

TESIS

**PENGARUH PERBEDAAN KONSENTRASI Pb TERHADAP
AKUMULASI Pb DALAM TUBUH, KERUSAKAN HATI, DAN
INSANG IKAN BANDENG *Chanos chanos***

**Effect of Different Pb Concentrations on Pb Accumulation in
The Body, Liver Damage, and Gills of Milkfish *Chanos chanos***

**RESKI WAHYUNI SUKARDI
L012221005**



**PROGRAM MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Effect of Different Pb Concentrations on Pb Accumulation in
The Body, Liver Damage, and Gills of Milkfish *Chanos Chanos***

**Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Pb terhadap Akumulasi Pb
dalam Tubuh, Kerusakan Hati, dan Insang Ikan Bandeng
*Chanos Chanos***

**RESKI WAHYUNI SUKARDI
L012221005**

THESIS

Submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Magister of
Science (M. Si)



**PROGRAM MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Pb terhadap Akumulasi Pb dalam Tubuh, Kerusakan Hati, dan Insang Ikan Bandeng *Chanos Chanos*

Disusun dan diajukan oleh:

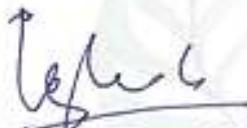
RESKI WAHYUNI SUKARDI
L012221005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Pada tanggal 19 Januari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota


Ir. M. Iqbal Djawad, M.Sc., Ph. D.
NIP. 19670318 198903 1 002


Dr. Ir. Hasni Yulianti Azis, MP
NIP. 19640727 199103 2 001

Dekan,
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,

Ketua Program Studi S2
Ilmu Perikanan,



Prof. Safruddin, S. Pi., M. P., Ph. D.
NIP. 19750611 200312 1 003


Dr. Ir. Badraeni, M. P
NIP. 19651023 199103 2 001

Tanggal Lulus: 19 Januari 2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reski Wahyuni Sukardi
NIM : L012221005
Program Studi : Ilmu Perikanan
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa Tesis berjudul

**“Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Pb terhadap Akumulasi Pb dalam Tubuh,
Kerusakan Hati, dan Insang Ikan Bandeng *Chanos Chanos*”**

adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, 19 Januari 2024

A 10,000 Rupiah Indonesian banknote is shown with a handwritten signature in black ink over it. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'DITANAM DI SURABAYA'.

Reski Wahyuni Sukardi
NIM. L012221005

PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reski Wahyuni Sukardi
NIM : L012221005
Program Studi : Ilmu Perikanan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (author) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan tesis ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikuti.

Makassar, 19 Januari 2024

Mengetahui,
Ketua Program Studi S2 Ilmu Perikanan



Dr. Ir. Badraeni, M. P
NIP. 19651023 199103 2 001

Penulis



Reski Wahyuni Sukardi

ABSTRAK

RESKI WAHYUNI SUKARDI. L012221005. "Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Pb terhadap Akumulasi Pb dalam Tubuh, Kerusakan Hati, dan Insang Ikan Bandeng *Chanos chanos*" dibimbing oleh **M. Iqbal Djawad** sebagai Pembimbing Utama dan **Hasni Yulianti Azis** sebagai Pembimbing Anggota.

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) merupakan salah satu produk akuakultur yang banyak dicari, karena harganya yang ekonomis dan kandungan nutrisinya yang kaya. Sayangnya, metode budidaya konvensional yang digunakan dalam budidaya bandeng sering kali menghasilkan hasil yang kurang optimal. Tambak bandeng tradisional biasanya terletak di dekat daerah pantai, perairan sungai, muara, pelabuhan, dan kawasan industri, sehingga rentan terhadap kontaminasi, terutama dari logam berat seperti timbal (Pb). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akumulasi timbal dalam tubuh juvenile ikan bandeng, mengidentifikasi kerusakan organ (hati dan insang), dan memeriksa laju pertumbuhan serta kelangsungan hidup ikan bandeng akibat paparan timbal dengan berbagai konsentrasi. Penelitian ini dilakukan di Hatchery Mini Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Sulawesi Selatan, Indonesia. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah paparan Pb dengan berbagai konsentrasi yaitu 0, 0.08, 0.8, dan 8 mL/L. Jumlah juvenile ikan bandeng yang digunakan yaitu sebanyak 360 ekor dengan bobot rata-rata $1,65 \pm 0,22$ gram yang dipelihara selama 30 hari. Kandungan logam Pb dalam tubuh ikan diukur menggunakan spektrofotometer atom (AA Spectrofotometer). Selain itu, dilakukan analisis histologis pada hati dan insang ikan untuk mengevaluasi kerusakan organ. Hasil penelitian menunjukkan akumulasi timbal yang signifikan pada ikan bandeng yang terpapar dengan konsentrasi tinggi. Perlakuan kontrol menunjukkan penurunan kandungan logam Pb, sedangkan perlakuan dengan konsentrasi tinggi mengalami peningkatan yang signifikan. Paparan timbal dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan organ, seperti sel-sel inflamasi, fusi lamella sekunder, dan nekrosis yang terjadi pada insang. Pada hati, terjadi kerusakan seperti penumpukan sel radang, nekrosis, dan degenerasi hidrofik. Paparan Pb dengan cepat merusak dan mengganggu fungsi biologis ikan bandeng, mempengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan. Paparan Pb dengan dosis 8 mL/L secara signifikan mempengaruhi juvenil ikan bandeng dalam waktu kurang lebih 60 menit. Penelitian ini meningkatkan pemahaman kita tentang dampak pencemaran timbal pada budidaya ikan bandeng.

