air Sungai Bengawanjero pada ketiga stasiun, yakni kandungan logam berat Pb 0,0096 dan Cd 0,0089.

Penelitian logam berat pada ikan Mujair dan habitatnya penting dilakukan sebab akumulasi logam berat pada ikan akan berdampak akumulasi pada manusia. Akumulasi logam berat dapat berakibat munculnya berbagai penyakit. Dampak lebih jauh dari keracunan Pb adalah dapat menyebabkan hipertensi dan salah satu faktor penyebab penyakit hati sedangkan, Cd dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal (Sembiring dkk, 2008).

Suriyani dan Kotijah (2013) mengatakan agama Islam mengajarkan tentang pemeliharaan lingkungan yang harus diimplementasikan dalam sikap dan perilaku manusia untuk tidak membuat kerusakan di bumi. Allah telah memperingatkan manusia agar tidak membuat kerusakan di muka bumi.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka penelitian yang berjudul Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan ini penting dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dapat dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah kandungan logam berat Pb dan Cd pada Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan?
2. Berapakah kandungan logam berat Pb dan Cd pada daging ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang ditangkap dari Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan?
3. Bagaimanakah gambaran histologi insang ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang ditangkap dari Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan?
4. Bagaimanakah hubungan antara cemaran logam berat Pb dan Cd di air sungai terhadap kadar logam berat di daging ikan mujair?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kandungan logam berat Pb dan Cd pada Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.

2. Mengetahui kandungan logam berat Pb dan Cd pada daging ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang ditangkap dari Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.
3. Mengetahui keadaan histologi insang ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang ditangkap dari Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.
4. Mengetahui hubungan tingkat cemaran logam berat Pb dan Cd di air sungai terhadap kadar logam berat Pb dan Cd pada daging ikan Mujair?

1.4 Manfaat Penelitian

Setelah penelitian dilakukan, manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diperolehnya informasi ilmiah terhadap kadar logam berat pada perairan sungai Bengawan Jero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.
2. Diperolehnya informasi ilmiah tentang gambaran histologi insang ikan Mujair, yang bermanfaat pula sebagai informasi ilmiah dampak pencemaran logam berat terhadap organ tubuh hewan perairan.
3. Sebagai landasan penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Sungai yang diteliti adalah Sungai Bengawanjero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.
2. Kawasan penelitian terbagi menjadi 3 stasiun tiap stasiun terdapat 8 pos pengambilan sampel. Stasiun I (sungai dengan bagian tepi berupa pemukiman dan industri) Stasiun II (sungai dengan bagian tepi berupa pasar tradisional), Stasiun III (sungai dengan bagian tepi berupa tambak ikan.).
3. Logam berat yang diteliti bioakumulasinya adalah Pb dan Cd.

4. Obyek penelitian adalah ikan Mujair dengan ciri-ciri morfologi memiliki rata-rata panjang 25 cm dan rata-rata berat 110 gram, yang merupakan hasil tangkapan nelayan.
5. Histologi ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang diamati adalah insang (*edema, hiperlepsia, dan fusi*).
6. Persentase kerusakan histologi insang dihitung dengan metode metode scoring menggunakan *soft ware raster*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Logam Berat dalam Perspektif Al-Qur'an

Islam sudah menjelaskan larangan dalam merusak lingkungan. Dalil larangan tersebut diantaranya Q.S. Al – Baqarah ayat 11:

مُصْلِحُونَ نَحْنُ إِنَّمَا قَالُوا الْأَرْضُ فِي تَفْسِدُوا لَا لَهُمْ قِيَلٌ وَإِذَا

Artinya : *"Dan bila dikatakan kepada mereka: "Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi". Mereka menjawab: "Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan"*

Terdapat kalimat, "Janganlah kamu membuat kerusakan". Kalimat ini secara eksplisit mengungkapkan ketegasan Islam dalam pelarangan kerusakan lingkungan. Meskipun sudah tegas dilarang, namun masih banyak manusia tidak menyadarinya bahkan ada yang sudah tahu tetapi tidak peduli karena sudah diperbudak oleh hawa nafsu demi kepentingan duniawi, mereka rela berbuat semena-mena untuk lingkungan.

Manusia diciptakan dalam bentuk yang paling sempurna dibandingkan dengan makhluk ciptaan Allah SWT lainnya. Dalam hal ini, Manusia dianugerahi akal yang dapat digunakan sebagai bekal untuk memikirkan setiap penciptaan Allah SWT. Dengan akal manusia mampu memikirkan setiap proses penciptaan makhluk Allah untuk dijadikan sebagai penemuan-penemuan yang berguna bagi kehidupan. Sehubungan dengan hal tersebut, Allah menugaskan manusia untuk menjadi khalifah di muka bumi ini sebagaimana firmanNya dalam Q.S Al An'am ayat 165

رَبِّكَ إِنَّ أَنْتَ كُنْتَ مَا فِي لَيْبُلُوكُمْ دَرَجَتٍ بَعْضٍ فَوْقَ بَعْضِكُمْ وَرَفَعِ الْأَرْضِ خَلِيفَتِ جَعَلَكُمْ الَّذِي وَهُوَ
رَحِيمٌ لَّعَفْوَرٌ وَإِنَّهُ الْعِقَابُ سَرِيعٌ

Artinya : *Dan Dialah yang menjadikan kamu sebagai khalifah – khalifah dibumi dan Dia mengangkat (derajat) sebagian kamu di atas yanglain, untuk mengujimu atas*

(karunia) yang diberikanNya kepadamu.Sesungguhnya Tuhanmu sangat cepat memberi hukuman dan sungguh, Dia Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.

Bahkan Allah menegaskan bahwa setiap kerusakan yang terjadi di muka bumi ini hanyalah disebabkan karena perilaku manusia, sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Ar Ruum ayat 41 yang artinya: Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan Karenaperbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada merekasebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar).

Jika dikaitkan dengan pencemaran yang ditimbulkan oleh logam berat, maka ayat di atas semakin menjelaskan bahwa manusia harus bertanggung jawab penuh terhadap setiap kerusakan yang ditimbulkan oleh pencemaran tersebut. Untuk menyikapi hal ini, kita tidak boleh diam berpangku tangan tanpa berbuat apa-apa, harus lahir langkah-langkah strategis yang dapat dijadikan sebagai solusi bagi permasalahan ini.

2.2 Logam Berat dalam Tinjauan Sains

2.2.1 Pengertian Logam Berat

Manusia tidak terpisah dari benda- benda yang bersifat logam. Dalam konotasi keseharian kita beranggapan bahwa logam identik dengan besi. Padahal benda ini kita gunakan dalam kebutuhan sehari –hari sebagai alat perlengkapan rumah tangga seperti pisau, sendok dan garpu (Palar, 2008).

Direktorat Pengawas Produk dan Bahan Berbahaya (2020) mengatakan logam berat merupakan unsur logam yang mempunyai densitas $> 5 \text{ g/cm}^3$, dengan nomor atom antara nomor atom scandium yang memiliki nomor atom 21 dan uranium yang memiliki nomor atom 92 dalam tabel periodik unsur.

2.2.2 Jenis-jenis Logam Berat

Berdasarkan toksikologinya logam berat terbagi kedalam dua jenis, diantaranya:

2.2.2.1 Logam Berat Esensial

Logam ini dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah tertentu akan tetapi jika berlebihan menimbulkan racun. Contoh logam ini diantaranya Fe, Cu, Zn, Co.

a) Besi (Fe)

Besi atau ferrum (Fe) adalah logam transisi paling melimpah di kerak bumi. Aspek biologisnya adalah nutrisi paling penting bagi makhluk hidup karena merupakan kofaktor bagi banyak protein penting dan enzim. Reaksi yang dimediasi besi mendukung sebagian besar organisme aerobik dalam proses respirasi mereka. Jika tidak terlindung dengan baik, ia dapat mengkatalisis reaksi yang melibatkan pembentukan radikal yang dapat merusak biomolekul, sel, jaringan dan seluruh organisme. Keracunan besi selalu menjadi topik yang menarik terutama untuk dokter spesialis anak. Anak-anak sangat rentan terhadap keracunan besi karena mereka terkena maksimal produk iron containing (Albretsen, 2006).

b) Chromium (Cr)

Chromium hadir dalam batuan, tanah, hewan dan tumbuhan (Zhitkovich, 2005). Pencemaran kromium berasal dari buangan industri-industri pelapisan krom, pabrik tekstil, pabrik cat, penyamakan kulit, pabrik tinta dan pengilangan minyak. Martin & Griswold (2009) Senyawa chromium (VI), seperti kalsium kromat, kromat seng, strontium kromat dan kromat memimpin, sangat beracun dan karsinogenik di alam. Kromium (III), di sisi lain, suplemengizi yang penting bagi hewan dan manusia dan memiliki peran penting dalam metabolisme glukosa. Penyerapan senyawa chromium heksavalen melalui saluran udara dan saluran pencernaan lebih cepat daripada senyawa chromium trivalen.

2.2.2.2 Logam Berat Non Esensial

Logam ini masih belum diketahui manfaatnya tetapi tergolong logam yang beracun contohnya Pb, Hg, Cr dan Cd.

a) Timbal (Pb)

Timbal dapat berbentuk senyawa organik dan inorganik maupun berbentuk logam murni. Dalam bentuk apapun timbal berdampak toksik yang sama bagi makhluk hidup (Darmono, 2011). Kegiatan manusia seperti pertambangan, pembakaran bahan bakar fosil, manufaktur mengakibatkan akumulasi timbal dan senyawanya di lingkungan, termasuk udara, air dan tanah. Timbal digunakan untuk produksi baterai, kosmetik, produk logam seperti amunisi, solder dan pipa” (Martin & Griswold,2009).

Secara kimiawi, timbal mempunyai titik uap yang rendah dan dapat menstabilkan senyawa lain sehingga berguna pada ratusan produk industri. Secara klinis, timbal merupakan bahan toksik murni, tidak ada organisme yang fungsinya bergantung pada timbal (Lubis dkk., 2013).

Menurut Harrison dan Laxen (2015) manusia dapat terpajan timbal yang ada di lingkungan, seperti melalui udara, tanah, air, maupun makanan. Sebagian timbal di udara dapat langsung terhirup oleh manusia, sedangkan yang lainnya jatuh ke tanah dan permukaan air kemudian masuk ke dalam air tanah. Jalur lain yang dilalui timbal untuk masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman serta kulit (Adiwijayanti, 2015).

Menurut Widowati (2008) mengatakan keracunan akibat kontaminasi logam timbal (Pb) bisa menimbulkan berbagai macam hal, antara lain memperpendek umur sel darah merah, menurunkan jumlah sel darah merah dan kadar sel darah merah yang masih muda (retikulosit), serta meningkatkan kandungan besi (Fe) dalam plasma darah (Widowati, 2008).

b) Kadmium (Cd)

Logam Kadmium (Cd) merupakan logam yang bernomor atom 48 dan massa atom 112,41. Logam ini termasuk dalam logam transisi pada periode V dalam tabel periodik. Logam Cd dikenal sebagai unsur chalcophile, jadi cenderung ditemukan dalam deposit sulfide (Manahan,2001). Kemelimpahan Cd pada kerak bumi adalah

0,13 $\mu\text{g/g}$. Pada lingkungan akuatik, Cd relatif bersifat mudah berpindah. Cd memasuki lingkungan akuatik terutama dari deposisi atmosferik dan efluen pabrik yang menggunakan logam ini dalam proses kerjanya. Di perairan umumnya Cd hadir dalam bentuk ion-ionnya yang terhidrasi, garam-garam klorida, terkomplekskan dengan ligan anorganik atau membentuk kompleks dengan ligan organik (Weiner,2008).

Kadmium adalah produk sampingan dari seng. Batu bara, mineral, pupuk tanah dan batuan mengandung beberapa nilai kadmium (Martin & Griswold, 2009). Kadmium dilepaskan ke lingkungan melalui kegiatan alam seperti, pelapukan, letusan gunung, transportasi sungai dan aktivitas manusia lainnya. Kadmium dapat menyebabkan intoksikasi baik yang akut dan kronis (Chakraborty *et al.*,2013).

