

**GAMBARAN HISTOPATOLOGI GINJAL IKAN TAWES  
(*Barbonymus gonionotus*) YANG TERCEMAR LOGAM BERAT  
KADMIUM (Cd) DI DANAU TEMPE KABUPATEN WAJO**

**SKRIPSI**

**ACHMAD YUSRIL IHZAMAHENDRA**  
**011116011**



**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**GAMBARAN HISTOPATOLOGI GINJAL IKAN TAWES  
(*Barbonymus gonionotus*) YANG TERCEMAR LOGAM BERAT  
KADMIUM (Cd) DI DANAU TEMPE KABUPATEN WAJO**

**ACHMAD YUSRIL IHZAMAHENDRA**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Kedokteran Hewan pada  
Program Studi Kedokteran Hewan  
Fakultas Kedokteran

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Gambaran Histopatologi Ginjal Ikan Tawes  
(*Barbonymus gonionotus*) yang Tercemar Logam Berat  
Kadmium (Cd) di Danau Tempe Kabupaten Wajo

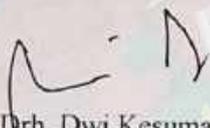
Nama : Achmad Yusril Ihzamahendra

NIM : 011116011

Disetujui Oleh,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

  
Dr. Drh. Dwi Kesuma Sari  
NIP.19730216 199903 2 001

  
Abdul Wahid Jamaluddin, S.Farm, M.Si, Apt  
NIP. 198808282014041002

Diketahui Oleh,

An. Dekan  
Wakil Dekan Bidang Akademik &  
Pengembangan Fakultas Kedokteran

Ketua  
Program Studi Kedokteran Hewan  
Fakultas Kedokteran

  
Dr. dr. Irfan Idris, M. Kes  
NIP. 19671103 199802 1 001

  
Dr. Drh. Dwi Kesuma Sari  
NIP. 19730216 199903 2 001

Tanggal lulus : 3 Agustus 2020

### **PERNYATAAN KEASLIAN**

1. Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Achmad Yusril Ihzamahendra

NIM : 011116011

Program Studi : Kedokteran Hewan

Fakultas : Kedokteran

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

- a. Karya skripsi saya adalah asli
  - b. Apabila sebagian atau seluruhnya dari skripsi ini, terutama dalam bab hasil dan pembahasan, tidak asli atau plagiasi, maka saya bersedia dibatalkan dan dikenakan sanksi akademik yang berlaku
2. Demikian pernyataan keaslian ini dibuat untuk dapat digunakan seperlunya.

Makassar, 1 Juli 2020

Pembuat Pernyataan,



Achmad Yusril Ihzamahendra

## ABSTRAK

ACHMAD YUSRIL IHZAMAHENDRA. **Gambaran Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) di Danau Tempe Kabupaten Wajo.** Di bawah bimbingan DWI KESUMA SARI dan ABDUL WAHID JAMALUDDIN

---

Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) banyak dikonsumsi oleh masyarakat dan merupakan jenis ikan yang dominan tertangkap sepanjang tahun di Danau Tempe. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran histopatologi ginjal pada ikan tawes yang tercemar logam berat kadmium (Cd). Sampel yang digunakan sebanyak 15 ekor ikan tawes dengan masing-masing 5 sampel ginjal di tiap stasiun. Pengukuran kadar logam berat dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) dan didapatkan konsentrasi kadmium (Cd) dalam organ ginjal ikan yang tercemar yaitu 0,29 – 1,94 µg/g dengan rerata  $0,77 \pm 0,12$  µg/g. Preparat organ ginjal di fiksasi menggunakan neutral buffered formalin (NBF) 10%, dehidrasi menggunakan alkohol bertingkat, embedding dengan menggunakan paraffin, pemotongan dengan ketebalan 4 µm serta diwarnai dengan menggunakan haematoksilin eosin kemudian diamati. Analisis data yang digunakan adalah dekriptif kualitatif. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh kerusakan atau histopatologi yang terjadi pada ginjal yaitu degenerasi lemak, pembentukan jaringan ikat, nekrosis, hemoragi dan peningkatan jumlah melanomakrofag. Tingkat kerusakan pada jaringan tergantung konsentrasi logam yang tercemar pada organ ikan. Kerusakan-kerusakan yang terjadi diduga akibat paparan dari logam-logam berat yang terlarut dalam perairan ekosistem ikan tersebut yang telah melewati ambang batas.

**Kata kunci:** danau tempe, ginjal, histopatologi, ikan tawes, kadmium

## ABSTRACT

ACHMAD YUSRIL IHZAMAHENDRA. **Histopathological View of Silver Barb (*Barbonymus gonionotus*) Kidney that Contaminated by Heavy Metal Cadmium (Cd) in Tempe Lake, Wajo Distric.** Under the supervisor DWI KESUMA SARI dan ABDUL WAHID JAMALUDDIN

---

Silver barb (*Barbonymus gonionotus*) is widely consumed by the community and is the dominant type of fish caught throughout the year in Lake Tempe. The purpose of this study was to determine the histopathological view of the kidneys in silver barb contaminated with heavy metal cadmium (Cd). Samples were used is 15 silver barb with each of 5 kidney samples at each station. Measurement of heavy metal content was carried out with an *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) and obtained cadmium (Cd) concentrations in the kidney organs of contaminated fish which were 0.29 - 1.94  $\mu\text{g} / \text{g}$  with an average of  $0.77 \pm 0.12 \mu\text{g} / \text{g}$ . Kidney organ preparations were fixed using 10% neutral buffered formalin (NBF), dehydration using graded alcohol, embedding using paraffin, cutting with a thickness of 5  $\mu\text{m}$  and stained with haematoxilin eosin and then observed. Analysis of the data used is descriptive qualitative. Based on observations obtained by damage or histopathology that occurs in the kidneys namely fat degeneration, connective tissue formation, necrosis, hemorrhage and an increase in the number of melanomacrophages. The level of damage to the tissue depends on the concentration of the metal contaminated in the fish's organs. Damages that occur are thought to be caused by exposure to heavy metals dissolved in the waters of the fish ecosystem which have passed the threshold.

**Keywords: cadmium, histopathology, kidney, silver barb, tempe lake**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Sang Pemilik Kekuasaan dan Rahmat, yang telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Gambaran Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) di Danau Tempe Kabupaten Wajo” ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, sejak persiapan, pelaksanaan hingga pembuatan skripsi setelah penelitian selesai.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat dalam menempuh ujian sarjana kedokteran hewan. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimiliki penulis. Namun adanya doa, restu dan dorongan dari orang tua yang tidak pernah putus menjadikan penulis bersemangat untuk melanjutkan penulisan skripsi ini. Untuk itu dengan segala bakti penulis memberikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mereka: ayahanda **Basuki Pundjul**, dan ibunda **Nurmila Paturusi**, serta kakanda **Anugrah Novian Utami Paturusi** dan **Azharul Nugraha Putra Paturusi**.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, motivasi dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M (K), MMed.Ed**, selaku dekan fakultas kedokteran.
2. **Dr. Drh. Dwi Kesuma Sari** sebagai pembimbing skripsi utama serta **Abdul Wahid Jamaluddin, S.Farm, M.Si, Apt** sebagai dosen pembimbing skripsi anggota yang tak hanya memberikan bimbingan selama masa penulisan skripsi ini, namun juga menjadi tempat penulis berkeluh kesah.
3. **Prof. Dr. Ir Sharifuddin Bin Andy Omar, M.Sc** dan **Drh. Nurul Sulfi andini, M.Sc** sebagai dosen pembahas dan penguji dalam seminar proposal yang telah memberikan masukan-masukan dan penjelasan untuk perbaikan penulisan ini.
4. Dosen pengajar yang telah banyak memberikan ilmu dan berbagi pengalaman kepada penulis selama mengikuti pendidikan di PSKH UH. Serta staf tata usaha PSKH UH khususnya **Ibu Ida** dan **Pak Tomo** yang mengurus kelengkapan berkas.
5. Kakanda **drh. Ummi Fahmi, S.KH** dan **Andi Muhammad Ichlasul Akmal, S.KH** yang senantiasa mendampingi dan memberikan bantuan selama proses penelitian.
6. Kakanda **Andi Risna, S.KH.**, **Besse Elviani, S.KH.**, dan **A. Ayu Ramadhani, S.KH** yang sudah membantu memberikan masukan dalam pengerjaan skripsi
7. Teman seperjuangan berbagi cerita: **Andi Muhammad Taufan, Dwi Ainun Utari, A. Nur Indri Paramita, Riri Apriani Jabbar, Hasri Ainun, Jessica Tania Loto** dan **Nurul Saba** sebagai sahabat seperjuangan dalam meraih

gelar sarjana dan sahabat berbagi suka dan duka serta cerita selama menjalani perkuliahan di PSKH UH.

