ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) DI AIR, SEDIMEN, DAGING SERTA HISTOPATOLOGI ORGAN DALAM IKAN BELANAK (*Mugil* sp.) DI PERAIRAN WONOREJO, SURABAYA

SKRIPSI

Disusun Oleh :

LUSY GITAFIANTY
H04216013

PRODI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Lusy Gitafianty

NIM : H04216013

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul : "ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) DI AIR, SEDIMEN, DAGING SERTA HISTOPATOLOGI ORGAN DALAM IKAN BELANAK (*Mugil* sp.) DI PERAIRAN WONOREJO, SURABAYA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Agustus 2020

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL D6726AHF557651/22 6000 ENAM RIBU RUPIAH

Lusy Gitafianty

NIM H04216013

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : LUSY GITAFIANTY

NIM : H04216013

JUDUL : ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) DI AIR, SEDIMEN, DAGING SERTA HISTOPATOLOGI ORGAN DALAM IKAN BELANAK (Mugil sp.) DI PERAIRAN WONOREJO, SURABAYA

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 17 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Mauludiyah, M.T	Dian Sari Maisaroh, M.Si
NUP.201409003	NIP.198908242018012001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Lusy Gitafianty ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 24 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I

Mawlidiyah, M.T
NUP.201409003

Penguji II

Dian Sari Maisaroh, M.Si
NIP.198908242018012001

Penguji III

Misbakhul Munir, M.Kes
NIP.198107252014031002

Penguji IV

Rizqi Abdi Perdanawati, M.T
NIP.198809262014032002

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag.
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Lusy Gitafianty
NIM : H04216013
Fakultas/Jurusan : Fakultas Sains dan Teknologi / Ilmu Kelautan
E-mail address : Lusygita@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (……)
yang berjudul :
Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) di Air, Sedimen, Daging serta Histopatologi dalam Ikan Belanak (*Mugil* sp.) di Perairan Wonorejo, Surabaya.

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 19 Agustus 2020
Penulis

(Lusy Gitafianty)

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) DI AIR, SEDIMEN, DAGING SERTA HISTOPATOLOGI ORGAN DALAM IKAN BELANAK (*Mugil* sp.) DI PERAIRAN WONOREJO, SURABAYA

Oleh :

Lusy Gitafianty

Ikan belanak (*Mugil* sp.) merupakan salah satu hasil tangkapan nelayan di perairan Wonorejo Surabaya. Ikan ini cukup banyak dikonsumsi masyarakat namun kondisi perairan yang telah tercemar logam berat mengakibatkan beresiko terhadap kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada air, sedimen dan daging ikan belanak serta menganalisis kerusakan jaringan organ dalam ikan belanak akibat Pb dan Cu. Pengambilan sampel dilakukan di dua stasiun pada daerah estuari. Analisis logam berat menggunakan *Atomic Absorption Spektrophotometric* (AAS) dengan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) sedangkan uji histopatologi dilakukan menggunakan metode pewarnaan *Hematoxilin Eosin*. Hasil pengujian logam berat Pb maupun Cu menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antar kedua stasiun. Konsentrasi logam berat Pb dan Cu telah melebihi baku mutu KepMen LH no. 51 Tahun 2004 pada sampel air dan SNI 7387:2009 pada sampel daging ikan belanak, namun konsentrasi tertinggi ada pada sampel sedimen walaupun tidak melebihi *guideline* ANZECC/ ARMCANZ, 2000a. Hasil penelitian juga menunjukkan telah terjadi perubahan histopatologi pada organ dalam ikan belanak. Pengamatan insang menunjukkan terjadinya degenerasi lamella, hyperplasia hingga fusi pada lamella sekunder. Perubahan pada organ ginjal yaitu pembengkakan pada glomerulus yang disertai infiltrasi sel radang, hipertrofi dan adanya mineralisasi. Organ hati mengalami perubahan seperti sel radang, kongesti dan degenerasi hidropis. Hal ini menunjukkan perairan Wonorejo telah tercemar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) serta adanya perubahan histopatologi pada ikan belanak akibat logam berat tersebut.

Kata Kunci : timbal, tembaga, belanak, histopatologi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Abstract

ANALYSIS OF Pb AND Cu HEAVY METALS IN WATER, SEDIMENTS, AND MEAT AND HISTOPATHOLOGICAL EFFECT ON MULLET FISH (*Mugil* sp.) IN WONOREJO WATERS, SURABAYA

By :

Lusy Gitafianty

Mullet (*Mugil* sp.) is one of the catches of fishermen in the waters of Wonorejo Surabaya. This fish is consumed by many people but the condition of waters that have been contaminated with heavy metals results in a risk to health. The purpose of this research is to study the heavy metals content of Pb, Cu in water, sediments and mullet meat also analyze organ tissue damage in mullets. Sampling was conducted at two stations in the estuary area. Analysis of heavy metals using *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS) using the Indonesian National Standard (SNI) method while histopathological tests using the *Hematoxilin Eosin* staining method. Pb and Cu test results showed no significant differences between locations. Heavy metal concentrations of Pb and Cu have exceeded the KepMen LH quality standard no. 51 of 2004 in water samples and SNI 7387: 2009 in mullet meat samples, but the highest concentration was found in sediment samples although it did not exceed the ANZECC/ARMCANZ guidelines, 2000a. The result also showed histopathological changes in mullet fish. Observation of gills showed lamella degeneration, hyperplasia to fusion of secondary lamellae. Changes in the kidney organs are swelling of the glomerulus accompanied by infiltration of inflammatory cells, hypertrophy and the presence of mineralization. Liver organ changes such as inflammation cells, congestion and hydropic degeneration. This shows that Wonorejo waters have been contaminated with lead (Pb) and cuprum (Cu) heavy metals as well as histopathological changes in mullet fish due to these heavy metals.

Keywords : lead, cuprum, mullet fish, histopathology

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang karena dengan rahmat, karunia serta taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan akhir skripsi dengan judul "Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Di Air, Sedimen, Daging Serta Histopatologi Organ Dalam Ikan Belanak (*Mugil* sp.) Di Perairan Wonorejo, Surabaya". Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Progam Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi dalam meraih gelar Sarjana Kelautan.

Ucapan terimakasih yang tidak terhingga penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag selaku Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya
2. Asri Sawiji, M.T selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya
3. Mauludiyah, M.T dan Dian Sari Maisaroh M.Si selaku Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini
4. Misbakhul Munir, M.Kes dan Rizqi Abdi Perdanawati, M.T selaku Penguji skripsi ini
5. Kedua orang tua Ayah, Ibu (Almarhumah), keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materil serta doa hingga penulis menyelesaikan studi

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi. Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan oleh sebab itu penulis mengharapkan saran, kritikan, dan inspirasi yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat dalam dunia ilmu pengetahuan.

Surabaya, 28 Januari 2020

Penulis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI v
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat 3
1.5 Batasan Masalah 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Ikan Belanak 4
2.2 Logam Berat 5
2.2.1 Timbal (Pb) 6
2.2.2 Tembaga (Cu) 8
2.3 Pencemaran Logam Berat di Perairan 9
2.4 Logam Berat Pada Organisme 10
2.5 Logam Berat Pada Sedimen 12
2.6 Baku Mutu dan *Guideline* 13
2.7 Histopatologi 14
2.8 Perubahan Histopatologi Pada Ikan 16
2.8.1 Perubahan Histopatologi Pada Insang 16
2.8.2 Perubahan Histopatologi Pada Hati 18
2.8.3 Perubahan Histopatologi Pada Ginjal 19

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.9 *Atomic Absorption Spektrophotometric* (AAS) 21
2.10 Penelitian Terdahulu 23
2.11 Integrasi Keislaman 26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 28
3.2 Alat dan Bahan 29
3.3 Prosedur Penelitian 31
3.4.1 Pengambilan Sampel Air, Sedimen, Ikan 31
3.4.2 Pengujian Logam Berat Pada Air, Sedimen, Daging Ikan 33
3.4.3 Pembuatan Preparat Histologi 34
3.4 Analisis Data 36
3.4.1 Logam Berat 36
3.4.2 Preparat Histologi 37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 38
4.1 Kualitas Perairan Wonorejo 38
4.2 Kandungan Timbal Pada Air, Sedimen dan Daging Ikan Belanak 42
4.2.1 Kandungan Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen dan Daging Ikan Belanak 42
4.2.2 Kandungan Tembaga (Cu) Pada Air, Sedimen dan Daging Ikan Belanak 47
4.3 Kondisi Histopatologi Pada Organ Dalam Ikan Belanak 53
4.3.1 Organ Insang 53
4.3.2 Organ Ginjal 57
4.3.3 Organ Hati 61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 66
5.1 Kesimpulan 66
5.2 Saran 66
DAFTAR PUSTAKA 67
LAMPIRAN 75

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758).....4

Gambar 2. 2 Diagram konsep transport sedimen (Mitchell, 2020).....12

Gambar 2. 3 Lengkung insang normal (Pertiwi, *et al*., 2017).....17

Gambar 2. 4 Filamen insang terpapar logam berat (Rajeshkumar, *et al*., 2017) ...17

Gambar 2. 5 Hati ikan normal (Tasykal, 2015) 18

Gambar 2. 6 Hati ikan *Mugil cephalus* (Setyowati, *et al*., 2010).....18

Gambar 2. 7 Histologi ginjal ikan normal (Genten, *et al*., 2009) 19

Gambar 2. 8 Kerusakan jaringan ginjal (Yuniar, 2009).....20

Gambar 2. 9 Spektrofotometri serapan atom (Shimadzu, 2018).....21

Gambar 2. 10 Instrumentasi AAS (Beaty & Kerber, 1993).....21

Gambar 2. 11 Lampu katoda (Elwell & Gidley, 1961).....22

Gambar 3. 1 Lokasi penelitian 28

Gambar 3. 2 Alur Penelitian.....32

Gambar 4. 1 Histopatologi insang stasiun 1 (1) fusi lamella sekunder, (2) jaringan kartilago, (3) hemoragi (Dokumentasi penelitian, 2020) 53

Gambar 4. 2 Histopatologi insang stasiun 1 (1) lamella primer, (2) lamella sekunder mengalami kerusakan sehingga tidak beraturan, (3) telangiektasis, (4) hyperplasia (Dokumentasi penelitian, 2020).....53

Gambar 4. 3 Histopatologi insang stasiun 1 (1) degenerasi lamella (Dokumentasi penelitian, 2020).....53

Gambar 4. 4 Histopatologi insang stasiun 2 (1) fusi lamella sekunder, (2) hyperplasia, (3) kongesti, (4) telangiectasis (Dokumentasi penelitian, 2020) 55

Gambar 4. 5 Histopatologi insang stasiun 2 (1) proliferasi sel goblet (Dokumentasi penelitian, 2020) 55

Gambar 4. 6 Histopatologi ginjal stasiun 1 (1) pembengkakan pada glomerulus disertai infiltrasi sel radang (limfosit) (Dokumentasi penelitian, 2020) 57

Gambar 4. 7 Histopatologi ginjal stasiun 1(1) bintik hitam (adanya mineralisasi), (2) piknotik (Dokumentasi penelitian, 2020) 57

Gambar 4. 8 Histopatologi ginjal stasiun 1 (1) melano makrofag center (MMC) (Dokumentasi penelitian, 2020) 58

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4. 9 Histopatologi ginjal stasiun 2 (1) hyperplasia, (2) nekrosis (Dokumentasi penelitian, 2020) 59

Gambar 4. 10 Histopatologi ginjal stasiun 2 (1) hipertrofi (Dokumentasi penelitian, 2020) 59

Gambar 4. 11 Histopatologi hati stasiun 1 (1) kongesti, (2) nekrosis (Dokumentasi penelitian, 2020) 61

Gambar 4. 12 Histopatologi hati stasiun 1 (1) piknosis, (2) sel radang (Dokumentasi penelitian, 2020) 61

Gambar 4. 13 Histopatologi hati stasiun 2 (1) kongesti (Dokumentasi penelitian, 2020) 63

Gambar 4. 14 Histopatologi hati stasiun 2 (1) MMC, (2) degenerasi hidropis (Dokumentasi penelitian, 2020) 63

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu.....23
Tabel 3. 1 Alat pengambilan sampel di lapangan 29
Tabel 3. 2 Alat pengujian histopatologi 29
Tabel 3. 3 Bahan pengujian histopatologi.....30
Tabel 3. 4 Parameter, metode atau alat yang digunakan untuk analisa kualitas ...31
Tabel 3. 5 Baku mutu logam berat 36
Tabel 4. 1 Kualitas perairan 38
Tabel 4. 2 Kandungan logam berat Pb 43
Tabel 4. 3 Kandungan logam berat Cu.....47

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan Wonorejo merupakan bagian dari Pantai Timur Surabaya yang menerima aliran sunga Kali Jagir Wonokromo, Wonorejo dan Gunung Anyar. Penyalahgunaan sungai sebagai tempat pembuangan limbah membuat perairan Wonorejo berpotensi mengakumulasi beban antropogenik (Sari, *et al*., 2017). Menurut Palar (2004) dalam Kadang (2005) pencemaran atau polusi merupakan suatu keadaan yang telah berubah dari bentuk aslinya ke keadaan yang lebih buruk. Pergeseran tatanan lingkungan dari kondisi semula ke kondisi yang buruk dapat terjadi sebagai dampak masuknya bahan-bahan pencemar. Lingkungan hidup dapat dikatakan tercemar jika telah terjadi perubahan dalam tatanan lingkungan tersebut, sehingga tidak sama dengan bentuk aslinya, sebagai dampak dari masuk atau dimasukkannya suatu zat atau benda asing ke dalam lingkungan.

Bahan pencemar yang dapat langsung masuk ke kolom perairan adalah logam berat. Kandungan logam berat yang menumpuk pada air laut dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan sehingga berpengaruh pada kehidupan organisme (Meador, *et al*., 2005). Dampak pencemaran tidak hanya membahayakan biota dan lingkungan laut, tapi juga membahayakan kesehatan manusia dan bahkan menyebabkan kematian serta merugikan secara social ekonomi (Dahuri, *et al*., 2001)

Salah satu hasil tangkapan di perairan Wonorejo merupakan ikan belanak (*Mugil cephalus*). Ikan belanak cukup sering dikonsumsi oleh masyarakat sekitar. Hal ini disebabkan populasinya yang mudah diperoleh dan harganya cukup terjangkau (Rahmatin, *et. al.*, 2010). Sari *et. al.* (2017) mengatakan perairan Wonorejo telah tercemar logam berat Hg dan Cu yang tergolong tinggi dimana berada di atas baku mutu, sedangkan pada penelitian Setyowati *et. al.* (2010) menunjukkan hati ikan belanak mengalami kerusakan antara lain nekrosis, peradangan dan degenerasi serta fibrosis yang diakibatkan kandungan logam berat Cd dan Cr yang tinggi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut Suaniti (2007), logam berat terserap oleh tubuh hewan perairan kebanyakan dalam bentuk ion. Penyerapan tersebut melalui insang dan saluran pencernaan sehingga logam tertimbun dalam jaringan utama di hati dan ginjal.

Sebagian dari logam berat memang dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup dalam jumlah tertentu, apabila tidak terpenuhi juga dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari makhluk hidup tersebut. WHO (World Health Organisation) dan FAO (Food Agriculture Organisation) merekomendasikan untuk tidak mengkonsumsi makanan laut (*seafood*) yang tercemar logam berat (Adhani & Dr. Husaini, 2017).

Abnormalitas pada kinerja dari organ-organ tubuh ikan yang terjadi karena serangan penyakit dapat mempengaruhi struktur sel hingga jaringan. Perubahan bentuk atau struktur pada organ tubuh ikan sulit untuk dilihat secara makroskopik atau kasat mata (Pratiwi & Manan, 2015). 'Bapak Histology' Marie-Francois Xavier Bichat menyajikan konsep anatomi baru dengan pengamatannya dilakukan dengan metode sederhana menggunakan bahan kimia pada bagian jaringan yang disebut histology (Vegad, 2007). Pentingnya pengujian histopatology guna menelusuri penyakit secara mikroskopik melalui informasi dari perubahan yang terjadi pada organ atau jaringan. Histopatology juga dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan infeksi penyakit, proses kejadian dan tingkat epidemik suatu penyakit (Julianto, 2014)

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang terdapat pada air sedimen dan daging ikan belanak. Analisa menggunakan teknik histopatology pada organ dalam ikan belanak perlu dilakukan guna mengetahui perubahan-perubahan atau kelainan yang terjadi pada sel dan jaringan yang diakibatkan logam berat di perairan Wonorejo, Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana konsentrasi logam berat pada air, sedimen dan daging ikan belanak di perairan Wonorejo, Kota Surabaya?

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Bagaimana pengaruh logam berat terhadap perubahan histopatologi organ dalam pada ikan belanak di perairan Wonorejo, Kota Surabaya?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui konsentrasi logam berat pada air, sedimen dan daging ikan belanak di perairan Wonorejo, Kota Surabaya.
2. Mengetahui pengaruh logam berat terhadap perubahan histopatologi organ dalam pada ikan belanak di perairan Wonorejo, Kota Surabaya.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang kondisi kualitas perairan melalui pengukuran parameter fisika kimia, konsentrasi logam berat pada air, sedimen dan daging ikan belanak serta mengetahui perubahan histopatologi insang, ginjal dan hati ikan belanak di perairan Wonorejo Surabaya. Informasi tersebut dapat dijadikan acuan untuk masyarakat dalam mengkonsumsi ikan dan sebagai rujukan bagi pihak lain yang akan melakukan penelitian yang ada kaitannya dengan penelitian ini.

1.5 Batasan Masalah

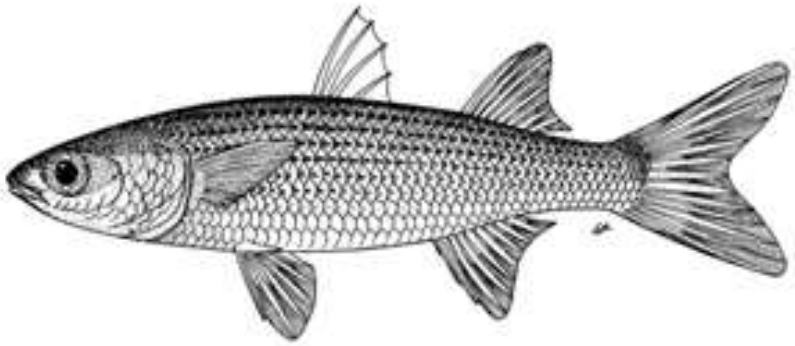
1. Logam berat yang diteliti yaitu timbal (Pb) dan tembaga (Cu).
2. Pengujian histopatologi dilakukan pada organ dalam insang, ginjal dan hati.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Belanak



Gambar 2. 1 *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Chordata
Sub phylum	: Vertebrata
Super Class	: Osteichthyes
Class	: Actinopterygii
Ordo	: Perciformes
Famili	: Mugilidae
Genus	: *Mugil*
Spesies	: *Mugil cephalus*

Hasil pengamatan yang dilakukan Katili (2011) bagian tubuh *Mugil cephalus* di dominasi warna keperakan sedangkan pada bagian ekor berwarna coklat kehitaman. Sirip perut berwarna keperakan dan kuning sedangkan pada sirip dada putih kehitaman. Bentuk tubuh dari *Mugil cephalus* dapat dilihat pada Gambar 2.1 yaitu simetris bilateral, fusiform, bentuk mulut dapat disembulkan, posisi mulut inferior, tidak memiliki sungut, posisi sirip ventral terhadap sirip pectoral torasik, gurat sirip ekor bercagak, tipe sirip dorsal ganda dan bentuk sisik ctenoid serta tidak mempunyai ciri khusus pada tubuhnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Anatomi pada ikan belanak (Islam, *et al*., 2016) diantaranya yaitu :

1. Organ pernafasan terdiri dari 4 pasang lembar insang, tidak memiliki alat bantu pernafasan seperti arboresen
2. Sistem ragnga terdiri dari tulang keras atau tulang sejati ditandai dengan adanya *operculum* pada tubuhnya
3. Sistem pencernaan terdiri dari lambung, *gizzard* (tembolok) dan usus yang relatif cukup panjang yang mencirikan ikan belanak termasuk ikan herbivora
4. Memiliki jenis otot *piscine* pada tubuhnya yang menunjang ikan untuk bergerak

Ikan belanak merupakan ikan laut tropis dan subtropis yng menghuni dari pesisir pantai dan muara serta sungai. Belanak termasuk ikan yang bersifat *non predator* atau bukan pemangsa, sehingga penyebarannya merata baik di perairan subtropis maupun tropis. Makanan ikan belanak yaitu organisme-organisme kecil yang terdapat di dasar, di dalam lumpur serta ganggang-ganggang. Perairan yang memiliki salinitas tinggi, ikan belanak akan melakukan pemijahan dan menjadikan lokasi tersebut wilayah pertumbuhan juvenile, sedangkan pada salinitas yang lebih rendah ikan belanak akan tinggal (Haqie & Haryono, 2018).