Kadmium (Cd) yang juga bersifat toksis dapat menimbulkan keracunan, gangguan kesehatan dan dapat membunuh biota tertentu, contohnya biota golongan crustacea akan mati pada paparan Cd dengan konsentrasi 0,005 – 0,15 ppm selama 24 – 504 jam (Wulandari, 2009).

2.2.3 Sifat – sifat Logam Berat

2.2.3.1 Timbal (Pb)

Timbal sifatnya lunak dan berwarna coklat kehitaman, serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Senyawa ini banyak ditemukan dalam pertambangan seluruh dunia (Titin, 2010). Logam ini bertitik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain, membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain (Darmono, 2011).

Timbal bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah

timbal (II) dan senyawa organometalik yang terpenting adalah timbal tetra etil (TEL: tetra ethyl lead), timbal tetra metil (TML: tetra methyl lead) dan timbal stearat. Timbal merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan *coating* (Amalia, 2016).

Menurut Darmono (2001) mengatakan bahwa timbal mempunyai sifat persisten dan toksik serta dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Raharjo, Raharjo, dan Setiani, 2018).

2.2.3.2 Kadmium (Cd)

Berdasarkan sifat-sifat fisiknya, kadmium (Cd) merupakan logam yang lunak ductile, berwarna putih seperti putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta cepat akan mengalami kerusakan bila dikenai uap amoniak (NH₃) dan sulfur hidroksida (SO₂). Berdasarkan pada sifat kimianya, logam kadmium (Cd) didalam persenyawaan yang dibentuknya umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+. Bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion OH⁻, ion-ion Cd²⁺ akan mengalami proses pengendapan. Endapan yang terbentuk dari ion-ion Cd²⁺ dalam larutan OH⁻ biasanya dalam bentuk senyawa terhidrasi yang berwarna putih (Palar, 2004).

Menurut Darmono (2001) keberadaan kadmium di alam berhubung erat dengan hadirnya logam timbal (Pb) dan seng (Zn). Dalam industri pertambangan timbal (Pb) dan seng (Zn), proses pemurniannya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam lingkungan. Kadmium masuk ke dalam tubuh manusia terjadi melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi.

Mengukur kadmium intake ke dalam tubuh manusia perlu dilakukan pengukuran kadar Cd dalam makanan yang dimakan atau kandungan Cd dalam Feses.

2.2.4 Bioakumulasi Logam Berat

2.2.4.1 Pengertian Bioakumulasi

Bioakumulasi merupakan adanya konsentrasi pencemar yang lebih besar dalam suatu organisme daripada konsentrasi di dalam lingkungannya (Soemirat, 2009). Borga (2008) mengatakan bioakumulasi adalah akumulasi kontaminan dalam organisme yang ada di lingkungan.

Bioakumulasi didefinisikan sebagai peningkatan konsentrasi kontaminan dalam organisme akuatik melalui serapan dari media lingkungan sekitar. Banyak kasus yang ditemukan terkait konsentrasi kontaminan yang berbeda di berbagai spesies organisme air yang ada di Dunia (Wang, 2011). Ivanciuc *et al* (2006) mengatakan bioakumulasi bahan kimia pada suatu perairan merupakan salah satu kriteria penting dalam mengevaluasi ekologi dan tingkat pencemaran suatu lingkungan perairan.

2.2.5 Dampak Bioakumulasi Logam Berat

2.2.5.1 Timbal (Pb)

Pada manusia maupun pada ternak, Pb bersifat akumulatif dalam tubuh dan dapat merusak seluruh sistem organ dalam tubuh. Pada anak-anak, keracunan Pb dapat menyebabkan kemunduran mental yang bersifat permanen. Lebih lanjut dinyatakan bahwa Pb yang terkandung dalam makanan orang dewasa rata-rata terserap 5 – 10% oleh tubuh, sedang pada bayi dan anak-anak hingga 40% atau lebih dan dapat ditekan dengan adanya kalsium (Ca) dan fosfor (P), sehingga konsumsi kalsium (Ca) yang tinggi akan menekan pengambilan Pb tubuh. Badan dunia WHO (1984) telah menetapkan batas maksimum serapan Pb oleh manusia dewasa sebesar 400 – 450 µg /hari (Kadem, 2004).

Dampak lebih jauh dari keracunan Pb adalah dapat menyebabkan hipertensi dan salah satu faktor penyebab penyakit hati. Ketika unsur ini mengikat kuat sejumlah molekul asam amino, haemoglobin, enzim, RNA, dan DNA; maka akan mengganggu saluran metabolik dalam tubuh. Keracunan Pb dapat juga mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, dan kerusakan otak (Kadem, 2004).

2.2.5.2 Kadmium (Cd)

Sumber pencemaran kadmium berasal dari aktifitas pertambangan, produksi, domestik dan pertanian. Selain itu Cd banyak digunakan dalam industri ringan seperti pada proses pengolahan roti, pengolahan ikan, pengolahan minuman, industri tekstil, dan banyak melibatkan senyawa yang dibentuk dengan Cd meskipun penggunaannya dengan konsentrasi yang sangat rendah (Darmono, 2018).

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Secara prinsipil pada konsentrasi rendah berefek terhadap gangguan pada paru, emphysema dan renal tubular disease yang kronis (Sembiring dkk, 2008).

2.3 Ikan Mujair

2.3.1 Klasifikasi Ikan Mujair

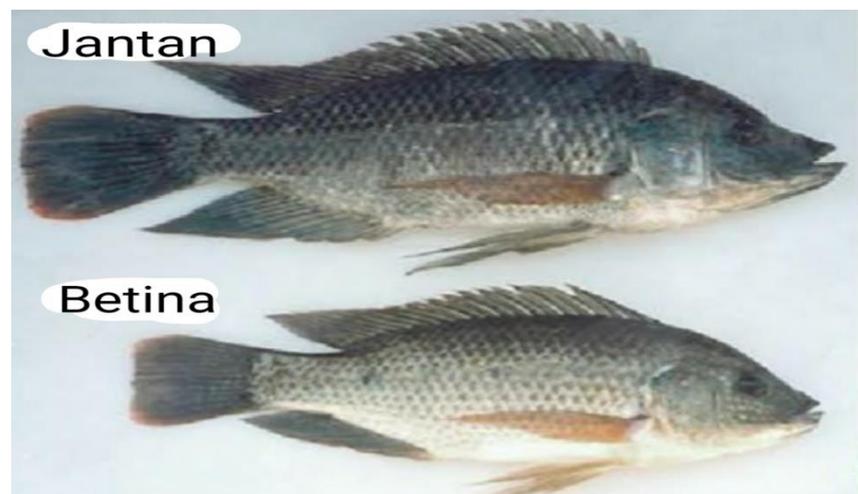
Klasifikasi ikan mujair berdasarkan ilmu taksonomi hewan (system pengelompokan hewan berdasarkan bentuk tubuh dan sifat-sifatnya) sebagai berikut.

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Actinopterygii
Ordo : Perciformes
Famili : *Cichlidae*
Genus : *Oreochromis*

Spesies : *Oreochromis mossambicus*

2.3.2 Morfologi Ikan Mujair

Ikan mujair merupakan salah satu ikan tawar yang banyak dikonsumsi masyarakat. Ukuran ikan mujair memiliki ukuran menengah dengan panjang maksimum adalah 40 cm, bentuk pipih dengan warna hitam, keabu abuan, kecoklatan hingga kuning (Gmbar 2.1). Sirip bagian punggung terdapat 10-13 buah duri (Frose dan Pauly, 2007). Bagian kepala terdapat sisik yang berukuran agak besar dibanding sisik sepanjang tubuh (Luna 2012). Ikan betina dewasa rata-rata memiliki panjang 25 cm dan berat 110 gram, pada ikan jantan rata-rata panjang 35 cm berat 800 hingga 900 gram (Frose dan Pauly, 2007). Ikan mujair betina berwarna hitam, sedangkan ikan mujair remaja jantan berwarna keperakan (Luna, 2012).



Gambar 2.1: Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*).

2.3.3 Jaringan Insang

Insang merupakan organ yang sangat penting pada ikan karena sebagai alat pernafasan dan digunakan sebagai pengatur tekanan antara air dalam tubuh (*osmoregulasi*). Takshima dan Hibiyyu (2015) mengatakan insang merupakan organ yang berhubungan langsung dengan air, sehingga apabila air mengandung polutan akan mengakibatkan kerusakan insang dan organ yang berhubungan dengan insang.

Insang terdiri dari sepasang filament insang, setiap filament terdiri dari serat melintang yang tertutup ephitelium yang tipis disebut lamella. Lamella merupakan penyusun filament. Rangkaian lamella pada satu sisi dari septum interbranchiale

disebut hemibranchium. Dua hemibranchium dan septum interbranchia membentuk insang lengkap disebut holobranchia (Lager, *et al.*, 2017).

Keberhasilan ikan mendapatkan oksigen tergantung lingkungan dan kemampuan fungsi insang dalam menangkap oksigen dalam air. Oleh karena itu kondisi insang sangat menentukan kelangsungan hidup ikan. Ikan yang mengalami gangguan pernafasan akibat pengaruh benda asing dapat menyebabkan rusaknya jaringan insang, mengganggu proses pernafasan dan kematian (Lager, *et al.*, 2017).

2.3.4 Ekologi Ikan Mujair

Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) adalah salah satu komoditas perikanan tawar dan mudah hidup dan berkembang biak di berbagai kondisi seperti pada kondisi air dengan kadar salinitas tinggi maupun tingkat salinitas rendah. Perkembangan ikan mujair yang relatif cepat dan tingginya nilai gizi mendorong masyarakat memilih untuk diolah menjadi berbagai macam produk makanan (Mukrie, 2013). Allen (2020) mengatakan ikan mujair merupakan ikan yang beradaptasi luas di seluruh Indonesia karena berkembangbiaknya yang cepat serta hampir tersebar di seluruh perairan Indonesia, baik sungai, rawa-rawa maupun waduk.

Ikan mujair toleran terhadap perbedaan suhu air antara 14-32° C. suhu air yang optimum untuk ikan mujair berkisar 22-28° C. Ikan mujair mampu beradaptasi terhadap perubahan kandungan oksigen yang terlarut (DO) dalam perairan (Arifin, 2016). Ikan mujair mampu beradaptasi terhadap perlakuan fisik seperti penampungan, seleksi, penimbangan, dan pengangkutan. Karena sifatnya yang sangat adaptif ikan mujair dengan berbagai strain-nya tersebar hampir di seluruh penjuru dunia (Ndobe & Ya, 2016).

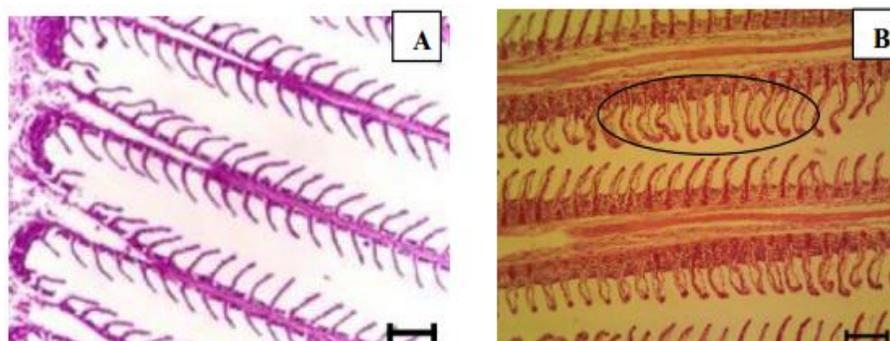
2.4 Histologi

Histologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang jaringan. Sedangkan patologi adalah kajian tentang adaptasi yang tidak cukup terhadap

perubahan-perubahan lingkungan eksternal dan internal (Erlangga, 2007). Jefri (2009) mengatakan histologi dapat disebut sebagai ilmu anatomi mikroskopis. histologi adalah salah satu bidang ilmu biologi yang mempelajari tentang struktur jaringan dengan detail menggunakan mikroskop pada sediaan jaringan yang dipotong tipis.