Kata kunci: Akumulasi logam, ikan bandeng, kerusakan insang, kerusakan hati, timbal

ABSTRACT

RESKI WAHYUNI SUKARDI. L012221005. “Effect of Different Pb Concentrations on Pb Accumulation in the Body, Liver Damage, and Gills of Milkfish *Chanos chanos*” supervised by **M. Iqbal Djawad** as the Principle supervisor and **Hasni Yulianti Azis** as the co-supervisor.

Milkfish (*Chanos chanos*) stands out as a sought-after aquaculture product, appreciated for its economical cost and rich nutritional content. Regrettably, the conventional farming methods employed in milkfish cultivation often lead to suboptimal yields. Traditional milkfish ponds are typically situated near coastal areas, river waters, estuaries, ports, and industrial zones, rendering them susceptible to contamination, particularly from heavy metals such as lead (Pb). This study aimed to analyze lead (Pb) accumulation in the juvenile body of milkfish (*Chanos chanos*), identify organ damage (liver and gills), and examine the growth rate and survival of milkfish exposed to Pb exposure at various concentrations. This study was conducted at the Mini Hatchery of the Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University, South Sulawesi, Indonesia. This study used a completely randomized design (CRD) with four treatments and three replications. The treatment was Pb exposure with various concentrations of 0, 0.08, 0.8, and 8 mL/L. The number of juvenile milkfish used was 360 fish with an average weight of 1.65 ± 0.22 grams which were reared for 30 days. The metal content of the fish bodies was measured using an atomic (AA) spectrophotometer. Histological analysis of the liver and gills of the fish was performed to evaluate organ damage. The results showed significant Pb accumulation has been observed in milkfish exposed to high Pb concentrations. The control treatments showed a decrease in metal content, whereas treatments with high concentrations showed a significant increase. Long-term exposure to lead can cause organ damage, such as inflammatory cells, secondary lamella fusion, and necrosis, occurs in the gills. In the liver, there is damage such as the accumulation of inflammatory cells, necrosis, and hydrofoc degeneration. Pb exposure rapidly damages and disrupts milkfish's biological functions, influencing survival and growth. Pb exposure wit doses 8 mL/L significantly affected juvenile milkfish within approximately 60 min. This study improves our understanding of the impact of lead pollution on milkfish farming.

Keywords: Metal accumulation, milkfish, gill damage, liver damage. lead

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah ucapan rasa syukur yang terus mengalir dari lisan ini atas nikmat rahmat dan karunia-Nya yang tiada henti diberikan kepada hamba-Nya. Shalawat serta salam tak lupa kita kirimkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Berkat rahmat-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul “ Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Pb terhadap Akumulasi Pb dalam Tubuh, Kerusakan Hati, dan Insang Ikan Bandeng *Chanos chanos*”.

Terlaksananya Kegiatan Penelitian serta penyusunan tesis ini, penulis menyadari banyak hal yang telah dilalui yaitu berbagai tantangan dan kesulitan. Mulai dari awal perencanaan, persiapan, pelaksanaan penelitian, sampai akhir penyusunan tesis ini dan penulis menyadari sepenuhnya tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk tesis ini, penulis sangat membutuhkan dukungan dan sumbangsih pemikiran yang berisi kritik dan saran yang membangun. Selama penulisan tesis ini tentunya penyusun mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis. Oleh karena itu pada kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang saya sangat sayangi, hormati, dan banggakan Ayahanda Drs. Sukardi T, M. Pd. dan ibunda Hj. Rosmini, S. Pd, M. M yang telah memberikan dukungan, kasih sayang dan sebagai penyemangat penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak Ir. M. Iqbal Djawad, M.Sc., Ph. D. selaku dosen pembimbing utama dalam penelitian yang telah memberikan waktu dan pikiran kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini, serta Ibu Dr. Ir. Hasni Yulianti Azis, MP selaku dosen pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu dan pikiran kepada penulis untuk memberikan bimbingan serta arahnya hingga proses akhir penyusunan tesis ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Zainuddin, M.Si., Bapak Ir. Edison Saade, M.Sc., Ph.D., serta Prof. Dr. Ir. Haryati, M.S. selaku penguji yang telah memberikan pengetahuan baru, masukan, saran dan kritik yang sangat membangun.
4. Ibu Dr. Ir. Badraeni, M.P. selaku kepala program studi Magister Ilmu Perikanan yang telah membantu dalam pengurusan administrasi
5. Bapak dan Ibu dosen, serta staf pegawai Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin yang telah berbagi ilmu dan pengalaman, serta membantu Penulis.
6. Nurafiah dan Ayutika Rusnal yang senantiasa menemani perjalanan penulis

7. Teman-teman mahasiswa magister Ilmu Perikanan angkatan 2022, kerabat, keluarga, dan semua pihak yang telah membantu Penulis hingga ke jenjang ini.