Mugil cephalus memiliki peran penting dalam jaring makanan ekosistem akuatik, yaitu sebagai penghubung antara tingkat trofik yang lebih rendah ke trofik lebih tinggi. Belanak merupakan ikan jenis detrivora yaitu pemakan *detritus*, mikro-algae apipitik dan bentik seperti diatomae, dinoflagellata dan cyanobacteria. Famili Mugilidae paling sering tertangkap di daerah pantai dan daerah air payau (Dankwa, *et al*., 2005)

2.2 Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3, pada sistem periodik terletak di sudut kanan bawah. Sifat toksisitas logam berat dikelompokkan kedalam tiga kelompok, yaitu bersifat toksif tinggi, sedang dan rendah. Logam berat yang bersifat toksik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tinggi terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co sedangkan toksik rendah terdiri dari unsur-unsur Mn dan Fe. Adanya logam berat di perairan berbahaya baik secara tidak langsung terhadap kehidupan organisme maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia (Hutagaol, 2012).

Kadar logam berat yang terdapat dalam tubuh organisme perairan lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar logam berat pada lingkungan hidupnya. Unsur logam berat yang masuk ke dalam tubuh organisme melalui tiga cara yaitu rantai makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit (Istarani & Pandebesie, 2014). Menurut Vangronsveld dan Clijsters (1994) dalam Sari *et al.* (2017) kehadiran logam berat pada konsentrasi yang tinggi di kolom perairan akan membahayakan organisme perairan laut mulai dari menghambat proses metabolisme hingga menyebabkan kematian biota.

Sumber pencemaran logam berat menurut Sutamihardja (2006) dalam Adhani & Dr. Husaini (2017) terbagi menjadi dua sumber yaitu alami dan buatan, ciri-cirinya antara lain :

1. Berasal dari daerah pantai (coastal supply) bersumber dari sungai, abrasi oleh aktivitas gelombang
2. Berasal dari logam yang dibebaskan aktivitas gunung berapi dan logam yang dibebaskan proses kimiawi
3. Berasal dari lingkungan daratan dan dekat pantai, termasuk logam yang dibawa oleh ikan dari atmosfer berupa partikel debu

2.2.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) termasuk dalam kelompok logam berat golongan IVA dalam system periodik unsur kimia, memiliki nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 berbentuk padat pada suhu kamar, bertitik lebur 327,4^{o}C dan memiliki berat jenis sebesar 11,4/I (Quanita, 2012). Logam Pb banyak digunakan sebagai bahan pengemas, saluran air, alat-alat rumah tangga dan hiasan. Bentuk oksida timbal digunakan sebagai pigmen atau zat warna dalam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

industry kosmetik dan glace serta industry keramik yang sebagian diantaranya digunakan dalam peralatan rumah tangga (Quanita, 2012).

Timbal ketika konsentrasi dapat mengakibatkan kematian pada biota air. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat bersifat mudah mengikat bahan organic dan mengendap di dasar perairan lalu bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Sifat-sifat timbal berdasarkan Faradiaz (2005) dalam Hutagaol (2012) antara lain :

1. Memiliki titik cair rendah
2. Merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk
3. Timbal dapat membentuk alloy dengan logam lainnya, dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda pula dengan timbal murni
4. Memiliki densitas yang tinggi dibanding logam lain, kecuali emas dan merkuri yaitu 11,34 g/cm^3
5. Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai pelindung jika kontak dengan udara lembab.

Logam memasuki hidrosfer dari beragam sumber baik secara alami atau disebabkan oleh manusia. Pada skala waktu geologi sumber alami seperti kerusakan secara kimiawi dan kegiatan gunung berapi merupakan mekanisme pelepaskan yang tersebar dan bertanggung jawab terhadap susunan kimiawi pada ekosistem laut dan air tawar.

Masuknya logam ke dalam lingkungan laut secara alamiah dapat digolongkan menurut Bryan (1976) dalam Hutagaol (2012) yaitu :

1. Pasokan dari daerah pantai, yang meliputi masukan dari sungai-sungai dan erosi yang disebabkan oleh Gerakan gelombang dan gletser

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Pasokan dari laut dalam yang meliputi logam-logam yang dilepaskan gunung berapi di laut dalam dan dari partikel atau endapan oleh adanya proses kimiawi
3. Pasokan yang melampaui lingkungan dekat pantai dan meliputi logam yang diangkut ke dalam atmosfer sebagai partikel-partikel debu atau sebagai aerosol dan juga bahan yang dihasilkan oleh erosi gletser di daerah kutub dan diangkut oleh es-es yang mengambang.

2.2.2 Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546 dengan titik lebur 1083°C, titik didih 2310°C, jari-jari atom 1,173 A^{o} dan jari-jari ion $Cu2^{+}$ 0,96 A^{o}. Logam tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada perairan, tanah maupun udara atau lapisan atmosfer. Asal logam berat dapat datang dari bermacam-macam sumber namun pada umumnya dari kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga, dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Liantira, Magdalena, & Soekandarsih, 2015)

Logam berat tembaga mampu masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga yang masuk ke dalam lingkungan dapat berasal dari berbagai macam sumber. Namun pada umumnya paling banyak berasal dari kegiatan-kegiatan perindustrian, limbah rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar. Proses akumulasi dalam tubuh biota dalam perairan yang tercemar akan bertambah seiring dengan pertambahan umurnya, dan ginjal merupakan bagian tubuh ikan yang paling banyak terdapat akumulasi tembaga (Daud, *et al*., 2012).

Tembaga (Cu) merupakan unsur yang dalam bentuk partikulat, koloid, dan terlarut di perairan alami. Cu yang mengendap bersama dengan padatan tersuspensi dapat mempengaruhi kualitas sedimen di dasar periaran. Mekanisme yang terjadi dapat dianalisis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan proses koagulasi (penggumpalan) antara mineral anion dan kation pada air laut, dan selanjutnya diikuti dengan proses sedimentasi atau pengendapan (Suhaidi, 2013).

2.3 Pencemaran Logam Berat di Perairan

Menurut PP RI Nomor 82 Tahun 2001 pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat atau energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitaa air turun sampai ketingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Warlina (2004) terdapat indikator bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan yang dapat digolongkan menjadi :

1. Pengamatan secara fisis, merupakan pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air, perubahan suhu, warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa
2. Pengamatan secara kimiawi, merupakan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, perubahan pH
3. Pengamatan secara biologis, merupakan pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada di air

Pencemaran laut dapat dibedakan atas pencemaran pantai dan pencemaran lepas pantai atau laut lepas. Pencemaran pantai banyak disebabkan oleh kegiatan manusia di darat, sedangkan pencemaran laut lepas sering disebabkan oleh tumpahan minyak dari alat transportasi laut. Pencemaran pantai dapat digolongkan menjadi empat yaitu pencemaran karena limbah industry (*industrial pollution*), pencemaran karena sampah (*sewage pollution*), pencemaran karena sedimentasi (*sedimentation pollution*), pencemaran karena kegiatan pertanian (*agricultural pollution*) (Taftazani, 2007).

Air di dalamnya terdapat logam yang berikatan dengan senyawa kimia atau dalam bentuk logam ion, bergantung pada kompartemen tempat logam tersebut berada. Tingkat kandungan logam sangat bervariasi, tergantung pada lokasi, jenis kompartement dan tingkat pencemarannya. Pencemaran dibagi menjadi tiga yaitu polusi berat, polusi sedang dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

nonpolusi. Perairan dengan tingkat polusi berat umumnya memiliki kandungan logam berat dalam air dan organisme hidup di dalamnya cukup tinggi. Tingkat polusi sedang, kandungan logam dalam air dan biota berada dalam batas marginal. Tingkat nonpolusi, kandungan logam berat dalam air dan biota sangat rendah atau mungkin tidak terdeteksi (Trisnawati, 2008).

Pencemaran air oleh logam berat akan memberi dampak meningkatkan kematian organisme dalam air. Logam berat yang ada dalam perairan habitat ikan dapat menyebabkan akumulasi pada tubuh ikan. Jika terus-menerus logam berat masuk ke dalam perairan akan meningkatkan konsentrasi, sehingga dapat menyebabkan bioakumulasi pada biota perairan (Palar, 1994).

2.4 Logam Berat Pada Organisme

Daya toksisitas logam berat pada makhluk hidup bergantung pada berbagai aspek. Seperti spesies, lokasi, umur, daya tahan, dan kempuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Toksisitas pada biota dapat dibedakan berdasarkan kriteria berikut : biota air, biota darat dan biota laboratorium. Sedangkan toksisitas menurut lokasi dibedakan berdasarkan kondisi tempat mereka hidup, yaitu daerah pencemaran berat, sedang dan daerah nonpolusi. Daya tahan makhluk hidup sangat penting karena toksisitas logam juga tergantung pada daya detoksikasi individu yang bersangkutan dan faktor kesehatan sangat mempengaruhi (Hutagaol, 2012).

Menurut Simkiss dan Mason dalam Trisnawati (2008), logam dalam jaringan organisme akuatik dibagi menjadi dua tipe utama, yaitu :

1. Logam kelas A seperti Na, K, Ca, dan Mg yang pada dasarnya elektrostatik dan pada larutan garan berbentuk ion hidrifilik.
2. Logam tipe B seperti Cu, ZN, dan Ni. Juga logam bersifat toksik yaitu Cd, Pb dan Hg merupakan komponen kovalen dan jarang berbentuk ion bebas.

Kandungan logam berat dari air dapat berubah-ubah dan sangat bergantung pada lingkungan. Pada musim hujan, kandungan logam akan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lebih kecil karena proses pelarutan. Sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Kandungan biota air umumnya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang bioakumulatif, sehingga biota air sangat baik digunakan sebagai indicator pencemaran logam dalam lingkungan perairan (Darmono, 1995)

Terdapat ciri-ciri ikan yang terkena racun timbal menurut Metelev *et al* (1983) dalam Nurfitriani (2017) antara lain :

1. Gerakan sangat aktif
2. Aktivitas respirasi meningkat
3. Kehilangan keseimbangan
4. Kerusakan pada saluran pernafasan
5. Insang dan kulit tertutup oleh membran mucus yang mengalami pembekuan
6. Terjadinya hemolisis dan kerusakan pada eritrosit

Proses masuknya timbal (Pb) ke dalam insang menurut Palar (1994), bersamaan dengan ion logam lain dan makanan yang telah terakumulasi timbal, membentuk ion yang dapat larut dalam lemak. Ion-ion tersebut mampu melakukan penetrasi pada membran sel insang sehingga terjadi suatu proses hilangnya pengaturan volume bagian sel.

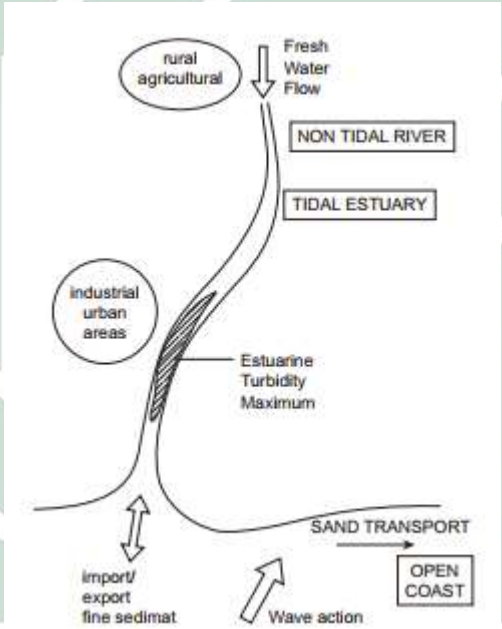
Akumulasi logam berat dalam tubuh biota air dipengaruhi banyak faktor menurut pendapat Manahan (2002) dalam Adhani & Dr. Husaini (2017) antara lain:

a. Konsentrasi logam berat dalam sedimen
b. Konsentrasi logam berat dalam air
c. pH air dan sedimen dasar perairan; karena semakin rendah pH air dan sedimen, maka logam berat semakin larut dalam air (bentuk ion)
d. Tingkat pencemaran air dalam bentuk COD (*chemical oxygen deman*)
e. Kandungan sulfur dalam air dan sedimen
f. Jenis hewan air
g. Umur dan bobot tubuh
h. Fase hidup dari telur dan larva

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5 Logam Berat Pada Sedimen

Analisis sedimen laut merupakan bidang penting pada analisis kimia. Khususnya logam berat, semakin penting karena diketahui berdampak merusak lingkungan. Dengan demikian penting untuk mempelajari distribusi logam berat dalam sedimen laut, namun perlu metode analisa yang handal. Penelitian yang dilakukan Ozkan, *et al*., (1980) ditemukan kandungan logam berat Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Ni pada sedimen. Transpor sedimen memiliki tiga kunci penting taitu, erosi, laju transpor vertikal (untuk gerakan ke atas), dan laju transpor ke bawah (Mitchell, 2020).



Gambar 2. 2 Diagram konsep transport sedimen (Mitchell, 2020)

Logam berat pada awal mula terlarut dalam air sungai diabsorbsi oleh partikel halus (*suspend solid*) dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus pasang di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara sungai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Hal ini mengakibatkan kadar logam berat dalam sedimen muara lebih tinggi dari laut lepas. Muara sungai umumnya mengalami proses sedimentasi dimana logam yang sukar larut mengalami proses pengencerah yang berada di kolom air lama kelamaan akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen. Kadar logam yang tinggi ini dapat dilihat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dari nilai pH yang relative basa (pH = 7,40 – 8,59) di lokasi tempat logam tersebut sukar larut dan mengendap ke dasar perairan (Rochyatun, *et al*., 2006). Keberadaan senyawa logam berat ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, pH, konduktivitas, dan jumlah oksigen terlarut (DO), selain itu berbagai karakter sedimen juga mempengaruhi difusi senyawa tersebut dari sedimen ke permukaan (Nurhamiddin & Zam Zam, 2013).

2.6 Baku Mutu dan *Guideline*

Baku mutu lingkungan menurut UU No. 32 Tahun 2009 adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat atau energi atau komponen lain yang ada atau harus ada dan/ unsur pencemar yang ditenggang adanya sesuai dengan peruntukannya. Penetapan baku mutu akan menjadi ukuran telah terjadi atau setidaknya suatu pencemaran lingkungan hidup. Tujuannya agar menjadi upaya preventif untuk pengendalian lingkungan hidup. Standar Nasional Indonesia (SNI) bersama Badan Standarisasi Nasional merupakan lembaga yang bekerjasama merumuskan baku mutu untuk cemaran logam berat dalam pangan. SNI 7387:2009 'Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan' menetapkan istilah dan definisi, persyaratan cemaran logam berat dalam pangan dan batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan.

Menteri Negara Lingkungan Hidup pada tahun 2004 mengeluarkan keputusan mengenai Baku Mutu Air Laut. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 bertujuan salah satunya sebagai salah satu sarana pengendalian pencemaran dan atau perusakan lingkungan laut maka perlu ditetapkan Baku Mutu Air Laut. Keputusan ini berisi baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan, wisata bahari, dan untuk biota laut.

Australian and New Zealand Enviroment and Conservation Council (ANZEEC) bersama the Agriculture and Resources Management Council of Australia and New Zealand (ARMCANZ) mengeluarkan strategi bersama yaitu The Australian National Water Quality Management Strategy (NWQMS) yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan masa depan dengan menyediakan kebijakan, suatu proses dan pedoman nasional untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pengelolaan kualitas air. NQWMS dirilis pada tahun 1992 sebagai salah satu dokumen pedoman yang pertama. Pedoman tersebut berisi mengenai guideline kualitas air, guideline kualitas sedimen, keterlibatan pemangku kepentingan, stressor fisika dan kimiawi dll.

2.7 Histopatologi

Histologi mempelajari jaringan penyusun tubuh, kimia jaringan dan sel dengan metode mikroskopik dan kimia. Zat kimia yang ada di dalam jaringan dan sel dapat dikenali dengan reaksi kimia yang menghasilkan senyawa berwarna tak dapat larut, kemudian diamati dengan mikroskop (Harjana, 2011).

Histologi meliputi sel, jaringan, organ dan system organ yang saling berkaitan. Jaringan merupakan sekelompok sel yang secara umum memiliki asal perkembangan embrionik yang sama dan secara bersama-sama menjalankan fungsi tertentu. Berdasarkan struktur dan fungsinya, terdapat empat jaringan dasar pada hewan vertebrata, antara lain jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf (Palennari, *et al*., 2016).

Histopatologi adalah cabang biologi yang mempelajari kondisi dan fungsi jaringan dalam hubungannya dengan suatu penyakit. Ilmu ini sangat penting dengan diagnosis penyakit karena salah satu pertimbangan dalam penegakan diagnosis adalah melalui hasil pengamatan terhadap jaringan sampel. Ilmu histopatologi dipelajari dalam semua bidang patologi, baik menusia, hewan maupun tumbuhan. Pada pengamatan organ secara mikroskopik, kebanyakan jaringan tidak berwarna sehingga sulit untuk diperiksa. Oleh karena itu, ditemukan metode-metode pewarnaan jaringan yang tidak hanya membuat berbagai komponen jaringan menjadi mencolok, tapi memungkinkan pula diidentifikasi komponen-komponennya.

Proses masuknya logam berat di dalam tubuh hewan yaitu logam masuk ke dalam pembuluh darah, selanjutnya berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang paling tinggi biasanya dalam organ detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Kedua organ tersebut di dalamnya terdapat jaringan yang biasanya logam berikatan dengan berbagai jenis protein baik enzim maupun

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

protein lain yang disebut metalotionein. Kerusakan jaringan oleh logam berat biasanya terdapat pada beberapa tempat masuknya logam maupun tempat penimbunannya. Terdapat beberapa kerusakan fisik yang ditimbulkan dari toksisitas logam berat seperti fusi, degenerasi, nekrosis dan dapat berupa gangguan fisiologik seperti gangguan fungsi enzim dan gangguan metabolisme (Hutagaol, 2012).

Menurut Ogilvie dalam Mulyanto *et al.* (1996) mengatakan bahwa sel yang mengalami degenerasi akan mengalami beberapa fase antara lain :

1. Fase pembengkakan kabur, sel terlihat membengkak termasuk nucleus. Hal ini disebabkan adanya cairan batas lebih, dapat membuat mudah mengalami disintegrasi bila terkena tekanan, mengandung banyak granula yang berasal dari mitokondria, berbentuk irregular dan tidak merata
2. Fase pelemakan, di dalam sel terdapat akumulasi gumpalan lemak, pada preparat dengan pewarnaan HE akan meninggalkan bulatan kosong berwarna kuning kusam. Nukleus menghitam akibat adanya butiran kasar. Basophil terkadang terdorong ke tepi dinding sel oleh gumpalan lemak, kromatin mengkerut (piknosis)
3. Fase nekrosis, nucleus sel telah mengalami piknosis yang berlanjut mengalami karioreksis. Karioreksis yaitu pecahnya nucleus menjadi butir-butir kecil hitam yang akhirnya mengalami pecahnya nucleus tadi
4. Fase kalsifikasi, dimana fase ini terjadi setelah sel mati dan hancur biasanya akan menjadi garam kapur ini adalah matriks kartigenous. Garam kapur tersebut akan terdeposit secara terus menerus pada jaringan sebagai akibat adanya penyakit

Beberapa bentuk umum kerusakan jaringan atau organ akibat bahan toksik menurut Yakub (2015) antara lain :

a. Hiperplasia, merupakan istilah umum yang mengacu pada perkembangan sel-sel dalam suatu organ atau jaringan. Perubahan yang terjadi merupakan penambahan ukuran organ atau jaringan yang terjadi akibat rangsangan tertentu namun jika rangsangan hilang dapat normal kembali.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Nekrosis, merupakan kematian dini sel dan jaringan hidup. Hal ini diakibatkan oleh faktor eksternal misalnya infeksi, racun, atau trauma.
c. Atrofia, yang berarti tanpa nutrisi. Merupakan penurunan signifikan dalam ukuran sel dan organ di mana hal ini terjadi, karena hilangnya massa sel. Atrofik menunjukkan penurunan fungsi sel namun tidak mati.

Analisa histopatologi menurut pendapat Dutta (1996) dalam Setyowati, *et al*. (2010) dapat digunakan sebagai biomarker untuk mengetahui bagaimana kondisi kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ target dari bahan pencemar seperti insang, hati, dan ginjal.

Berdasarkan hasil penelitian Tasykal (2015) organ hati dan insang yang terpapar timbal (Pb) menunjukkan berbagai kerusakan histologi, sebagai berikut :

1. Pada struktur mikroanatomi insang *lamella* sudah tidak beraturan dan mengalami hyperplasia pada *lamella* sekunder dan pada *Arcus Branchialis* terlihat terjadi peradangan. *Lamella* sekunder juga mengalami fusi dan edema sel serta hilangnya struktur lamella sekunder
2. Pada struktur mikroanatomi hati Nampak terjadi degenerasi lemak, degenerasi hidrofilik dan edema serta terjadi hemoragi.