Membuat histologi hewan diawali dengan fiksasi yaitu menyiapkan jaringan segar untuk pengamatan mikroskopis. Tujuan fiksasi untuk mencegah terjadinya kerusakan jaringan, menghentikan proses metabolisme, mengawetkan komponen histologi, mengeraskan materi yang lembek dan dapat mewarnai jaringan sehingga dapat diketahui bagian jaringan (Jefri, 2009).

Lestari dkk (2018) menunjukkan bahwa pada histolgi insang ikan mujair yang tertangkap di air lagoon Nusa Dua, Bali ditemukan beberapa kerusakan insang diantaranya adalah edema, lamella sekunder, hiperlepsia lamella sekunder, fusi lamella sekunder dan telengiektaksis, hal ini dipengaruhi oleh kualitas perairan tersebut



Gambar 1.2: (A) Histologi Insang Ikan Mujair Normal. (B) Histologi Insang Ikan Mujair Mengalami Edema Lamela Sekunder (Perbesaran 400 X).

Edema merupakan salah satu bentuk adaptasi fisiologis ketika mengalami gangguan dari lingkungan. Fitriawan dkk (2011) mengatakan edema adalah pembengkakan sel yang diakibatkan masuknya timbal ke dalam insang atau penimbunan cairan secara berlebihan di dalam jaringan tubuh yang di tandai dengan membran basal mulai meregang lepas, sel lacuna menyempit sehingga menyebabkan

insang mengalami defisiensi fungsi dan kesulitan dalam proses pernafasan dan metabolisme tubuh mulai terganggu.

Hiperplasia adalah pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel. Lamela yang mengalami hiperplasia mengakibatkan penebalan jaringan epitel di ujung filamen atau penebalan jaringan epitelium yang terletak di dekat dasar lamela. Hiperplasia pada insang diakibatkan adanya kontak dari timbal. Kontak tersebut mengakibatkan organ insang mengalami iritasi dan mengeluarkan mukus (lendir) sebagai perlindungan terhadap toksikan timbal, akan tetapi mukus yang dihasilkan justru menutup permukaan lamela insang sehingga pertukaran O₂ dan CO₂ terhambat, akibatnya tidak ada pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah. Sehingga menyebabkan transportasi oksigen ke seluruh tubuh menjadi terganggu (Susanah, 2011).

Fusi merupakan kondisi dimana berkurangnya efisiensi difusi gas yang diakibatkan oleh kerusakan hiperplasia pada jaringan epitel insang ikan dan lamella sekunder melebur (Panigoro dkk., 2013). Menurut Sipahutar dkk., (2013), fusi lamela terjadi akibat peningkatan patologi hiperplasia secara terus menerus. Peningkatan patologi hiperplasia menyebabkan terisinya ruang antar lamella sekunder oleh sel-sel baru yang kemudian memicu terjadinya perlekatan pada kedua sisi lamela.

2.4 Deskripsi Daerah Penelitian

Sungai Bengawan Jero merupakan anakan dari sungai Bengawan Solo dan kali Blawi yang memiliki ketinggian muka tanah lebih rendah dari daerah sekitarnya termasuk lebih rendah dari ketinggian sungai Bengawan Solo, kawasan ini disebut Bengawan Jero (Hasan,2015).

Hasan (2015) menyatakan Bengawan Jero merupakan daerah hamparan wilayah yang berada pada 6 kecamatan yaitu Kalitengah, Karangbinangun, Glagah, kecamatan Turi dan Karanggeneng yang lokasinya berada di sebelah utara jalan raya Gresik – Babat.

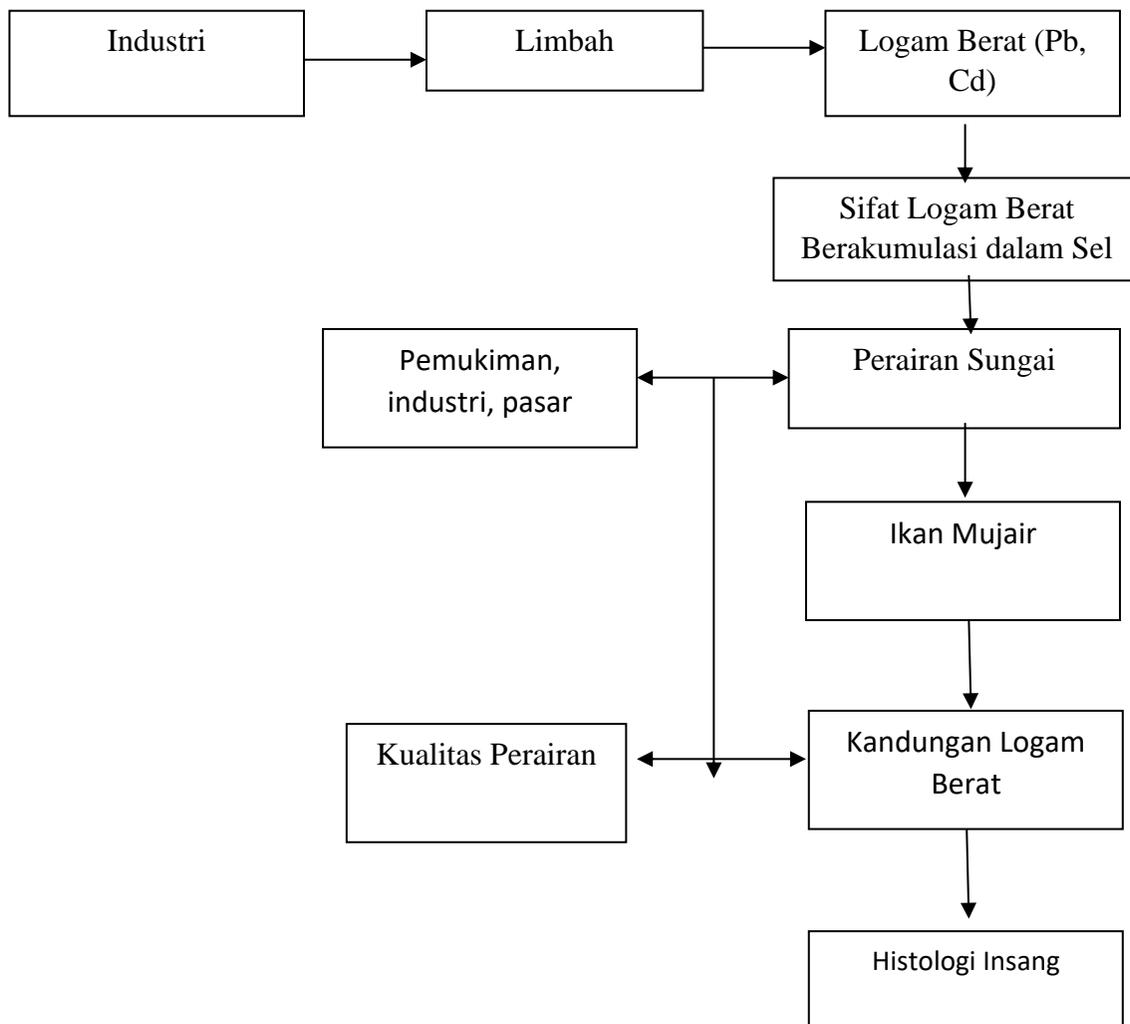
Masyarakat sekitar Bengawanjero termasuk masyarakat Bojoasri memanfaatkan sungai Bengawan jero sejak dulu. Pemanfaatan sungai Bengawan jero di desa Bojoasri memiliki fungsi strategis dalam memenuhi kebutuhan masyarakat seperti perikanan, pertanian, perikanan tangkap dan keperluan rumah tangga seperti mandi dan mencuci.

Banyaknya kegiatan Masyarakat sekitar Sungai Bengawan Jero baik dalam halpemukiman, maupun pertanian mengakibatkan meningkatnya pembuangan limbah dari aktivitas warga yang pada akhirnya bermuara ke perairan sungai Bengawan Jero. Hal ini bisa berakibat turunnya kualitas dan tercemarnya air sungai Bengawanjero.

Saleh (2017) dalam penelitiannya mengatakan banyaknya limbah rumah tangga serta limbah pertanian dan perikanan di perairan sungai Bengawan Jero menyebabkan tingginya kandungan unsur hara nitrat dan fosfor. Menurut Alloway,(1995) pupuk fosfat mengandung timbal 7- 225 mg/kg, pupuk nitrat mengandung timbal 2 – 27 mg/kg, pupuk kandang mengandung timbal 1,1 – 27 mg/kg, pupuk kapur mengandung timbal 20 – 1250 mg/kg, dan pupuk kompos mengandung timbale sekitar 1,3 – 2240 mg/kg.

2.5 Kerangka Konseptual

Berdasarkan latar belakang dan kajian pustaka, dapat disusun kerangka konsep dari peneliti dalam bentuk bagan sebagai berikut



Pemanfaatan sungai Bengawan jero di desa Bojoasri memiliki fungsi strategis dalam memenuhi kebutuhan masyarakat seperti perikanan, pertanian, perikanan tangkap dan keperluan rumah tangga seperti mandi dan mencuci. Banyaknya kegiatan Masyarakat sekitar Sungai Bengawan Jero baik dalam hal pemukiman, maupun pertanian mengakibatkan meningkatnya pembuangan limbah dari aktivitas warga yang pada akhirnya bermuara ke perairan sungai Bengawan Jero. Semakin meningkatnya pencemaran dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat dan berdampak pada kehidupan organisme perairan serta penurunan kualitas perairan

sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya. Salah satu bahan pencemar pada perairan adalah logam berat. Cemaran logam berat yang telah diidentifikasi sebagai bahan berbahaya bagi lingkungan yang signifikan untuk ikan dan manusia adalah Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd).

Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan konsumsi akan berbahaya. Ikan yang terakumulasi logam berat kemudian dikonsumsi oleh manusia, maka logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh. Timbal (Pb) dan cadmium (Cd) dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf, hematologis, gastrointestinal, kardiovaskular dan ginjal (Kragulj et al, 2018).

Masuknya bahan pencemar di perairan juga dapat menurunkan kualitas air dan kerusakan struktur histologi beberapa organ pada ikan. Perubahan keadaan di lingkungan perairan menyebabkan perubahan struktur histologi, terutama pada organ insang. Berdasarkan uraian di atas akan dilakukan uji Pb dan Cd mengenai pengaruh kualitas air sungai Bengawanjero terhadap histologi dan bioakumulasi logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd) pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Desa Bojoasri Kabupaten Lamongan dan dianalisis dengan baku mutu SNI untuk mengetahui apakah sesuai atau tidak sesuai.

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian *Ex post facto*, yaitu penelitian yang dilakukan setelah suatu kejadian itu terjadi dan bertujuan menemukan penyebab yang memungkinkan perubahan fenomena yang disebabkan oleh suatu peristiwa, atau hal-hal yang menyebabkan perubahan pada variabel bebas secara keseluruhan (Widarto, 2013).

1.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – November 2022 di sungai Bengawanjero desa Bojoasri dan di Laboratorium Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

1.3 Alat dan Bahan

1.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Secchi Disk, Tali, Ice Box, pH Meter (Merck), AAS Varian A220, Botol Sampel, Kertas Label, Alat tulis, Water Sampler (Iwaki), Pipet Tetes (Iwaki), Erlenmeyer (Iwaki), Gelas Ukur dan Botol BOD 250 ml. (Iwaki), aluminium foil (Klin pak), blender, botol polypropylene, cawan porselen tertutup, corong plastik, desikator, hot plate (Basco), microwave (Electro lux), mikropipet (Dlab), oven, dan neraca analitik (Shimadzu), mikroskop cahaya, alat section (gunting dan pisau cutter), botol penyimpanan insang (botol film), papan bedah, sarung tangan.

1.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah ikan mujair, air sampel, aquades, MnSO₄, NaOH-KI, H₂SO₄, Amilum, NaSO₄, HNO₃ pekat, larutan standard Pb dan larutan

standard Cd, pewarnaan Hematoxylin–Eosin, kertas tissue, kertas label, dan aluminium foil.