8. Teman-teman dalam **Lombo Biji a.k.a Telacco Empire** sebagai sahabat seperjuangan dalam meraih gelar sarjana dan berbagi suka dan duka serta cerita selama menjalani perkuliahan di PSKH UH.
9. **OS14S** dan **WATB** sebagai sahabat bahkan saudara terima kasih atas dukungan dan kesediannya untuk selalu mendengarkan keresahan penulis, kalian luar biasa dan tidak akan terlupakan.
10. Teman seangkatan 2016 “**COS7A VERA**”, sebuah wadah untuk menemukan jati diri, cinta, dan persahabatan.
11. Terima kasih kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah ikut menyumbangkan pikiran dan tenaga untuk penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar dalam penyusunan karya berikutnya dapat lebih baik. Akhir kata, semoga karya ini dapat bermanfaat bagi setiap jiwa yang bersedia menerimanya.

Makassar, 1 Juli 2020



Achmad Yusril Ihzama Hendra

## DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Hipotesis	3
1.6. Keaslian Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Danau Tempe	4
2.2. Ikan Tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> )	6
2.2.1 Klasifikasi Ikan Tawes	7
2.2.2 Ciri fisik Ikan Tawes	7
2.2.3 Habitat Ikan Tawes	8
2.3. Ginjal	8
2.4. Logam Berat	11
3. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2. Jenis Penelitian	15
3.3. Materi Penelitian	16
3.4. Metode Penelitian	16
3.4.1 Pengambilan Sampel	16
3.4.2 Pengukuran Logam Berat	17
3.4.3 Pembuatan Sediaan Histologi	17
3.4.4 Pengamatan Mikroskopik	18
3.5 Analisis Data	19
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ginjal Ikan Tawes	20
4.2. Histopatologi Ginjal Ikan Tawes	23
4.2.1 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes pada Stasium 1	23
4.2.2 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes pada Stasium 2	24
4.2.3 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes pada Stasium 3	25
5. PENUTUP	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	35

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil pengamatan rata-rata kandungan logam berat kadmium (Cd) pada sampel ginjal ikan tawes dengan metode <i>Atomic Absorption Spectrofotometer</i>	20
2. Hasil uji air Danau Tempe terhadap kandungan logam kadmium (Cd)	22
3. Hasil pengamatan kerusakan yang terjadi pada ginjal ikan tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> ) dengan konsentrasi logam Cd yang berbeda dari setiap stasiun	26

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Peta aliran sungai (DAS) Kabupaten Wajo	4
2. Ikan tawes dari Danau Tempe	8
3. Anatomi ginjal pada <i>Barbus pectoralis</i> (Cyprinidae)	9
4. Histologi normal ginjal <i>P. gonionotus</i>	10
5. Bagian ginjal <i>P. gonionotus</i> yang terpapar kadmium (Cd)	11
6. Model struktur dari CdCl <sub>2</sub> dan CdCl <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	12
7. Lokasi pengambilan sampel ikan di Danau Tempe	15
8. Alat tangkap <i>tongkang</i> dari jaring jala di Danau Tempe	17
9. Grafik hubungan antara bobot tubuh dengan kandungan kadmium gabungan semua stasiun	21
10. Grafik hubungan antara panjang tubuh dengan kandungan kadmium gabungan semua stasiun	21
11. Histopatologi ginjal ikan tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> ) pada stasiun 1	23
12. Histopatologi ginjal ikan tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> ) pada stasiun 2	24
13. Histopatologi ginjal ikan tawes ( <i>Barbonymus gonionotus</i> ) pada stasiun 3	25
14. Lokasi Stasiun 1, Stasiun 2 dan Stasiun 3	35
15. Pengukuran panjang, lebar dan berat badan ikan	36
16. Pemisahan organ ikan	37
17. <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS)	37

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Penangkapan ikan (pengambilan sampel)	35
2. Pemisahan organ	36
3. Pengukuran logam berat	37
4. Tahapan persiapan dan pembuatan preparat histologi	37
5. Hasil uji kandungan kadmium (Cd) pada ginjal ikan	42
6. Hasil uji kandungan kadmium (Cd) pada air danau	43

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Danau Tempe merupakan salah satu dari tiga danau yang terdapat di bagian tengah wilayah Sulawesi Selatan. Dua danau lainnya yaitu Danau Sidenreng di Kabupaten Sidenreng Rappang (Sidrap) dan Danau Buaya di Kecamatan Tanasitolo, Kabupaten Wajo yang keduanya terletak di sebelah utara Danau Tempe (Mallawa, 2003). Danau Tempe terletak di Kabupaten Wajo, Kabupaten Sidrap, dan Kabupaten Soppeng, yang airnya bersumber dari air sungai yaitu DAS Bila dan Sidenreng di bagian utara serta DAS Batu-batu di bagian barat. Secara geografis Danau Tempe terletak pada titik 4°00'00" – 4°15'00" Lintang Selatan dan 119°52'30" – 120°07'30" Bujur Timur (Setiawan dan Wibowo, 2014). Secara umum jenis pemanfaatan sumber daya pada Danau Tempe adalah beragam dan lintas sektoral, seperti pemanfaatan dalam sektor perikanan, pertanian, hingga jasa transportasi air (Priyatna dan Sumartono, 2008) Potensi perikanan Danau Tempe telah dimanfaatkan oleh masyarakat dan pemerintah sehingga hasil produksi perikanan tersebut dipasarkan hingga keluar wilayah Kabupaten Wajo (Rinandha *et al.*, 2018). Produksi ikan Danau Tempe mencapai 55.000 ton pertahun pada tahun 1948-1969. Pada saat itu Danau Tempe dijuluki sebagai “mangkuk ikannya” Indonesia (Haerunnisa, 2014).

Ikan-ikan di Danau Tempe terdiri dari jenis ikan asli perairan rawa, ikan introduksi dan beberapa jenis ikan dari laut yang bermigrasi (Hickling, 1961). Ikan asli perairan Danau Tempe yaitu belut (*Monopterus albus*), betok/ puyu (*Anabas testudineus*), bloso/bungo (*Glossogobius aureus* dan *Glossogobius giuris*), dan gabus (*Channa striata*). Sebagian besar ikan di Danau Tempe merupakan ikan yang diintroduksi untuk memanfaatkan produktivitas perairan yang tinggi. Jenis-jenis yang termasuk ikan introduksi yaitu ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), sepat (*Trichopodus pectoralis* dan *Trichopodus trichopterus*), nilam (*Osteochilus vittatus*), lele (*Clarias batrachus*), nila/kamboja (*Oreochromis niloticus*), dan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). Kelompok ikan lainnya adalah ikan-ikan yang bermigrasi ke muara atau laut. Ikan-ikan tersebut terdiri dari ikan kumpulan (*Megalops cyprinoides*), mile-mile (*Stenogobius gymnopomus* dan *Stenogobius sp.*), sidat/ masapi (*Anguilla marmorata*) dan *Caranx sexfasciatus* (Dina *et al.*, 2019).

Ikan tawes merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang mempunyai nilai ekonomi penting dan potensial untuk dibudidayakan (Cahyono, 2011). Ikan tawes memiliki nama lokal tawes (Indonesia), taweh atau tawas, lampam Jawa (Melayu) dan bale kande (Danau Sidenreng) (Amri dan Khairuman, 2008). Ikan tawes dapat dimanfaatkan sebagai ikan konsumsi karena mengandung nilai protein 13 % dan asam Lemak Omega-3 1.5/100 gram (Purnama, 2016). Menurut Dina *et al.* (2019), ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) merupakan ikan yang dominan di perairan Danau Tempe sepanjang tahun 2016 dengan persentase jumlah ikan yang tertangkap mencapai 54.5 % dan berdasarkan catatan produksi perikanan tangkap Kabupaten Wajo tahun 2016 diketahui bahwa produksi tertinggi yaitu ikan sepat siam mencapai 5983.7 ton, ikan nila 1907.4 ton, dan ikan tawes 1815.4 ton.

Perairan Danau Tempe mengalami pencemaran yang meliputi perubahan suhu air, pH, warna, bau, rasa, tingginya kekeruhan, logam berat dan meningkatnya radioaktivitas air. Logam berat dalam jumlah kecil sangat dibutuhkan untuk jasad-jasad akuatik, tetapi dalam jumlah yang melebihi kebutuhan untuk kehidupan normal jasad-jasad perairan, logam berat dapat merupakan racun yang sangat berbahaya bagi organisme akuatik (Haerunnisa, 2014). Status mutu air Danau Tempe berdasarkan Metode Storet adalah tercemar berat karena beberapa parameter kualitas air sudah berada di luar batas ambang layak menurut baku mutu air kelas II salah satunya yaitu kadmium (Cd) (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

Logam berat kadmium (Cd) tidak berguna bagi tubuh dan dapat mengganggu kesehatan apabila terakumulasi di dalam tubuh. Keracunan kadmium menyebabkan kerusakan pada ginjal, kerusakan sistem saraf dan retina tubules (Darmono, 2008). Batas baku mutu untuk kadmium (Cd) yang ditetapkan SNI 7387 tahun 2009 sebesar 0.1 mg/Kg dan berdasarkan ketentuan WHO batas asupan makanan yang mengandung logam berat Cd adalah 0.05-0.15 mg/day (Madusari dan Pranggono, 2016).