Makassar, 19 Januari 2024

Reski Wahyuni Sukardi

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Reski Wahyuni Sukardi, lahir di Cellengnge, 05 Mei 1999 merupakan anak dari pasangan Sukardi dan Rosmini, sebagai anak Pertama dari 3 bersaudara. Penulis menamatkan pendidikan Sekolah Dasar di 143 Limpotenga pada tahun 2011, SMPN 3 Marioriwawo pada tahun 2014, dan SMAN 1 Marioriwawo pada tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi yakni di Universitas Hasanuddin, Program Studi Budidaya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan melalui jalur tes Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Nasional (SBMPTN). Pada tahun 2020, penulis memperoleh beasiswa Synergised Aquaculture Innovative Learning (SAIL) oleh JAPFA Foundation PT. Suri Tani Pemuka. Penulis aktif dalam unit kegiatan mahasiswa atau organisasi internal kampus KMP BDP KEMAPI FIKP Unhas. Penulis menyelesaikan studi dan memperoleh gelar S1 sarjana perikanan di Universitas Hasanuddin pada tahun 2021. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana di Universitas Hasanuddin, Program Magister Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Selama menempuh pendidikan pascasarjana Penulis aktif menjadi asisten beberapa mata kuliah yakni Teknologi Manajemen Pakan, Peningkatan Keahlian Pakan, serta Statistika. Dalam rangka menyelesaikan pendidikan dan merupakan syarat untuk memperoleh gelar Magister Perikanan penulis melakukan penelitian dengan judul “ Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Pb terhadap Akumulasi Pb dalam Tubuh, Kerusakan Hati, dan Insang Ikan Bandeng *Chanos chanos*” yang dibimbing oleh bapak Ir. M. Iqbal Djawad, M.Sc., Ph. D. selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Dr. Ir. Hasni Yulianti Azis, MP. selaku dosen pembimbing anggota.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>).....	4
B. Timbal.....	6
C. Dampak Timbal	7
D. Pertumbuhan.....	8
E. Kualitas Air	9
F. Kerangka Pikir.....	10
G. Hipotesis.....	10
III. METODE PENELITIAN	12
A. Waktu dan Tempat.....	12
B. Alat dan Bahan.....	12
C. Hewan Uji.....	13
D. Wadah Penelitian	13
E. Pakan Hewan Uji.....	13
F. Prosedur Penelitian.....	13
G. Rancangan Percobaan	14
H. Parameter yang Diamati	14
I. Analisis Data	17
IV. HASIL	18
A. Akumulasi Pb	18
B. Histologi.....	19
C. Pertumbuhan.....	21
D. Sintasan	22
E. Kualitas Air	23
V. PEMBAHASAN	25
A. Akumulasi Pb	25

B. Histologi.....	27
C. Pertumbuhan.....	33
D. Sintasan	35
E. Kualitas Air	37
VI. SIMPULAN DAN SARAN	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Nama, spesifikasi, dan fungsi alat yang digunakan pada penelitian	
2	Nama, satuan, dan fungsi bahan yang digunakan pada penelitian	
3	Kandungan nutrisi pakan yang digunakan	
4	Rata-rata kandungan Pb dalam tubuh juvenile ikan bandeng yang dipaparkan logam berat Pb dengan berbagai konsentrasi	
5	Rata-rata laju pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik juvenile bandeng (<i>C. chanos</i>) yang dipaparkan Pb	
6	Rata-rata sintasan juvenile bandeng (<i>C. chanos</i>) yang dipaparkan Pb dengan berbagai konsentrasi.....	
7	Rata-rata kualitas air media pemeliharaan juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) selama pengamatan.....	

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Siklus masuknya timbal (Pb) ke dalam tubuh ikan.....	
2	Kerangka pikir penelitian.....	
3	Grafik kandungan Pb dalam tubuh juvenile ikan bandeng.....	
4	Grafik regresi akumulasi logam Pb dalam tubuh.....	
5	Histologi insang juvenil ikan bandeng yang dipaparkan Pb dengan konsentrasi yang berbeda-beda	
6	Histologi hati juvenile ikan bandeng yang dipaparkan Pb dengan konsentrasi yang berbeda-beda	
7	Pertambahan bobot juvenile bandeng (C. chanos) selama pengamatan	
8	Sintasan juvenile bandeng (C. chanos) selama pengamatan.....	

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Hal
1	Hasil analisis ragam (Anova) kandungan logam Pb dalam tubuh juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) yang terpapar Pb dengan konsentrasi yang berbeda	
2	Hasil Uji Lanjut (W-Tuckey) kandungan logam <u>Pb</u> dalam tubuh juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) yang terpapar Pb dengan konsentrasi yang berbeda	
3	Hasil analisis ragam (Anova) pertumbuhan juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) yang terpapar Pb dengan konsentrasi yang berbeda	
4	Hasil Uji Lanjut (W-Tuckey) pertumbuhan juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) yang terpapar Pb dengan konsentrasi yang berbeda	
5	Hasil analisis ragam (Anova) sintasan juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) yang terpapar Pb dengan konsentrasi yang berbeda	
6	Hasil Uji Lanjut (W-Tuckey) sintasan juvenil ikan bandeng (<i>C. chanos</i>) yang terpapar Pb dengan konsentrasi yang berbeda	

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) merupakan salah satu ikan budidaya yang digemari oleh masyarakat sehingga menjadi salah satu komoditas budidaya unggulan. Ikan bandeng merupakan ikan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat karena harganya yang murah dan bergizi tinggi. Umumnya, sistem budidaya ikan bandeng masih menggunakan sistem tradisional sehingga tingkat produktivitasnya masih rendah. Lokasi tambak tradisional ikan bandeng biasanya berada di sekitar daerah pesisir, lokasi pemukiman, perairan sungai, muara, kawasan pelabuhan dan kawasan industri. Sehingga, penggunaan bahan kimia dan lokasi tambak tersebut sangat rentan tercemar oleh logam berat, khususnya timbal (Awaluddin *et al.*, 2020).