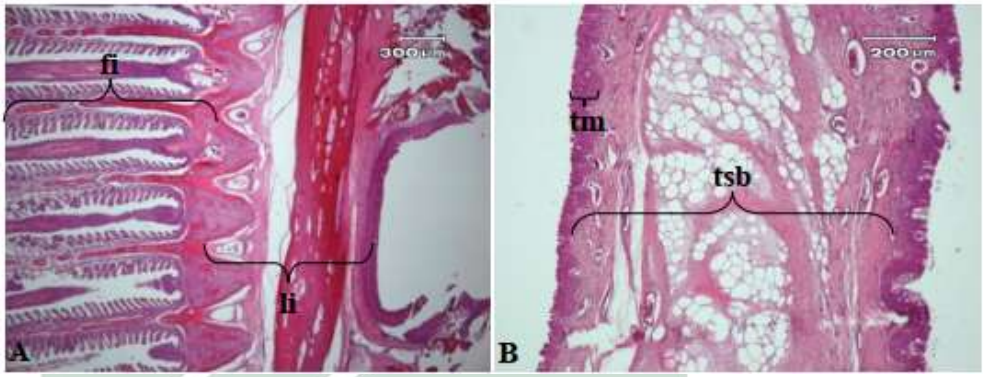
2.8 Perubahan Histopatologi Pada Ikan

2.8.1 Perubahan Histopatologi Pada Insang

System pernafasan ikan terdiri dari organ yang mengikat oksigen dan mengeluarkan buangan karbondioksida hasil respirasi yaitu insang dan pembuluh darah. Terdapat filamen insang atau *gill filament* yang terstruktur dan permukaan yang luas berfungsi menyerap oksigen, sedangkan pergantian oksigen terjadi pada pembuluh darah yang ada dalam filamen insang yang menempel pada *gill arch.* Struktur umum insang pada ikan umumnya untuk ikan bertulang keras. Terdapat empat lengkung insang di setiang sisi rongga bukal. Setiap lengkungan terdiri dari banyak filamen insang yang memiliki dua baris lamella sekunder yang berada tegak lurus terhadap setiap filamen. Setiap

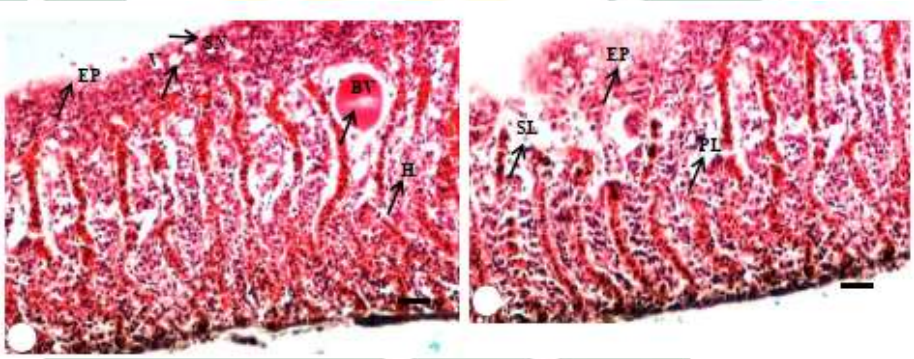
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lamella terdiri dari dua epitel yang dibatasi oleh banyak sel pilar, satu hingga dua eritrosit biasanya dapat ditemui dalam setiap lumen kapiler (Rajeshkumar, *et al*., 2017).



Gambar 2. 3 Lengkung insang normal (Pertiwi, *et al*., 2017)

Keterangan Gambar 2.3 :
- fi : filamen insang
- li : lengkung insang
- tm : tunika mukosa
- tsb : tunika submukosa



Gambar 2. 4 Filamen insang terpapar logam berat (Rajeshkumar, *et al*., 2017)

Keterangan Gambar 2.4 :
- EP : Epithelial layer
- BV : Blood vessels
- H : Hypertrophy
- PL : Primary lamella
- SL : Secondary lamella

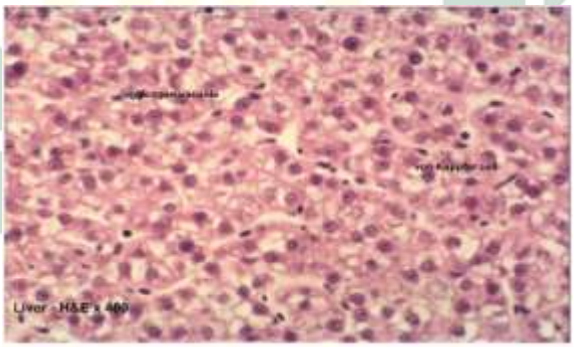
Penelitian yang dilakukan Rajeshkumar *et al.* (2017) pemaparan logam berat pada ikan menunjukkan perubahan histologi pada organ dalam ikan tersebut. Perubahan histologi yang terjadi pada insang yaitu edema pada sel epitel dan bagian lamella primer hingga lamella sekunder, hypertrophy di banyak bagian lamella sekunder akibat paparan logam berat. Kerusakan lebih banyak terjadi pada vakuola dan nekrosis serta kongesti pada epitelium. Ragam jenis respon adaptif

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

seperti hipertrofi, hyperplasia, dan atropi pada epitelium membrean lamella insang banyak terjadi pada konsentrasi Pb yang rendah, yaitu 0,625-5 ppm dengan tingkat kerusakan yang sedang yaitu 45,8%. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, jenis respon adaptif menjadi berkurang yang ditandai artropi, namun dengan tingkat kerusakan yang tinggi hingga 65% pada konsentrasi 20 mg/l (Alifia, 2013).

2.8.2 Perubahan Histopatologi Pada Hati

Hati merupakan yang terbesar dari organ ekstramural (di luar saluran pencernaan). Hati ikan memliki fungsi yaitu asimilasi nutrisi, memproduksi empedu, detoksifikasi, pemeliharaan homeostasis metabolis tubuh yang meliputi pemrosesan karbohidrat, protein, lipid dan vitamin. Organ hati juga berperan dalam proses sintesis plasma protein, seperti albumin, fibrinogen, dan faktor komplemen (Genten, *et al*., 2009). Zat kimia merupakan pengaruh buruk bagi organ hati, sebagian besar toksiskan yang masuk ke dalam tubuh setelah diserap sel epitel usus halus akan dibawa ke hati oleh vena porta hati sehingga sering mengalami kerusakan (Lu, 1995).



Gambar 2. 5 Hati ikan normal (Tasykal, 2015)

Gambar 2. 6 Hati ikan *Mugil cephalus* (Setyowati, *et al*., 2010)

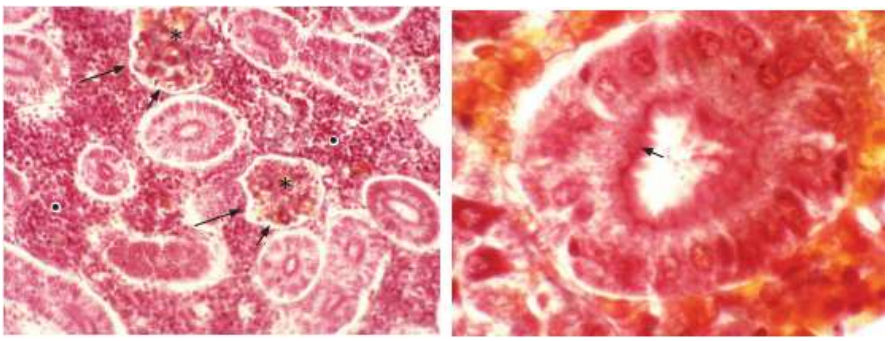
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan hasil penelitian Setyowati *et al.* (2010) hati ikan belanak yang tercemar logam berat akan didapati peradangan dengan adanya jendolan-jendolan darah serta jaringan berwarna merah karena banyak didapati eritrosit yang keluar dari pembuluh darah. Hal ini terjadi untuk pemulihan jaringan serta menekan agen penyebab nekrosis. Namun, jika zat toksik terus-menerus terpapar maka akan menyebabkan sel kehilangan kemampuan dalam regenerasi sehingga akan memicu terjadinya fibrosis.

Penelitian Putri (2015) hati ikan bandeng yang dibudidaya di tambak tercemar logam Cd dan Pb mengalami pembengkakan sel, kongesti dan degenerasi lemak. Kongesti adalah keadaan yang ditandai dengan gejala meningkatnya volume darah dalam pembuluh darah yang melebar pada suatu bagian tubuh. Degenerasi lemak berupa sitoplasma yang penuh dengan vakuola-vakuola dan banyaknya lipid yang tertimbun di dalam sel sehingga inti sel terdesak ke satu sisi dan sitoplasma sel ditempati oleh satu vakuola besar berisi lipid.

2.8.3 Perubahan Histopatologi Pada Ginjal

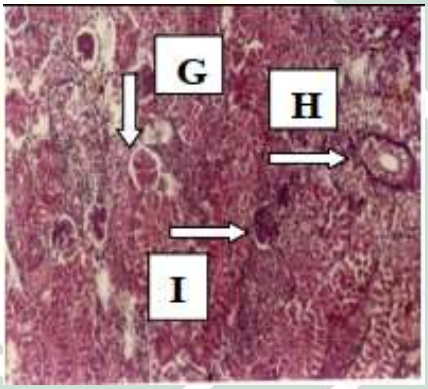
Ginjal pada ikan bertulang sejati berfungsi sebagai ekskresi dan osmoregulasi sehingga terkait erat dengan insang. Walaupun insang merupakan organ pernapasan, namun juga penting sebagai organ ekskresi dan osmoregulasi. Sebagian besar limbah nitrogen pada ikan dihilangkan dengan cara ekskresi melewati insang. Ginjal berperan sangat penting dalam menjaga keseimbangan garam dalam air (Genten, *et al*., 2009).



Gambar 2. 7 Histologi ginjal ikan normal (Genten, *et al*., 2009)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Histologi ginjal keadaan normal pada ikan nila (Yuniar, 2009) terlihat glomerulus yang berbentuk bulat, ada juga tubuli-tubuli serta jaringan hematopoietic seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Glomerulus dikelilingi kapsula bowman yang terlihat seperti cairan bening. Tubuli ginjal berbentuk bulat mirik kue donat dengan corak bergaris, corak ini diakibatkan pada bagian basal sel dari tubuli terdapat mitokondria yang berdert-deret. Pada tubulus proksimal, setiap bagian tubulus ginjal yaitu sel-sel epitel membentuk epitel kuboid atau kolumnar sederhana. Keberadaan mikro vili pada tubulus proksimal yang konstan membentuk batas yang menonjol ke dalam lumen. Pada beberapa ikan, tubulus proksimal dibagi menjadi dua segmen, salah satu segmen memiliki mikro vili yang lebih panjang dan samar-samar dibandingkan segmen lainnya (Genten, *et al*., 2009).



Gambar 2. 8 Kerusakan jaringan ginjal (Yuniar, 2009)

Organ ginjal yang mengalami nekrosis menandakan adanya sel yang mati pada bagian tersebut, hal ini diakibatkan berupa gangguan benda asing. Ginjal yang tidak terlihat lagi antara glomerulus, tubuli dan jaringan hematopoietic umumnya disebut kariolisi yaitu hilangnya bentuk inti sel sehingga tidak Nampak lagi (Yuniar, 2009). Menurut Tresnati *et al.* (2007) dalam Putri, *et al*. (2015) kandungan logam berat dalam darah akan menurunkan kinerja hemoglobin di ginjal sebagai pembawa oksigen, kerusakan ini disebut artophy. Kekurangan oksigen akan berdampak pada kematian sel yang diawali dengan mengecilnya sel atau bahkan hilang sama sekali.

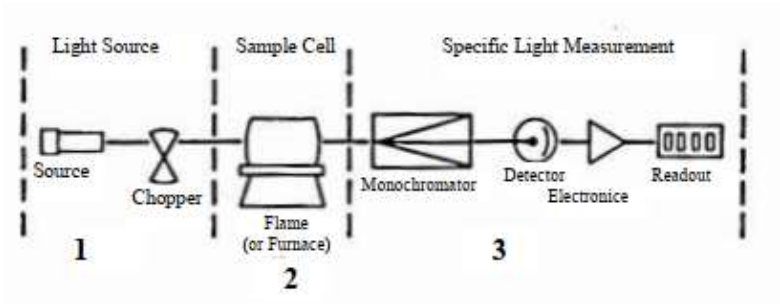
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.9 *Atomic Absorption Spektrophotometric* (AAS)

Gambar 2. 9 Spektrofotometri serapan atom (Shimadzu, 2018)

Atomic Absorption Spektrophotometric (AAS) adalah teknik analisis yang relative baru di antara metode spektroskopi. AAS memberikan sensitivitas, presisi, dan akurasi yang tinggi dan ketersediaan instrumental yang luas. Karena itu, teknik ini telah banyak digunakan untuk analisis sampel kelautam. Namun, kandungan unsur pada sampel laut umumnya sangat rendah, dan prosedur prakonsentrasi yang sesuai sangat diperlukan (Cantle, 1982).

Kandungan logam berat dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spektrophotometric* (AAS) yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer, yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat. Maka dari itu yang mengabsopsi sinar adalah atom, maka ion atau senyawa logam berat harus diubah menjadi bentuk atom (Warni, Karina, & Nurfadilah, 2017). Karakteristik konsentrasi dan batas deteksi adalah istilah yang menggambarkan karakteristik kinerja instrument untuk analisis elemen, sedangkan kedua parameternya tergantung pada absorbansi yang diamati untuk elemen, masing-masing mendefinisikan spesifikasi kinerja yang berbeda (Beaty & Kerber, 1993)

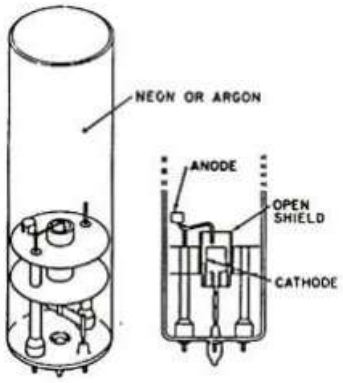


Gambar 2. 10 Instrumentasi AAS (Beaty & Kerber, 1993)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Terdapat tiga bagian pokok pada peralatan AAS (Gambar 2.10) :

1. Sumber radiasi untuk menghasilkan sinar yang diperlukan
2. Sistme pengatoman untuk menghasilkan atom-atom bebas
3. System monokromator, deteksi dan pembacaan



Gambar 2. 11 Lampu katoda (Elwell & Gidley, 1961)

Umumnya sumber radiasi yang banyak digunakan untuk pengukuran AAS adalah lampu katoda berongga atau *hollow cathode lamp* (Gambar 2.11). Lampu katoda berongga telah digunakan dalam percobban spektroskopi selama setidaknya 40 tahun baik sebagai sarana untuk menguji sampel dalam analisis spektrografi atau untuk mendapatkan garis spektrum dalam pengujian struktur garis spektrum hyperfine (Elwell & Gidley, 1961). Lampu katoda berongga terdiri dari anoda dan katoda dimana kedua elektroda tersebut ada di dalam tabung gelas yang diisi dengan gas Neon (Na) atau Argon (Ar) yang bertekanan rendah. Jendela kaca depan terbuat dari kuarsa atau silika boron, sedangkan katoda terbuat dari logam berbentuk cekung (Djunaidi, 2018).

Suatu sampel sebelum diuji menggunakan AAS harus dilarutkan, proses pelarutan dikenal dengan istilah destruksi. Tujuan destruksi yaitu membuat unsur logam menjadi ion logam yang bebas.

Terdapat dua cara destruksi yaitu :

1. Destruksi basah

   Sampel ditambahkan asam oksidator, jika perlu dibantu dengan pemanasan
2. Destruksi kering

   Sampel langsung dipanaskan untuk diabukan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tipe AAS yang digunakan yaitu *Atomic Absorption Spectrophotometers* (AAS) AA – 7000 series. Series ini memiliki double-beam optics dan perangkat yang lebih stabil, di design agar performanya maksimal pada setiap pengukuran. Sistem double beam akan menghasilkan pengukuran dengan sensitifitas yang tinggi hingga 0.01ppb.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut penelitian terdahulu untuk mendukung penelitian ini :

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Metode	Hasil
1.	Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut Di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. Author :Syarifah Hikmah Julinda Sari, Jessica Feibe Ambar Kirana, Guntur. (2017)	Pengukuran konsentrasi logam berat Hg dan Cu menggunakan AAS *Shimadzu Atomic Absorption/ Flame Spectrophotometer Model* AA-6800.	Konsentrasi Hg dan Cu pada badan air perairan Wonorejo tergolong tinggi di atas baku mutu. Konsentrasi logam berat berfluktuasi seiring dengan bertambahnya kedalaman. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kehadiran logam berat tersebut adalah salinitas.
2.	Analisis Kandungan Logam Berat Pada Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) Di Perairan Mimika Papua. Author : Rosye H.R. Tanjung, Suwito, Vita Purnamasari, Suharno. (2019)	Pengujian logam berat Pb, Cd, Cu, Fe, As, dan Hg ditentukan dengan *Atomic Absorpsion spectroscopy* (AAS). Analisis data dengan membandingkan kandungan logam berat dalam air dengan baku mutu air laut SK MNLH No. 51 thn 2004 dan	Kandungan logam berat pada ikan kakap putih dan air berada di bawah baku mutu, sehingga aman untuk dikonsumsi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

		logam berat dalam tubuh ikan dengan baku mutu SNI 7387:2009	
3.	Studi Histopatologi Hati Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) Di Muara Sungai Aloo Sidoarjo. Author : Adhelia Setyowati, Dewi Hidayati, Awik P.D.N., Nurlita Abdulgani. (2010)	Pengamatan biota yang terkena bahan pencemar menggunakan metode mikroteknik yaitu membuat preparat histologis dengan organ target hati.	Pengamatan histologis menunjukkan hati ikan belanak mengalami kerusakan yaitu bridging nekrosis, fokal nekrosis dan peradangan. Kerusakan ini diakibatkan ditemukan kandungan logam berat Cr sebesar 0,10mg/l yang melebihi baku mutu.
4.	Kandungan Logam Berat Pada Ikan Beloso Di Perairan Segara Anakan Bagian Timur, Cilacap. Author : Sulistiono, Yeni Irawati, Djamar T.F. Lumban Batu. (2018)	Pengukuran logam berat pada daging ikan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).	Kandungan logam berat Pb, Hg, Cu, Cd pada daging ikan beloso sebagian besar berada di bawah baku mutu
5	Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Serta Struktur Mikroanatomi *brancia, hepar, dan muchus* Ikan Belanak (*Mugil*	Pengukuran kadar logam berat timbal (Pb) menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spektrophotometry*), pembuatan preparat *brancia, hepar, dan*	Konsentrasi logam berat Pb dalam air dan organ *brancia, hepar, dan muchus* telah melebihi ambang batas berdasarkan Keputusan Dirjen POM No.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	cephalus) Di Perairan Cilacap. Author : Purwanti Yoga Ningrum. (2006)	*muchus* menggunakan pewarnaan Hematoxylin dan Eosin	03725/B/VII/89. Logam timbal (Pb) mengakibatkan kerusakan pada *branchia* berupa edema sel epithel dan hyperplasia pada lamella sekunder. Kerusakan pada *hepar* berupa edema, piknoid, pelebaran sinusoid dan degenerasi lemak. Kerusakan *muchus* berupa edema, hyperplasia, dan nekrosis.
6.	Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Dalam Air, Sedimen, dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Serta Karakteristik Biometrik dan Kondisi Histologisnya Di Sungai Cimanuk Lama, Kabupaten Indramayu. Author : Silviatun Nurkhasanah. (2015)	Pengukuran logam berat Cr menggunakan AAS pada panjang gelompak 357,9 nm. Pembuatan preparat Histologis organ insang dan hati menggunakan metode *histoteknik* dengan *embedding paraffin.* Penentuan tingkat kematangan gonad berdasarkan morfologinya mengacu pada perkembangan dan kematangan gonad.	Kandungan logam berat kromium di dalam air dan ikan nila melebihi nilai ambang batas, sedangkan pada sedimen masih dalam batas aman. Kondisi histologis organ insang dan hati ikan nila telah mengalami kerusakan. Pada organ insang mengalami nekrosis hingga pembengkakan pembuluh darah dan edema. Pada organ hati kerusakan tersebut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	ditandai dengan peradangan berupa munculnya limfosit, kongesti, hemoragi, edema, degenerasi lemak, degenerasi inti sel dan degenerasi hidropis.

2.11 Integrasi Keislaman

Al-Quran mengisyaratkan dengan tegas untuk tidak melakukan kerusakan di muka bumi, kelalaian manusia itu sendiri yang mengakibatkan kerugian. Surat Ar-Rum Ayat 41,

ظَهَرَ الْفَسَا دُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَ يْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ. (٤١)

"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbustan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)" (QS. Ar-Rum : 41)

Menurut Isma'il ibn Kasir al-Qurasyi al-Dimasyqi (1978) dalam Fauziati (2011) ditinjau dari *asbab al nuzul* surat Ar-Rum ayat 41, Abul Aliyah menyampaikan bahwa barang siapa yang berbuat durhaka kepada Allah di bumi, berarti dia telah berbuta kerusakan di bumi, karena terpeliharanya kelestarian bumi dan langit adalah dengan ketaatan.