Pencemaran logam berat menimbulkan efek negatif dalam kehidupan makhluk hidup seperti mengganggu reaksi kimia dan menghambat absorpsi dari nutrien-nutrien yang esensial (Hananingtyas, 2017). Pencemaran mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas perairan sehingga dapat memicu kerusakan secara struktural dan fungsional pada berbagai organ ikan. Ginjal adalah salah satu organ yang sensitif terhadap pencemaran (Mandia dan Marusin, 2013). Untuk mengetahui tingkat pencemaran yang terjadi dapat diketahui dengan cara analisis kandungan logam berat yang terakumulasi di dalam biota air di perairan tersebut, diantaranya pada ikan tawes. Ikan tawes merupakan salah satu jenis ikan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Oleh karena itu penulis memandang perlu melakukan penelitian tentang “Gambaran Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang Tercemar Logam Berat kadmium (Cd) di Danau Tempe Kabupaten Wajo” dengan menggunakan Analisis *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- 1.2.1. Apakah ikan tawes di Danau Tempe, Kabupaten Wajo terkontaminasi logam berat kadmium (Cd)?
- 1.2.2. Bagaimana gambaran histopatologi ginjal ikan tawes yang tercemar logam berat kadmium (Cd) di Danau Tempe, Kabupaten Wajo?
- 1.2.3. Bagaimana hubungan antara kandungan kadmium (Cd) dalam ginjal dan ukuran tubuh (panjang dan bobot) ikan tawes di Danau Tempe, Kabupaten Wajo?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan

- 1.3.1. Untuk mengetahui keberadaan logam berat kadmium (Cd) yang terkandung pada ikan tawes sehingga dapat diketahui jika ikan tersebut aman atau tidak untuk dikonsumsi oleh masyarakat.
- 1.3.2. Untuk mengetahui gambaran histopatologi ginjal ikan tawes yang tercemar logam berat kadmium (Cd) di Danau Tempe, Kabupaten Wajo.
- 1.3.3. Untuk mengetahui hubungan antara kandungan kadmium (Cd) dalam ginjal dan ukuran tubuh (panjang dan bobot) ikan tawes di Danau Tempe, Kabupaten Wajo.

### 1.4 Manfaat Penelitian

- 1.4.1. Manfaat pengembangan ilmu teori  
Sebagai tambahan pengetahuan dan literatur mengenai keberadaan logam berat yang terkandung pada ikan tawes di Danau Tempe Kabupaten Wajo.
- 1.4.2. Manfaat untuk aplikasi  
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu kedokteran hewan khususnya pada hewan akuatik dalam upaya meningkatkan kesehatan hewan akuatik dan juga kesehatan manusia.

### 1.5 Hipotesis

- 1.5.1. Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang ditangkap di Danau Tempe, Kabupaten Wajo, diduga terkontaminasi logam berat kadmium (Cd).
- 1.5.2. Ikan tawes yang ditangkap di Danau Tempe, Kabupaten Wajo, diduga mengalami perubahan gambaran histopatologi karena tercemar logam berat kadmium (Cd).
- 1.5.3. Logam berat kadmium (Cd) yang terkandung di dalam organ ginjal ikan tawes diduga dipengaruhi oleh ukuran tubuh (panjang dan bobot).

### 1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai “Gambaran Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) di Danau Tempe Kabupaten Wajo” belum pernah dilakukan, namun penelitian terkait pernah dilakukan sebelumnya oleh Wangsongsak *et al.* pada tahun 2007 di Bangkok, Thailand dengan perlakuan dan metode penelitian yang berbeda yaitu “Alterations of organ histopathology and metalloprotein mRNA expression in silver barb, *Puntius gonionotus* during subchronic cadmium exposure”.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Danau Tempe

Danau Tempe (Gambar 1) terletak di wilayah Kabupaten Wajo, Sidrap, dan Soppeng Provinsi Sulawesi Selatan. Bagian utara (2.300 ha) termasuk wilayah Sidrap  $\pm 10\%$  dari seluruh luas danau, bagian Selatan (3.000 ha) termasuk wilayah Soppeng  $\pm 15\%$ , dan bagian timur (9.445 ha) termasuk wilayah Kabupaten Wajo  $\pm 75\%$  dari seluruh luas danau (Nasution, 2015). Danau Tempe melintasi 10 Kecamatan dan 51 desa. Secara geografis, terletak pada  $119^{\circ}50'00''$  BT -  $120^{\circ}5'00''$  BT dan  $4^{\circ}00'00''$  LS -  $4^{\circ}10'00''$  LS. Dilihat dari karakteristik geologis, Danau Tempe terletak di atas lempengan benua Australia dan Asia serta merupakan salah satu danau tektonik di Indonesia. Sungai yang menuju ke danau terdiri dari 23 sungai, yang termasuk dalam DAS Bila dan DAS Walanae (Hermawan *et al.*, 2015) Danau Tempe terpisah dengan Danau Buaya dan Danau Sidenreng pada musim kemarau sedangkan di musim hujan ketiga danau menyatu dan membentuk Danau Tempe yang luasnya 35.000 ha (Mallawa, 2003).



Gambar 1. Peta Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Wajo (Pokja Sanitasi Kabupaten Wajo, 2014).

Pada musim hujan, luas permukaan Danau Tempe adalah 48.000 ha dan menggenangi areal persawahan, perkebunan, rumah penduduk, prasarana jalan dan jembatan, serta prasarana sosial lain yang menimbulkan kerugian yang cukup besar (Pusat Penelitian Limnologi, 2012). Pada musim kering, luas danau hanya mencapai 1.000 ha, sedangkan luas danau pada kondisi normal berkisar 15.000–20.000 ha (Suwanto *et al.*, 2011). Luas area pasang surutnya dapat mencapai lebih dari 18.000 ha yang sebagian besar dapat dimanfaatkan untuk pertanian tanaman palawija. Ciri-ciri Danau Tempe adalah landai, dangkal, dan banyak ditumbuhi oleh tumbuhan air (Wardoyo *et al.*, 1995).

Danau Tempe berfungsi sebagai penyedia air bersih dan air baku, pertanian, pariwisata, pencegah bencana alam/banjir, habitat tumbuhan dan satwa, pengatur fungsi hidrologi, penghasil sumberdaya alam hayati, sumber perikanan (baik budidaya maupun perikanan tangkap), sumber pendapatan, dan sebagai sarana penelitian dan pendidikan (Surur, 2015). Danau ini juga dimanfaatkan antara untuk mendukung produksi tanaman pangan dan sentra produksi perikanan air tawar, sumber cadangan air untuk irigasi dan perkebunan, serta pengembangan wisata air (Suwanto *et al.*, 2011).

Sumber utama air Danau Tempe berasal dari beberapa sungai dan sungai tersebut merupakan tempat berbagai aktivitas masyarakat, baik sebagai sarana transportasi maupun sebagai tempat mandi, mencuci dan kegiatan lainnya. Interaksi langsung masyarakat dengan aliran sungai yang memasuki danau menyebabkan ekosistem perairan Danau Tempe berpotensi mengalami pencemaran. Oleh sebab itu, sumber pencemaran Danau Tempe antara lain berasal dari limbah domestik, pertanian, dan limbah industri rumah tangga (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

Beberapa parameter kualitas air sudah berada di luar batas ambang layak berdasarkan baku mutu air kelas II dengan melihat skor menurut Metode Storet. Parameter tersebut meliputi: warna air, daya hantar listrik (*conductivity*), kekeruhan, *total suspended solid* (TSS), *total dissolved solid* (TDS), *biological oxygen demand* (BOD), oksigen terlarut (DO), total fosfat, nitrit, timbal, kadmium, tembaga dan logam zeng. Dengan demikian status mutu air Danau Tempe berdasarkan Metode Storet adalah tercemar berat. Kandungan kadmium (Cd) dalam air Danau Tempe adalah 7 mg/L sedangkan baku mutu air kelas II untuk kadmium hanya 0,01 mg/L (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

## 2.2 Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Ikan tawes merupakan salah satu ikan konsumsi yang mempunyai nilai komoditas dibidang sektor perikanan air tawar yang terus berkembang pesat (Murtidjo, 2001). Ikan tawes atau *java carp* tergolong ikan bersumber protein hewani tinggi. Tawes memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi untuk tiap 100 g bahan, terdiri dari air (66 g), kalori (198 kal), protein (19 g), lemak (13 g), serta mengandung zat-zat kalsium, fosfor, besi, vitamin A dan B1 yang dibutuhkan tubuh manusia (Wirahadikusumah, 1985). Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) atau juga dikenal dengan nama bander putihan termasuk dalam famili *Cyprinidae* (Ayyubi dan Budiharjo, 2018). Ikan tawes merupakan salah satu ikan asli Indonesia terutama pulau Jawa. Hal ini yang menyebabkan tawes memiliki

nama ilmiah *Puntius javanicus*. Kemudian berubah menjadi *Puntius gonionotus*, dan terakhir berubah menjadi *Barbonymus gonionotus*. Ikan tawes memiliki nama lokal tawes (Indonesia), taweh atau tawas, lampam Jawa (Melayu) dan bale kande (Danau Sidendeng) (Amri dan Khairuman, 2008). Ikan tawes, sepat siam, lele, tambakan, nila, mujaer dan mas, adalah ikan introduksi dari Jawa ke Danau Tempe yang dilakukan sejak tahun 1937. Ikan introduksi yaitu tawes merupakan jenis ikan yang dominan tertangkap sepanjang tahun. Lebih dari 50% hasil tangkapan nelayan sepanjang tahun 2010 didominasi oleh jenis ikan tersebut. Oleh karena itu ikan tawes menjadi pendapatan utama bagi nelayan setempat (Samuel dan Makmur, 2012).