Timbal (Pb) yang dikenal dengan nama timah hitam adalah salah satu jenis logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran perairan yang berdampak pada organisme perairan. Timbal (Pb) dikenal luas sebagai unsur toksik yang dapat menimbulkan efek merugikan bagi organisme perairan. Timbal memasuki jaringan tubuh organisme akuatik melalui saluran cerna, difusi dan inhalasi sehingga dapat memicu beberapa jenis toksisitas pada ikan, termasuk stres oksidatif, gangguan reproduksi, dan berbagai perubahan parameter biokimia (Zulfahmi *et al.*, 2021). Polutan logam berat timbal (Pb) pada kolam tambak banyak bersumber dari gas buangan kapal-kapal kecil, perahu milik nelayan yang menggunakan bahan bakar solar maupun bensin, bahan bakar fosil ini juga akan menyumbang bertambahnya polutan Pb pada tambak. Sumber cemaran juga didapatkan dari logam Pb yang dapat berasal dari pestisida, insektisida, dan moluskisida yang digunakan pada persawahan yang terletak dekat tambak serta pembajakan sawah dengan menggunakan traktor dengan bahan bakar solar juga berpotensi dalam pencemaran Pb pada perairan wilayah hulu (Widowati *et al.*, 2022). Standar kualitas air Kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI; Standar Baku Mutu dari FAO/WHO untuk kandungan timbal dalam air adalah 0,08 mg/L dan untuk ikan adalah 0,3 mg/kg.

Konsentrasi logam berat yang tinggi dapat terakumulasi pada beberapa jenis biota perairan seperti ikan dan kerang. Dalam jangka panjang akan mengakibatkan penumpukan yang terjadi pada organ biota yang mengakumulasi logam berat akan melebihi batas toleransi dari biota tersebut dan hal ini menjadi penyebab dari kematian biota terkait (Jais *et al.*, 2020). Logam berat bersifat tidak dapat dihancurkan (nondegradable) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan, itulah yang menjadi

penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya. Akibatnya, logam-logam tersebut terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi. Logam berat yang ada di sedimen, bisa diambil oleh alga yang menjadi makanan ikan bandeng (Khairuddin *et al.*, 2021).

Pada spesies ikan teleost, ketersediaan Pb tidak hanya bergantung pada konsentrasi kimia total di lingkungan tetapi juga pada seberapa mudah ikan dapat menyerap berbagai bentuk Pb ini di insang, di kulit, dan di dalam saluran pencernaan dan bagaimana pengaruh spesiasi kimia distribusi ke seluruh organisme. Penyerapan dan distribusi logam timbal pada ikan dimulai dengan Pb melintasi epitel; kemudian masuk ke dalam darah dan mengikat protein plasma, setelah itu disalurkan melalui sirkulasi sistemik atau terlarut bebas ke berbagai jaringan; sehingga dialirkan dari darah ke jaringan. Insang, sistem pencernaan, dan kulit, adalah tempat utama penyerapan logam pada ikan (Morcillo *et al.*, 2017).

Paparan logam berat, termasuk Pb dalam waktu yang dapat menyebabkan akumulasi kronis, yang akibatnya dapat menyebabkan kerusakan organ dan jaringan. Efek konsekuensi dari akumulasi logam adalah mutagenesis, karsinogenesis, teratogenesis, deformasi, dan kerusakan organ (Adegbola *et al.*, 2021). Hati merupakan salah satu organ penting dari organisme tingkat tinggi termasuk ikan yang berfungsi mendetoksifikasi dan mensekresikan bahan kimia yang digunakan untuk proses pencernaan. Ketika bahan pencemar atau toksik yang masuk ke hati sudah melewati ambang batas dan terjadi terus menerus, maka hati berpotensi mengalami kerusakan (Firmani, 2021). Insang merupakan tempat utama respirasi, osmoregulasi dan ekskresi dan berhubungan erat dengan lingkungan luar dan sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air dan dianggap sebagai target utama kontaminan. Insang adalah tempat utama untuk pengambilan oksigen pada ikan dan organ halus ini bersentuhan dengan racun kimia yang menyebabkan stres semakin parah (Sathick *et al.*, 2019). Studi histologis dianggap sebagai teknologi untuk mengevaluasi efek toksik pada organ pada ikan termasuk hati dan insang. Sehingga, analisis logam berat dalam jaringan ikan dianggap sangat penting karena terakumulasi dalam organisme akuatik dan menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan jika terpapar terlalu lama.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akumulasi logam ke dalam tubuh juvenile ikan bandeng dan menganalisis kerusakan atau kelainan organ pada insang dan hati juvenile ikan bandeng akibat dari paparan timbal (Pb) dengan konsentrasi yang berbeda, juga diamati parameter laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan bandeng.

B. Rumusan Masalah

Logam berat merupakan penyebab pencemaran lingkungan yang berbahaya bagi organisme akuatik. Salah satu upaya dalam mengetahui dampak dari timbal terhadap organisme akuatik yakni dengan memperhatikan hubungan konsentrasi timbal dan kerusakan organ pada ikan bandeng. Berdasarkan hal tersebut maka rumusan masalah penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana akumulasi logam Pb dalam tubuh ikan bandeng yang dipaparkan timbal (Pb)?
2. Bagaimana kerusakan atau kelainan insang dan hati ikan bandeng yang terpapar timbal (Pb)?

C. Tujuan dan Kegunaan

Adapun tujuan dan kegunaan penelitian ini untuk:

1. Menganalisis akumulasi logam Pb dalam tubuh ikan bandeng yang dipaparkan timbal (Pb)
2. Menganalisis kerusakan atau kelainan insang dan hati ikan bandeng yang terpapar timbal (Pb)

Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu untuk dijadikan bahan informasi dan menambah pengetahuan mengenai akumulasi logam dalam tubuh ikan serta kerusakan atau kelainan organ (insang dan hati) pada ikan bandeng terpapar timbal (Pb)

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) merupakan salah satu sumber hayati perairan yang bernilai ekonomis penting yang telah beramai-ramai dibudidayakan oleh banyak masyarakat. Budidaya ikan bandeng telah lama dilakukan para petani tambak baik secara tradisional, intensif maupun semi intensif. Ikan bandeng juga banyak diminati oleh masyarakat banyak, karena mempunyai kandungan protein yang baik untuk tubuh dan termasuk ikan yang rendah kolesterol, dan mengandung unsur asam lemak omega 3 yang sangat berguna terhadap perkembangan otak dan kesehatan jantung terlebih khusus dikonsumsi oleh anak yang berusia dini (Arfan *et al.*, 2022).