1.4 Metode Pengambilan Sampel

1.4.1 Penentuan Stasiun Pengamatan

Penentuan stasiun atau tempat pengambilan sampel ditentukan atas dasar jenis aktivitas yang ada di sekitarnya. Penelitian menggunakan tiga ulangan pagi, siang, malam dan pengambilan sampel terdiri atas 3 stasiun. Tiap stasiun terdiri 8 titik pengambilan sampel yang diambil dari masing-masing pos nelayan penangkapan ikan. dan setiap stasiun dilakukan tiga kali ulangan. Stasiun pertama di Dusun Wates terdapat pemukiman warga dan industry pembuatan tas, stasiun ke dua di Dusun Pandantoyo merupakan bagian tengah sungai dan dekat dengan pasar Kiringan, stasiun ke tiga di kali Dukun dan dekat dengan kawasan tambak. Penentuan koordinat geografis setiap stasiun pengambilan sampel menggunakan Global Positioning System (GPS). Koordinat yang ditentukan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan sampel untuk memperoleh data yang diinginkan (Hadi,2007).

Tabel 1 : Lokasi Titik Sampling

Titik Sampling	Keterangan	Titik Kordinat
Stasiun 1	Dusun wates, terdapat pemukiman warga dan industry	(-7.0474339, 112.4055805)
Stasiun 2	Dusun Pandantoyo dekat dengan pasar	(-7.0455932, 112.4139085)
Stasiun 3	Dekat dengan kawasan tambak	(-7.0290478, 112.4024132)

1.4.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan air sampel ini dilakukan sebanyak 8 titik pada 1 stasiun yaitu diambil sesuai pos para nelayan. Pengambilan sampel ini dilakukan pada permukaan dan mendekati dasar perairan sungai. Pengambilan sampel ini dilakukan 3 kali

pengulangan. Sampel air dimasukkan kedalam *ice box* kemudian sampel dibawa ke laboratorium untuk dianalisis (Faishal,2009).

Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang berada di setiap stasiun ditangkap dengan menggunakan pancingan/joran dan menggunakan jaring. Sampel dari 8 titik tiap stasiun. Tiap titik diambil 3 ekor ikan dan dimasukkan ke dalam wadah plastik dan kemudian diberi label. Jumlah keseluruhan sampel sebanyak 24 ekor. Sampel biota kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis (Faishal, 2009).

1.5 Prosedur Penelitian

1.5.1 Pengukuran Timbal (Pb) Pada Air Sungai

Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada air dilakukan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala (SNI 6989.8:2009). Air sampel sungai Bengawanjero dimasukkan ke dalam alat AAS-Varian AA240 yang kemudian dianalisa secara otomatis oleh alat tersebut dan hasilnya di tampilkan secara otomatis ke dalam komputer, kemudian diperoleh hasil dari pengukuran logam berat tersebut (Faishal, 2009).

1.5.2 Pengukuran Cadmiun (Cd) Pada Air Sungai

Analisis Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada air dilakukan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala (SNI 6989.8:2009). Air sampel sungai Bengawanjero dimasukkan ke dalam alat AAS-Varian AA240 yang kemudian dianalisa secara otomatis oleh alat tersebut dan hasilnya di tampilkan secara otomatis ke dalam komputer, kemudian diperoleh hasil dari pengukuran logam berat tersebut (Sarastri, 2017).

1.5.3 Pengukuran Timbal (Pb) Pada Daging Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Analisis kandungan logam berat Pb pada ikan dilakukan berdasarkan metode SNI 2354.5-2011. Sampel terlebih dahulu di destruksi untuk mendapatkan

ekstrasinya yang kemudian di analisa di SSA-Varian AA240, cara destruksi ikan berdasarkan SNI 2354.5-2011 adalah sebagai berikut :

Dihaluskan sampel dengan blender hingga homogen dan menempatkan contoh dalam wadah polystyrene yang bersih dan tertutup. Kemudian ditimbang Contoh basah sebanyak 2 gram. Untuk Kontrol Positif ditambahkan masing – masing 0,2 ml larutan Standar Pb ke dalam contoh kemudian di campur menggunakan mesin vortex. Kemudian ditambahkan secara berurutan 5 ml – 10 ml HNO₃ 65 % dan 2 ml H₂O₂. Lalu dilakukan destruksi dengan mengatur program microwave. Dipindahkan hasil destruksi tersebut ke erlenmeyer 50 ml dan ditambahkan larutan *matrik modifier*, tepatkan sampai tanda batas dengan air deionisasi. Kemudian hasil destruksi tersebut diukur menggunakan alat AAS-Varian AA240 untuk dapat diukur kandungan logam berat pada sampel tersebut (Faishal, 2009).

1.5.4 Pengukuran Cadmium (Cd) Pada Daging Ikan Mujair

Analisis kadar kadmium pada ikan mujair sampel terlebih dahulu di destruksi untuk mendapatkan ekstrasinya yang kemudian di analisa di SSA-Varian AA240, cara destruksi ikan berdasarkan SNI 2354.5-2011 adalah sebagai berikut:

Dihaluskan sampel dengan blender hingga homogen dan tempatkan contoh dalam wadah polystyrene yang bersih dan tertutup. Kemudian ditimbang Contoh basah sebanyak 2 gram. Untuk Kontrol Positif ditambahkan masing – masing 0,2 ml larutan Standar Cd ke dalam contoh kemudian di campur menggunakan mesin vortex. Kemudian ditambahkan secara berurutan 5 ml – 10 ml HNO₃ 65 % dan 2 ml H₂O₂. Lalu dilakukan destruksi dengan mengatur program *microwave*. Dipindahkan hasil destruksi tersebut ke erlenmeyer 50 ml dan ditambahkan larutan *matrik modifier*, tepatkan sampai tanda batas dengan air deionisasi. Kemudian hasil destruksi tersebut diukur menggunakan alat AAS-Varian AA240 untuk dapat diukur kandungan logam berat pada sampel tersebut.

1.6 Pembuatan Preparat Histologi Insang Ikan Mujair

Metode yang dipakai adalah metode parafin, dengan tebal irisan 5 μm dan pewarnaan Hematoxylin–Eosin.

1.6.1 Pengambilan Organ Insang

Pengambilan organ pada insang dilakukan dengan cara membuka operculum dan lamella insang.

1.6.2 Pembuatan Preparat Histologi

Prosedur pembuatan preparat histologi adalah Ikan dibedah dan diambil bagian insang dilanjut tahap Parafinasi/Embedding dengan cara jaringan insang diiris dengan ukuran 0,5 x 0,5 cm^2 kemudian direndam dalam larutan fiksasi yaitu formalin 10 % selama 24 jam sampai tak terbatas lalu direndam dalam alkohol 70 %, 80 %, 90 %, 95 %, alkohol absolute I, II, xylo I, xylo II, masing –masing selama 2 jam, kemudian direndam dengan menggunakan paraffin I, paraffin II selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan embedding atau pemblokkan dengan cara memasukkan jaringan dalam cetakan berisi paraffin cair menggunakan embedding machine “LEICA EG 1120”. Didinginkan hingga mengeras dengan menggunakan embedding machine “LEICA 1150 C” selanjutnya disimpan dalam suhu kamar selama minimal 24 jam.

Tahap Deparaffinasi dengan cara blok paraffin yang berisi jaringan dipotong dengan menggunakan mikrotom dengan ketebalan 5 mikron. Kemudian jaringan yang terpotong diletakkan di air hangat dalam *Tissue Float Bath* untuk mencegah hasil pemotongan melengkung selanjutnya diletakkan di atas objek glass dan dikeringkan sampai jaringan menempel sempurna pada permukaan objek glass. Kemudian dicelupkan secara berturut – turut pada larutan xylol 1, 2; alkohol absolute 1,2; alkohol 95 % selama 1 sampai 3 menit. Selanjutnya dicelupkan dalam aquadest selama 5 menit.

Tahap Pewarnaan Dichelupkan dalam larutan pewarna 1 haemotoksilin kemudian dibilas dengan air mengalir selama 5 sampai 30 menit dan dilanjutkan pada proses pewarnaan II dengan eosin selama 5 sampai 30 menit lalu dibilas dengan aquades.

Tahap Dehidrasi yaitu dengan cara dicelupkan secara berturut – turut pada larutan alkohol 70 %, 80 % selama 30 menit; alkohol 90%, 95 % selama 1 menit dilanjutkan alkohol absolute 1,2 selama 1 menit.

Tahap Clearing dengan cara dicelupkan dalam sylol 1, xylol 2 selama 2 menit. Dilanjutkan tahap mounting dengan cara preparat dilem dengan menggunakan albumin mayer, kemudian ditutup dengan cover glass jangan sampai terjadi gelembung, kemudian dibiarkan dalam suhu ruangan sampai lem mengering kemudian diamati di bawah mikroskop dan dianalisa.

1.7 Pengamatan Preparat Histologi

Ikan mujair yang digunakan dalam pengamatan histologi diambil 5 ekor dari setiap stasiun. Setiap insang ikan akan dibuat preparate histologi dan diamati kerusakan insang menggunakan mikroskop. Setiap preparat insang akan diamati lima bidang pandang kemudian dihitung frekwensi kerusakan jaringan. Skor yang digunakan adalah 0-3 (Widayati, 2010).

Skor yang digunakan adalah sebagai berikut:

Skor 0 Tidak ada patologi (normal)

Skor 1 Terjadi patologi kurang dari 30 % dari luasan pandang (ringan)

Skor 2 Terjadi patologi kurang dari 30 % - 70 % dari luasan pandang (sedang)

Skor 3 Terjadi patologi lebih dari dari 70 % dari luasan pandang (berat)

frekuensi patologi insang ikan dengan membagi jumlah insang yang menunjukkan gejala patologis dengan jumlah insang yang diamati dan dikalikan 100 % (Widayati, 2010).

1.8 Analisis Data

1. Hasil data logam berat (Pb dan Cd) air sungai dan daging ikan mujair dianalisis secara deskriptif, data dibandingkan dengan baku mutu air sesuai PP. No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
2. Hasil data logam berat (Pb dan Cd) air sungai dan daging ikan mujair dianalisis secara deskriptif, Standar Nasional Indonesia Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan (SNI. 7387:2009).
3. Untuk melihat hubungan kadar logam berat pada air sungai dengan daging ikan mujair akan dilakukan analisis korelasi tunggal.
4. Data histologi insang ikan mujair akan dianalisis secara deskriptif semiquantitatif scoring menggunakan *soft ware raster*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian akan disajikan sebagai berikut.

4.1 Kandungan Logam berat Pb dan Cd pada Sungai Bengawan Jero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan

Pengambilan sampel air dilakukan pada 3 stasiun disepanjang sungai Bengawan Jero. Setiap stasiun ada 8 titik pengambilan air sampel. Air sample diambil menggunakan alat *water sampler* dan air yang didapatkan dimasukkan ke dalam botol yang sebelumnya telah dibersihkan untuk menghindari kontaminan.

Sampel air dianalisis menggunakan metode *atomic absorption Spectrophotometer (ASS)* untuk mengetahui kadar logam berat. Hasil pengukuran logam berat pada sampel air ditabulasi dan dihitung rerata (Tabel 4.1)

Tabel 4.1 Kadar Logam Berat Pb Air Sungai Bengawan Jero

Logam Berat	Stasiun	Hasil Pengujian ASS (mg/L)	Baku Mutu Kelas II (mg/L)
Timbal (Pb)	1	0.0094	0.03
	2	0.0086	0.03
	3	0.0083	0.03

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat bahwa pada stasiun 1 yaitu berada pada Dusun wates ditemukan kadar logam berat Pb lebih tinggi jika dibandingkan kadar Pb pada stasiun 2 dan 3 yakni sebesar 0.0094 mg/L. Pada stasiun 1 letaknya berdekatan dengan pemukiman warga dimana warga setempat melakukan aktivitas sehari-hari seperti mencuci, membuang sampah dan melakukan aktivitas MCK disepanjang sungai. Connel dan Miller (1995) bahwa cairan limbah rumah tangga dan aliran air perkotaan juga merupakan salah satu faktor yang cukup besar dalam menyumbangkan logam Pb ke dalam perairan.