Sesudah Allah menjelaskan bahwa timbulnya kerusakan sebagai akibat dari perbuatan tangan manusia sendiri, lalu Dia memberikan petunjuk kepada mereka, bahwa orang-orang sebelum mereka pernah melakukan hal yang sama seperti apa yang telah dilakukan oleh mereka. Akhirnya mereka tertimpa azab dari sisi-Nya, sehingga mereka dijadikan pelajaran untuk orang-orang yang sesudah mereka dan sebagai perumpamaan-perumpamaan bagi generasi selanjutnya (Fauziati, 2011).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan keterangan para ahli tafsir dapat dilihat bahwa timbulnya kerusakan alam atau lingkungan hidup merupakan sebagai akibat ulah manusia. Terjadinya pencemaran lingkungan seperti kandungan logam berat yang mempengaruhi keseimbangan alam akan kembali ke manusia itu sendiri. Karena manusia sebagai khalifah di bumi namun tidak melaksanakan tanggung jawabnya dengan baik. Jika manusia bersikap bijak terhadap lingkungan hidup sesuai tuntunan Allah dapat dipastikan bahwa manusia tidak akan ditimpa malapetaka akibat ulahnya sendiri .

Surat al-A'raf Ayat 56

وَلاَتُفْسِدُواْ فِي الأَرْضِ بَعْدَ إِصْلاَحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفاً وَطَمَعاً إِنَّ رَحْمَتَ اللهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ (٥٦)

"Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan" (QS al-A'raf ayat 56).

Kelestarian alam adalah upaya melestarikan kemampuannya sehingga selalu serasi dan seimbang. Dengan demikian, pelaksanaan tugas manusia kekhalifahan (pembangunan) tidak boleh mengakibatkan terganggunya keserasian dan keseimbangan yang menjadi ciri alam sejak diciptakannya. Namun apabila ketika proses melaksanakan tugas kekhalifahan itu terjadi dampak yang kurang baik, maka segera harus dilakukan upaya untuk meniadakan atau setidaknya mengurangi sebisa mungkin dampak negative tersebut (Fauziati, 2011).

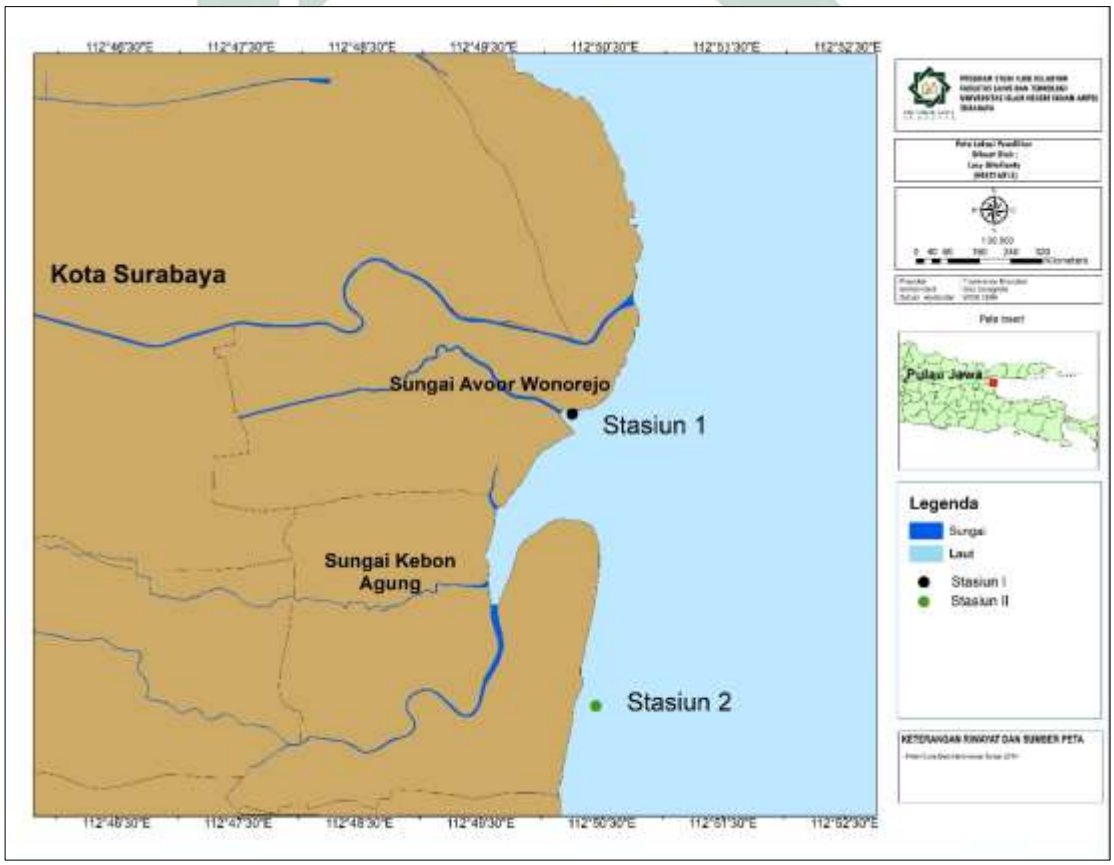
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – April 2020. Pengambilan sampel dilakukan pada dua stasiun di perairan Wonorejo Surabaya meliputi air, sedimen dan ikan dengan masing-masing tiga kali pengambilan. Analisis logam berat Pb dan Cu dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Dan Konsultasi Industri Surabaya serta analisis histologi dilakukan di Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Surabaya I. Parameter pendukung kualitas air diukur secara *in situ*.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.2 Alat dan Bahan

A. Alat

1. Alat pengambilan sampel di lapangan

Tabel 3. 1 Alat pengambilan sampel di lapangan

No	Alat	Kegunaan
1	Jaring	Untuk mengambil sampel ikan
2	Sekop	Untuk mengambil sampel sedimen
3	Botol kaca	Untuk mengambil sampel air
4	GPS	Untuk menentukan titik koordinat stasiun
5	D.O meter	Untuk mengukur kadar oksigen terlarut dan suhu perairan
6	*Hand refractometer*	Untuk mengukur kadar salinitas perairan
7	pH paper	Untuk mengukur kadar pH perairan
8	Sterofoam	Untuk menyimpan sampel air, sedimen, ikan agar dalam suhu rendah
9	Plastik clip	Untuk menyimpan sampel sedimen dan ikan

2. Alat pengujian histopatologi

Tabel 3. 2 Alat pengujian histopatologi

No	Alat	Kegunaan
1	Botol kecil	Untuk meletakkan organ target
2	Pisau bedah	Untuk mengambil organ target pada sampel ikan
3	*Microtome*	Untuk memotong jaringan
4	Mikroskop	Untuk mengamati hasil sediaan
5	*Tissue processor*	Merupakan pemrosesan jaringan untuk mencegah jaringan mengalami pembusukan
6	Wax dispenser	Untuk proses pembenaman jaringan pada paraffin wax

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7	Block mold	Sebagai cetakan pada proses pembenaman jaringan
8	*Tissue cassette*	Sebagai tempat peletakan jaringan yang siap dipotong
9	*Water bath*	Untuk meregang jaringan yang telah dipotong sebelum diletakkan pada preparat
10	Kaca preparat	Untuk meletakkan jaringan untuk selanjutnya diwarnai
11	*Staining jar*	Untuk meletakkan sediaan pada proses pewarnaan
12	Kaca penutup preparat	Untuk menutup hasil sediaan

B. Bahan

1. Bahan pengujian histopatologi

Tabel 3. 3 Bahan pengujian histopatologi

No.	Bahan	Fungsi
Bahan Fiksasi		
1	Larutan Davidson	Untuk fiksasi jaringan target
Bahan *Tissue Processing*		
2	Alkohol 70%	Alkohol bertingkat untuk penarikan jaringan
3	Alkohol 85%	
4	Alkohol 100%	
5	Xylen	Untuk melarutkan paraffin pada proses infiltrasi agar diperoleh jaringan yang jernih
6	Paraffin wax	Untuk memadati rongga-rongga pada jaringan
Bahan *Tissue Embedding*		
7	Paraffin Wax	Untuk penanaman jaringan
Bahan *Stainning* (Pewarnaan)		
8	Xylen	Untuk melarutkan paraffin pada jaringan
9	Alkohol 100%	Untuk memasukkan air ke dalam jaringan.
10	Alkohol 95%	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

11	Aquades	Air akan mengisi rongga-rongga jaringan yang ksosong
12	Larutan Hematoxilin	Untuk memberi warna pada inti dan sitoplasma pada jaringan
13	Acid Alkohol	Untuk mengurangi warna biru pada inti dan menghilangkan warna biru pada sitoplasma
14	Larutan Eosin	Untuk memberi warna merah pada sitoplasma sel
Bahan *Mounting*		
15	Entellan	Untuk mengawetkan jaringan yang telah diwarnai

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibuat sebagai gambaran umum sebuah penelitian, disajikan pada diagram alir Gambar 3.2

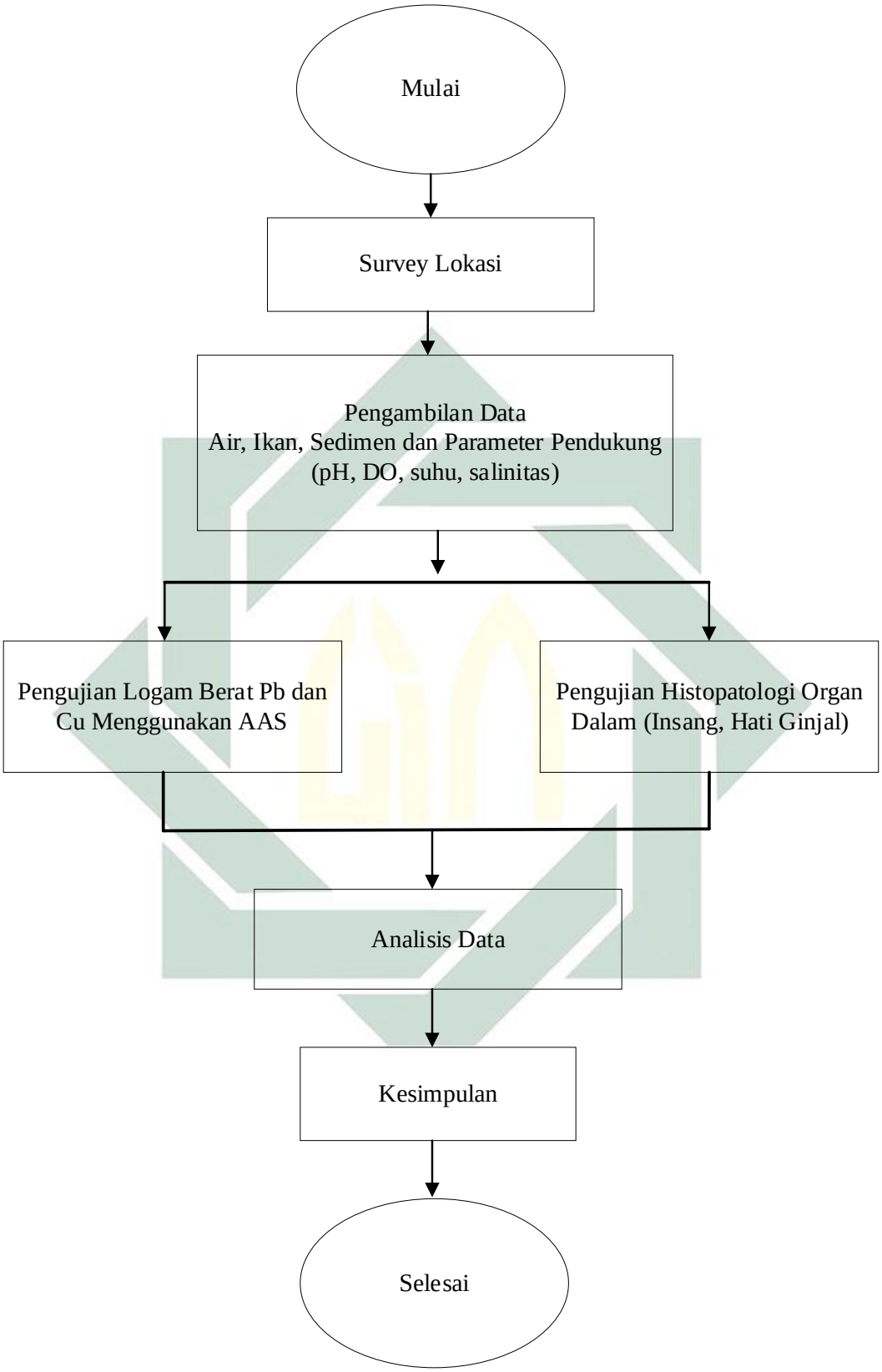
3.4.1 Pengambilan Sampel Air, Sedimen, Ikan

Pengambilan jumlah sampel ditentukan tergantung jumlah sampel, minimal yang diperlukan pada konsentrasi analisis logam berat. Volume sampel harus cukup untuk setiap analisis di laboratorium.

Tabel 3. 4 Parameter, metode atau alat yang digunakan untuk analisa kualitas air

Parameter	Satuan	Metode/Alat	Pengukuran
Fisik			
Suhu	ºC	D.O meter	*In situ*
Kimia			
Salinitas	Ppm	Refraktometer	*In situ*
pH	-	pH paper	*In situ*
DO	Mg/l	D.O meter	*In situ*
Logam Berat			
Timbal	Ppm	AAS	Laboratorium
Tembaga	Ppm	AAS	Laboratorium

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

A. Sampel Air

Sampel air diambil menggunakan botol sejauh 30cm di bawah permukaan air sebanyak 500ml. Pengambilan sampel air dilakukan tiga kali pengulangan pada masing-masing stasiun, selanjutnya dimasukkan dalam *cool box* agar tidak terjadi perubahan secara biologis dan kimiawi.

B. Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan sekop. Sedimen diambil sebanyak ±250g dengan tiga kali pengulangan dari setiap stasiun dan dimasukkan ke dalam kantong plastik kemudian disimpan dalam *cool box*. Setiap kantong plastik diberi label sesuai dengan stasiun masing-masing untuk dianalisis di laboratorium.

C. Sampel Ikan

Pengambilan sampel ikan dilakukan di wilayah perairan Wonorejo Surabaya. Sampel ikan diambil menggunakan alat tangkap *jaring* dengan mata jaring berukuran 1 $^{1}/_{4}$ inch. Sampel ikan dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk selanjutnya dilakukan proses nekropsi.

3.4.2 Pengujian Logam Berat Pada Air, Sedimen, Daging Ikan

A. Sampel Air

Analisis kandungan logam berat pada air dilakukan dengan menyaring air kemudian diawetkan di dalam *cool box* kemudian siap dianalisis dengan AAS. Pengujian timbal (Pb) menggunakan metode SNI 06-6989.8-2004 sedangkan tembaga (Cu) dengan metode SNI 6989.6:2009.

B. Sampel Sedimen

Pengukuran kandungan logam berat dalam sedimen dilakukan dengan menggunakan AAS. Pengujian timbal (Pb) menggunakan metode SNI 06-6992.3-2004 sedangkan tembaga (Cu) dengan metode SNI 06-6992.5-2004.

C. Sampel Ikan

Penentuan konsentrasi logam berat dilakukan dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometric)*. Sampel

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ikan yang masih segar dicuci menggunakan aquades. Pengujian timbal (Pb) menggunakan metode SNI 6989.6:2009 sedangkan tembaga (Cu) dengan metode SNI 01-2354.13:2013.

3.4.3 Pembuatan Preparat Histologi

Pembuatan preparat histopatologi terdapat beberapa langkah (Genten, *et al*., 2009) antara lain :

A. Nekropsi

Sampel ikan diamati kelainan patologinya secara makroskopis kemudian diukur panjang dan bobot ikan. Nekropsi dilakukan dengan mematikan ikan terlebih dulu dengan memutuskan sambungan otak dengan sumsum tulang belakang. Ikan diletakkan pada nampan dengan posisi kepala di sebelah kiri dan perut ikan mengarah ke bawah. Gunting dari lubang anus mengarah ke depan atau kepala, sepanjang bagian ventral ikan hingga melewati diantara kedua sirip ventral. Pada kondisi tersebut dapat dilihat beberapa organ dalam, kemudian diambil organ target.

B. Fiksasi

Organ target yang telah diambil dimasukkan ke dalam larutan Davidson selama 24 jam. Larutan Davidson merupakan larutan fiksasi yang terbuat dari ethanol 95%, acetic acid, formalin dan aquades. Diharapkan proses fiksasi dilakukan agar tidak terjadi perubahan *post-mortem* (pasca mati) pada jaringan sehingga bagian padat dan cair dari protoplasma tetap terpisah, merubah bagian-bagian sel agar menjadi bahan-bahan yang tidak larut pada setiap proses berikutnya. Sel terhindar dari pengerutan ketika dimasukkan dalam alcohol ataupun paraffin panas, meningkatkan retraksi jaringan sehingga visibilitasnya naik dan mudah diwarnai.

C. *Tissue Processing*

Processing jaringan meliputi dehidrasi atau penarikan air, *clearing* atau penjernihan dan infiltrasi atau perendaman.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Dehidrasi

   Yaitu proses penarikan air dari jaringan menggunakan alcohol bertingkat dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi (absolute) yaitu 70%, 85%, 85%, kemudian alkhohol absolut tiga kali pengulangan masing-masing 2 jam.

2. Clearing

   Dilakukan penjernihan dengan menggunakan larutan xylene tiga kali pengulangan masing-masing 2 jam. Xylene mudah bercampur dengan alcohol yang berasal dari proses dehidrasi. Proses clearing dapat melarutkan paraffin pada proses infiltrasi sehingga diperoleh jaringan yang jernih dan bersih tanpa kotoran ataupun artefak yang dapat mengganggu proses pembacaan

3. Infiltrasi

   Setelah dilakukan proses clearing, selanjutnya jaringan direndam ke dalam paraffin cari sehingga rongga-rongga jaringan dipadati paraffin

D. Embedding

Embedding merupakan penanaman jaringan dalam paraffin cair menggunakan *block mold*. Letak jaringan diatur agar tetap berada di tengah-tengah cetakan. Paraffin cari terus ditambah menggunakan wax dispenser hingga cetakan penuh dan dibiarkan mengeras. Pelebelan sangat penting agar jaringan tidak tertukar.

E. Sectioning atau Pemotongan

Pemotongan dilakukan menggunakan mikrotom setebal 3µm lalu di apungkan pada *waterbath* berisi air hangat (45°). Air harus dalam keadaan hangat agar potongan jaringan terbentang dengan baik. Lalu dilekatkan pada objek glass dan di letakkan pada *slide drying bench* hingga kering. Proses peletakan harus

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

cermat dan hati-hati supaya tidak ada rongga udara yang menghalangi.

F. Pewarnaan

Sediaan atau objek glass kemudian diwarnai menggunakan pewarnaan Harris's Hematoxilin dan Eosin.

G. Mounting

Setelah preparat kering kemudian diberi perekat yaitu *entellan*, lalu ditutup dengan kaca penutup. Biarkan hingga benar-benar kering.

H. Pengamatan

Setelah proses pewarnaan selesai maka preparat histologi sudah dapat diamati. Untuk mengamati digunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran objektif 4x, 10x dan 100x. Selanjutnya hasil pengamatan dievaluasi secara deskriptif.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Logam Berat

Nilai kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) yang digunakan adalah nilai rata-rata dan telah dihitung standar deviasi kemudian dianalisis secara deskriptif yaitu membandingkan hasil pengujian dengan standar yang telah ditetapkan (Tabel 3.5).

Tabel 3. 5 Baku mutu logam berat

Logam	Baku Mutu[a] dan *Guideline*[b]		
	Air (KEPMEN LH No. 51 Th 2004)[a]	Sedimen (ANZECC/ ARMCANZ, 2000a)[b]	Ikan (SNI 7387:2009)[a]
Timbal (Pb)	0,008 mg/l	50 mg/kg	0,3 mg/kg
Tembaga (Cu)	0,008 mg/l	65 mg/kg	0,3 mg/kg

Standar deviasi juga disebut dengan simpangan baku untuk mengukur seberapa baik mean mewakili data. Jika nilai standar deviasi jeuh lebih besar dibandingkan nilai mean maka nilai mean

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

merupakan representasi yang buruk dari keseluruhan data. Sebaliknya jika nilai standar deviasi semakin dekat dengan nilai mean maka nilai mean merupakan representasi yang baik dan dapat digunakan sebagai representasi dari keseluruhan data. Jika nilai standar deviasi = 0 maka mean seluruh data adalah serupa. Berikut merupakan rumus standar deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Keterangan

S : Standar deviasi

X_i : Mean data yang diobservasi

$\bar{x}$: Mean data keseluruhan

n : Jumlah sampel

3.4.2 Preparat Histologi

Hasil preparat masing-masing organ yaitu insang, hati dan ginjal yang terkontaminasi logam berat dianalisis secara deskriptif kualitatif yaitu membandingkan struktur mikroanatomi normal. Hal ini untuk mengetahui kerusakan yang terjadi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas Perairan Wonorejo

Data kualitas air diperoleh dari dua stasiun, parameter kualitas air yang diukur adalah suhu, pH, salinitas, dan DO. Setiap parameter dilakukan pengujian sebanyak tiga kali pengulangan. Data kualitas air dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Kualitas perairan

Parameter	Stasiun				Baku Mutu (KepMen LH No. 51 Tahun 2004)
	1	Standar Deviasi	2	Standar Deviasi	
Suhu (ºC)	30,1	0,3	30,87	0,5	28 - 32
pH	7,33	0,2	7,14	0,09	7 - 8,5
Salinitas (ppm)	10	0	15	0	s/d 34
DO (mg/l)	5,1	0,06	5,9	0,06	>5

Berdasarkan hasil pengukuran, keempat parameter menunjukkan nilai yang sesuai dengan baku mutu kualitas perairan menurut KepMen LH No. 51 Tahun 2004. Nilai standar deviasi lebih kecil dari dari rata-rata pengukuran parameter hal ini mengindikasikan bahwa hasil yang cukup baik. Perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada Lampiran 3.