1. Klasifikasi dan morfologi

Ikan bandeng secara taksonomi dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Kundariati *et al.*, 2020):

- Phylum : Chordata
- Class : Actinopterygii
- Order : Gonorynchiformes
- Family : Chanidae
- Genus : Chanos
- Species : *Chanos chanos*

Ikan Bandeng dalam bahasa latin adalah *Chanos chanos*, dalam bahasa Inggris Milkfish, pertama kali ditemukan oleh seseorang yang bernama Dane Forsskal pada Tahun 1925 di laut merah. Ikan bandeng termasuk dalam famili Chanidae (*Milk Fish*) yaitu jenis ikan yang memiliki tubuh panjang, ramping, padat, pipih, dan oval. Ciri-ciri pokok larva ikan bandeng adalah memiliki ukuran antara 14 mm hingga 17 mm, berasal baik dari lingkungan alamiah maupun hasil pembenihan (Babe *et al.*, 2021).

Ikan bandeng dapat tumbuh hingga mencapai 1,8 m, benih ikan bandeng yang biasa disebut nener yang biasa ditangkap di pantai panjangnya sekitar 1-3 cm, sedangkan gelondongan berukuran 5-8 cm. Adapun warna nener dari alam memiliki bintik hitam di kepala dan tubuh transparan sedangkan nener hasil pembenihan berwarna keabu-abuan, transparan dan sedikit cerah pada bagian perut. Bentuk tubuh memanjang dan lurus. Gerakan pada nener cenderung aktif bergerak/berenang melawan arus, dan mengitari dinding atau tepi wadah. Berdasarkan daya tahan tubuhnya nener yang kuat akan berada di permukaan air jika tanpa aerasi dan yang lemah akan berada di dasar (Abriana, 2017).

2. Pakan dan Kebiasaan Makan

Pada umumnya pertumbuhan suatu ikan dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas bahan makanan yang tersedia dan dikonsumsi. Dengan demikian, setiap variasi kualitas dan kuantitas bahan makanan akan mempengaruhi laju pertumbuhan ikan. Variasi kualitatif dan kuantitatif bahan makanan alami di badan air dipengaruhi oleh beberapa faktor abiotik dan biotik. Studi tentang makanan dan kebiasaan makan ikan membantu untuk mengetahui apa yang dimakan ikan, bagaimana ia tumbuh di habitatnya dan dapat digunakan untuk memberi makan ikan selama budidayanya. Kebiasaan makan ikan juga membantu untuk mengetahui hubungan interspesifik dan produktivitas badan air. Dengan mengetahui makanan dan kebiasaan makan, dapat memahami Pengetahuan tentang biologi pakan membantu untuk menghasilkan hasil yang optimal dengan memanfaatkan semua potensi makanan yang tersedia di air dengan baik tanpa persaingan. Jumlah pakan yang akan diberikan pada berbagai tahap perkembangan dan pertumbuhan juga dapat ditentukan berdasarkan studi ini (Joseph, 2018)

Ikan bandeng merupakan jenis ikan herbivora cenderung sebagai omnivora, yang memakan plankton, alga berfilamen dan beberapa jenis detritus seperti cacing dan krustasea sebagai makanannya. Ikan bandeng memangsa fitoplankton dari kelompok *Chlorella* sp., dan *Bacillariophyceae* (diatom). Selain fitoplankton dari kelompok diatom, bandeng juga memakan alga hijau dan organisme bentik sebagai makanannya. Keberadaan dan ketersediaan fitoplankton berfungsi memberikan nutrisi yang baik bagi pertumbuhan ikan bandeng (A'yun and Takarina, 2019). Selain itu, jenis zooplankton yang digunakan pada pembenihan ikan bandeng yakni Rotifer (*Brachionus plicatilis*).

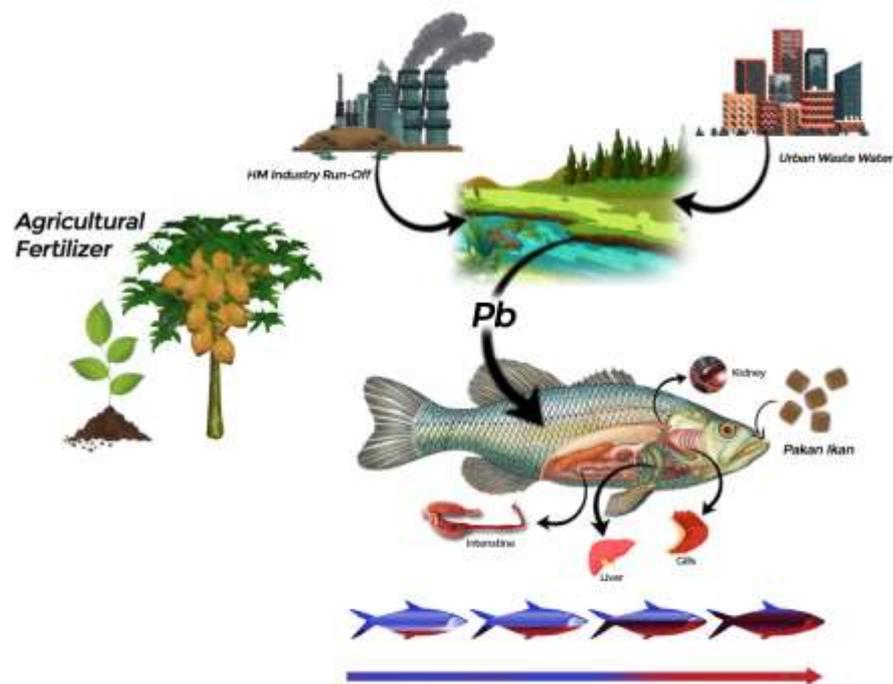
Waktu makan dan waktu pengambilan makan pada ikan merupakan faktor penting yang perlu diketahui. Secara umum kebiasaan makan pada ikan bandeng yaitu pada jam 06:00 sampai dengan jam 14:00 dengan puncak pada jam 12:00 isi lambung rata-rata sebanyak 75%. Sedangkan mulai jam 24:00 sampai jam 04:00 ikan bandeng tidak mengkonsumsi makanan (Adiyana *et al.*, 2014 dalam Ilmani and Handayani, 2020).