### 2.2.1 Klasifikasi Ikan Tawes

Ikan tawes memiliki klasifikasi sebagai berikut (Andy Omar, 2012; Froese dan Pauly, 2020; Nelson, 2006):

Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Superkelas	: Osteichthyes
Kelas	: Actinopterygii
Subkelas	: Neopterygii
Divisi	: Teleostei
Subdivisi	: Ostarioclopeomorpha (Otocephala)
Superordo	: Ostariophysi
Ordo	: Cypriniformes
Superfamili	: Cyprinoidea
Famili	: Cyprinidae
Subfamili	: Barbinae
Genus	: <i>Barbonymus</i>
Spesies	: <i>Barbonymus gonionotus</i> (Bleeker, 1850)

### 2.2.2 Ciri Fisik Ikan Tawes

Ikan tawes memiliki badan dengan ciri-ciri sebagai ikan familia *Cyprinidae*, yaitu badannya ditutupi dengan sisik-sisik *cycloid* atau campur dengan sisik-sisik *ctenoid* (Djuhandha, 1981). Bentuk tubuh ikan tawes agak memanjang, pipih ke samping, bentuk punggung membusur sehingga kelihatan seperti segitiga. Tinggi badan ikan tawes 1 : 2,4 – 2,6 kali panjang standar. Sisik relatif besar dengan warna putih keperak - perakan, dibagian punggung berwarna lebih gelap sedangkan dibagian perut berwarna lebih putih (Susanto, 2000).

Bentuk kepala kecil, moncong meruncing dan letak mulut terminal. Berwarna putih keperakan saat segar, terkadang dengan warna emas. Sirip punggung dan ekor berwarna abu - abu sampai kuning, sirip dubur dan sirip perut berwarna oranye serta ujungnya merah, sirip dada pucat sampai berwarna kuning muda. Jumlah total duri punggung: 4, sirip punggung lunak: 8, duri anal: 3, dan sirip anal lunak: 6-7 (Froese dan Pauly, 2020). Bentuk ikan tawes dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ikan tawes dari Danau Tempe

Ikan tawes termasuk ikan herbivora, tanaman air seperti *Hydrilla verticillata* Presl. dan *Ceratophyllum demersum* L. merupakan makanan utama ikan tawes. Ikan yang telah dewasa bahkan memakan daun-daunan dari darat seperti daun singkong, rumput-rumputan dan daun talas. Dalam stadium larva, tawes mengkonsumsi alga bersel satu (uniseluler) dan zooplankton yang halus sedangkan dalam stadium benih ikan sampai dewasa, tawes mengkonsumsi daun-daunan. Tawes dapat juga diberi makan tambahan seperti sisa-sisa dapur, dedak, bungkil dan sering diberikan pakan berupa daun eceng gondok sebagai pengganti pellet (Susanto, 2000).

### 2.2.3 Habitat Ikan Tawes

Ikan tawes merupakan salah satu ikan asli Indonesia. Ikan ini memiliki sifat biologis yang membutuhkan banyak oksigen dan hidup di perairan tawar dengan suhu tropis 22 – 28°C, serta pH 7 sehingga ikan tawes dalam habitat aslinya adalah ikan yang berkembang biak di sungai, danau dan rawa-rawa dengan lokasi yang disukai yaitu perairan dengan air yang jernih dan terdapat aliran air. Ikan tawes dapat ditemukan di dasar sungai mengalir pada kedalaman hingga lebih dari 15 m, rawa banjir dan waduk (Kottelat *et al.*, 1993).

Ikan tawes sangat populer dan disukai oleh banyak masyarakat di daerah Jawa Tengah terutama di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Timur. Di Sumatera dan Kalimantan tawes menjadi komoditas yang penting untuk dipelihara di keramba-keramba dan di perairan umum. Di Waduk Gajah Mungkur Wonogiri, tawes merupakan ikan yang sangat disukai oleh para pemancing dan merupakan ikan yang prolifik yaitu jenis ikan dengan fekunditas telur tinggi dan memiliki banyak anak (Susanto, 2000).

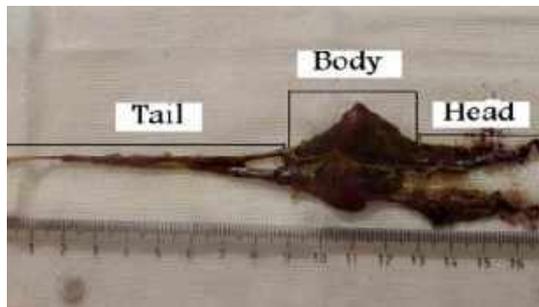
## 2.3 Ginjal

Ginjal merupakan unit ekskretoris pada vertebrata tingkat tinggi, tetapi fungsi utamanya pada hewan tingkat rendah seperti ikan adalah untuk osmoregulasi. Duktus-duktus ginjal dan sistem reproduksi sangat terkait satu sama lain, sehingga banyak ahli yang mempelajari kedua sistem tersebut sebagai satu sistem *urogenital* (*uro* berarti urin) (Fried dan George, 2005). Ginjal pada ikan air tawar lebih banyak bekerja untuk menyaring dan membuang kelebihan cairan dari dalam tubuh ikan serta mengatur agar garam yang terbuang hanya

sedikit. Ginjal harus menghemat garam dan menghilangkan kelebihan air. Hal ini dilakukan dengan laju filtrasi glomerulus tinggi, reabsorpsi garam dalam tubulus proksimal, dan pengenceran urin di tubulus distal (Mumford *et al.*, 2007).

Ginjal ikan pada umumnya terletak antara *Columna vertebralis* dan gelembung renang, di atas rongga perut, di luar peritoneum, di bawah tulang punggung dan *aorta dorsalis* (Saladin, 2001). Ginjal ikan terbentuk dari dua bagian yaitu ginjal kiri dan ginjal kanan yang terlihat saling menempel satu sama lain dan seperti menyerupai satu organ yang berbentuk segi tiga melebar dan berwarna merah (Wagiman *et al.*, 2014).

Ginjal *Cyprinidae* (Gambar 3) terbagi menjadi 2 bagian yaitu kepala ginjal dan tubuli ginjal. Tubuli ginjal ikan air tawar terdiri dari glomerulus serta tubulus kontortus proksimal yang terbagi atas 2 bagian sitologi berbeda yaitu tubulus kontortus distal dan tubulus kolektivus. Urin terbentuk dari saringan glomerulus ke dalam tubuli ginjal. Ginjal ikan air tawar yang ber-*glomeruli* gunanya untuk mengeluarkan kembali air yang secara osmotis diserap (Yuniar, 2009).

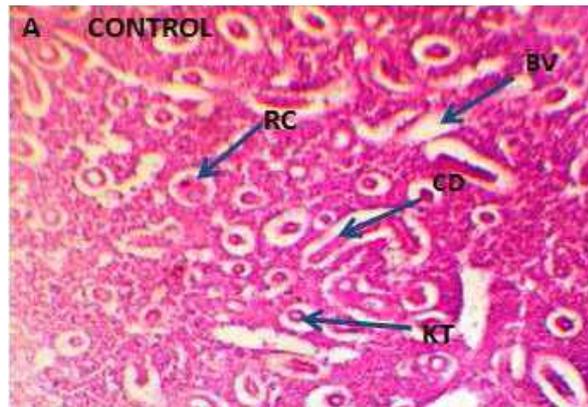


Gambar 3. Anatomi ginjal pada *Barbus pectoralis* (*Cyprinidae*) (Morovvati *et al.*, 2012).

Struktur histologi ginjal ikan terdiri dari nefron, setiap nefron terdiri dari beberapa segmen dengan struktur dan fungsi tertentu seperti glomerulus yang berfungsi untuk ultrafiltrasi dari plasma yang terbentuk dari darah. Filtrat ini kemudian masuk ke dalam tubulus ginjal dimana diubah untuk membentuk urin. Tubulus pada ginjal ikan berbentuk kurang jelas sehingga sulit diidentifikasi, terdiri dari tubulus kontortus proksimal dan distal. Pada tubulus kontortus proksimal terdapat sel epitel kuboid selapis dengan *brush border*, diberi pewarnaan terlihat adanya sitoplasma yang berwarna pekat dan pudar serta inti berbentuk bulat. Tubulus distal yang tidak mempunyai *brush border* dan sitoplasma yang berwarna pucat (Mumford *et al.*, 2007). Secara umum, struktur histologi ginjal ikan terdiri dari unsur utama yaitu glomerulus, tubulus dan pembuluh darah (Mc Gavin dan Zachary, 2007).