A. Suhu

Salah satu parameter untuk mempelajari transformasi dan penyebaran polutan yang masuk ke dalam lingkungan adalah dengan mengetahui suhu. Berdasarkan hasil pengukuran suhu air laut yang dilakukan selama pengamatan menunjukkan pada Stasiun 1 dengan rata-rata 30,1ºC dan Stasiun 2 dengan rata-rata 30,87ºC (Tabel 4.1).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Perbedaan suhu pada kedua lokasi tidak terlalu signifikan. Nilai temperature lebih dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel dan keadaan lokasi ketika pengambilan sampling. Kondisi ini masuk dalam standar baku mutu KepMen LH No. 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut. Suhu air laut di suatu perairan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti radiasi sinar matahari, letak geografis perairan, sirkulasi arus, kedalaman laut, angin dan musim (Patty, 2013). Bagian permukaan perairan memiliki kaitan erat dengan pemanasan matahari dan besarnya intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan. Tingginya intensitas penyinaran menyebabkan penyerapan panas ke dalam air laut menjadi lebih tinggi, sehingga suhu air pada kondisi maksimum.

Peningkatan dan penurunan suhu pada perairan sangat berpengaruh terhadap biota perairan dan kondisi ekstrim mampu mengakibatkan kematian. Kisaran suhu yang baik bagi kehidupan biota akuatik adalah antara 20-30ºC (Effendi, 2003). Maka, suhu perairan di lokasi penelitian sangat mendukung kehidupan organisme yang hidup di dalamnya. Menurut Pandaunan (2015) parameter suhu juga mempengaruhi toksisitas logam berat, semakin tinggi suhu suatu perairan maka kelarutan logam berat akan semakin tinggi. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Usman dkk (2015) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat tertinggi ditemukan pada suhu 38ºC, sedangkan konsentrasi logam berat terendah juga dijumpai pada suhu yang lebih rendah. Hal ini berarti pengaruh peningkatan suhu berpengaruh terhadap peningkatan logam berat.

B. pH

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang menyatakan kandungan hydrogen yang larut dalam air. Nilai pH di perairan memiliki ciri yang khusus yaitu adanya keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hydrogen. Adanya karbonat, hidroksida dan bikarbonat dapat menaikan kebebasan air, sementara

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

adanya asam mineral bebas dan asam karbonat menaikan pH (Hutagaol, 2012).

Hasil pengukuran yang dilakukan selama pengamatan menunjukkan nilai rata-rata pH di perairan Wonorejo pada Stasiun 1 yaitu 7,33 dan Stasiun 2 yaitu 7,14 (Tabel 4.1). Kisaran pH pada kedua stasiun ini masih sesuai untuk kehidupan biota laut karena masih pada kisaran standar baku mutu KepMen LH No. 51 Tahun 2004 untuk parameter pH yaitu 7-8,5. Organisme perairan mempunyai kemampuan toleransi yang berbeda terhadap perubahan pH di perairan. Kematian lebih sering diakibatkan karena pH yang rendah dibanding pH yang tinggi. Batas toleransi organisme perairan terhadap pH bervariasi dan dipengaruhi banyak faktor antara lain suhu, oksigen terlarut (DO), alkanitas, adanya berbagai anion dan kation, jenis dan stadia organisme. Nilai pH >7, nilai ini menyatakan bahwa pH air lebih bersifat alkalis. pH alkalis mendukung terjadinya laju dekomposisi pada suatu perairan. Adanya pH air bersifat alkalis akan terjadi peningkatan laju dekomposisi maka akan berdampak dengan menurunnya nilai oksigen terlarut (DO) suatu perairan (Rangkuti, 2009).

pH dapat mempengaruhi kandungan unsur ataupun senyawa kimia yang terdapat di perairan, diantaranya mempengaruhi kandungan logam berat yang ada di perairan. Menurut Palar (2004) kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam dalam air karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air lalu akan mengendap membentuk lumpur sehingga toksisitas dari logam berat akan meningkat bila terjadi penurunan pH. Kandungan pH yang rendah juga dapat disebabkan pengaruh muatan organic dari aktifitas penduduk atau limbah rumah tangga dari darat yang dibawa melalui aliran sungai, selain itu pH akan semakin meningkat ke arah laut lepas (Yanti, 2016).

C. Salinitas

Salinitas memiliki peranan penting dalam mendukung kehidupan biota perairan. Kadar salinitas pada perairan laut bervariasi terhadap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

geografis dan waktu, dimana peningkatan salinitas disebabkan oleh adanya evaporasi dan hasil dari pembekuan es laut, penurunan salinitas disebabkan oleh adanya presipitasi dan masukan air tawar dari sungai (Saraswati, et al., 2017).

Hasil pengukuran salinitas menunjukkan nilai rata-rata pada Stasiun 1 10$^{o}/_{00}$ dan pada Stasiun 2 yaitu 15$^{o}/_{00}$. Vernberg dan Venderg (1977) dalam Kadang (2005) menyampaikan konsentrasi salinitas pada perairan dibagi menjadi empat kategori yaitu *hiperhaline, euhaline, mixohaline,* dan *limnetic water. Hiperhaline* merupakan perairan dengan salinitas di atas 40 $^{o}/_{00}$, *euhaline* adalah perairan dengan salinitas 30-40 $^{o}/_{00}$, *mixohaline* adalah perairan dengan salinitas diantara 0,5-30 $^{o}/_{00}$ dan *limnetic* water merupakan perairan dengan salinitas lebih kecil dari 0,5 $^{o}/_{00}$. Berdasarkan kategori tersebut menunjukkan bahwa perairan Wonorejo tergolong daerah *mixohaline*. Pengaruh air dari daratan menyebabkan salinitas lebih rendah dari pada salinitas di laut lepas. Keberadaan nilai salinitas dalam distribusinya di perairan laut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adanya interaksi masuknya air tawar ke dalam perairan laut melalui sungai, juga dipengaruhi penguapan dan curah hujan.

Sebaran salinitas memiliki sifat yang berbanding terbalik dengan suhu, karena salinitas merupakan salah satu parameter oseanografi yang relatif konstan nilainya (Patty, 2013). Salinitas juga dapat mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan. Jika terjadi penurunan salinitas, maka akan menyebabkan terjadinya peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar (Rangkuti, 2009). Pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Masak & Rachmansyah (2002) pada penurunan salinitas dari 25 $^{o}/_{00}$ ke 20 $^{o}/_{00}$ dan 15$^{o}/_{00}$ untuk setiap waktu pengamatan menunjukkan penurunan yang relatif kecil, kemudian pada salinitas 10 ppt laju peningkatan akumulasi Pb semakin meningkat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

D. DO

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) menyatakan besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. DO dipengaruhi oleh suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer, selain itu juga berfluktuasi secara harian dan musiman. Hal ini tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke perairan (Hutagaol, 2012).

Berdasarkan hasil pengukuran DO, rata-rata nilai DO pada Stasiun 1 yaitu 5,1 Mg/l dan pada Stasiun 2 yaitu 5,9 Mg/l. Konsentrasi DO selama pengamatan berada di atas standar baku mutu KepMen LH No. 51 Tahun 2004 yaitu harus lebih besar dari 5 Mg/l untuk kehidupan biota laut. Mengacu pada baku mutu tersebut bahwa kandungan oksigen terlarut tergolong baik dan mendukung kehidupan biota laut. Oksigen sangat dibutuhkan oleh biota akuatik karena digunakan pada proses metabolism maupun respirasi.

Keberadaan oksigen dapat mempengaruhi keberadaan dan toksisitas logam berat. Semakin rendah oksigen, maka daya racun logam berat umumnya semakin tinggi. Semakin rendah oksigen, maka daya racun logam berat akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Hutomo, *et al.* (2016) pada 10 titik lokasi sampling dengan kadar oksigen terendah memiliki konsentrasi logam berat yang tertinggi. Semua logam berat dapat menimbulkan pengaruh yang negative terhadap organisme perairan pada batas dan kadar tertentu. Hal ini dipengaruhi oleh jenis logam, pengaruh interaksi antar logam dan jenis racun lainnya, spesies hewan, daya permeabilitas organisme, dan mekanisme detoksikasi serta pengaruh lingkungan seperti suhu, pH, dan oksigen (Rangkuti, 2009).

4.2 Kandungan Timbal Pada Air, Sedimen dan Daging Ikan Belanak

4.2.1 Kandungan Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen dan Daging Ikan Belanak

Konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada ketiga sampel baik air, sedimen dan daging ikan belanak disajikan pada Tabel 4.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 2 Kandungan logam berat Pb

Sampel	Stasiun				Baku Mutu[a] dan *Guideline*[b]	Keterangan
	1	Standar Deviasi	2	Standar Deviasi		
Air (mg/l)	0,63	0,02	0,56	0,01	0,008[a]	KEPMEN LH No. 51 Th 2004
Sedimen (mg/kg)	2,64	0,01	2,41	0,01	50[b]	ANZECC/ ARMCANZ, 2000a
Ikan (mg/kg)	0,42	0,01	0,38	0,02	0,3[a]	SNI 7387:2009

Pengukuran logam berat Pb pada sampel air dan ikan di perairan Wonorejo menunjukkan telah melebihi baku mutu. Nilai standar deviasi lebih kecil dari dari rata-rata pengukuran logam berat Pb hal ini mengindikasikan bahwa hasil yang cukup baik. Perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil penelitian yang dilakukan Rachma (2011) di perairan Kenjeran yang lokasinya berdekatan dengan Wonorejo juga menunjukkan mengandung logam timbal. Kandungan logam berat Pb di Kenjeran pada air laut sebesar 0,22 ppm dan pada sedimen sebesar 0,39 mg/kg. Lokasi yang sama di Kenjeran pada penelitian Nadifa (2013) konsentrasi logam Pb dalam ikan sembilang yaitu sebesar 0,3010ppm.

Hasil pengukuran yang didapatkan logam berat timbal dalam air telah melebihi batas toleransi yang ditetapkan oleh KEPMEN LH No. 51 Th 2004 yaitu sebesar 0,008 mg/l. Tingginya kandungan timbal dalam air laut di perairan Wonorejo akan mengendap dan terakumulasi ke dalam sedimen. Ditunjukkan pada hasil pengukuran timbal pada sedimen jauh lebih besar dari konsentrasi dalam air (Tabel 4.2). Hal ini disebabkan adanya akumulasi yang terjadi secara terus-menerus sehingga kandungan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

logam berat dalam sedimen didapatkan lebih tinggi daripada dalam air. Logam berat yang melalui badan air akan melalui dua proses, diantaranya pengendapan dan absorpsi oleh organisme. Apabila konsentrasi logam lebih besar dari pada daya larut maka logam berat tersebut akan mengendap.

Parameter pH juga mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di perairan, pada Stasiun 1 pH sebesar 7,33 dan Stasiun 2 sebesar 7,14. Kandungan logam berat paling tinggi berada pada sampel sedimen didukung pernyataan Hart (1982) dalam Sukoasih, *et al.* (2016) kondisi pH mendekati normal (7-8) maka kelarutan logam berat cenderung stabil dan berikatan dengan anion, sehingga logam berat akan membentuk kompleks arganologam yaitu bentuk logam organik dan logam anorganik dan cenderung mengendap di dasar perairan. Penelitian R. *et al.* (2012) menunjukkan nilai pH stabil di kisaran 7,03-7,83 dan konsentrasi logam Pb dalam sedimen lebih tinggi daripada di air.

Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Erlangga, 2007). Sesuai dengan pernyataan Wang, *et al*. (2012) logam berat Pb memiliki reaktivitas butiran yang tinggi, dan mudah mengumpul bersama partikel, sehingga timbal akan berpindah ke sedimen dengan partikel ketika kecepatan aliran air lebih rendah. Tingginya kandungan logam berat pada sedimen juga dapat disebabkan karena kondisi penelitian Stasiun 1 dan Stasiun 2 merupakan daerah estuari yang terkena air tawar. Daerah estuari dan daerah pantai banyak mengandung bahan organik sehingga kandungan oksigen menjadi rendah. Hal ini menyebabkan daya larut logam berat menjadi rendah dan cenderung untuk mengendap (Supriharyono, 2000).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Logam timbal yang masuk ke perairan merupakan dampak dari aktivitas manusia dari berbagai bentuk. Menurut Humairo dan Keman (2017) dalam Agustina, *et al.* (2019) timbal sering ditemukan dalam limbah dari berbagai industry yang menggunakan Pb seperti industry cat, industry percetakan, baterai, dan limbah rumah tangga. Sumber pencemar lain selain kendaraan di darat yaitu perahu bermotor. Banyaknya perahu nelayan dari sungai di Wonorejo menuju muara diduga menjadi pemicu tingginya logam Pb akibat dari pemakaian bahan bakar yang mengandung timbal, sehingga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan timbal di perairan. Menurut Rusli (2015) dalam Rizkiana, *et al.* (2017) mengenai analisis timbal pada air dan sedimen di kawasan pelabuhan Aceh terdapat kandungan timbal (Pb) di dalam cat yang digunakan nelayan berfungsi untuk lebih cepat kering dan penghambat pengkaratan pada permukaan logam.

Saat musim hujan sebagian sungai mengalami banjir dan dalam keadaan tersebut memungkinkan penyebaran yang lebih luas dari logam berat, sehingga kontaminasi logam dalam air dan sedimen akan membawa dampak yang besar. Timbal *tetraetil* menguap ke udara, kemudian adanya hujan akan terbawa dan masuk ke dalam perairan (Paundanan, 2015). Hal ini sesuai dengan keadaan di lapangan saat pengambilan sampel yaitu saat musim hujan Menurut Palar (2012) dalam Permata, *et al.* (2018) timbal (Pb) masuk ke suatu perairan secara alami melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan dan proses korosifikasi dari batuan mineral akibat gelombang dan angin. Selanjutnya akan diserap oleh biota akuatik seperti ikan. Proses akumulasi Pb dalam jaringan ikan terjadi setelah proses absorpsi Pb dari air atau pakan yang terkontaminasi. Logam berat tersebut akan terbawa oleh system darah dan didistribusikan ke dalam jaringan, sehingga logam berat dalam air menimbulkan terjadinya proses akumulasi pada daging (Diana, *et al*., 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil pengujian logam Pb pada daging ikan belanak di Stasiun 1 rata-rata 0,42mg/kg dan Stasiun 2 sebesar 0,38mg/kg. Berdasarkan nilai tersebut diketahui ikan belanak telah terpapar logam timbal dan melebihi standar baku mutu SNI 7387:2009 untuk Pb pada ikan. Logam berat pada konsentrasi rendah dibutuhkan oleh organisme hidup untuk proses pertumbuhan dan perkembangan, namun ketika kadar meningkat, maka logam tersebut akan berubah menjadi racun. Logam Pb merupakan logam *non esensial* yang belum diketahui kegunaannya dalam tubuh makhluk hidup, namun kebaradaan timbal dalam tubuh dapat menggantikan logam esensial dalam aktivitas kerja enzim dan bersifat menghambat kerja enzim (Hidayah, *et al*., 2014).

Parameter lainnya yang mempengaruhi logam berat di perairan yaitu suhu. Suhu pada Stasiun 1 dan Stasiun 2 suhu menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dan sesuai untuk kehidupan biota perairan. John dan Joel (1995) dalam Hapsari (2017) mengatakan peningkatan konsentrasi logam berat akan terjadi dua kali lipat jika kenaikan suhu sebesar 10°C. Kenaikan suhu hanya terjadi sebesar 0,77 ^{o}C, sehingga konsentrasi logam berat tidak meningkat secara signifikan baik pada sampel air, sedimen maupun daging ikan belanak. Tingkat reaksi kimia sangat sensitive terhadap perubahan suhu dan dapat mempengaruhi kuantitas logam berat yang diserap oleh ikan.

Konsentrasi logam berat dalam biota akuatik umumnya akan bertambah dari waktu ke waktu karena bersifat bioakumulatif, sehingga biota air dapat digunakan sebagai indicator pencemaran. Kandungan logam berat total pada tubuh ikan dipengaruhi oleh kandungan logam berat pada organ-organ target ikan seperti ginjal, hati dan insang. Ikan memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat tiap-tiap jaringan yang menunjukkan perbedaan yang signifikan (Mulyani, *et al*., 2016). Mader (1996) dalam Puspitasari (2007) menyampaikan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

biomagnifikasi mengacu pada kecenderungan polutan untuk terkonsentrasi dan berpindah dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik selanjutnya, sehingga melibatkan rantai makanan sebagai penghubungnya. Penelitian Diana, *et al*. (2017) menunjukkan ikan yang lebih besar dengan tingkat trofik yang lebih tinggi memiliki kadar logam Pb yang lebih banyak dibanding ikan kecil. Ikan dengan bobot yang >1000gr lebih banyak mengandung Pb dibanding ikan dengan bobot <1000gr. Biomagnifikasi logam berat Pb ditunjukkan telah terjadi di Teluk Totok pada penelitian Rumampuk & Warouw (2015), karena telah terdeteksi logam timbal pada plankton sebesar 0,1mg/kg dan pada gastropoda sebesar 1,6mg/kg sehingga telah melampaui batas maksimum SNI 7387:2009.

4.2.2 Kandungan Tembaga (Cu) Pada Air, Sedimen dan Daging Ikan Belanak

Berdasarkan hasil pengukuran kandungan logam berat Cu dalam air, sedimen dan daging ikan belanak disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kandungan logam berat Cu

Sampel	Stasiun				Baku Mutu[a] dan *Guideline*[b]	Keterangan
	1	Standar Deviasi	2	Standar Deviasi		
Air (mg/l)	1,02	0,01	0,88	0,01	0,008[a]	KEPMEN LH No. 51 Th 2004
Sedimen (mg/kg)	5,96	0,09	5,11	0,01	65[b]	ANZECC/ ARMCANZ, 2000a
Ikan (mg/kg)	1,17	0,02	1,05	0,01	0,3[a]	SNI 7387:2009

Nilai standar deviasi lebih kecil dari dari rata-rata pengukuran logam berat Cu hal ini mengindikasikan bahwa hasil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang cukup baik. Perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil penelitian yang dilakukan Fitriyah, *et al.* (2013) di sungai Surabaya menunjukkan kandungan tembaga pada angka 0,37-0,81 mg/l dan telah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, sedangkan pada sedimen berkisar antara 27,58-77,29 mg/kg. Kandungan logam berat Cu pada Tabel 4.3 menunjukkan pada sampel air dan ikan telah melebihi standar baku mutu ditetapkan menurut KepMen LH No. 51 Tahun 2004 yaitu 0,008mg/l untuk air dan SNI 7387:2009 yaitu 0,3 mg/kg untuk ikan, sedangkan konsentrasi tertinggi ada pada sampel sedimen namun masih di bawah *guidelines* untuk sedimen yaitu Anzecc & Armcanz Tahun 2000a sebesar Cu 65mg/kg. Menurut Bryan (1976) dalam Roza & Muhelni (2019) konsentrasi Cu terlaut dalam air laut sebesar 0,01 mg/l dapat menyebabkan kematian fitoplankton. Hal tersebut disebabkan daya racun Cu telah menghambat aktivitas enzim saat pembelahan sel fitoplankton. Kadar Cu sebesar 2,5-3,0 mg/kg dalam perairan dapat membunuh ikan-ikan.

Keberadaan logam berat di wilayah perairan Wonorejo ini dimungkinkan karena wilayah ini dekat dengan permukiman sehingga memiliki potensi resiko tercemar bahan-bahan berbahaya, termasuk logam berat. Pemukiman di wilayah Wonorejo menjadi salah satu akibat adanya logam berat di perairan tersebut. Salah satu potensi logam berat yang terdapat pada buangan limbah rumah tangga ke badan perairan. Limbah rumah tangga dari pesisir umumnya ditemukan dalam bentuk sampah, adanya air kakus (*black water*), dan adanya air buangan dari berbagai aktivitas domestik lain (*grey water*) (Prasetio, *et al*., 2016). Hasil penelitian Sari et. al. (2017) yang sebelumnya dilakukan di perairan Wonorejo menunjukkan konsentrasi Cu yang terlarut pada badan air tergolong tinggi yaitu sebesar 0,071-0,091 ppm dan telah melebihi baku mutu. Kandungan logam berat tersebut berfluktuasi seiring bertambahnya kedalaman. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

logam berat Cu dalam air yang berdampak pada sedimen dan biota di perairan tersebut.