Ikan Bandeng aktif mencari makan pada siang hari, ikan bandeng dapat digolongkan sebagai ikan Diurnal atau ikan yang aktif mencari makan pada siang hari, Menurut Fujaya, 2004 dalam Ilmani dan Handayani, 2020) ikan diurnal adalah ikan yang cenderung aktif bergerak pada siang hari atau ikan yang peka terhadap cahaya terang, salah satu organ yang berperan dalam membentuk tingkah laku ikan terhadap lingkungan adalah mata. Ritme kebiasaan makan pada ikan bandeng akan semakin menurun apabila pada malam hari, hal ini diduga karena pada saat itu ikan sudah tidak melakukan aktivitas mencari makan dan akan melakukan proses pencernaan makanan

(Ilmani dan Handayani, 2020). Pada hasil penelitian Ilmani dan Handayani (2020), diperoleh kesimpulan bahwa ikan bandeng mencari makan pada pagi hari yaitu pukul 06

.00 WIB sampai selesai dan melakukan proses pencernaan makanan pada pukul 22.00 WIB, hal ini menunjukkan bahwa ikan bandeng membutuhkan waktu sekitar 18 jam untuk melakukan kegiatan mencari makan sampai selesai proses pencernaan makanan tersebut. Bera *et al.*, 2019 telah mengamati pemeliharaan larva bandeng dalam tangki berwarna kuning yang diterangi oleh sinar matahari atau lampu neon buatan. Tangki atau wadah latar belakang kuning memancarkan cahaya maksimum dari dindingnya yang pada gilirannya membantu meningkatkan visibilitas dan kontras mangsa dengan latar belakang kuning untuk larva bandeng. Metode pemeliharaan tangki kuning untuk produksi benih bandeng masal memberikan hasil yang jauh lebih baik daripada warna tangki lainnya.

B. Timbal



Gambar 1. Siklus masuknya timbal (Pb) ke dalam tubuh ikan

Timbal (Pb) adalah komponen alami dari kerak bumi, dan umumnya ditemukan dalam jumlah sedikit di tanah, tumbuhan, dan air. Meskipun keberadaan Pb tersebar di lingkungan perairan, tingkat paparan Pb yang tinggi dapat disebabkan oleh aktivitas antropogenik termasuk pembuatan baterai, cat, dan semen, penambangan dan peleburan serta limbah pertanian. Baru-baru ini, dengan berkembangnya industri rekreasi laut, terjadi peningkatan limbah berbasis Pb di laut dari membuang sampah sembarangan, yang menyebabkan peningkatan pencemaran Pb. Secara khusus, Pb

membentuk ikatan fleksibel dengan atom oksigen dan sulfur dalam protein, dan kemampuannya untuk membentuk kompleks yang stabil dengan unsur-unsur ini meningkatkan afinitas Pb terhadap protein tertentu. Paparan Pb menyebabkan berbagai efek toksik pada fungsi fisiologis, perilaku, dan biokimia pada hewan yang menyebabkan kerusakan pada sistem saraf pusat (SSP), sistem saraf tepi (PNS), sistem hematopoietik, sistem kardiovaskular, dan organ seperti hati dan ginjal. Selain itu, paparan Pb mengganggu keseimbangan prooksidan dan antioksidan sehingga menyebabkan stres oksidatif dan keracunan Pb. Paparan Pb pada ikan juga memiliki efek toksik pada struktur dan fungsi membran karena afinitasnya yang tinggi terhadap sel darah merah, yang meningkatkan kerentanan terhadap stres. Selain itu, parameter imunologi dapat diubah sebagai respons terhadap stres oleh berbagai stresor, dan paparan logam terkait erat dengan perubahan sistem kekebalan ikan. Sehingga, paparan dari Pb dapat berakibat fatal bagi hewan air bahkan pada konsentrasi rendah karena terjadinya bioakumulasi (Lee *et al.*, 2019)

Timbal adalah polutan yang secara luas banyak lingkungan perairan, dan efek toksiknya telah diketahui selama berabad-abad. Timbal, bahkan pada tingkat yang sangat rendah, akan menghasilkan efek kesehatan yang serius, terutama pada anak-anak. Timbal mencemari lingkungan perairan melalui beberapa jalur. Pada ikan, ion timbal dalam air diserap dan dilarutkan melalui insang, kemudian diangkut melalui darah ke berbagai bagian tubuh, atau dengan masuk ke dalam tubuh, menyebabkan kelainan sel, menyebabkan apoptosis. Toksisitas timbal sering dilaporkan untuk organisme akuatik yang hidup di lingkungan yang sangat tercemar (Dai *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian (Eroglu *et al.*, 2015), menyatakan bahwa paparan Pb, jaringan ikan dapat menyebabkan stres oksidatif yang dihasilkan oleh spesies oksigen reaktif (ROS) dan juga mengurangi kapasitas antioksidan seluler.