Glomerulus dalam keadaan normal secara keseluruhan tertutup oleh kapsula bowman yang berbentuk mangkok, kapiler glomerulus dilapisi oleh sel-sel endotel, berlubang pori-pori dengan diameter kurang lebih 100 nm dan terletak pada membran basalis. Di bagian luar membran basalis adalah epitel viseral (podosit) (Laily *et al.*, 2018). Pada ginjal ikan, tubulus memiliki karakteristik berbentuk pendek, dinding tubulus terdiri atas epitel kuboid selapis dengan silia dan inti berbentuk bulat (Bruno *et al.*, 2013).

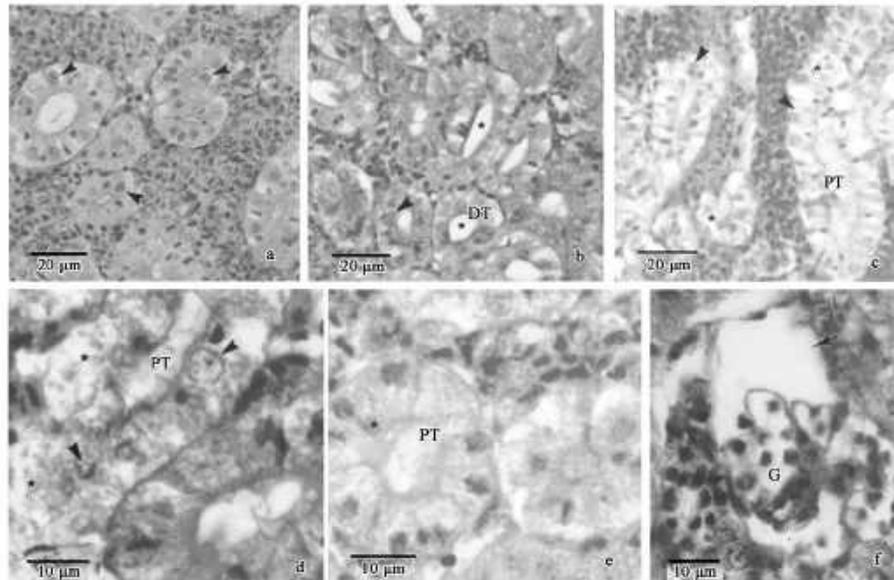
Menurut Rangsayatorn *et al.* (2004) trunkus ginjal *P. gonionotus* normal memiliki sejumlah nefron dan jaringan limfoid interstitial. Setiap nefron terdiri dari renal korpuskula dan tubulus ginjal. Renal korpuskula terdiri dari glomerulus dan dikelilingi oleh kapsul. Glomerulus terdiri dari kumpulan kapiler. Tubulus proksimal ditandai oleh sel-sel kolumnar dengan *brush border* disepanjang bagian atas sel. Tubulus distal adalah epitel kolumnar rendah dengan nukleus dasar yang bulat dan sitoplasma eosinofilik. Jaringan limfoid interstitial adalah jaringan hematopoietik. Sel-sel parenkim berbentuk bulat sampai poligonal dengan inti di tengah. Gambaran histologi ginjal normal *B. gonionotus* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Histologi normal ginjal *P. gonionotus* terlihat tubulus ginjal (KT), renal korpuskula (RC), duktus kolektif (CD) dan pembuluh darah (BV). Pewarnaan HE dan pembesaran 100x (Al-Emran *et al.*, 2018).

Ginjal adalah organ utama yang terlibat dalam keseimbangan cairan dan ionik ikan. Oleh karena itu, perubahan komposisi ionik pada lingkungan yang disebabkan oleh penambahan kadmium ionik akan mengakibatkan dilakukannya ekskresi ion-ion ini (Rangsayatorn *et al.*, 2004). Toksisitas logam berpengaruh pada ginjal ikan. Ginjal ikan berfungsi untuk filtrasi dan mengekskresikan bahan yang biasanya tidak dibutuhkan oleh tubuh, termasuk bahan racun seperti logam berat. Hal ini yang menyebabkan ginjal sering mengalami kerusakan oleh daya toksik logam (Suyanto *et al.*, 2010).

Menurut Wangsongsak *et al.* (2007). pada bulan pertama paparan kadmium ke *P. gonionotus*, ginjal menunjukkan penampilan normal mirip dengan kontrol. Pada bulan kedua paparan, tubulus proksimal menunjukkan lumen yang melebar dan pembengkakan ringan. Teramati sel epitel tubulus proksimal yang membengkak dengan nuklei melebar. Glomerulus menunjukkan pelebaran ringan, kongesti dan distorsi kapiler. Pada bulan ketiga paparan, banyak epitel tubulus menjadi terkelupas dan pembengkakan tubulus teramati. Ada banyak area nekrotik. Droplet eosinofilik atau droplet hialin terakumulasi dalam sel epitel tubular. Glomeruli menjadi lebih terdistorsi dan kapiler sangat padat. Gambaran histopatologi ginjal *P. gonionotus* yang terpapar kadmium dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagian melintang ginjal *P. gonionotus* (A) ginjal ikan kontrol dan setelah satu bulan paparan menunjukkan tubulus proksimal berbentuk normal dan sel tubular dengan nuklei (panah); (B) setelah dua bulan paparan tubulus proksimal menunjukkan lumen melebar (★), pembengkakan ringan tubulus proksimal (panah), dan tubulus distal (DT); (C) setelah tiga bulan paparan, banyak epitel tubulus proksimal (PT) menjadi terkelupas (★) dan pembengkakan parah tubulus teramati (panah); (D) perbesaran yang tinggi dari ginjal yang terpapar setelah tiga bulan menunjukkan perubahan parah pada beberapa daerah nekrotik (★), pembengkakan tubulus proksimal (PT) dan sel epitel dengan karyolisis (panah); (E) beberapa droplet eosinofilik atau droplet hialin terdapat dalam sel epitel (★) dari tubulus proksimal (PT); (F) distorsi parah dan perluasan kapsula Bowman serta kapiler glomerulus (G) yang sangat padat. Pewarnaan HE dan pembesaran 100x-400x (Wangsongsak *et al.*, 2007).

## 2.4 Logam Berat

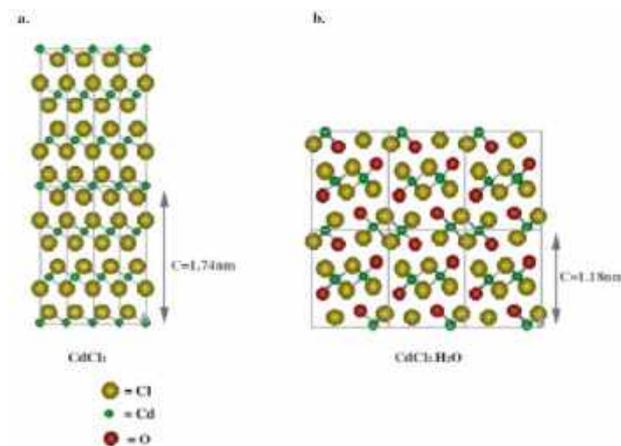
Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan densitas lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ , terletak di sudut kanan bawah pada sistem periodik unsur, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode empat sampai tujuh (Ernawati, 2010). Logam berat dibagi ke dalam 2 jenis yaitu logam berat esensial dan tidak esensial. Logam berat esensial merupakan logam yang dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme namun dalam jumlah berlebihan logam tersebut bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Logam berat tidak esensial merupakan logam yang keberadaannya dalam tubuh manusia masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik seperti Hg, Cr, Cd, Pb dan lain sebagainya (Asriani, 2017).

Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik. Jika terdapat dalam jumlah yang besar dapat mempengaruhi aspek

ekologis maupun aspek biologis perairan (Setiawan, 2013). Logam berat pada konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kematian bagi biota perairan, sedangkan pada konsentrasi yang rendah dapat menyebabkan terjadinya akumulasi dalam tubuh biota tersebut (Monsefrad *et al.*, 2012). Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh ikan melalui beberapa jalan antara lain pernafasan (respirasi), saluran makanan (biomagnifikasi) dan melalui kulit (difusi). Logam diabsorpsi dalam daging ikan oleh darah yang kemudian berikatan dengan protein darah lalu didistribusikan keseluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya terdapat dalam hati dan ginjal (Darmono, 2008). Ikan sebagai salah satu biota air dapat dijadikan sebagai salah satu indikator tingkat pencemaran yang terjadi di dalam perairan jika di dalam tubuh ikan telah terkandung kadar logam berat yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan (Mu'nisa dan Nurham, 2010).