Tidak hanya itu, pada Dusun Wates juga terdapat industri pabrik pembuatan tas yang mana pembuangan limbah bermuara ke sungai Bengawan Jero. Konsentrasi logam berat dapat dipengaruhi oleh masuknya buangan yang mengandung logam

berat seperti limbah industri, limbah domestik dan limbah pertanian (Darmono, 1995). Tingginya kadar logam berat Pb pada stasiun 1 dapat disebabkan oleh lokasi stasiun yang berdekatan dengan sumber cemaran. Menurut PP No.22 Tahun 2021 bahwa kandungan Pb di semua stasiun pengambilan sampel air tidak melebihi nilai standar baku yaitu 0,03 mg/L (Tabel 4.1). Meskipun logam berat Pb terdeteksi dalam jumlah yang kecil namun hal ini merupakan suatu indikasi pencemaran karena timbal masuk kedalam golongan logam berat berbahaya dan beracun. Buyang (2013) menyatakan rendahnya kadar Pb diperairan dimungkinkan karena sebagian logam sudah terendapkan didasar sungai dan sebagian lain sudah diserap oleh organisme yang ada di sungai.

Tabel 4.2 Kadar Logam Berat Cd Air Sungai Bengawan Jero

Logam Berat	Stasiun	Hasil Pengujian ASS (mg/L)	Baku Mutu Kelas II (mg/L)
Cadmium (Cd)	1	0.0077	0.01
	2	0.0078	0.01
	3	0.0048	0.01

Pada perairan sungai Bengawan Jero juga terdeteksi logam berat lainnya yakni Cadmium (Cd). Berdasarkan gambar 4.2 dapat dikemukakan bahwa kadar logam berat cadmium (Cd) pada stasiun 1 dan stasiun 2 tidak berbeda jauh, hal ini dikarenakan pada stasiun 1 terdapat aktivitas industri dan pada stasiun 2 yang berada di dusun Pandantoyo dekat dengan pasar dan lahan pertanian. Logam berat Cd juga dapat berasal dari pupuk phospat dan endapan sampah (Darmono, 1995). Pada stasiun 3 kadar Cd jauh lebih rendah apabila dibandingkan dengan stasiun 1 dan 2. Hal ini dapat disebabkan karena stasiun 3 jaraknya paling jauh dari sumber cemaran. Kadar Cd pada air sungai Bengawan jero belum melampaui ambang batas yang telah diizinkan menurut PP No.22 Tahun 2021 yakni sebesar 0.01 mg/L (Tabel 4.2).

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dikemukakan bahwa kandungan logam berat Pb dan Cd air sungai Bengawan Jero tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan menurut PP No.22 Tahun 2021. Rendahnya kadar logam berat Pb

dan Cd didalam air sungai Bengawan Jero dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Buyang (2013) menyatakan bahwa logam berat yang masuk kedalam sistem perairan , baik di sungai ataupun di laut maka akan dipindahkan dengan tiga proses yaitu ; pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan. Meskipun logam berat Pb dan Cd yang terdeteksi relatif kecil namun tetap harus dilakukan upaya penanggulangan pencemaran agar tidak terjadinya kenaikan intensitas kadar logam timbal di lokasi tersebut.

4.2 Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Pada daging ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*).

Ikan mujair ditangkap dari masing-masing stasiun yang telah ditentukan. Ikan mujair diperoleh dengan alat pancing /jorang yang selanjutnya akan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kadar Pb dan Cd pada daging ikan. Metode analisis menggunakan *atomic absorption Spectrophotometer (ASS)*. Pengambilan sampel ikan dilakukan pada 3 stasiun yang berbeda, dengan setiap stasiun memiliki 8 titik pengambilan. Hasil pengukuran logam berat pada daging ikan mujair akan ditabulasi dan dihitung rerata (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Kadar Logam Berat Pb Daging Ikan Mujair

Logam Berat	Stasiun	Hasil Pengujian ASS (mg/kg)	Baku Mutu (mg/kg)
Timbal (Pb)	1	0.0976	0.3
	2	0.0944	0.3
	3	0.0939	0.3

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dikemukakan bahwa Kadar Pb paling tinggi ditemukan pada daging ikan mujair yang ditangkap di stasiun 1 yakni sebesar 0.0976 mg/kg, dan yang paling rendah ditemukan pada daging ikan mujair yang ditangkap pada stasiun 3 yakni sebesar 0.0939 mg/kg. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa daging ikan mujair yang ditangkap pada semua stasiun terdeteksi logam berat timbal (Pb) meskipun kadarnya tidak melampaui kadar ambang batas yang telah ditetapkan

menurut SNI 7387.2009 yakni sebesar 0.3 mg/kg. Timbal (Pb) yang masuk ke dalam ekosistem dapat menjadi sumber pencemar dan dapat mempengaruhi biota perairan seperti mematikan ikan terutama pada fase juvenil karena toksisitasnya tinggi (Darmono., 2006).

Logam berat Cd juga terdeteksi dalam daging ikan mujair yang ditangkap dari semua stasiun. Data hasil analisis logam berat Cd pada daging ikan dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Kadar Logam Berat Cd Daging Ikan Mujair

Logam Berat	Stasiun	Hasil Pengujian ASS (mg/L)	Baku Mutu
Cadmium (Cd)	1	0.0976	0.1
	2	0.0952	0.1
	3	0.0938	0.1

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dikemukakan bahwa kadar logam berat Cd tertinggi ditemukan pada daging ikan yang ditangkap pada stasiun 1 yakni sebesar 0.0976 mg/kg, sedangkan kadar Cd terendah ditemukan pada daging ikan yang ditangkap pada stasiun 3 yakni sebesar 0.0938 mg/Kg. meskipun demikian hasil tersebut lebih rendah dari batas ambang yang telah ditetapkan menurut SNI 7387.2009 yakni sebesar 0.1 mg/kg (Tabel 4.2).

Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh ikan jika terpajan secara terus menerus. Kontak langsung antara ikan dengan medium akan mengakibatkan pemindahan zat kimia dari lingkungan air kedalam tubuh ikan melalui berbagai mekanisme. Dua cara utama logam berat masuk ke dalam tubuh organisme perairan adalah dengan konsumsi langsung air dan makanan, melalui saluran pencernaan dan rute non-diet melintasi membran permeable seperti otot dan insang (Ribeiro *et al*,2005). Oleh karena itu kadar logam berat pada ikan biasanya mencerminkan kadar yang ditemukan pada sedimen dan air dari lingkungan perairan dimana ikan tersebut hidup (Nhiwatiwa *et al*, 2011).

Logam berat dari insang akan masuk ke pembuluh darah dan didistribusikan oleh darah keseluruh sel sehingga dapat terakumulasi pada sel-sel. Sirkulasi darah menyebabkan logam berat terakumulasi di dalam dinding pembuluh darah dan jaringan ikat yang terdapat disekitar otot ikan.

4.3 Hubungan Cemaran Logam berat (Pb dan Cd) Air Sungai dan Kadar Logam berat (Pb dan Cd) pada Daging Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*).

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa air sungai Bengawan Rejo terdeteksi mengandung logam berat Pb dan Cd namun kadarnya relatif rendah dan belum melampaui ambang batas yang telah ditetapkan, hasil ini berbanding lurus dengan terdeteksinya logam berat pada daging ikan mujair. Oleh karena itu untuk mengetahui hubungan cemaran logam berat air sungai dan kadar logam berat pada daging ikan mujair perlu dilakukan uji statistik korelasi tunggal menggunakan alat bantu statistik *SPSS* dengan taraf signifikansi 5%.

Berdasarkan uji korelasi tunggal yang dilakukan terhadap logam berat Pb didapatkan $R_{hitung} (0,870) > R_{tabel} (0,514)$ (lampiran 1) yang artinya terdapat hubungan positif antara kadar logam berat Pb air sungai dan kadar logam berat Pb pada daging ikan mujair. Nilai Sig. (2-tailed) menunjukkan $0,000 < 0,05$ yang artinya ada hubungan signifikan kadar logam berat Pb air sungai dan kadar logam berat Pb pada daging ikan mujair.

Pada uji korelasi tunggal Cd, didapatkan $R_{hitung} (0,722) > R_{tabel} (0,514)$ (lampiran 2) yang artinya terdapat hubungan positif kadar logam berat Cd air sungai dan kadar logam berat Cd pada daging ikan mujair. Nilai Sig. (2-tailed) menunjukkan $0,002 < 0,05$ yang artinya ada hubungan signifikan kadar logam berat Cd air sungai dan kadar logam berat Cd pada daging ikan mujair.

Air sungai merupakan habitat ikan, adanya kontak antara medium yang mengandung toksik dengan ikan akan menyebabkan pemindahan zat kimia dari lingkungan air ke dalam atau permukaan tubuh ikan, misalnya logam berat masuk melalui insang. Masuknya logam berat kedalam tubuh organisme perairan dengan

tiga cara yaitu melalui makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit (Sahetapy *et al.*, 2011)

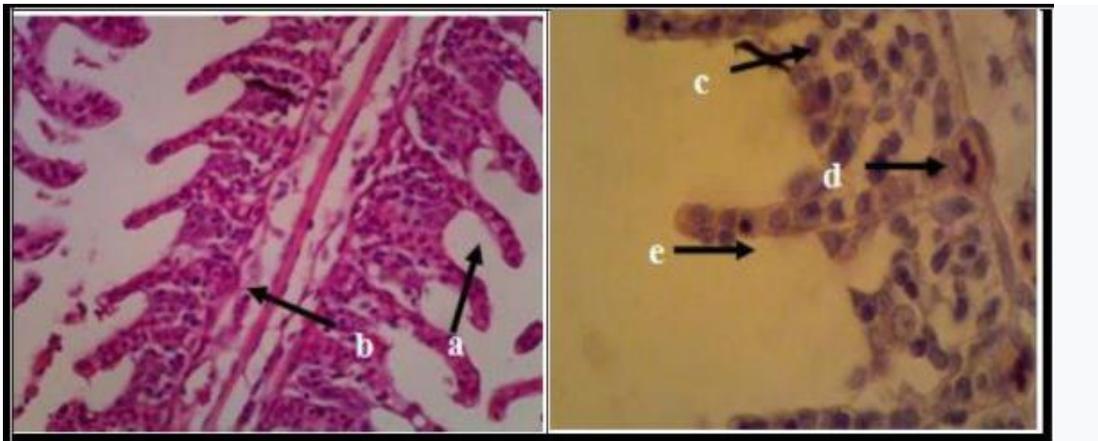
Analisis kadar logam berat pada daging ikan mujair penting untuk dilakukan karena dikonsumsi oleh manusia. Logam berat dapat terakumulasi didalam sel suatu organisme dan bersifat tidak terurai. Logam berat tersebut dapat terdistribusi ke seluruh sel organ tubuh manusia seperti hati, ginjal dan lain-lain. Logam berat sebenarnya sangat berfungsi pada beberapa fungsi fisiologis, akan tetapi jika hadir dalam kadar yang berlebihan akan mengakibatkan toksisitas (Barone *et al.*, 2018; Taylor *et al.*, 2020; Zong *et al.*, 2018).

Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan secara tidak langsung akan berdampak pada masyarakat yang yang mengkonsumsi ikan tersebut dan dapat menimbulkan resiko kesehatan seperti gangguan neurotoksisitas, hipertensi, gangguan pendengaran, gangguan reproduksi, gagal ginjal (Kumar dkk., 2020), sedangkan logam berat Cd dapat meningkatkan resiko kanker (United States Environmental Protection Agency, 2020).