C. Dampak Timbal

Logam menunjukkan dampak toksiknya pada ikan ketika diserap oleh tubuh dan terbioakumulasi diikuti dengan mekanisme detoksifikasi, proses metabolisme dan ekskresi. Pencemaran logam pada ikan terjadi baik melalui saluran pencernaan pada saat mereka mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi atau melalui ion logam gillif yang terdapat dalam air. Hati sebagai sistem ekskresi logam berperan dalam pengikatan Pb menjadi steroid di dalam empedu dan kemudian dikeluarkan dari tubuh melalui feses. Sistem peredaran darah bertanggung jawab untuk mengedarkan logam yang tertelan ke seluruh tubuh, di mana logam disimpan dalam jaringan, atau mematikan organ target atau diekskresikan ke luar tubuh melalui insang dan ginjal (Ishaque *et al.*, 2020). Paparan Pb pada pakan juvenil rockfish, *Sebastes schlegelii*,

menunjukkan akumulasi Pb di berbagai jaringan termasuk insang, usus, hati dan limpa, juga bersaksi tentang kecenderungan serupa akumulasi Pb pada *Platichthys stellatus* yang diberi pakan mengandung timbal (Pb) (Hwang *et al.*, 2016)

Toksistas adalah tingkat merusaknya suatu zat jika terkena terhadap organisme. Meningkatnya kadar zat-zat pencemar yang berbahaya dapat menimbulkan toksik atau racun sehingga mengganggu proses kehidupan dan setelah mencapai kadar tertentu dapat mematikan hewan peliharaan. Ikan salah satu organisme sangat rentan terhadap toksikan logam jika terus menerus terpapar di media hidupnya dan dapat zat toksikan tersebut dapat masuk melalui insang dan pakan yang terkontaminasi. Faktor lingkungan seperti toksik perairan dan kelainan genetik dapat mempengaruhi keabnormalan tulang rangka ikan. Efek dari bahan pencemar ini, dapat mengakibatkan kerusakan organ-organ tubuh ikan. Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang sangat banyak ditemukan dalam perairan dan sedimen. Meskipun terjadi secara alami, aktivitas manusia telah memobilisasi meningkatnya jumlah timbal dan menjadi sumber masalah kesehatan bagi masyarakat. Logam berat ini sangat signifikan dalam hal daya racunnya. Selain itu, timbal tidak dapat terurai oleh bakteri sehingga tetap berada dalam perairan dan sedimen secara permanen. Akumulasi logam Pb terjadi pada berbagai jenis organ terutama pada ginjal dan hati yang memungkinkan dapat menekan aktivitas jaringan hematopoiesis dan atau merusak sirkulasi eritrosit sehingga mengakibatkan anemia (Kondera *et al.*, 2012).

D. Pertumbuhan

Pertumbuhan merupakan proses bertambah panjang dan berat suatu organisme yang dapat dilihat dari perubahan ukuran panjang dan berat dalam satuan waktu. Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas pakan, umur dan kualitas air (Mulqan *et al.*, 2017). Upaya meningkatkan laju pertumbuhan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi. Pertumbuhan pada ikan dipengaruhi oleh faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor internal diantaranya adalah faktor keturunan, jenis kelamin, dan usia. Faktor eksternal merupakan faktor yang dapat dikontrol yang terdiri dari faktor kualitas air dan pakan (Karimah *et al.*, 2018).

Faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan meliputi kondisi air dan lingkungan, sedangkan faktor internal adalah spesies, jenis kelamin, genetika, dan status fisiologis ikan. Pertumbuhan fisik terjadi dengan perubahan jumlah atau ukuran sel-sel penyusun jaringan tubuh, sedangkan pertumbuhan morfologis dapat dilihat dari perubahan bentuk tubuh. Pertumbuhan akan terjadi bila kebutuhan energi untuk metabolisme dan pemeliharaan jaringan tubuh telah terpenuhi mengikuti kebutuhan ikan dan bila jumlah pakan yang dikonsumsi lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan

untuk pemeliharaan tubuh dan energi. Telangiectasis dapat terjadi pada insang ikan yang berada pada kualitas air yang buruk, adanya serangan parasit dan polutan kimia. Telangiectasis yang ekstensif membutuhkan waktu yang lebih lama untuk pulih daripada luka-luka hiperplasia pada insang. Adanya kerusakan pada insang tersebut menyebabkan ikan sulit bernafas sebagai akibat dari kerusakan lamela sekunder dari insang, kandungan oksigen dalam darah berkurang dan ikan mengalami hipoksia (Nirmala *et al.*, 2012)

E. Kualitas Air

Kualitas air merupakan syarat penting yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup perkembangan, pertumbuhan, dan tingkat produksi ikan. Lingkungan yang baik sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup organisme akuatik. Beberapa parameter untuk menentukan kualitas air yaitu suhu, pH DO, CO₂, kecerahan, dan kesadahan, serta salinitas.

Suhu di kolam menjadi salah satu faktor terpenting untuk kelangsungan hidup organisme di dalamnya, karena suhu dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme dan reproduksi organisme. Organisme ektotermik, seperti ikan bandeng, sangat dipengaruhi oleh suhu air (Schulte, 2015). Suhu optimum untuk budidaya bandeng adalah 20-43°C (Pannikar *et al.*, 1953 dalam Ganesh *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian (Lim *et al.*, 2020 dalam Ganesh *et al.*, 2020) suhu mematikan untuk bandeng remaja adalah > 42,7 °C dan <8,5°C. Suhu yang rendah dapat menurunkan aktivitas, daya tanggap, asupan makanan, pertumbuhan, dan perkembangan benur dan juvenil bandeng (Ganesh *et al.*, 2020).