Muara aliran sungai yang mengandung limbah mengakibatkan akumulasi logam berat sebagai logam beracun pada suatu perairan. Meskipun kadar logam berat dalam aliran sungai itu relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi, yaitu logam berat akan terkumpul dan meningkat kadarnya dalam tubuh organisme air yang hidup, termasuk ikan. Kemudian melalui transformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan kadar logam berat tersebut secara tidak langsung melalui rantai makanan. Proses rantai makanan ini akan sampai pada jaringan tubuh manusia sebagai satu komponen dalam sistem rantai makanan (Ulfin, 2001).

Kadmium (Cd) (Gambar 6) merupakan unsur golongan IIB (logam) yang mempunyai bilangan oksidasi<sup>+2</sup>, ion dalam larutan tidak berwarna, dan senyawa dalam bentuk padatan tidak berwarna mencolok. Cd mempunyai nomor atom 48, massa atom 112,4, kerapatan 8,64 g/cm<sup>3</sup>, titik cair 320,9<sup>0</sup>C, dan titik didih 767<sup>0</sup>C (Stoepler, 1992). Di dalam air Cd hanya sedikit dan tidak bereaksi dengan H<sub>2</sub>O, melainkan hanya terhidrasi di dalamnya sebagai ion kompleks berikatan dengan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Keberadaan ion Cd<sup>2+</sup> di dalam air tergantung kadar garam dan keasaman (pH). Air dengan kadar garam dan alkalinitas tinggi akan mempercepat spesiasi ion Cd<sup>2+</sup> yaitu dengan membentuk pasangan ionnya (Akbar *et al.*, 2014).



Gambar 6. Model Struktur dari a. CdCl<sub>2</sub> dan b. CdCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, keduanya ditunjukkan dalam proyeksi (010) (Popovitz-Biro *et al.*, 2001)

Kadmium merupakan logam yang bersumber dari aktivitas alamiah dan antropogenik. Secara alamiah Cd didapat dari letusan gunung berapi, jatuhnya atmosferik, pelapukan bebatuan, dan jasad organik yang membusuk. Logam Cd juga didapat dari kegiatan manusia, yaitu industri kimia, pabrik tekstil, pabrik semen, tumpahan minyak, pertambangan, pengolahan logam, pembakaran bahan bakar, dan pembuatan serta penggunaan pupuk fosfat. Dalam kehidupan sehari-hari, mainan anak-anak, fotografi, tas dari vinil, dan mantel merupakan sumber Cd. Kadmium masuk ke dalam air melalui beberapa cara yaitu dekomposisi atmosfer yang berasal dari kegiatan industri, erosi tanah dan bebatuan, air hujan, kebocoran tanah pada tempat-tempat tertentu, dan penggunaan pupuk di lahan pertanian. Angin menggerakkan Cd di udara ke tanah dan air dalam bentuk partikulat (Bakri, 2017).

Logam kadmium (Cd) merupakan zat pencemar yang sangat berbahaya bagi organisme perairan dan salah satu logam berat yang bersifat toksik. Kadmium sulit mengalami pelapukan baik secara kimiawi, fisika maupun biologi. Adanya peningkatan kadar logam berat Cd dalam air akan diikuti oleh peningkatan logam berat Cd dalam tubuh ikan, sehingga ikan yang hidup di dalam perairan tersebut ikut tercemar. Meskipun kadar logam berat Cd dalam perairan relatif kecil namun sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh ikan dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan (Martuti *et al.*, 2017). Efek paparan logam berat kadmium dalam waktu lama akan memicu peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang mengakibatkan kematian sel (Gzyl *et al.*, 2009).

Konsumsi kadmium (Cd) yang melebihi batas akan menimbulkan kerusakan organ dalam. Paparan 30-50  $\mu\text{g}$  Cd per hari untuk orang dewasa atau 0.43-0.57  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$  atau 0,00043-0,00057  $\text{mg}/\text{kg}/\text{hari}$  akan menyebabkan adanya risiko patah tulang, kanker, kelainan fungsi ginjal, dan peningkatan tekanan darah (Satarug *et al.*, 2000). Keracunan yang disebabkan oleh Cd dapat bersifat akut maupun kronis. Keracunan akut seperti timbulnya rasa sakit dan panas pada bagian dada yang dapat menyebabkan penyakit paru-paru akut, sedangkan keracunan yang bersifat kronis pada umumnya terjadi kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam Cd adalah sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah), dan jantung. Selain itu juga dapat merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Palar, 2008).

Batas baku mutu untuk kadmium (Cd) yang ditetapkan SNI 7387 tahun 2009 sebesar 0.1  $\text{mg}/\text{Kg}$  dan berdasarkan ketentuan WHO batas asupan makanan yang mengandung logam berat Cd adalah 0.05-0.15  $\text{mg}/\text{day}$ . Standar kualitas air untuk kadmium (Cd) yang ditentukan dalam PPRI No. 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0.01  $\text{mg}/\text{l}$  (Madusari *et al.*, 2016). Ambang batas kadar kadmium (Cd) berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, yaitu sebesar 0,001  $\text{mg}/\text{l}$  (Martuti *et al.*, 2017)

Batas maksimum konsumsi ikan yang telah terakumulasi logam berat ditentukan sesuai dengan rumus USEPA, (2000):

$$CR_{lim} = \frac{RfD \times BW}{C_m} \text{ kg/hari}$$

Keterangan :

CR<sub>lim</sub> = Batas maksimum tingkat konsumsi ikan (kg/hari)

RfD = Referensi dosis (mg/kg hari)

BW = Berat badan (kg)

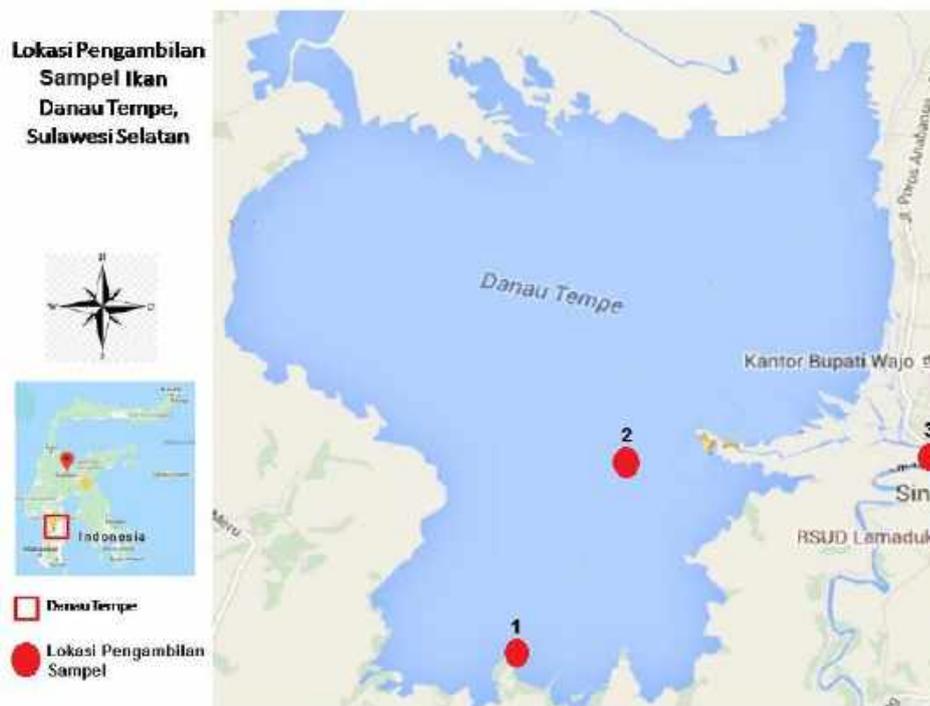
C<sub>m</sub> = Konsentrasi logam berat dalam ikan (mg/kg)

Menurut USEPA (2000), Referensi dosis (RfD) untuk kadmium (Cd) adalah 0,001 mg/kg-hari

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung dari bulan Maret-Juni yang meliputi kegiatan pengambilan sampel ikan di Danau Tempe Kecamatan Tempe Kabupaten Wajo. Sampel ikan diambil dari tiga stasiun yang berbeda, yaitu Stasiun 1 terletak pada koordinat  $4^{\circ}09'49''$  LS dan  $119^{\circ}56'51''$  BT, dimana lokasi ini berada di sekitar Sungai Panincong yang merupakan tempat atau jalur masuknya air dari Kabupaten Soppeng ke danau dan juga tempat penangkapan ikan tawes. Stasiun 2 terletak pada koordinat  $4^{\circ}06'13''$  LS dan  $119^{\circ}58'49''$  BT, dimana lokasi ini berada di tengah danau dan sering digunakan nelayan sebagai area penangkapan ikan. Stasiun 3 terletak pada koordinat  $4^{\circ}07'43''$  LS dan  $120^{\circ}01'12''$  BT, dimana lokasi ini berada di sekitar Bendungan Gerak yang merupakan jalur keluarnya air sungai dari danau (Gambar 7). Pembuatan sampel organ ginjal ikan tawes dan analisis *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) pada organ ginjal yang terkontaminasi logam berat kadmium (Cd) dilaksanakan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar. Analisis gambaran histopatologi ginjal ikan tawes yang tercemar logam berat kadmium (Cd) dilakukan di Laboratorium Patologi Klinik Hewan Pendidikan, Universitas Hasanuddin.