4.4 Gambaran Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang Hidup di Sungai Bengawan Rejo

Logam berat memiliki potensi bioakumulasi dan biomagnifikasi yang berpengaruh terhadap organisme. Bioakumulasi merupakan penumpukan zat pencemar yang terus menerus dalam organ tubuh, sedangkan biomagnifikasi adalah masuknya zat kimia dari lingkungan melalui rantai makanan yang pada akhirnya tingkat konsentrasi zat kimia didalam organisme sangat tinggi. Logam berat memiliki kecenderungan untuk terakumulasi dalam organisme dan sulit untuk terdegradasi (Rosioru dkk., 2016). Akumulasi logam berat dalam jumlah besar akan menyebabkan ekotoksikologi pada organisme perairan (González *et al.*, 2011). Logam berat seperti Pb dan Cd memiliki toksisitas yang tinggi meskipun dalam dosis rendah (Salam dkk., 2019) . Salah satu dampak yang terjadi akibat paparan logam berat adalah rusaknya

organ insang pada ikan. Pada penelitian ini dilihat gambaran histologi insang ikan mujair yang hidup diperairan sungai Bengawan Jero.



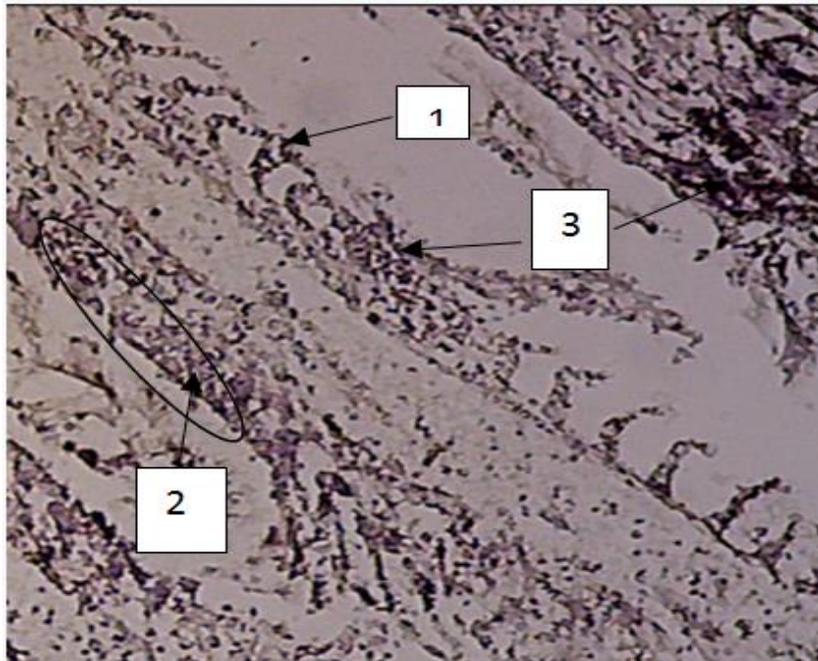
Gambar 4.1 : Gambaran histologis insang ikan mujair normal menunjukkan a. lamela sekunder, b. Lamela primer c. sel interlamelar, d. eritrosit, e. sel pilar (HE 400x) (Sumber : Aliza D dkk., 2020).

Insang merupakan salah satu organ yang paling banyak terkena dampak dari berbagai jenis toksin karena menjadi pintu masuk zat/ racun yang terlarut dalam air (Yilmaz dkk., 2011). Konsentrasi logam berat pada insang mencerminkan kadar logam diperairan tempat hidup ikan, sedangkan kadar logam yang berada di organ usus atau ginjal merupakan bentuk bioakumulasi (M. Rao dkk., 2000).

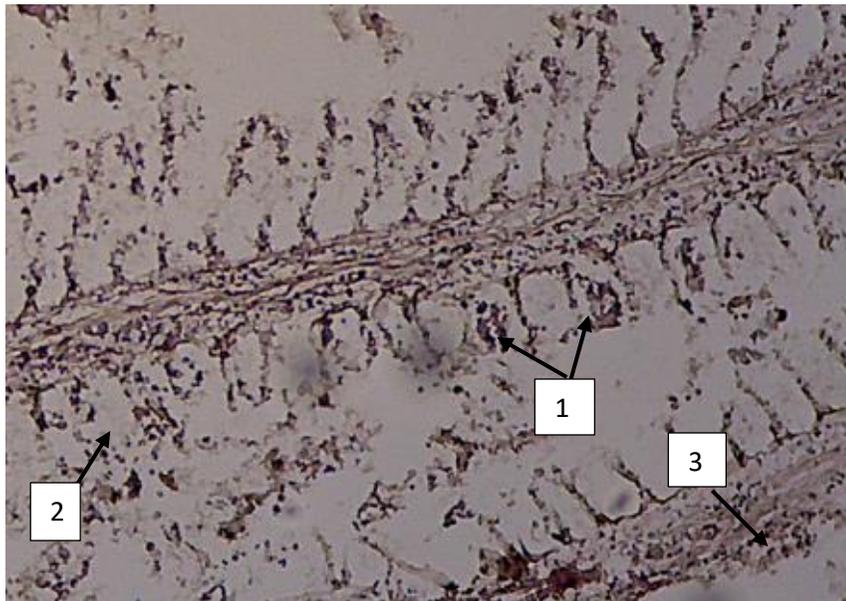
Struktur insang ikan secara garis besar terdapat lamella primer yang terdiri dari jaringan epitel, tulang rawan, dan sistem pembuluh darah. lamella sekunder menonjol di sepanjang Lamela primer, pada lamella sekunder terdapat arteriol darah yang mana memfasilitasi pertukaran oksigen dengan lingkungan air. Lamela diapit oleh lapisan sel epitel yang ditopang oleh membran basal. Pada insang juga terdapat Sel lendir di seluruh insang epitel. Sel-sel lendir biasanya akan berwarna keruh dan abu-abu berwarna setelah pewarnaan hematoxylin dan eosin (J.C. Van Dyk dkk., 2009)

Keadaan histopatologi insang akan dianalisis dengan cara *descriptive semiquantitative scoring* merujuk pada Pantung dkk., (2008). Skoring yang digunakan untuk menentukan tingkat patologi histologi insang adalah berkisar dari 0 – 3 tergantung pada tingkat dan luasan perubahan yang terjadi. Persentase kerusakan tiap luasan bidang pandang dihitung berdasarkan jumlah insang yang rusak dibagi

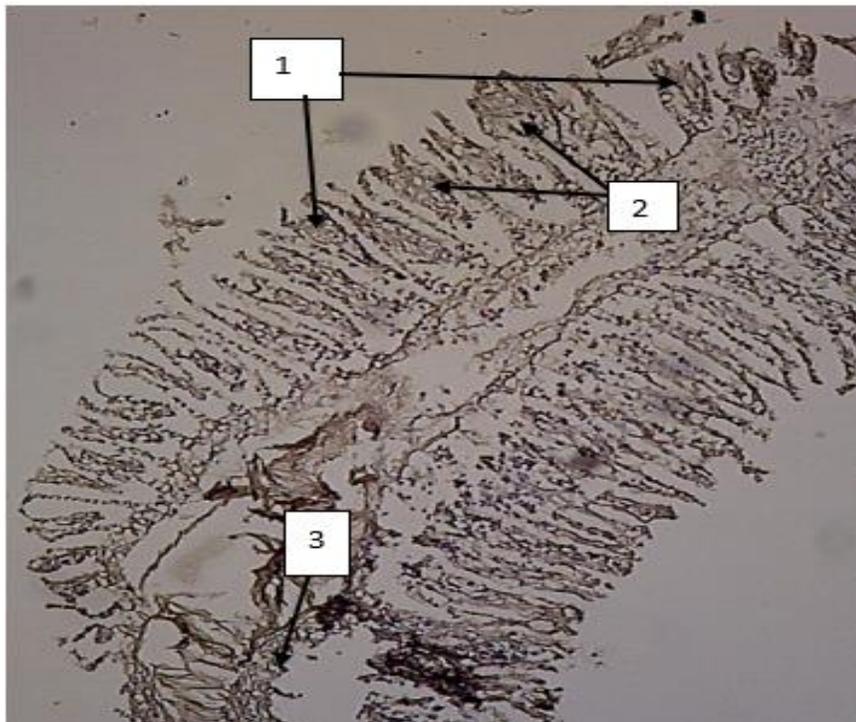
jumlah insang keseluruhan kemudian dikalikan 100% (Widayati dkk., 2010). Berdasarkan data yang diperoleh ditemukan kerusakan histopatologi insang ikan mujair yang meliputi fusi lamella sekunder, edema lamella sekunder dan hiperplasia lamella sekunder. Gambaran histologi kerusakan insang ikan mujair akan disajikan pada gambar berikut.



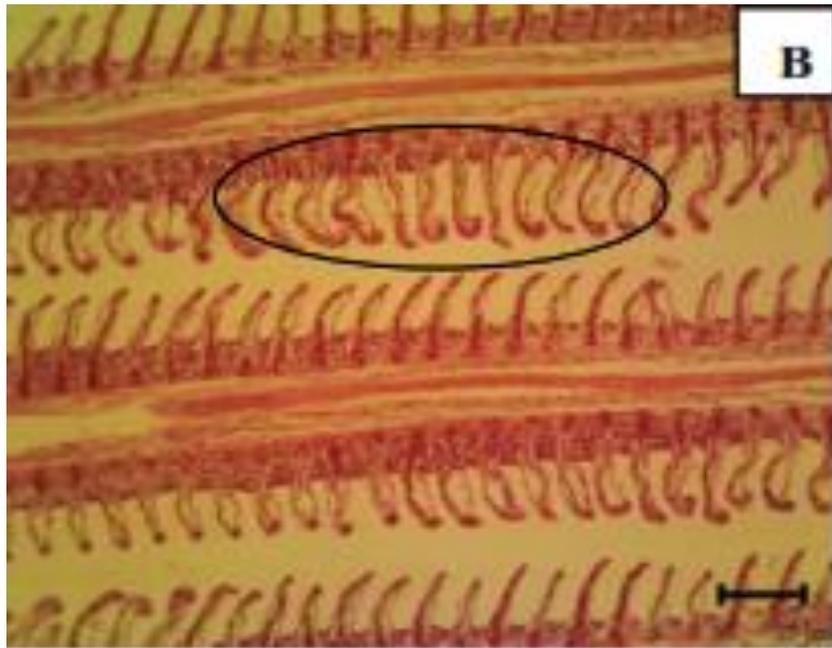
Gambar 4.2. Gambaran histologis kerusakan insang mujair pada stasiun 1 ditemukan edema / pembengkakan jaringan (1), Fusi lamela sekunder (2), dan hiperplasia lamela sekunder (Sumber : Dokumen pribadi)



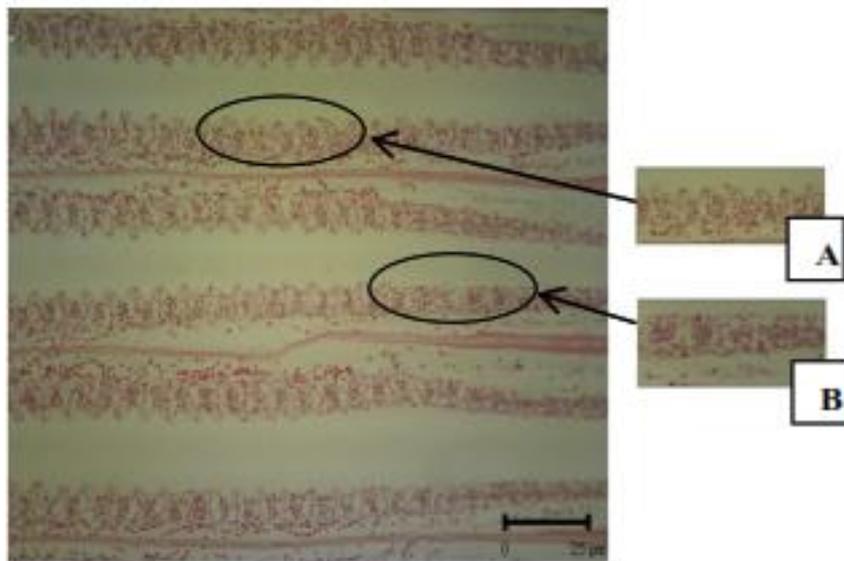
Gambar 4.3. Gambaran histologis kerusakan insang mujair pada stasiun 2 ditemukan edema / pembengkakan jaringan (1), Fusi lamela sekunder (2), dan hiperplasia lamela sekunder (Sumber : Dokumen pribadi)



Gambar 4.4. Gambaran histologis kerusakan insang mujair pada stasiun 2 ditemukan edema / pembengkakan jaringan (1), Fusi lamela sekunder (2), dan hiperplasia lamela sekunder (Sumber : Dokumen pribadi)



Gambar 4.5. Kerusakan insang berupa Edema Lamela Sekunder akibat terpajan logam berat (Sumber : Lestari dkk., 2018).