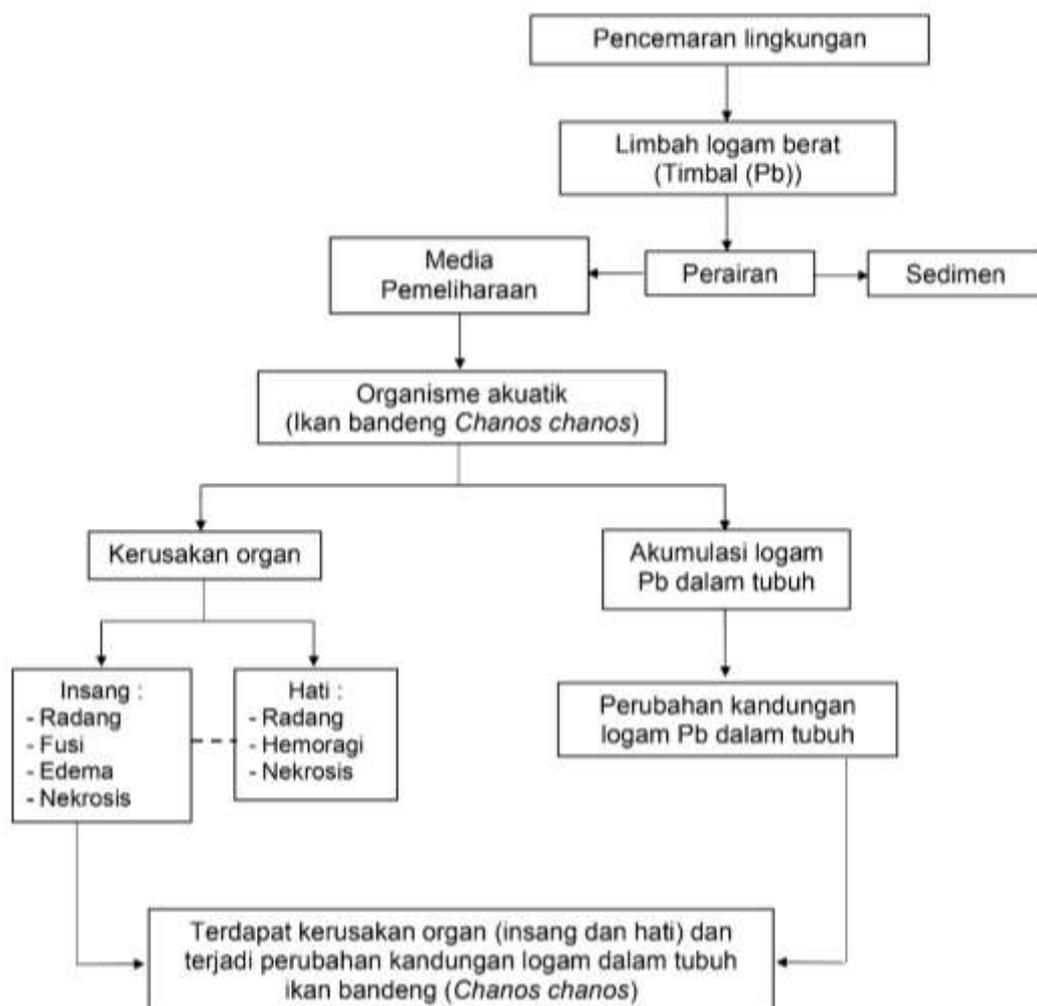
Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam pemantauan kualitas air. Derajat keasaman merupakan faktor pembatas yang dapat mempengaruhi dan menentukan kecepatan reaksi metabolisme dalam mengkonsumsi makanan. Pengamatan yang telah dilakukan oleh menunjukkan Beltran *et al.*, (2020) menghasilkan bahwa Kisaran pH optimal untuk budidaya ikan bandeng adalah 6,8 - 8,7.

Salinitas merupakan salah satu faktor perairan yang paling berpengaruh yang dapat mempengaruhi secara langsung atau tidak langsung beberapa sifat fenotipik dan aktivitas fisiologis berbagai spesies ikan. Misalnya pada ikan nila menunjukkan bahwa perubahan periodik salinitas secara signifikan mempengaruhi beberapa parameter pertumbuhan nila (misalnya SL dan luas tubuh) secara komersial. Namun, mereka dapat mengkompensasi pertumbuhan ini ketika dipelihara kembali ke kondisi kontrol (Alkhamis, 2022).

Ikan bandeng merupakan ikan yang bersifat Euryhalien, yang berarti organisme yang dapat beradaptasi dengan salinitas yang luas. Ikan bandeng mampu beradaptasi terhadap kandungan garam air dan sangat tahan terhadap intensitas tinggi serta guncangan yang sangat singkat. Salinitas dan tekanan osmotik air sangat erat hubungannya. Semakin tinggi tekanan osmotik, semakin tinggi kandungan garamnya (Santosa *et al.*, 2021).

Salinitas yakni konsentrasi total semua ion dalam air. Konsentrasi salinitas dalam miligram per liter (ppm) biasanya adalah 95% atau lebih dari total padatan terlarut dalam sampel air. Salinitas dapat ditentukan dari analisis lengkap air dengan menjumlahkan konsentrasi semua ion (Boyd, 2015).

F. Kerangka Pikir



Gambar 2. Kerangka pikir penelitian

G. Hipotesis

Berdasarkan tujuan penelitian, maka hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat kerusakan atau kelainan insang dan hati ikan bandeng yang terpapar timbal (Pb)
2. Terdapat akumulasi logam Pb dalam tubuh ikan bandeng yang dipaparkan timbal (Pb)