Konsentrasi logam berat Cu dalam air dan sedimen menunjukkan bahwa logam berat pada sedimen jauh lebih tinggi dibandingkan pada air (Tabel 4.3). Reaktivitas partikulat Cu tergolong lemah, dan cenderung untuk membentuk beberapa senyawa stabil, sehingga dapat terlarut dalam air. Partisi Cu dikendalikan oleh beberapa hal dan reaksi kimia yang kompleks dengan organik terlarut di air laut (Wang, *et al*., 2012). Logam berat yang semula terlarut dalam air diabsorpsi oleh partikel halus dan oleh aliran air dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus di muara sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara, pada akhirnya menyebabkan konsentrasi logam berat dalam sedimen menjadi lebih tinggi. Terjadinya proses sedimentasi pada muara, dimana logam yang sukar larut mengalami proses pengenceran yang berada di air berangsur-angsur akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen (Mahardika and S. Salami, 2012). Menurut Rahmad (2006) bahwa peningkatan konsentrasi logam di sedimen juga sangat berkaitan dengan sifat logam yang mudah terendap membentuk sedimen serta bersifat kumulatif. Penelitian yang dilakukan Supriyantini & Soenardjo (2015) menunjukkan secara umum kandungan logam berat Pb dan Cu dalam air memiliki nilai yang rendah dibanding dengan dalam sedimen.

Konsentrasi logam berat Cu pada sedimen lebih tinggi dibandingkan logam berat Pb di kedua stasiun. Hal ini didukung hasil penelitian Dwiyitno, *et al.* (2008) bahwa kandungan logam berat Cu lebih tinggi dibandingkan Hg, Pb, dan Cd. Hal tersebut diduga karena senyawa Cu sangat labil di air dan lebih mudah membentuk kompleks organik ($CuCO_3$) yang kemudian mendendap dan berikatan dengan partikel pada sedimen. Hutagalung (1991) dalam Permata, *et al.* (2018) menyatakan bahwa kemampuan logam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berat untuk mengendap pada sediemn sesuai urutan adalah Hg>Cu>Ni>Pb>Co>Cd.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada logam berat Pb, pH pada Stasiun 1 sebesar 7,33 dan Stasiun 2 sebesar 7,14. Menurut Palar (2004) dalam Natadisastra, *et al.* (2018) ketika pH naik maka akan terjadi perubahan kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, dampak yang terjadi akan mengendap sehingga membentuk lumpur. Sesuai dengan hasil penelitian bahwa kandungan logam berat Pb dan Cu paling tinggi berada pada sampel sedimen.

Kandungan logam Cu pada daging ikan belanak yang diperoleh pada Stasiun 1 yaitu 1,17mg/kg dan Stasiun 2 sebesar 1,05mg/kg. Nilai-nilai tersebut menunjukkan kandungan logam berat Cu telah melebihi ambang batas standar baku mutu untuk ikan yang telah ditetapkan yaitu SNI 7387:2009 untuk Cu sebesar 0,3mg/kg. Tingginya kandungan logam berat pada daging ikan diduga akibat adanya akumulasi logam berat pada air dan sedimen.

Parameter suhu juga salah satu yang mempengaruhi kandungan logam berat, pada Stasiun 1 menunjukkan sebesar 30,1ºC dan Stasiun 2 30,87ºC dimana tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Suhu salah satunya dipengaruhi intensitas cahaya, pengukuran dilakukan saat siang hari menyebabkan penyinaran terjadi oleh cahaya matahari. Konsentrasi tembaga (Cu) tidak menunjukkan perbedaan yang tinggi pada lokasi penelitian baik Stasiun 1 dan 2. Menurut Lemus & Chung (1999) dalam Natadisastra, *et al.* (2018) bahwa logam berat tembaga lebih beracun dalam suhu yang tinggi. Kenaikan suhu akan mempengaruhi tingkat pemasukan dan pengeluaran logam berat pada perairan sehingga menyebabkan bioakumulasi total akan meningkat atau tidak.

Rachmadianti (2013) menyampaikan bahwa logam berat Cu merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun bagi ikan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dampak kronis tembaga pada ikan meliputi inhibis aktivitas enzim asetilkolinesterase, perubahan sel ginjal, pengurangan pertumbuhan, dan pengurangan respon imun. Menurut Tarigan dkk (2003) dalam Said, *et al.* (2014) menyatakan bahwa Cu merupakan unsur esensial, dalam kadar rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai enzim dalam proses metabolism tubuh dan sifat rancunnya akan muncul dalam kadar yang tinggi. Palar (2004) dalam Mu'nisa & Nurham (2010) juga menyampaikan logam berat Cu dibutuhkan organsime laut untuk pertumbuhan dan perkembangn hidupnya yaitu sebagai kofaktor kerja enzim. Salah satu sumber pencemar Cu berasal dari limbah cat, limbah perlistrikan, insektisida dan fungisida. Pernyataan tersebut sesuai dengan lokasi penelitian yaitu dilalui perahu-perahu nelayan, menurut Clark (1992) dalam Faiz, *et al.* (2013) bahwa logam berat Cu dipakai dalam bahan pengawet kayu dan cat anti karat pada lambung kapal.

Tembaga (Cu) adalah logam yang dapat diregulasi, maksudnya pada konsentrasi tertentu tidak diakumulasi terus menerus oleh organisme dan mampu dikeluarkan dari tubuh mereka. Cu terdapat dalam dua bentuk ionisasi Cu^{+} dan Cu^{2+} di dalam sel dan bentuk ini mampu bereaksi untuk membentuk radikal bebas. Bentuk ionisasi tembaga dalam Cu^{2+} lebih toksik dibanding Cu^{+}. Jumlah Cu dalam kedua bentuk ion tersebut jika yang terserap dalam jumlah normal, maka sekitar 93% dari serum_Cu berada dalam seruloplasma dan 7% lainnya dalam fraksi-fraksi albumin dan asam amino. Tahap selanjutnya darah membawa ion Cu ke dalam hati. Hati adalah tempat penyimpanan Cu terbesar yang diterima dari fraksi serum albumin. Ion Cu dari hati akan ditransportasikan ke empedu dan kemudian dikeluarkan kembali ke usus yang selanjutnya dibuang melalui feses (Pratiwi, *et al*., 2019). Menurut Akbar (2002) dalam Nurfitriani (2017) adanya tingkat akumulasi logam berat di dalam jaringan tubuh merupakan fungsi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

keseimbangan antara tingkat pengambilan (masuknya logam berat) dan tingkat ekskresi.

Peningkatan kelarutan tembaga dan jika melebihi ambang batas maka akan terjadi peristiwa *biomagnifikasi* terhadap biota perairan. Peristiwa *biomagnifikasi* dapat diidentifikasi melalui akumulasi tembaga dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi terjadi sebagai dampak dari terjadinya konsumsi tembaga dalam jumlah berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh (Darmono, 1995). Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh biota perairan dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi bagi biota terkait (Yudo, 2006).

Keberadaan logam Cu dalam tubuh ikan, menurut hasil penelitian Newman dan MC Intosh (1991) dalam Mulyani, *et al.* (2016) disebabkan karena logam berat terkandung dalam air sehingga ikan tidak dapat melakukan tindakan penghindaran dan menyebabkan logam berat masuk ke dalam tubuh ikan dan ditransportasikan ke seluruh bagian tubuh melalui aliran darah. Walaupun ditransportasikan ke seluruh bagian tubuh, namun logam berat tidak segera terakumulasi ke dalam otot, tetapi pemaparan dengan waktu yang cukup lama maka logam berat akan ditransportasikan ke dalam otot. Qiao-qiao, *et al*. (2007) menyampaikan, bioakumulasi logam berat pada ikan dapat menimbulkan resiko kesehatan terhadap manusia yang mengkonsumsinya. Hal ini disebabkan otot dan kulit merupakan bagian terbesar dari ikan yang dikonsumsi.

Ekosistem perairan sangat berbeda dengan ekosistem terestrial, ekosistem perairan dipersatukan oleh media air, dimana fitoplankton menjadi produsen primer. Media air menjadi pemersatu antar wilayah, arus yang berperan penting dalam penyebaran segala sesuatu yang terkandung di dalamnya. Maka demikian, sangat sulit

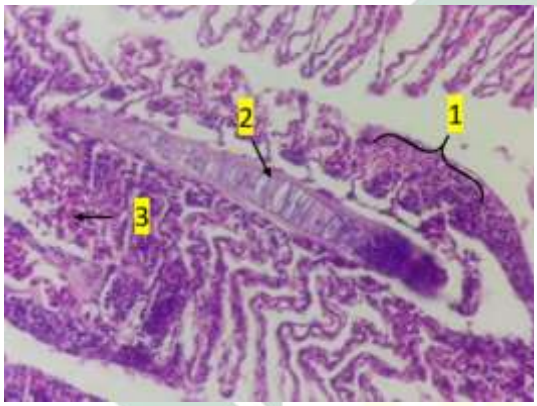
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

untuk memutus jalur penyebaran logam berat di alam sistem perairan (Puspasari, 2006).

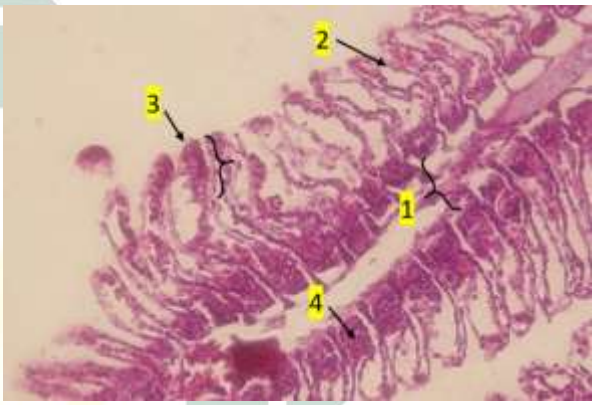
4.3 Kondisi Histopatologi Pada Organ Dalam Ikan Belanak

4.3.1 Organ Insang

Hasil analisa histopatologi terhadap organ insang, pada ikan belanak terlihat adanya kelainan atau perubahan pada organ tersebut baik pada stasiun 1 maupun stasiun 2. Analisa histopatologi dapat dilihat pada Gambar 4.1 hingga 4.5.



Gambar 4. 1 Histopatologi insang stasiun 1 (1) fusi lamella sekunder, (2) jaringan kartilago, (3) hemoragi (Dokumentasi penelitian, 2020)



Gambar 4. 2 Histopatologi insang stasiun 1 (1) lamella primer, (2) lamella sekunder mengalami kerusakan sehingga tidak beraturan, (3) telangiektasis, (4) hyperplasia (Dokumentasi penelitian, 2020)

Gambar 4. 3 Histopatologi insang stasiun 1 (1) degenerasi lamella (Dokumentasi penelitian, 2020)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Perubahan jaringan insang diduga akibat ikan telah terpapar logam berat yang ada di perairan Wonorejo. Insang pada ikan memiliki banyak fungsi, merupakan organ pernafasan utama pada kebanyakan teleost dan berperan penting dalam regulasi osmotic dan ionic, kesetimbangan asam basa, serta ekskresi nitrogen. Fungsi pernafasan bergantung pada luas permukaan dan ketebalan epitel lamella, peleburan darah pada insang dan kepadatan mucus (Almeida & Ribeiro, 2014). Perubahan yang terjadi pada insang ikan belanak yakni fusi, hemoragi, hyperplasia, telangiektasis dan degenerasi.

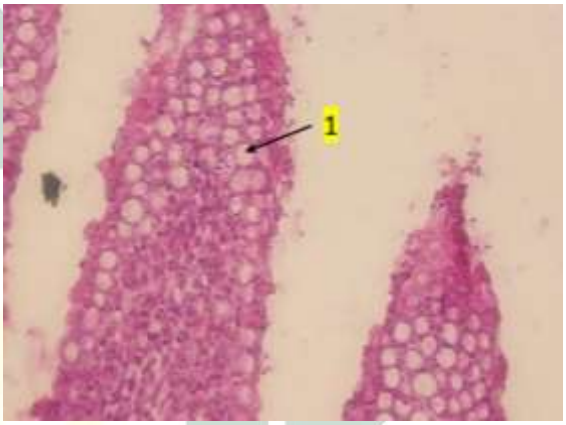
Berdasarkan hasil pengamatan pada struktur jaringan insang ikan belanak, dapat dikemukakan bahwa logam berat Pb dan Cu terbukti mempunya sifat toksik, dimana ditemukan hemoragi. Hemoragi terjadi apabila kongesti sudah sangat parah, maka pembuluh darah akan pecah dan darah berada pada tempat yang tidak semestinya atau terjadi pendarahan (Gambar 4.1). Hemoragi dapat dikenali dengan adanya titik darah dengan spot kecil maupun besar, sehingga dibagi menjadi dua yaitu hemoragi kecil dengan ditantai adanya pendarahan berbentuk titik darah yang tidak lebih besar dari ujung peniti dan disebut *ptechiae*, sedangkan hemoragi besar dengan spot yang agak besar di permukaan tubuh atau jaringan disebut ekimosis (Juanda & Edo, 2018).

Hyperplasia merupakan salah satu kerusakan jaringan yang ditandai dengan pertambahan ukuran sel yang mengakibatkan antara sel yang satu dengan sel yang lain saling lepas dan merupakan respon adaptif pertahanan tubuh terhadap benda asing (logam berat). Kerusakan yang terjadi seperti hyperplasia dikarenakan habitat ikan belanak yang telah tercemar oleh logam berat. Hal ini sesuai dengan penelitian Ningrum (2006) bahwa pada ikan belanak dengan konsentrasi Pb sebesar 0,983-2,831 mg/kg mengalami kerusakan hyperplasia yang terdapat oleh hampir seluruh lamella sekunder. Senyawa toksik masuk melalui insang, terdapat tiga proses utama

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

saat bahan toksik masuk dalam makhluk hidup. Pertama air melalui permukaan pernafasan contohnya insang, kedua dari air ke dalam permukaan dan ketiga dari makanan. Partikel air yang dicerna melalui pencernaan. Senyawa toksik yang larut menyebabkan iritasi pada insang dan lamella insang menjadi tertutup, sehingga menyebabkan fungsi insang terganggu dan proses pernafasan ikut terganggu (Susanah, *et al*., 2013).

Gambar 4. 4 Histopatologi insang stasiun 2 (1) fusi lamella sekunder, (2) hyperplasia, (3) kongesti, (4) telangiectasis (Dokumentasi penelitian, 2020)



Gambar 4. 5 Histopatologi insang stasiun 2 (1) proliferasi sel goblet (Dokumentasi penelitian, 2020)

Telengiektasis pada Gambar 4.3 dan 4.4 yang terjadi pada lamella sekunder akibat adanya pembendungan dan terjadi pembesaran atau pembengkakan pada lamella sekunder yang bersifat permanen sehingga tampak seperti gelembung balon. Menurut Juanda & Eko (2018) terjadinya teleangiektasis biasa dikaitkan dengan kurangnya nutrisi, pemaparan bakteri, virus, kerusakan mekanis, hingga cemaran logam berat.

Kongesti merupakan berlimpahnya darah dalam pembuluh darah sehingga kapiler darah membengkak. Hal ini disebabkan oleh kenaikan jumlah darah dan *vasodilatasi* pembuluh darah yang diakibatkan oleh timbulnya reaksi inflamasi setelah perubahan-perubahan struktur biokimia oleh logam berat (Alifia, 2013) . Kerusakan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 yaitu lamella

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sekunder mengalami nekrosis sehingga bentuknya sudah tidak beraturan dan tidak sempurna lagi. Logam berat yang masuk melalui insang akan menyatu dengan lendir insang, sesuai dengan pernyataan Sumardjo (2008) bahwa ikan akan mati lemas akibat kation logam berat dengan fraksi tertentu dalam lendir insang sehingga insang terselaputi gumpalan lendir logam berat.

Masuknya logam berat ke dalam insang menurut Palar (1994) dalam Fitriawan (2010), bersama-sama dengan ion-ion logam yang lain dan makanan yang telah terakumulasi logam berat, akan membentuk ion yang mampu larut dalam lemak. Ion tersebut mampu untuk melakukan penetrasi pada membrane sel insang sehingga ion logam tersebut akan masuk ke dalam insang. Selanjutnya akan terjadi proses hilangnya pengaturan volume pada bagian sel yaitu adanya penimbunan dalam rangka untuk menjaga kestabilan sel harus mengeluarkan energi metabolic untuk memompa ion keluar dari sel. Bahan kimia yang terserap ke dalam tubuh umumnya akan terikat dengan protein dan selanjutnya diangkut oleh darah ke salah satu titik penyimpanan seperti lemak atau hati untuk transformasi dan/atau penyimpanan. Jika diubah oleh organ hati, senyawa baru dapat disimpan di hati, diekskrsikan dalam empedu, atau disimpan dalam jaringan ekstrahepatik seperti lemak (Sihono, 2014).

Bahan pencemar yang terkandung dalam air secara langsung maupun tidak langsung akan ikut masuk ke dalam organ insang pada saat proses respirasi. Pb umumnya terakhumulasi pada berbagai organ contohnya insang, usus, lambung, gonad dan jaringan otot (Napitu, 2012). Hasil penelitian Erlangga (2007) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan logam Pb dalam organ insang maka juga semakin tinggi pada ginjal ikan. Keeratan hubungan organ insang dan ginjal ini diakibatkan oleh adanya proses fisiologis yang terjadi dalam tubuh ikan tersebut. Fungsi organ insang sebagai filter yang pertama dalam masuknya bahan

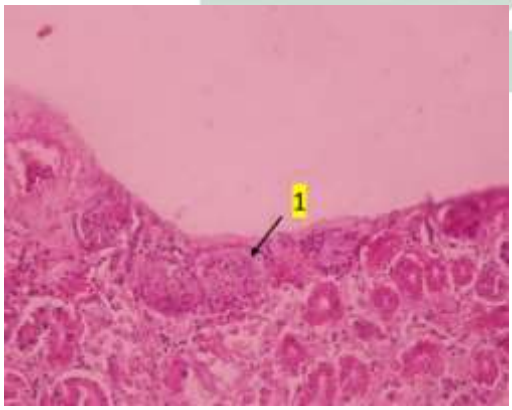
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pencemar selanjutnya jika tidak mampu disaring oleh insang akan diekskresikan oleh ginjal. Hal ini disebabkan ginjal berfungsi mengekskresikan bahan yang tidak dibutuhkan oleh tubuh.

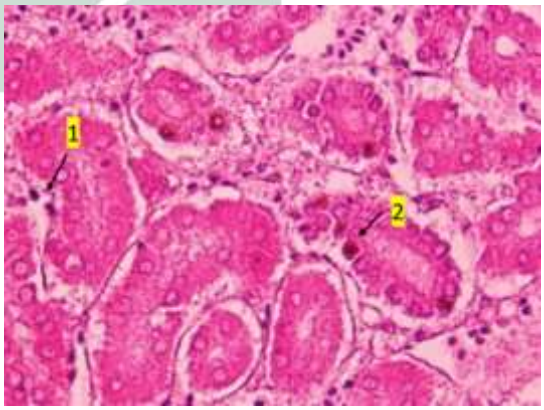
Menurut Darmono (2001) dalam Hidayah, *et al.* (2014) pada jaringan ikan ditemukan bahwa akumulasi logam dari yang besar ke kecil adalah hati>ginjal>insang>otot. Paparan Cu pada ikan akan mengubah lamella insang (Nisurahmah, 2014). Hal ini ditunjukkan pada hasil penelitian ini yaitu fusi pada jaringan insang ditunjukan dengan meleburnya dua jaringan atau lebih karena rusaknya jaringan epitel. Sel epitel pada setiap lamella mulai menyatu sama lain, lacuna juga mulai pecah mengakibatkan fungsi pernafasan mengalami kegagalan yang berpengaruh pada metabolisme tubuh ikan belanak. Terjadinya fusi lamella sekunder menyebaban fungsinya menjadi terganggu yaitu proses pengambilan oksigen (Sukarni, *et al*., 2012). Pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan kematian.

4.3.2 Organ Ginjal

Histopatologi organ ginjal pada ikan belanak terlihat adanya perubahan pada organ tersebut baik pada stasiun 1 maupun stasiun 2. Analisa histopatologi dapat dilihat pada Gambar 4.6 hingga 4.10.