Gambar 4.6: Kerusakan insang berupa Hiperplasia Lamela Sekunder (A), Fusi Lamela Sekunder (B) akibat terpajan logam berat (Sumber : Lestari dkk., 2018).

Tabel 4.5 : Keadaan Histologi Kerusakan Insang Ikan Mujair.

Jenis patologi	Skor	Stasiun %		
		1	2	3
Edema Lamela	0	78.8	86.2	92.2
Sekunder	1	14.8	13.8	7.8
	2	6.4	0	0
	3	0	0	0
Hiperplasia	0	81.8	90	93
Lamela Sekunder	1	11.2	10	7
	2	7	0	0
	3	0	0	0
Fusi Lamela	0	79.4	86.2	97
Sekunder	1	14.6	13.8	3
	2	6	0	0
	3	0	0	0

Keterangan :

Score 0 Tidak ada patologi sama sekali

Score 1 Terjadi patologi kurang dari 30% dari luasan pandang (ringan)

Score 2 Terjadi patologi 30% - 70 % dari luasan pandang (sedang)

Score 3 Terjadi patologi lebih dari 70% dari luasan pandang (berat)

Kerusakan insang ikan mujair ditemukan pada semua stasiun. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lestari dkk, 2018 yang mana menemukan edema lamella sekunder, hiperplasia lamella sekunder dan fusi lamella sekunder. Perubahan histologi insang pada ikan yang hidup di stasiun I, ditemukan edema lamella sekunder mulai dari skor 0 (normal) sampai skor 2 (sedang) dengan frekuensi sebesar 6,4 %, sedangkan pada stasiun II dan III ditemukan edema lamella mulai skor 0 (normal) sampai 1 (ringan) dengan frekuensi tertinggi yakni sebesar 13,8%.

Edema pada lamela merupakan gejala awal akibat paparan zat seperti logam berat (Pribadi dkk., 2017). Edema merupakan pembengkakan sel yang terjadi karena akumulasi cairan yang berlebihan di jaringan dan dapat menyebabkan pemisahan lapisan epitel dari sistem sel mast yang mendasarinya. Hal ini dapat menyebabkan

rusaknya struktur lamela sekunder insang (pengangkatan epitel). Perubahan ini ditandai dengan pelepasan sel epitel lamella sekunder yang diakibatkan oleh keluarnya cairan serosa ke dalam ruang jaringan insang (J.C. Van Dyk dkk., 2009).

Edema merupakan salah satu bentuk adaptasi fisiologis ketika mengalami gangguan dari lingkungan. Pada tahap terminal, sel epitel lamella akan terpisah sepenuhnya dari lamella primer dan sekunder dan diikuti dengan nekrosis sel epitel yang menyebabkan gangguan regulasi pernapasan dan osmotik bahkan kematian (S.E. Abalaka dkk., 2015). Pb dan Cd memasuki insang bersama dengan ion logam lainnya membentuk ion yang larut dalam lemak, yang akan menembus membran sel insang dan mengakibatkan akumulasi ion logam di insang. hilangnya regulasi cairan dalam sel akan menghambat laju pertukaran ion natrium, yang dapat meningkatkan konsentrasi natrium dan pengendapan air dalam sel.

Edema terjadi karena adanya peningkatan tekanan hidrostatik intravaskular yang menyebabkan cairan plasma darah bocor keluar dan mengalir ke ruang interstisial. Hal Ini berkaitan dengan berbagai kondisi patologis yang terkait dengan perubahan permeabilitas vaskular (S.Y. Mohammed dkk., 2016)

Frekuensi hiperplasia sekunder juga ditemukan pada seluruh stasiun. Pada stasiun I ditemukan hiperplasia lamella sekunder mulai dari skor 0 (ringan) sampai skor 2 (ringan) dengan frekwensi sebesar 8,1 %, sedangkan pada stasiun II dan III ditemukan hiperplasia lamella sekunder sampai skor 1 (ringan) dengan frekuensi tertinggi sebesar 14,3% pada stasiun II.

Hiperplasia adalah pembentukan jaringan secara berlebihan karena peningkatan jumlah sel. Hiperplasia menyebabkan lamellae sekunder akan tertutupi karena bertambahnya jumlah sel sehingga menyebabkan terganggunya proses pertukaran oksigen pada insang (R.J. Robert., 2001). Logam berat yang masuk ke dalam tubuh ikan melalui insang akan berikatan dengan eritrosit dan beredar dalam plasma darah ke seluruh organ dalam tubuh ikan termasuk insang yang akan mengakibatkan jumlah oksigen yang diikat oleh sel darah merah pada insang

berkurang. Kemudian insang beradaptasi dengan aktif bergerak untuk menambah jumlah oksigen dalam darah yang berperan dalam proses metabolisme dalam tubuh ikan.

Hiperplasia merupakan kerusakan pada insang yang disebabkan oleh paparan logam berat dalam jangka waktu yang cukup lama. hiperplasia pada epitel pipih dapat meningkatkan ketebalan epitel filamen yang dapat mencegah atau menghambat akses logam beracun ke dalam sirkulasi darah. Dengan demikian hiperplasia dapat memicu sebagian atau fusi seluruhnya dari lamellae sekunder, yang bisa mengakibatkan gangguan besar regulasi ionik dan pertukaran gas yang berdampak pada kesehatan ikan (Mustafa dkk., 2020). lamelar pada insang mengalami vasodilatasi yang disebabkan oleh meningkatnya permeabilitas membrane yang diakibatkan paparan logam yang berkepanjangan, sehingga dapat menyebabkan degenerasi dan nekrosis. Perubahan ini dianggap sebagai respon pertahanan umum untuk meningkatkan ruang dimana racun yang ditularkan melalui air harus berdifusi untuk mencapai pembuluh darah

Parameter terakhir yang diamati adalah Fusi lamella sekunder. Pada stasiun I ditemukan skor 0 (normal) sampai dengan skor 2 (ringan) dengan frekuensi sebesar 9.1%, sedangkan pada stasiun II dan III ditemukan skor sampai dengan 1 (ringan) dengan frekuensi tertinggi sebesar 12,7 % pada stasiun II. Fusi lamella terjadi karena peningkatan hiperplasia yang terjadi secara berkelanjutan sehingga menyebabkan infiltrasi baru sel ke dalam ruang lamellae sekunder yang kemudian memicu adhesi di kedua sisi lamella (R.J. Robert, 2001).

Fusi lamella merupakan bentuk dari kerusakan yang berkelanjutan dari hiperplasia. logam berat dapat mengakibatkan kerusakan sel-sel insang dan diasumsikan terjadi proliferasi yang berlebihan. Poleksic dkk., 2010 melaporkan paparan kronis terhadap zat beracun menyebabkan proliferasi sel-sel di antara saluran pernapasan. Adhesi pada lamela merupakan akibat dari perubahan muatan elektrik glikoprotein dalam sel insang yang menyebabkan tertariknya lamella

tetangga, sehingga terjadi hiperplasia dan hipertrofi. Adhesi dari lamella insang di area yang luas adalah tanda status kesehatan yang buruk pada ikan (O.J. Osarogie *et al.*, 2001)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 5.1.1 Kadar logam berat Pb perairan sungai Bengawan Rejo tertinggi ditemukan pada lokasi pengambilan sampel air pada stasiun 1 sebesar 0.0094 mg/L. Kadar Pb tersebut belum melebihi nilai standar baku yaitu 0,03 mg/L. Sedangkan kadar logam berat Cd pada stasiun I dan II tidak berbeda jauh. Kadar Cd pada perairan sungai Bengawan Jero juga belum melebihi nilai standar baku yakni 0.01 mg/L sesuai PP. No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- 5.1.2 Kadar Logam berat Pb daging ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang ditangkap dari perairan sungai Bengawan Jero tertinggi ditemukan pada ikan yang ditangkap di stasiun 1 yakni sebesar, 0.0976 mg/Kg. Kadar tersebut belum melampaui batas yang telah ditetapkan yakni sebesar 0.3 mg/Kg menurut SNI 7387.2009. Sedangkan Kadar Logam berat Cd tertinggi ditemukan pada ikan yang ditangkap di stasiun 1 yakni sebesar 0.0976 mg/Kg. Kadar tersebut lebih rendah dari pada kadar yang telah ditetapkan yakni sebesar 0.1 mg/Kg menurut SNI 7387.2009.
- 5.1.3 Berdasarkan uji Anava yang dilakukan didapatkan nilai sig. $0.000 < 0.05$ sehingga dapat dikatakan bahwa ada pengaruh tingkat cemaran logam berat Pb dan Cd air sungai terhadap kadar Pb dan Cd pada daging ikan mujair.
- 5.1.4 Terdapat kerusakan insang ikan mujair yang diamati dengan histologi meliputi, edema lamella sekunder, fusi lamella sekunder dan Hiperplasia lamella sekunder

5.2 Saran

- 5.2.1 Bagi peneliti selanjutnya hendaknya waktu membuat preparate histologi insang pada waktu ingin menempelkan pita irisan pada kaca preparate terlebih

dahulu pita irisan dimasukkan ke water bath sehingga pita irisan mengembang dan tidak mengkerut sehingga gambar yang dihasilkan waktu pengamatan dengan mikroskop jauh lebih jelas.

5.2.2 Peneliti selanjutnya dapat mengkaji lebih lanjut tentang kadar logam berat jenis yang lain yang ada disungai bengawan rejo dan efeknya terhadap tubuh ikan mujair

5.2.3 Peneliti selanjutnya dapat mengkaji kadar logam berat air sungai terhadap kesehatan ikan mujair seperti fertilitas, kelainan perkembangan dan endokrinologi.

5.2.4 Membuat tempat pengolahan limbah tersendiri agar limbah yang dihasilkan lebih ramah lingkungan.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustira, R., Kemala S., dan Jamilah. 2013. kajian Karakteristik Kimia Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. Vol. 1(3)
- Andriani, Hartini. 2017. Toksisitas Limbah Cair Industri Batik Terhadap Morfologi Sisik Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), *Jurnal Sain Health* Vol. 1 (2) Edisi September 2017.
- Azizah dkk, 2018. Kandungan Timbal Pada Air, Sedimen, dan Rumput Laut *Sargassum sp.* Di Perairan Jepara Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas di Ponegoro. Vol 21
- Barone G, Dambrosio A, Storelli A, Garofalo R, Busco VP, Storelli MM. 2018. Estimated Dietary Intake of Trace Metals From Swordfish Consumption: A Human Health Problem. *Toxics*. ; Vol 6 No. 22.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. Batasan Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan, SNI 7387:2009. *Badan Standarisasi Nasional*. Jakarta.
- Bilotta, G.S., R.E. Brazier. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*. 42. 2849-2861.
- Bleam, W., 2017. Soil and Environmental Chemistry (Second Edition). *Academic Press*.
- Boyd, C.E., Wood, C.W., Thunjai T. 2002 Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management. Pond Dynamic/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
- BSN. (2004). SNI 06-6989.16-2004: Cara Uji Kadmium dalam Air dan Air Limbah dengan Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Nyala. Badan Standardisasi Nasional (BSN)
- BSN. (2009). SNI 6989:8:2009. Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala. Jakarta.
- BSN. (2011). SNI 2354.5:2011. Tentang Cara Uji Kimia – Bagian 5 : Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Produk Perikanan. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2012. Produksi Perikanan Tangkap dan Budidaya menurut Provinsi dan Sub-sektor, 2005-2011. Jakarta.
- C.A. Oliveira Ribeiro, Y. Vollaire, A. Sanchez-Chardi, H. Roche. 2005. Bioaccumulation and the effects of organochlorine pesticides PAH and heavy metals in the eel (*Anguilla anguilla*) at the Camargue Nature Reserve, France. *Aqua Toxicol.* 74 53–69.
- Connel dan Miller, 1995, Kimia dan Etoksikologi Pencemaran, diterjemahkan oleh Koestoer, S.,
- Darmono. 2006. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI-press : Jakarta
- L.M. Rao, G. Padmaja. 2000. Bioaccumulation of heavy metals in *M cyprinoids* from the harbor waters of Visakhapatnam, *Bull. Pure. Applied Sci.* (19) 77–85.
- Darmono, 2005. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Dwinna Aliza, Amalia Sutriana, Nazaruddin Nazaruddin, Teuku Armansyah, Muhammad Hanafiah, Denny Irmawati Hasan, Hafizuddin Hafizuddin, Awaluddin Awaluddin, Binti Ulfa. 2020. Histopathological Changes in the Gills of *Oreochromis mossambicus* Exposed to Mercury Chloride (HgCl₂). *Advances in Biological Sciences Research*.
- González-Fernández, D., Garrido-Pérez, M. C., Nebot-Sanz, E., & Sales Márquez, D. 2011. Source and fate of heavy metals in marine sediments from a semi-enclosed deep embayment subjected to severe anthropogenic activities. *Water, Air, & Soil Pollution*, 221(1-4), 191