Gambar 7. Lokasi pengambilan sampel ikan di Danau Tempe, Kabupaten Wajo (Dina, 2019).

#### 3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analisis deskriptif data primer yaitu dengan mengumpulkan informasi dan meninjau lokasi yang diperlukan sesuai dengan hipotesis. Tiga stasiun di Danau Tempe yang dipilih kemungkinan

telah terkontaminasi logam berat kadmium (Cd) karena besarnya aktifitas warga di lokasi tersebut maupun tercemar secara alami. Kemudian dilakukan analisis dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dan mendeskripsikan objek dari hasil pengamatan untuk mencapai kesimpulan.

### 3.3 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah organ ginjal dari 15 ekor ikan tawes yang diduga telah terkontaminasi logam berat kadmium (Cd) dari Danau Tempe. Sebelum dilakukan proses nekropsi, terlebih dahulu ikan sampel diukur panjang tubuhnya dengan menggunakan kaliper berketelitian 0,1 mm dan ditimbang bobot tubuhnya dengan menggunakan neraca digital berketelitian 0,01 g. Sampel organ ikan yang digunakan terlebih dahulu ditimbang dengan menggunakan neraca digital berketelitian 0,01 g sebelum diuji dengan menggunakan AAS. Alat yang digunakan untuk AAS adalah *coolbox*, gunting bedah, pinset, pisau, batang pengaduk, pipet, botol film/botol plastik, cawan keramik, corong, penjepit, *hot plate*, talenan, labu ukur, timbangan, seperangkat alat AAS, alat desikator, spidol, dan label. Bahan yang digunakan adalah sampel ikan tawes, kertas saring *whatman* No.42, akuades, dan HCl pekat yang berfungsi sebagai destruktur yaitu untuk menghilangkan unsur-unsur zat lain agar tidak saling mengganggu pada saat dilakukan analisis sehingga yang tersisa hanya unsur logam saja. Untuk uji histopatologi digunakan alat bedah nekropsi (gunting bedah, pisau bedah, pinset sirurgis, pinset anatomis), mikroskop, penggaris, kamera, spoit, botol sampel, kertas label, *tissue*, gelas ukur, *tissue cassette*, seperangkat alat untuk pewarnaan hematoksin-eosin (HE), *objectglass*, kuas kecil, *cover glass*, inkubator, mikrotom, dan pisau mikrotom. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan tawes, formalin 10%, alkohol seri (70%, 80%, 90%, 95%, 100%), *xylol*, parafin, akuades, haematoksin, dan eosin.

### 3.4 Metode Penelitian

#### 3.4.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ikan tawes dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan logam berat kadmium (Cd) yang terdapat pada organ ginjal ikan tawes di Danau Tempe. Sampel yang digunakan masing-masing 5 ekor ikan sampel dari masing-masing stasiun, sehingga total sampel sebanyak 15 ekor ikan. Ikan ditangkap dengan menggunakan alat tangkap jala atau *tongkang* (Gambar 8). Sampel ikan yang diperoleh diawetkan dengan es batu dalam kotak pendingin (*Coolbox*) untuk mempertahankan tingkat kesegaran, sehingga diharapkan pada saat pengambilan organ ginjal ikan masih tetap dalam kondisi segar. Setelah itu dilakukan nekropsi untuk pemisahan organ ginjal ikan kemudian dimasukkan ke dalam botol film sehingga dapat dilanjutkan dengan analisa logam berat kadmium menggunakan AAS di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.



Gambar 8. Alat tangkap *tongkang* dari jaring jala yang berbentuk kelambu di Danau Tempe

### 3.4.2 Pengukuran Logam Berat

Prosedur pengukuran logam berat dalam organ dilakukan berdasarkan metode menurut Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar yaitu: masing-masing 2 gram sampel dimasukkan ke dalam tabung digestion block, kemudian sampel dicampur pada air destilasi sebanyak 0.5 ml untuk menghindari percikan air dan untuk mempermudah reaksi yang cepat dengan asam. Sampel yang telah ditambah air didestruksi dengan 10 ml konsentrasi  $\text{HNO}_3$  yang dilakukan pada suhu sekitar  $100^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 2 jam. Setelah didinginkan selama kurang lebih 15 menit, sebanyak 0,5 ml perchlorat ( $\text{HClO}_4$ ) dimasukkan pada larutan tadi sedikit demi sedikit. Larutan dipanaskan lagi di digestion block selama kurang lebih 1 jam. Kemudian ditambahkan dengan air destilasi sebanyak 50 ml. Saring menggunakan kertas saring whatman no.42. Hasil saringan siap untuk dianalisis, buatlah standar mineral kadmium dan ukur menggunakan AAS setelah itu logam berat dianalisis

### 3.4.3 Pembuatan Sediaan Histologi

Pembuatan preparat histopatologi memiliki beberapa tahapan. Menurut Berata (2018), tahapan pembuatannya yaitu:

#### 1. Fiksasi

Dasar dari pembuatan preparat histopatologi yang baik dimulai dengan melakukan fiksasi yang benar pada ikan, yang telah dimasukkan dalam larutan formalin 10% selama 2 hari. Volume larutan formalin 10% minimal 10 kali volume jaringan.

#### 2. *Trimming*

Selanjutnya melakukan nekropsi pada ikan dan memasukan organ yang telah difiksasi jaringannya ke dalam *tissue cassette*.

### 3. *Processing* dan *embedding*

Selanjutnya dilakukan *processing* dengan memasukkan *tissue cassette* ke dalam *tissue processor*. Jaringan yang ada dalam *tissue cassette* kemudian didehidrasi dengan memasukkan jaringan ke dalam larutan alkohol bertingkat yaitu alkohol 70%, 80%, 90%, 95%, 100%. Alkohol 70% sampai 80% masing-masing selama 1 hari. Kemudian 90% dan 95% masing-masing 12 jam. Selanjutnya 100% (1) dan 100% (2) masing-masing 1 jam. Kemudian *clearing* ke dalam xylol I dan xylol II, masing-masing selama 15 menit. Kemudian tahap *infiltrating* yaitu *tissue cassette* dimasukkan ke dalam paraffin cair I dan II dengan suhu 56°C masing-masing selama 1 jam. Tahapan selanjutnya adalah *embedding* yaitu mencetak jaringan dalam paraffin cair dengan cara spesimen diletakkan di atas cetakan lalu diisi dengan paraffin. Posisi spesimen yang akan dipotong harus menghadap ke bawah menempel pada cetakan. Kemudian diletakkan kaset pink di atas cetakan dan ditambahkan paraffin.

### 4. Pematangan

Setelah preparat sudah bisa dipotong maka dilakukan pematangan dengan mikrotom dengan ketebalan 5  $\mu$ m. Potongan jaringan kemudian ditaruh pada *slide* yang telah diberi aquades dan penomoran. Kemudian *slide* ditaruh di dalam inkubator bersuhu 40°C selama 1 hari sebelum diberikan pewarnaan.

### 5. Pewarnaan

Jaringan direndam ke dalam larutan xylol I selama 30 menit kemudian direndam ke dalam larutan xylol II selama 30 menit, lalu dimasukkan ke dalam alkohol 100% I, 100% II, 95%, 80% dan 70% secara berurut masing-masing selama 1 menit. Selanjutnya direndam ke dalam aquades selama 15 menit agar pewarnaan *haematoxylineosin* dapat menempel dengan baik. Kemudian dilanjutkan dengan memasukkan sediaan ke dalam larutan pewarna *eosin* selama 10 menit. Langkah berikutnya adalah sediaan dimasukkan ke dalam larutan alkohol 70%, 80%, 90%, 95%, 100%, 100%, xylol I, dan xylol II secara berurut masing-masing selama 1 menit kecuali xylol I dan II masing-masing 30 menit. Setelah itu sediaan dikeringkan dan diberi perekat entelan 1-2 tetes, lalu ditutup dengan kaca penutup dengan hati-hati hingga tidak ada gelembung udara yang terbentuk, lalu disimpan selama beberapa menit sampai zat perekat mengering dan siap diamati dengan mikroskop.

#### 3.4.4 Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop, menggunakan perbesaran lensa subjektif 10x dan lensa objektif 4x, 10x, dan 40x. Pengamatan dan pengambilan gambar dilakukan dengan menggunakan kamera mikroskop *optilab advanced*. Preparat histologi ginjal ikan kemudian diamati. Hasil pemeriksaan mikroskopik dicatat lalu diolah menggunakan program komputer yang telah tersedia untuk diberikan jawaban diagnosa definitif.