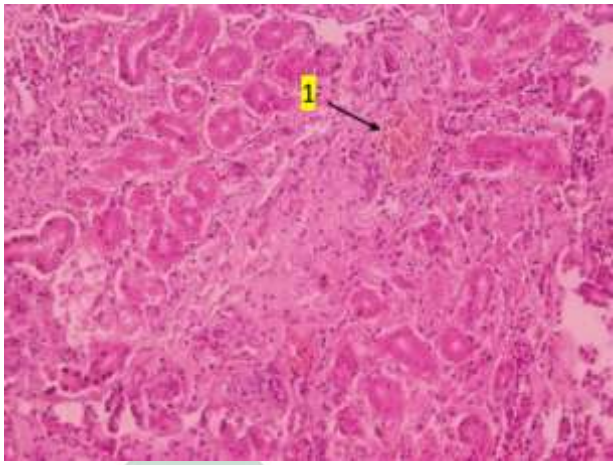


Gambar 4. 6 Histopatologi ginjal stasiun 1 (1) pembengkakan pada glomerulus disertai infiltrasi sel radang (limfosit) (Dokumentasi penelitian, 2020)



Gambar 4. 7 Histopatologi ginjal stasiun 1(1) bintik hitam (adanya mineralisasi), (2) piknotik (Dokumentasi penelitian, 2020)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 8 Histopatologi ginjal stasiun 1 (1) melano makrofag center (MMC) (Dokumentasi penelitian, 2020)

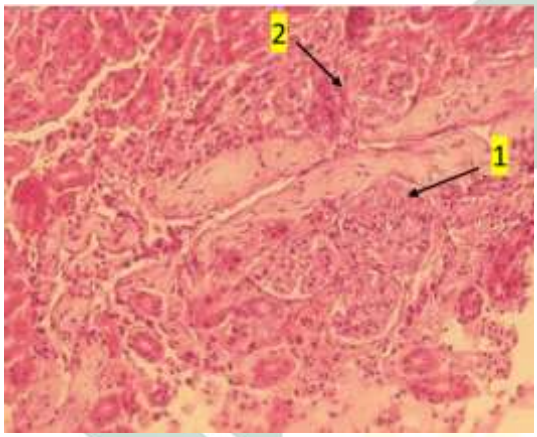
Sifat toksisitas dari logam berat yang mengakibatkan terakumulasi dalam tubuh hingga melebihi batas maksimal baik Pb maupun Cu. Histologi ginjal normal menunjukkan adanya glomerulus yang berbentuk bulat, tubuli-tubuli serta jaringan hematopoietic. Glomerulus akan nampak dikelilingi kapsula bowman yang terlihat seperti zona bening. Tubuli ginjal berbentuk seperti kue donat dengan corak bergaris, karena bagian basal sel dari tubuli ada mitokondria yang berderet-deret (Yuniar, 2009).

Gambar 4.7 menunjukkan ginjal terdapat bitnik hitam yang berarti mineralisasi. Mineralisasi merupakan indikasi adanya suatu bahan pencemar yang masuk ke tubuh ikan hingga mencapai ginjal. Bahan pencemar yang masuk ke dalam ginjal diduga dari kandungan logam berat. Pembengkakan pada glomerulus di Gambar 4.6 hingga menyebabkan kerusakan, disertai infitrasi sel radang (limfosit). Sel limfosit yang mengalami peradangan tersebut mengindikasikan bahwa pencemaran yang terjadi di perairan Wonorejo sudah berlangsung lama.

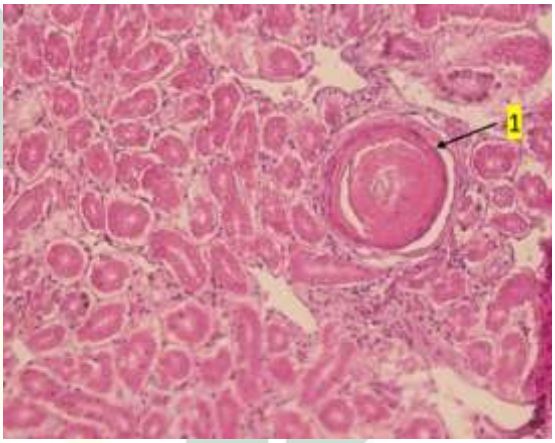
MMC atau *Melano Makrofag Center* pada Gambar 4.8 merupakan tahap reaksi peradangan dan adanya reaksi pertahanan tubuh pada ikan. Tubuh ikan memiliki kumpulan-kumpulan dari makrofag, yang kemudian dikenal dengan pusat melano makrofag (MMC). MMC melokalisir akumulasi makrofag-makrofag yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berisi hemosiderin, lipofuchsin dan ceroid sama seperti pigmen melanin. Fungsi melanin di dalam jaringan sendiri tidak jelas, hal ini mungkin didasarkan atas material radikal bebas yang stabil dari melanin dan kemampuannya untuk menetralkan reaksi radikal bebas. Kematian sel (nekrosis) yang berupa piknosis (Gambar 4.7) ditunjukkan dengan nucleus yang terlihat lebih bundar dan kecil namun lebih gelap.



Gambar 4. 9 Histopatologi ginjal stasiun 2 (1) hyperplasia, (2) nekrosis (Dokumentasi penelitian, 2020)



Gambar 4. 10 Histopatologi ginjal stasiun 2 (1) hipertrofi (Dokumentasi penelitian, 2020)

Ikan belanak yang terdapat di perairan Wonorejo telah tercemar logam berat Pb diduga akibat aktivitas perahu motor. Gambar 4.9 menunjukkan terjadinya kerusakan hyperplasia karena adanya penyumbatan akibat paparan logam berat. Hyperplasia terjadi sebagai dampak penambahan jumlah volume akibat adanya penyumbatan antar permukaan glomerulus (Tresnati, et al., 2007). Hipertrofi (Gambar 4.10) adalah kerusakan pada tubulus dan glomerulus yang ditandai dengan bertambahnya ukuran sel sehingga yang satu dengan lainnya saling lepas. Kerusakan hipertofi ditandai dengan mengecilnya lumen pada tubulus dan membesarnya sel-sel tubulus akibat adanya penyumbatan senyawa bersifat toksik. Perahu motor menggunakan bahan bakar yang residunya mengandung *Tetra Ethyl Lead* (TEL) sebagai salah satu penyumbang limbah logam Pb (Nisurahmah, 2014). Pencemaran logam berat Cu dapat melalui

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

buangan limbah industry dan pengecatan *anti fouling* pada kapal. Sumber cemaran logam berat Pb dan Cu lainnya di duga dari buangan air tawar kegiatan limbah rumah tangga dan industry.

Logam berat yang diserap tubuh ikan akan diikat oleh protein dengan berat molekul rendah yang disebut *thionein* membentuk gugus kompleks protein-logam dengan nama *metallothionein* yang disintesis dalam hati. *Metallothionein* adalah materi yang termasuk dalam golongan persenyawaan protein atau polipeptida yang memiliki banyak ikatan *cysteine (cys)* yang disandikan oleh gen, memiliki berat molekuk yang rendah dan berfungsi sebagai peptide pengikat logam. Interaksi yang terjadi antara logam dan protein tersebut akan membentuk gugus-gugus spesifik yang disebut *metal-thiolat cluster* (Zatta, 2008). Sampai saat ini *metallothionein* merupakan satu-satunya senyawa biologis yang berinteraksi dengan logam secara alami dan memegang peranan penting pada pengelolaan mekanisme metabolisme dan transisi seluler materi logam di dalam tubuh. *Metallothionein* tersebut dipindahkan ke ginjal melalui peredaran darah. Pengikatan logam berat membentuk *metallotionein* tersebut diyakini sebagai mekanisme untuk pertahanan dan perlindungan yang mencegah logam tersebut mempengaruhi protein penting dalam proses metabolism tubuh. Selanjutnya logam berat ini ditransportasikan ke seluruh tubuh melaui aliran darah. Konsentrasi tertinggi ada pada hati dan ginjal (Dewi, 2012).

Logam berat timbal dapat membentuk radikal bebas pada sel normal, hingga menyebabkan rangsangan patologi yang berdampak *reversible* atau *irreversible* (Robbins & Kumar, 2006). Ciri yang khas pada *reversible* akan terjadi pembengkakan sel sedangkan pada irreversible berupa nekrosis membrane sel mengalami fragmentasi dan perubahan nucleus meliputi *piknosis, kariolisis,* dan *karioreksis*.

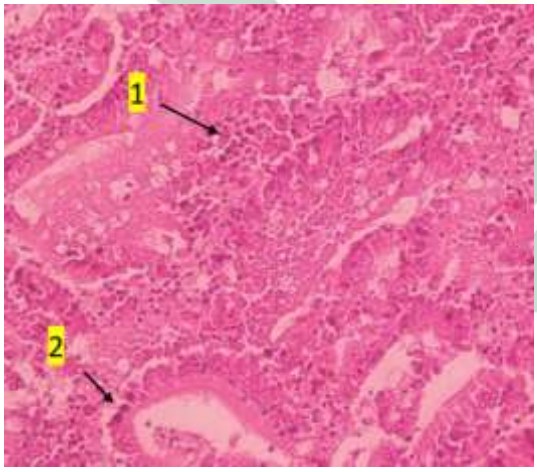
Adanya bahan pencemar tembaga (Cu) yang masuk akan terakumulasi dalam organ ginjal hingga menyebabkan terganggunya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

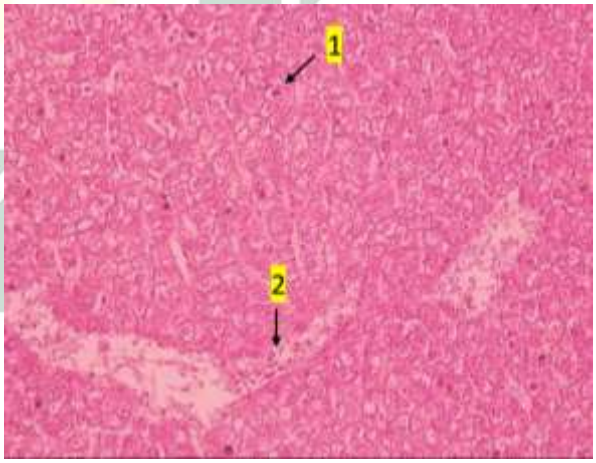
fungsi imunitas sel. Menurut Hinton dan Lauren (1990) dalam Lukas (2010) menyampaikan bahwa organ ginjal yang berfungsi sebagai organ osmoregulasi, juga berfungsi dalam imunitas sel. Ginjal ikan menerima sebagian besar darah postbranchial, dan luka pada organ tersebut merupakan sebagai indicator polusi lingkungan. Fungsi lain ginjal yaitu sebagai filtrasi dan mengekskresikan bahan yang tidak dibutuhkan dalam tubuh seperti logam berat, namun pada jumlah yang besar akan mengganggu kemampuan ginjal itu sendiri. Penelitian Bangun (2005) menunjukkan nilai kandungan logam berat timbal dan cadmium pada ginjal memiliki nilai yang lebih besar dibanding organ lain yaitu hati dan insang.

4.3.3 Organ Hati

Hasil analisa histopatologi terhadap organ hati, pada ikan belanak terlihat adanya kelainan atau perubahan pada organ tersebut baik pada stasiun 1 maupun stasiun 2. Perubahan histopatologi organ hati dapat dilihat pada Gambar 4.11 - 4.14



Gambar 4. 11 Histopatologi hati stasiun 1 (1) kongesti, (2) nekrosis (Dokumentasi penelitian, 2020)



Gambar 4. 12 Histopatologi hati stasiun 1 (1) piknosis, (2) sel radang (Dokumentasi penelitian, 2020)

Organ hati adalah organ penting yang mensekresikan bahan untuk proses pencernaan. Umumnya organ ini suatu kelenjar yang kompak, berwarna merah kecoklatan dan sangat rentan terhadap pengaruh zat kimia sehingga menjadi organ sasaran utama dari efek

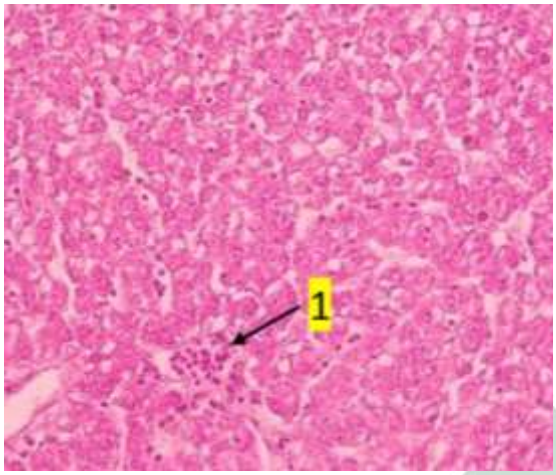
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

racun zat kimia (toksikan). Hal ini karena sebagian besar racun atau zat toksik yang masuk ke dalam tubuh dan diserap oleh sel kemudian dibawa ke hati oleh vena porta hati, sehingga hati berpotensi mengalami kerusakan. Struktur hati normal pada ikan ditandai dengan adanya sel hati (hepatosit) berbentuk bulat, sinusoid terlihat jelas dan lobulus berbentuk bulat (Riauwaty, 2012).

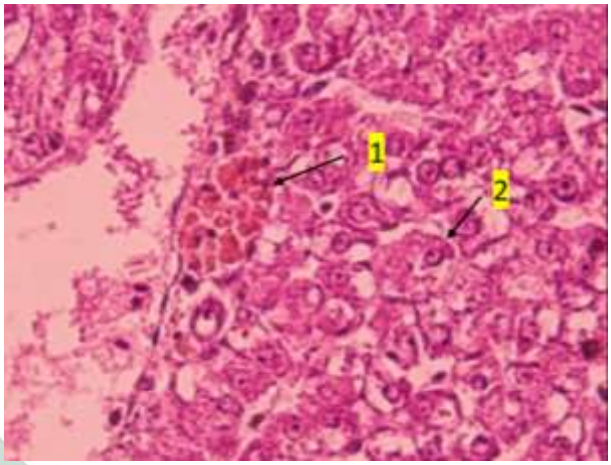
Ikan memiliki mekanisme regulasi diantaranya ekskresi, detoksifikasi dan penyimpanan. Apabila mekanisme regulasi tidak mampu menyeimbangi penyerapan logam berat oleh organisme tersebut, maka resiko toksisitas dapat terjadi dimana terjadi kerusakan pada hati dan ginjal sebagai organ yang berperan dalam proses detoksifikasi dan ekskresi. Hasil penelitian menunjukkan adanya kerusakan sel hati atau nekrosis, kongesti, sel radang, piknosis, MMC dan degenerasi hiropis. Logam berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang toksik bagi biota perairan, jika perairan telah tercemar logam berat maka dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui rantai makanan (*biomagnifikasi*), insang dan difusi melalui permukaan kulit. Logam berat yang telah masuk akan terserap dalam jaringan (*bioakumulasi*) dan pada konsentrasi tertentu akan merusak organ-organ dalam jaringan tubuh ikan (Paundanan, 2015).

Menurut Aksari (2016) logam berat yang tidak bisa dilepaskan kembali oleh insang, akan memasuki aliran darah hingga masuk ke dalam hati. Hati akan melakukan detoksifikasi logam melalui berbagai cara, antara lain yaitu sintesis *metalloteionein* protein, pembentukan sitokrom P-450, dan sebagainya. Detoksifikasi logam berat di dalam hati memerlukan waktu yang lama, maka dari itu konsentrasi maupun kerusakan jaringan yang terjadi di hati lebih tinggi dibandingkan organ lain.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 13 Histopatologi hati stasiun 2 (1) kongesti (Dokumentasi penelitian, 2020)



Gambar 4. 14 Histopatologi hati stasiun 2 (1) MMC, (2) degenerasi hidropis (Dokumentasi penelitian, 2020)

Degenerasi sel atau pembengkakan sel dapat berupa degenerasi hidropis dan degenerasi lemak, pada Gambar 4.14 menunjukan hati ikan belanak mengalami degenerasi hidropis. Degenerasi hidropis adalah kerusakan sel berupa pembengkakan sitoplasma yang berisi cairan akibat kerusakan membrane sel. Ditunjukkan dengan adanya ruang-ruang kosong di dalam sitoplasma dari sel dengan vakuola tampak membesar sehingga mendesak nucleus ke tepi. Gambar 4.13 hati ikan belanak menunjukan terjadinya kongesti, kongesti merupakan pembendungan darah yang disebabkan karena gangguan sirkulasi yang dapat mengakibatkan kekurangan oksigen dan zat gizi. Menurut (Darmono, 1995) tingkat kerusakan hati dapat dikategorikan menjadi tiga, ringan, yaitu perlemakan hati yang ditandai dengan membesarnya sel. Kerusakan sedang yaitu kongesti dan hemoragi, dan tingkat berat ditandai dengan nekrosis.

Kongesti dimulai dari vena sentralis yang kemudian meluas hingga sinusoid yang tersusun tidak teratur dan di dalamnya terdapat eritrosit yang diduga akibat pecahnya sinusoid. Vena sentralis akan dipenuhi oleh eritrosit akibat penyumbatan pada vena hepatica. Jika pembendungan berlangsung lama, maka kemungkinan sel-sel hati tampak hilang karena tekanan dan gangguan pembawaan zat gizi,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hal ini disebabkan karena darah mengalir dari perifer lobulus hati ke pusat (vena sentralis) kebanyakan telah kehilangan zat-zat gizi saat tiba di pertengahan lobulus, sehingga di pertengahan lobulus menjadi kekurangan zat gizi (Paundanan, 2015).

Menurut Anderson (1995) sel dapat melakukan kestabilan lingkungan eksternal dengan cara mengeluarkan energi metabolic untuk memompa ion natrium keluar dari sel. Terjadinya akumululasi logam berat Pb dan Cu di dalam sel hati menyebabkan terganggunya proses metabolism sehingga sel tidak dapat memompa ion natrium keluar cukup banyak, yang akibatnya konsentrasi ion natrium di dalam sel lebih banyak dan air dapat masuk ke dalam sel. Masuknya air yang berlebih ke dalam sel akan menyebabkan terjadinya pembengkakan sel, sehingga ukuran bertambah sehingga sinusoid menyempit. Sinusoid adalah berupa rongga yang terdapat pada jaringan hati yang memungkinkan terjadinya pertukaran nutrisi dan zat lainnya antara darah dan hepatosit. Ketika sinusoid menyempit, maka darah akan terbendung di dalam jaringan hati sehingga proses pertukaran nutrisi maupun zat lain antara darah dan hepatosit terganggu.

Kandungan logam berat tembaga dalam hati berhubungan dengan fungsi hati yaitu pengambilan makanana dari saluran pencernaan, biosintesis senyawa-senyawa dan biomolekul dalam tubuh, metabolism, penyediaan bahan kaya energi, mengandung lisosom serta ekskresi bahan-bahan empedu (Rachmadianti, 2013). Organ hati memiliki kemampuan akumulasi logam yang baik karena hati merupakan organ vital yang berfungsi sebagai detoksifikasi dan mensekresikan bahan kimia yang digunakan saat proses pencernaan. Proses detoksifikasi logam berat dalam hati melalui proses pengikatan logam (*metallothionein*) di dalam jaringan, namun kemampuannya relative terbatas. Maka jika logam berat dalam tubuh berlebihan akan di distribusikan ke seluruh jaringan tubuh ikan melalui pembuluh darah (Nuraeni, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Penelitian tentang pengaruh logam berat tembaga pada ikan nila yang dilakukan oleh Salami *et al*. (2008) dalam Hidayah, *et al.* (2014) menunjukkan akumulasi logam berat Cu terbanyak ditemukan pada hati diikuti insang dan otot. Hati megakumulasi logam Cu hingga 15-20 kali konsentrasi Cu pada otot. Menurut Hapsari (2017) hati merupakan organ tubuh yang paling sering mengalami kerusakan apabila terkena zat toksik. Keadaan jaringan hati yang telah mengalami kerusakan disebabkan organ telah terpapar logam berat timbal, pada penelitian Aini (2015) menunjukkan hati telah mengalami degenerasi lemak, degenerasi hidropis dan hemoragi. Seperti logam berat Pb dan Cu yang masuk ke dalam hati akan mengalami proses detoksifikasi namun jika jumlah yang masuk besar akan merusak struktur mikroanatomi hati.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada sampel air dan daging ikan belanak di perairan Wonorejo, Surabaya dari hasil penelitian telah melebihi baku mutu. Nilai Pb rata-rata pada air berkisar 0,56 mg/l - 0,63 mg/l, sedangkan Cu adalah 0,88mg/l - 1,02 mg/l. Daging ikan belanak mengandung logam berat Pb sebesar 0,38 mg/kg - 0,42 mg/kg, untuk logam berat Cu sebesar 1,05 mg/kg - 1,17 mg/kg. Kandungan logam berat tertinggi ada pada sampel sedimen walaupun tidak melebihi *guidelines* untuk sedimen. Sampel sedimen mengandung logam berat Pb sebesar 2,41 mg/kg - 2,64 mg/kg, dan logam berat Cu sebesar 5,11 mg/kg - 5,96 mg/kg.
2. Pengaruh logam berat Pb dan Cu menunjukkan adanya perubahan histopatologi pada organ dalam ikan belanak. Organ insang menunjukkan terjadinya degenerasi lamella, telangiectasis, hemoragi, kongesti, hyperplasia dan fusi pada lamella sekunder. Perubahan yang terjadi pada organ ginjal yaitu pembengkakan pada glomelurus disertai infiltrasi sel radang, hyperplasia, hipertrofi, nekrosis hingga adanya mineralisasi atau bitnik hitam akibat logam berat. Struktur organ hati juga mengalami perubahan antara lain adanya piknosis, sel radang, nekrosis, kongesti, dan degenerasi hidropis.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya sebaiknya melacak sumber bahan pencemar sehingga dapat dijadikan kebijakan untuk pengelolaan yang lebih baik. Perlu dilakukan pengujian lebih lengkap mengenai kandungan logam berat selain Pb dan Cu di perairan Wonorejo serta kandungannya pada hasil tangkapan nelayan setempat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Adhani, Dr. Drg. Rosihan, And Dr. Husaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia.* Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.