- Harteman, E. 2011. Dampak Kandungan Logam Berat terhadap Kemunculan Polimorfisme Ikan Badukang (*Arius maculatus* Fis&Bian) dan Sembilang (*Plotosus canius* Web&Bia) di Muara Sungai Kahayan serta Katingan, Kalimantan Tengah. ITB. Bogor.
- J.C. Van Dyk, M.J. Marchand, G.M. Pieterse, I.E.J. Barnhoorn, M.S. Bornman, Histological changes in the gills of *Clarias gariepinus* (Teleostei: Clariidae) from a polluted African urban aquatic system, *AJAS* 34(3) (2009) 283-291.
- Kadem, dkk. 2004. Statistical analysis of vegetation incidence on contamination of soils by heavy metals (Pb, Ni and Zn) in the vicinity of an iron steel industrial plant in Algeria. *Environmetrics*, 15 (5): 447-462.
- Kumar A, Kumar A, Cabral-Pinto, Chaturvedi AK, Shabnam AA, Subrahmanyam G, et al. 2020 Lead Toxicity: Health Hazards, Influence on Food Chain, and Sustainable Remediation Approaches. *IJERPH*. 17(7):2179.
- O.J. Osarogie, E.T. Ogie, O.B. Efosa, Heavy metal toxicity and histopathology of select organs of tilapia fish (*Tilapia zilli*) from Ikpoba River, Benin City, Nigeria, *FUNAI, J. Sci. Technol.* 2(1) (2016) 10-22
- Martin, S., Griswold, W., Environmental Science Brief for Citizens, Center for Hazardous Substance Research Kansas State University, 2009(15): 1-6.
- Mukrie, A.N., 1990, Manajemen Pelayanan Gizi Institusi Dasar, Depkes RI, Jakarta.
- Ozturk, M., Ozozen, G., Minareci, O., dan Minareci, E. 2009. Determination of Heavy Metals in Fish, Water and Sedimen of Avsar Dam Lake in Turkey. *Iran Journal Environ. Health. Sci. Eng* 6 (2).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pencemaran Air. (Online). Diakses dari https://www.minerba.esdm.go.id/library/sjih/PP8201_KualitasAir.pdf pada 12 April 2022
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rieneka Cipta, Jakarta.
- Palar H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit Rieneka Cipta. Jakarta
- Pour, H. R., Mirghaffari, N., Marzban, M., & Marzban, A. (2014). Determination of biochemical oxygen demand (BOD) without nitrification and mineral oxidant bacteria interferences by carbonate turbidimetry. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 90-95.
- Pantung N., K.G. Helander., H.F. Helander and V. Cheevaporn. 2008. Histopathological Alterations Of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus*, *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. *Environment Asia*. 1(2008): 22-27.
- R.J. Robert, Fish pathology, WB Saunders, USA, 2001.
- Rosioru, D. M., Oros, A., & Lazar, L. 2016. Assessment of the heavy metals contamination in bivalve *Mytilus galloprovincialis* using accumulation factors. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17(3), 874-884
- Salam, M. A., Paul, S. C., Noor, S. N. B. M., Siddiqua, S. A., Aka, T. D., Wahab, R., & Aweng, E. R. 2019. Contamination profile of heavy metals in marine fish and shellfish. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(2), 225-236

- Sasongko, Yulianto, Sarastri. 2017. Verifikasi Metode Penentuan Logam Kadmium (Cd) dalam Air Limbah Domestik dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Institut Teknologi Kalimantan. Vol 6 No 2.
- S.E. Abalaka, Heavy metals bioaccumulation and histopathological changes in *Auchenoglanis occidentalis* fish from Tiga dam, Nigeria, *J. Environ. Health Sci. Engineer.* 13 (2015) 67.
- S.A. Mustafa, Histopathology and heavy metal bioaccumulation in some tissues of *Luciobarbus xanthopterus* collected from Tigris River of Baghdad, Iraq, *EJAR* 46 (2020) 123-129.
- S.Y. Mohammed, O.F. Idris, M.K. Sabahelkhier, M.I. Abd El-Halim, Effect of some heavy metal on histological structural of gills and liver of rabbit fish (*Siganus rivulatus*) from two sites along Red Sea Coast, Sudan, *IJAR* 4(3) (2016) 1040-1050.
- T.D.K. Pribadi, D. Syahidah, S.D. Harjanti, D.M. Malini, Alteration of gills and liver histological structure of *Cyprinus carpio* exposed to leachate. *Biosaintifika: J. Biol. & Biol. Educ.* 9(2) (2017) 289-297.
- Taylor AA, Tsuji JS, Garry MR, McArdle ME, Goodfellow WL, Adams WJ, et al. 2020. Critical Review of Exposure and Effects: Implications for Setting Regulatory Health Criteria for Ingested Copper. *Environmental Management.* 65(1):131-159.
- T. Nhiwatiwa, M. Barson, A.P. Harrison, B. Utete, R.G. Cooper. 2011. Metal concentrations in water, sediment and sharp tooth catfish *Clarias gariepinus* from three periurban rivers in the upper Manyame catchment, Zimbabwe, *Afr. J. Aquat. Sci.* 36 243–252
- United States Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System. United States: *Environmental Protection Agency*; 2021.
- V. Poleksic, M. Lenhardt, I. Jaric, D. Djordjevic, Z. Gacic, G. Cvijanovic, B. Raskovic, Liver, gill, and skin histopathology and heavy metal content of the danube starlet (*Acipenser ruthenus* L. 1758), *Environ. Toxicol. Chem.*, Vol. 29 No 3. 2010
- Widayati, E.D. 2008. Studi Histopatologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Pada Konsentrasi Sublethal Air Lumpur Sidoarjo. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. (Skripsi). Tidak dipublikasikan
- Yılmaz, M., Ersan, Y., Koç, E., Özen, H., & Karaman, M. 2011. Toxic Effects of Cadmium Sulphate on Tissue Histopathology and Serum Protein Expression in European chub, *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)
- Zhong W, Zhang Y, Wu Z, Yang R, Chen X, Yang J, et al. 2018. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Freshwater Fish in the Central and Eastern North China. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 157(1):343-349.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Korelasi Tunggal Kadar Logam Berat Pb

		Correlations	
		Kadar PB Air	Kadar PB Ikan
Kadar PB Air	Pearson Correlation	1	.870**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	15	15
Kadar PB Ikan	Pearson Correlation	.870**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	15	15

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 2. Hasil Uji Korelasi Tunggal Kadar Logam Berat Cd

		Correlations	
		Kadar Cd Air	Kadar Cd Ikan
Kadar Cd Air	Pearson Correlation	1	.722**
	Sig. (2-tailed)		.002
	N	15	15
Kadar Cd Ikan	Pearson Correlation	.722**	1
	Sig. (2-tailed)	.002	
	N	15	15

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian





PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VI
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 22 TAHUN 2021
TENTANG
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	

7. Kebutuhan . . .

SK No 097089 A



**PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA**

- 2 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	

27. Kobalt . . .

SK No 065355 A



**PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA**

- 3 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavalen (Cr-(VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49.	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

II. BAKU . . .

SK No 065357 A



**PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA**

- 4 -

II. BAKU MUTU AIR DANAU DAN SEJENISNYA

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	1.000	
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	25	50	100	400	
4.	Transparansi	m	10	4	2,5	-	
5.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	
6.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
7.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
8.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
9.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
10.	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400	
11.	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600	

12. Total . . .



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 5 -

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
12.	Total Nitrogen	mg/L	0,65	0,75	1,90	-	
13.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,01	0,03	0,1	-	
14.	Fluorida (F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
15.	Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
16.	Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
17.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
18.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
19.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
20.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
21.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
22.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
23.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
24.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
25.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
26.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,4	0,4	0,5	1,0	
27.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	

28. Seng . . .

SK No 065359 A



**PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA**

- 6 -

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
28.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2,0	
29.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
30.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
31.	Kromium heksavalen (Cr-(VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
32.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
33.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
34.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
35.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
36.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
37.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
38.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
39.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
40.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
41.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
42.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
43.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
44.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
45.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
46.	Klorofil-a	mg/m ³	10	50	100	200	
47.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
48.	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Keterangan . . .

SK No 065360 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 7 -

Keterangan:

Kelas satu merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas dua merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas tiga merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

JOKO WIDODO

Salinan sesuai dengan aslinya

KEMENTERIAN SEKRETARIAT NEGARA
REPUBLIK INDONESIA

Deputi Bidang Perundang-undangan dan
Administrasi Hukum,



[Signature]
Silvanna Djaman

SK No 097107 A



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI TESIS

Nama : Robiatul Adawiyah
NIM : 19821001
Program Studi : Magister Biology
Semester : Ganjil
Pembimbing : Dr. H. Eko Budi Minarno
Judul Tesis : Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Di Sungai Bengawan Jero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	23/09/21	Konsultasi BAB I	
2.	02/09/21	Konsultasi BAB I, dan III	
3.	20/02/22	Konsultasi BAB I, dan III	
4.	18/04/22	Konsultasi BAB I, II, dan III	
5.	18/06/22	Konsultasi BAB I, II, dan III	
6.	20/08/22	Konsultasi BAB I, II, dan III	
7.	23/08/22	ACC BAB I, II, III	
8.	20/11/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
6.	05/12/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
7.	14/12/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
8.	17/12/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
9.	20/12/22	ACC BAB I, II, III, IV, dan V	

Malang, 28 Desember 2022

Pembimbing Tesis,

Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd
NIP. 19630114199931001



Program Studi Magister Biologi

Dr. H. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si
NIP. 19710919 2000 03 2 001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI TESIS

Nama : Robiatul Adawiyah
NIM : 19821001
Program Studi : Magister Biology
Semester : Ganjil
Pembimbing : Dr. H. Eko Budi Minarno
Judul Testis : Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Di Sungai Bengawan Jero Desa Bojoasri Kecamatan Kalitengah Kabupaten Lamongan.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	23/09/21	Konsultasi BAB I	
2.	02/09/21	Konsultasi BAB I, dan III	
3.	20/02/22	Konsultasi BAB I, dan III	
4.	18/04/22	Konsultasi BAB I, II, dan III	
5.	18/06/22	Konsultasi BAB I, II, dan III	
6.	20/08/22	Konsultasi BAB I, II, dan III	
7.	23/08/22	ACC BAB I, II, III	
8.	20/11/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
6.	05/12/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
7.	14/12/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
8.	17/12/22	Konsultasi BAB IV, dan V	
9.	20/12/22	ACC BAB I, II, III, IV, dan V	

Malang, 28 Desember 2022

Pembimbing Tesis,

Dr. H. Eko Budi Minarno, M.Pd
NIP. 19630114199931001



Program Studi Magister Biologi

Dr. H. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si
NIP. 19740919 2000 03 2 001