Agustina, D. Y., Suprapto, D. & Febrianto, S., 2019. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Di Sungai Tenggang, Semarang, Jawa Tengah.* Journal Of Maquares, Volume 3, pp. 242-249.

Aksari, Y. D., 2016. *Konsentrasi Logam Berat Dan Bioekologi Ikan Sapu-Sapu, Pterygoplichthys Pardalis (Castelnau, 1855) Di Sungai Ciliwung,* Bogor: IPB.

Alifia, Frida. 2013. *Histopatologi Insang Ikan Bandeng (Chanos Chanos Forskall) Yang Tercemar Logam Timbal (Pb)*. Jurnal Balik Diwa.

Almeida, E. A. d. & Ribeiro, C. A. d. O., 2014. *Pollution and Fish Health in Tropical Ecosystems.* New York: s.n.

Bangun, J. M., 2005. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (Triacanthus nieuhofi) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta,* Bogor: IPB.

Beaty, Richard D., And Jack D. Kerber. 1993 . *Concepts, Instrumentation And Techniques In Atomic Absorption Spectrophotometry.* Second Edition. Norwalk: The Perkin-Elmer Corporation.

Cantle, John Edward. 1982 . *Atomic Absorption Spectrometry.* New York: Elsevier Scientific Publishing Company.

Dahuri, R, Jacub Rais, Ginting, And Sitepu. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah.* Jakarta: Pt Pradnya Paramita.

Dankwa, H. R., J. Blay Jr, And K. Yankson. 2005. *Food And Feeding Habits Of Grey Mullets (Pisces: Mugilidae) In Two Estuaries In Ghana*. West African Journal Of Applied 65-77.

Darmono. 1999. *Kadmium (Cd) Dalam Lingkungan Dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan Dan Produktivitas Ternak*. Wartazoa .

Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi*. Universitas Indonesia Press 1-140.

Daud, Anwar, Dewi Sartika, And Syamsuar Manyullei. 2012. *Studi Kadar Tembaga (Cu) Pada Air Dan Ikan Gabus Di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep.* Unhas Makassar.

Diana, R. & TR., T. A., 2017. *Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Insang Ikan Cendro (Tylosurus Crocodilus) Di Pesisir Krueng Raya Kabupaten Aceh Besar*. JIMVET, pp. 258-264.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Djunaidi, Dr. M. Cholid. 2018. *Studi Interferensi Pada Aas.* Semarang: Universitas Diponegoro.

Dwiyitno, Aji, N. & Indriati, N., 2008. *Residu Logam Berat Pada Ikan Dan Kualitas Lingkungan Perairan Muara Sungai Barito Kalimantan Selatan.* Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.

Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan.* Yogyakarta: Kanisius.

Elwell, W. T., And J. A. F. Gidley. 1961. *Atomic.Absorption Spectrophotometry.* Oxford: P E R G A M O N Press .

Erlangga, 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar Di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung*, Bogor: IPB.

Faiz, M. Z., Sabdono, A. & A., 2013. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Karang Pocillopora damicornis di Perairan Taman Nasional Karimunjawa*. Journal Of Marine Research, Volume 2, pp. 32-40.

Fauziati, Rini. 2011. *Relevansi Kandungan Al-Qur'an Surat Ar-Rum Ayat 41 Dengan Pelestarian Lingkungan Pada Mapel Biologi Materi Pokok Pencemaran Lingkungan.* Semarang: Institut Agama Islam Negeri (Iain) Walisongo.

Fitriawan, F., 2010. *Analisis Perubahan Mikroanatomi Dan Variasi Pola Pita Isozim Pada Insang Dan Ginjal Kerang Air Tawar Anodonta Woodiana Terhadap Paparan Logam Berat Kadmium,* Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Fitriyah, A. W., Utomo, Y. & Kusumaningrum, I. K., 2013. *Analisis Kandungan Tembaga (Cu) Dalam Air Dan Sedimen Di Sungai Surabaya*. Universitas Negeri Malang.

Genten, Frank, Eddy Terwinghe, And Andre Danguy. 2009. *Atlas Of Histology.* Belgium: Science Publishers Enfield (Nh) Jersey Plymouth.

Hapsari, Larasati Putri. 2017. *Bioakumulasi Dan Sebaran Logam Berat Pb Pada Ikan Kurisi (Nemipterus Sp.) Di Teluk Banten.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Haqie, Dzikria Aisha, And Eko Haryono. 2018. *Kajian Karakteristik Habitat Ikan Belanak Di Muara Sungai Bogowonto* .

Harjana, Tri. 2011. *Buku Ajar : Histologi.* Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Hidayah, A. M., P. & Soeprabowati, T. R., 2014. *Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus Linn.) di Karamba Danau Rawa Pening*. BIOMA, Volume 16, pp. 1-9.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hutagaol, Satya Novecty. 2012. *Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (Perna Viridis, Linn.) Di Perairan Muara Kamal, Provinsi Dki Jakarta.* Bogor: Institut Pertanian Bogor (Ipb).

Hutomo, L. P., Wulandari, S. Y. & Marwoto, J., 2016. *Studi Sebaran Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu Dalam Sedimen Di Pantai Kenjeran Surabaya.* Jurnal Oseanografi, Volume 5, pp. 277-285.

Islam, Muhamad Syaiful, Khasanatur Rosyidah, Damar Pratama Putra, And Jihan Syaiftri. 2016. *Identifikasi Ikan Belanak.* Bogor: Universitas Padjadjaran.

Istarani, Festri, And Ellina S Pandebesie. 2014. *Studi Dampak Arsen (As) Dan Kadmium (Cd) Terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan*. Jurnal Teknik Pomits 2337-3539.

Juanda, S. J. & Edo, S. I., 2018. *Histopatologi Insang, Hati Dan Usus Ikan Lele (Clarias Gariepinus) Di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur*. Saintek Perikanan, Volume 14, pp. 23-29.

Julianto, Andry. 2014. *Studi Histopatologi Kasus Kematian Masal Ikan Lele Dumbo (Clarias Gariepinus) Di Blitar.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Jumiati, 2017. *Akumulasi Logam Timbal (Pb) Pada Tiram Crassostrea Sp. Dan Hubungannya Dengan Parameter Lingkungan Laut Di Perairan Kecamatan Barru, Kabupaten Barru,* Makassar: Univeristas Hasanuddin.

Katili, Deidy Y. 2011. *Deskripsi Ikan Famili Mugilidae Di Lima Muara Sungai Di Sulawesi Utara.* Jurnal Ilmiah Sains.

Liantira, Litaay, Magdalena, And Eddy Soekandarsih. 2015. *Perbandingan Kandungan Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) Keong Mas Pomacea Canaliculata Pada Berbagai Lokasi Di Kota Makassar.* Mipa 1.

Lu, C. F. 1995. *Toksikologi Dasar.* Jakarta: Universitas Indonesia.

Lukas, A. Y. H., 2010. *Toksisitas Logam Berat Cu Pada Berbagai pH Terhadap Konsumsi Oksigen Dan Respon Hematologi Ikan Nila (Oreochromis sp),* Bogor: IPB.

Mahardika, D. I. & S. Salami, I. R., 2012. *Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Aliran Sungai Dari Air Lindi Tpa Sari Mukti*. Jurnal Teknik Lingkungan , pp. 30-42.

Masak, P. R. P. & Rachmansyah, 2002. *Akumulasi Logam Berat Pb Dalam Tubuh Udang Windu (Penaeus Monodon) Pada Kondisi Salinitas Berbeda.* Jumal Penelitian Peikanan lndonesia, Volume 8.

Maftuch, Marsoedi, Vendrita Damayanti Putri, Moh. Holil Lulloh, And Febi Kesid Haryo Wibisono. 2015. *Studi Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Yang Dibudidayakan Di Tambak Tercemar Limbah Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb)Di Kalanganyar, Sidoarjo, Jawa Timur Terhadap Histopatologi Hati*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ginjal Dan Insang. Journal Of Environmental Engineering & Sustainable Technology 114-122.

Meador, J. P., D. W. Ernest, And A. N. Kogley. 2005. *Science Of The Total Environmental*. Elsevier.

Mitchell, S. B. 2020. *Sediment Transport And Marine Protected Areas*. Elsevier Ltd.

Mulyani, S., Martuti, N. K. T. & Irsadi, A., 2016. *Pola Akumulasi Logam Cu Ikan Bandengselama Periode Pertumbuhan Di Tambak*. Sainteknol.

Mulyanto, And Dkk. 1996. *Studi Tentang Konsentrasi Merkuri (Hg) Dan Hubungannya Dengan Kondisi Insang Kerang Bulu (Anadara Maculosa Reeve) Di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya*.

Mu'nisa, A. & N., 2010. *Analisis Cemaran Logam Berat Tembaga (Cu) pada Ikan Tembang (Sardinella gibbosa) yang dipasarkan di Makassar*. Analisis C, 11(2), pp. 61-64.

Napitu, W. T., 2012. *Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, dan Cu Pada Bandeng, Belanak, dan Udang Di Kawasan Silvofishery Blanakan Subang,* Bogor: IPB.

Ningrum, P. Y., 2006. *Kandungan logam berat timbal (Pb) serta struktur mikroanatomi branchia, hepar, dan musculus ikan belanak (Mugil cephalus) di perairan Cilacap* , Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Nisurahmah, A., 2014. *Kandungan Logam Berat (Hg, Cd, Pb, Cu) Pada Ikan Barakuda Sphyraena Jello (Cuvier, 1829) Di Perairan Pesisir Kabupaten Tangerang,* Bogor: IPB.

Novitasari, Ayu Kumala. 2015. *Analisis Identifikasi & Inventarisasi Sumber Pencemar Di Kali Surabaya.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember .

Nuraeni, A., 2013. *Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Hati Ikan Patin (Pangasius Djambal) Di Waduk Saguling, Jawa Barat,* Bogor: IPB.

Nurfitriani, Suci. 2017. *Bioakumulasi Logam Berat Timbel (Pb) Pada Ikan Nila (Oreochromis Niloticus Linn.) Di Tambak Sekitar Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan (Pangkep).* Makassar: Universitas Hasanuddin.

Nurhamiddin, Fauziah, And Zulkifli Zam Zam. 2013. *Distribusi Konsentrasi Logam Berat (Cu Dan Cd) Pada Sedimen Sungai Menggunakan Teknik Diffusive Gradient In Thin Film*. *J*. Tek. Ling.

Ozkan, M. A., G. Tuncel, S. Tugrul, G. Ramelow, And T. I. Balkas. 1980. "*Extraction Of Heavy Metals From Marine Sediments For Analysis By*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Atomic Absorption Spectrometry - Some Factors Affecting Extraction Efficiency. Middle East Technical University, Department Of Marine Sciences.

Palar, H. 1994. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat* . Jakarta: Rineka Cipta.

—. 1994. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat.* Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.

Palennari, Muhiddin, Hamka Lodang, Faisal, And Abd. Muis. 2016. *Biologi Dasar.* Makassar: Alauddin University Press.

Pertiwi, Sedrisa Lidya, Zainuddin, And Erdiansyah Rahmi. 2017. "Gambaran Histologi Sistem Respirasi Ikan Gabus (Channa Striata)." *Jimvet* 291-298.

Patty, S. I., 2013 . *Distribution Temperature, Salinity And Dissolved Oxygen In Waters Kema, North Sulawesi*. Jurnal Ilmiah Platax .

Paundanan, M., 2015. *Kontaminasi Logam Berat (Hg Dan Pb) Pada Air, Sedimen Dan Ikan Selar Tetengkek (Megalaspis Cordyla) Di Teluk Palu Provinsi Sulawesi Tengah,* Bogor: IPB.

Permata, M. A. D., Purwiyanto, A. I. S. & Diansyah, G., 2018. *Kandungan Logam Berat Cu (Tembaga) Dan Pb (Timbal) Pada Air Dan Sedimen Di Kawasan Industri Teluk Lampung, Provinsi Lampung.* Journal of Tropical Marine Science, Volume 1, pp. 7-14.

Pertiwi, S. L., Z. & Rahmi, E., 2017. *Gambaran Histologi Sistem Respirasi Ikan Gabus (Channa Striata).* JIMVET, pp. 291-298.

Prasetio, H., Purwiyanto, A. I. S. & Agussalim, A., 2016. *Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Dalam Plankton Di Muara Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan*. Maspari Journal, pp. 73-82.

Pratiwi, Harini Citra, And Abdul Manan. 2015. Teknik Dasar Histologi Pada Ikan Gurami (Osphronemus Gouramy). *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan* 7.

Puspasari, R., 2006. *Logam Dalam Ekosistem Perairan.* BAWAL, pp. 43-47.

Puspitasari, Rachma. 2007. *Laju Polutan Dalam Ekosistem Laut*. Oseana 21 -28.

Qiao-qiao, C., Z., G.-w. & A., L., 2007. *Bioaccumulation of Heavy Metals in Fishes From Tailu Lake China.* Journal of Environmental Sciences.

Quanita, Dessy. 2012. "Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Udara Dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal ." *Berita Dirgantara* 95-101.

Rachmadianti, M. M., 2013. *Analisis Kandungan Logam Berat Seng (Zn) Dan Tembaga (Cu) Pada Ikan Nila Dan Perairan Waduk Cirata Purwakarta, Jawa Barat,* Bogor: IPB.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Rahmatin, Alfiyah, Nurlita Abdulgani, Aunurohim, And Dewi Hidayati. 2010. *Studi Variasi Morfometri Ikan Belanak (Mugil Cephalus) Di Perairan Muara Aloo Sidoarjo Dan Muara Wonorejo Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Rajeshkumar, Sivakumar, Yang Liu, Junguo Ma, Hong Ying Duan, And Xiaoyu Li. 2017. *Effects Of Exposure To Multiple Heavy Metals On Biochemical And Histopathological Alterations In Common Carp, Cyprinus Carpio L*. Fish And Shellfish Immunology.

Rangkuti, A. M., 2009. *Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, Dan Pb Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pulau Panggang-Pramuka Kepulauan Seribu, Jakarta* , Bogor: IPB.

Riauwaty, M., 2012. *Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Patin (Pangasius Hypopthalmus) yang Terinfeksi Aeromonas Hydrophila dan Diobati dengan Temulawak (Curcuma Xanthorrhiza),* Riau: Lembaga Penelitian Universitas Riau Pekanbaru .

Rizkiana, Latifah, Sofyatuddin Karina, And Nurfadilah. 2017. *Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh.* Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah 89-96.

R. & K. V., 2006. *Buku Ajar Patologi I (Basic Pathology).* Jakarta: EGC.

Rochyatun, Endang, M. Taufik Kaisupy, And Abdul Rozak. 2006. *Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane*. Makara, Sains 35-40.

Roza, S. Y. & Muhelni, L., 2019. *Analisis Kandungan Cd, Cu Dan Pb Pada Air Permukaan Dan Sedimen Permukaan Di Muara-Muara Sungai Kota Padang*. Jurnal Akuatika Indonesia.

Rumampuk, N. D. & Warouw, V., 2015. *Bioakumulasi Total Merkuri, Arsen, Kromium, Cadmium, Timbal Di Teluk Totok Dan Teluk Buyat, Sulawesi Utara*. Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi , Volume 1.

Said, I., lubis, D. A. & S., 2014. *Akumulasi Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Ikan Kuniran (Upeneus Sulphureus) Di Perairan Estuaria Teluk Palu*. Jurnal Akademika Kimia, pp. 66-72.

Saraswati, N. L. G. R. A., Y. & Rustam, A., 2017. *Kajian Kualitas Air Untuk Wisata Bahari Di Pesisir Kecamatan Moyo Hilir Dan Kecamatan Lape, Kabupaten Sumbawa*. JURNAL SEGARA , pp. 37-47.

Sari, Syarifah Hikmah Julinda, Jessica Feibe Ambar Kirana, And Guntur. 2017. *Analisis Kandungan Logam Berat Hg Dan Cu Terlarut Di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya*. Jurnal Pendidikan Geografi 1-9.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Setyowati, Adhelia, Hidayati Dewi, Awik P.D.N, And Nurlita Abdulgani. 2010. *Studi Histopatologi Hati Ikan Belanak (Mugil Cephalus) Di Muara Sungai Aloo Sidoarjo*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sihono, D., 2014. *Toksisitas Tembaga (Cu) Terhadap Hematologi, Bioakumulasi, Sintasan Dan Pertumbuhan Juvenil Ikan Patin (Pangasius Sp),* Bogor: IPB.

Suaniti, N. M. 2007. *Pengaruh Edta Dalam Penentuan Kandungan Timbal Dan Tembaga Pada Kerang Hijau (Mytilus Viridis).*

Suhaidi. 2013. *Kandungan Tembaga (Cu) Pada Air Laut, Sedimen Dan Kerang Kapak (Pinna Sp) Di Wilayah Jelengah, Sumbawa Barat.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Sukarni, M. & Nursyam, H., 2012. *Kajian Penggunaan Ciprofloxacin terhadap Histologi Insang dan Hati Ikan Botia (Botia macracanthus, Bleeker) yang Diinfeksi Bakteri Aeromonas hydrophila*. J.Exp. Life Sci..

Sukoasih, A., Widiyanto, T. & S., 2016. *Hubungan Antara Suhu, Ph Dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompang Dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang.

Sumardjo, D., 2008. *Pengantar Kimia : Buku Panduan Kuliah Mahasiswa. Kedokteran Dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta*. Jakarta: EGC.

Supriharyono, 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis.* Jakarta: PT. Gramedia.

Supriyantini, E. & Soenardjo, N., 2015. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove Avicennia marina Di Perairan Tanjung Emas Semarang*. Jurnal Kelautan Tropis, Volume 18, pp. 98-106.

Susanah, U. A., Santosa, K. & Utami, N. R., 2013. *Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Bandeng di Tambak Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Semarang.* Biosaintifika.

Taftazani, Agus. 2007. *Distribusi Konsentrasi Logam Berat Hg Dan Cr Pada Sampel Lingkungan Perairan Surabaya.* Pustek Akselerator Dan Proses Bahan .

Tasykal, Aini Rahmayani. 2015. *Gambaran Histopatologi Organ Hati Dan Insang Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Yang Terkontaminasi Logam Timbel (Pb) Di Kecamatan Labakkang Kabupaten Pangkep.* Makassar: Universitas Hasanuddin.

Trisnawati, Anita. 2008. *Studi Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (Mythilus Viridus) Di Perairan Kawasan Pantai Kenjeran Surabaya.* Malang: Uin Malang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Usman , A. F., B. & Budi, P., 2015. *Kandungan Logam Berat Pb-Cd Dan Kualitas Air Di Perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep*. Agrokompleks , 4(9).

Vegad, J. L. 2007. *A Textbook Of Veterinary General Pathology.* Second Edition. Delhi: International Book Distributing Co.

Wang, J. *et al*., 2012. *Study on the Pollution Characteristics of Heavy Metals in Seawater of Jinzhou Bay*. Procedia Enviromental Sciences, Volume 13, pp. 1507-1516.

Warlina, L., 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak Dan Penanggulangannya*. Institut Pertanian Bogor.

Warni, Desi, Sofyatuddin Karina, And Nurfadilah. 2017. *Analisis Logam Pb, Mn, Cu, Dan Cd Pada Sedimen Di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat.* Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah 246-253.

Woro, R., 2011. *Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut Dan Sedimen Di Pesisir Kenjeran, Surabaya Dan Branta Pesisir, Pamekasan*. Unair.

Widarmanto, N., h. & Purnomo, P. W., 2019. *Kebiasaan Makanan, Luas Relung Dan Tingkat Trofik Komunitas Ikan Di Estuari Kaliwlingi Kabupaten Brebes.* Bawal Widyariset Perikanan Tangkap, Volume 11, pp. 69- 78.

Yakub, Umikalsum. 2015. *Gambaran Histopatologi Testis Ikan Opudi (Telmatherina Celebensis) Di Danau Matano Luwu Timur Sulawesi Selatan Yang Tercemar Logam Berat Nikel (Ni) Dan Besi (Fe).* Makassar: Universitas Hasanuddin.

Yanti, N. D., 2016. *Penilaian Kondisi Keasaman Perairan Pesisir Dan Laut Kabupaten Pangkajene Kepulauan Pada Musim Peralihan I*, Makassar: Universitas Hasanuddin.

Yudo, S., 2006. *Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai Dki Jakarta*. JAI, Volume 2.

Yuniar, Vika. 2009. *Toksisitas Merkuri (Hg) Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan, Gambaran Darah Dan Kerusakan Organ Pada Ikan Nila Oreochromis Niloticus.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Zatta, P., 2008. *Metallothionein in Biochemistry and Pathology*, s.l.: s.n.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id