### 3.5 Analisis Data

Analisa data yang digunakan adalah analisis data deskriptif kualitatif. Pada metode ini akan menjelaskan mengenai gambaran histopatologi dari ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang tercemar logam berat kadmium (Cd). Hubungan antara kandungan kadmium (Cd) dengan bobot tubuh dan panjang tubuh ikan tawes ditentukan menggunakan analisis regresi.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kandungan logam berat Kadmium (Cd) pada ginjal Ikan Tawes

Pencemaran air oleh bahan kimia organik dan anorganik seperti logam telah diidentifikasi sebagai salah satu faktor terpenting penyebab keracunan pada organisme laut seperti ikan. Logam non-esensial seperti kadmium, tidak memberikan manfaat apapun dalam tubuh dan dapat menjadi racun bagi manusia bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah (Annabi *et al.*, 2013). Ikan dan makanan laut adalah salah satu penghubung utama yang menyebabkan logam berat di lingkungan dapat masuk ke dalam tubuh manusia (Fraser *et al.*, 2013).

Logam berat adalah unsur beracun yang dapat didistribusi, disimpan, dan diakumulasi oleh organisme melalui rantai makanan yang mengakibatkan kerusakan fisiologis. Kadmium sebagai unsur toksik dapat menjadi agen penekan ikan. Paparan kadmium dapat menyebabkan beberapa kerusakan patofisiologis termasuk penurunan laju pertumbuhan ikan dan juga pada organisme akuatik lainnya (Annabi *et al.*, 2013). Peningkatan pencemaran dalam air berdampak pada ekosistem perairan dan menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan ikan yang mengakibatkan produksi ikan umumnya terpengaruh serta peternak ikan mengalami kerugian ekonomi yang besar (Kumar dan Singh, 2010).

Berdasarkan uji Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar terhadap organ ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), kadar cemaran logam berat kadmium (Cd) ditampilkan pada tabel 1 dan lampiran 5.

Tabel 1. Hasil pengamatan rata-rata kandungan logam berat kadmium (Cd) pada sampel ginjal ikan tawes dengan metode *Atomic Absorption Spectrofotometer*

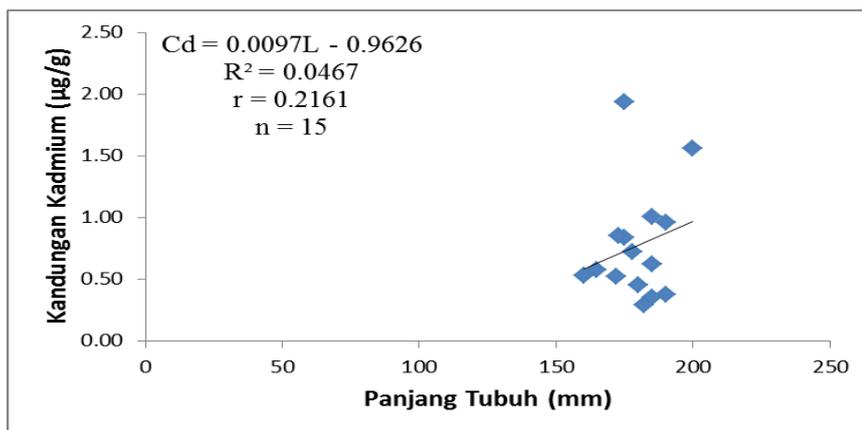
No.	Kode sampel	Bobot tubuh (g)	Panjang tubuh (mm)	Kadar kadmium ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
Stasiun 1 di Danau Tempe				
1.	G.Cd.SP.1	113,4	200	1.56
2.	G.Cd.SP.2	99,22	185	0.62
3.	G.Cd.SP.3	76,54	185	1.01
4.	G.Cd.SP.4	93,55	185	0.35
5.	G.Cd.SP.5	85,05	190	0.38
Kisaran		76,54 – 113,4	185 – 200	0,35 – 1,56
Rerata $\pm$ SE		93,55 $\pm$ 6,28	189,00 $\pm$ 2,92	0,78 $\pm$ 0,23
Stasiun 2 di Danau Tempe				
1.	G.Cd.PB.1	107,73	190	0,96
2.	G.Cd.PB.2	62,37	165	0,58
3.	G.Cd.PB.3	59,54	160	0,53
4.	G.Cd.PB.4	76,54	175	0,84
5.	G.Cd.PB.5	70,88	175	1,94
Kisaran		59,54 – 107,73	160 – 190	0,53 – 1,94
Rerata $\pm$ SE		75,41 $\pm$ 8,63	173,00 $\pm$ 5,15	0,97 $\pm$ 0,26

Stasiun 3 di Danau Tempe				
1.	G.Cd.BG.1	90,72	180	0,45
2.	G.Cd.BG.2	85,05	182	0,29
3.	G.Cd.BG.3	73,71	178	0,72
4.	G.Cd.BG.4	65,21	173	0,85
5.	G.Cd.BG.5	70,88	172	0,52
Kisaran		65,21 – 90,72	172 – 182	0,29 – 0,85
Rerata ± SE		77,11 ± 4,69	177,00 ± 1,95	0,57 ± 0,10
Gabungan stasiun				
Kisaran		59,54 – 113,40	160 – 200	0,29 – 1,94
Rerata ± SE		82,03 ± 4,21	17,97 ± 0,26	0,77 ± 0,12

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa ginjal ikan tawes memiliki kandungan logam berat Cd dari hasil pengujian AAS, dengan total sebanyak 15 sampel ginjal ikan kemudian dirata-ratakan seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan lampiran 5. Konsentrasi kadmium (Cd) dalam organ ginjal ikan yang tercemar yaitu 0,29 – 1,94 µg/g dengan rerata 0,77 ± 0,12 µg/g. Dari nilai yang diperoleh dapat diketahui bahwa konsentrasi Cd yang terdapat dalam organ ginjal melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditentukan. Pada Tabel 1, terlihat bahwa kandungan kadmium (Cd) yang terdeteksi dalam ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk ikan dan hasil olahannya menurut SNI 7387:2009 yaitu 0,1 mg/kg.

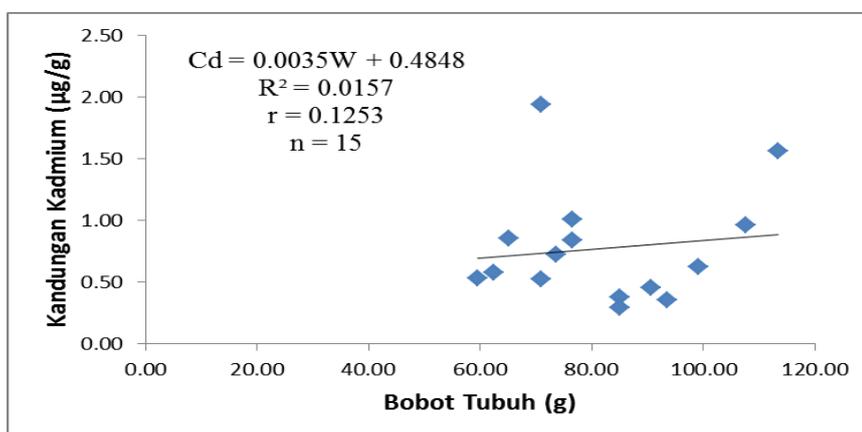
Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu 0,53 – 1,94 µg/g dengan rerata 0,97 ± 0,26 µg/g, hal ini dikarenakan lokasi stasiun 2 merupakan area yang sering digunakan nelayan untuk menangkap ikan sehingga pencemaran berasal dari banyaknya lalu lintas perahu bermotor. Lokasi ini juga paling dekat dengan beberapa industri dimana limbah hasil produksinya sudah mengalami pengolahan namun kadarnya masih diatas ambang batas sehingga industri tersebut berpotensi sebagai penyumbang logam berat Cd tertinggi. Sebaliknya kandungan logam berat Cd terendah terdapat pada stasiun 3 yaitu 0,29 – 0,85 µg/g dengan rerata 0,57 ± 0,10 µg/g, hal ini dikarenakan lokasi stasiun 3 tersebut tidak berada di daerah dekat dengan industri dan jarang digunakan oleh nelayan sebagai area penangkapan ikan sehingga cemaran kadmium (Cd) hanya berasal dari aktivitas masyarakat di sepanjang aliran sungai yang menyebabkan kandungan logam berat Cd pada stasiun 3 paling rendah di antara stasiun lainnya. Pada stasiun 1 kadar logam berat Cd lebih tinggi daripada stasiun 3 yaitu 0,35 – 1,56 µg/g dengan rerata 0,78 ± 0,23 µg/g, hal ini dikarenakan selain tempat atau jalur masuknya air dari Kabupaten Soppeng ke danau, lokasi ini juga terdapat rumah terapung yang merupakan area wisata dan sarana perdagangan sehingga limbah rumah terapung dan aktivitas perahu bermotor menyebabkan peningkatan kandungan logam berat Cd pada stasiun tersebut.

Informasi mengenai hubungan antara kandungan kadmium pada ginjal dan ukuran tubuh (panjang dan bobot) ikan tawes dilakukan analisis regresi. Keeratan hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 (dengan panjang tubuh ikan) dan Gambar 10 (dengan bobot tubuh ikan).



Gambar 9. Grafik hubungan antara panjang tubuh dan kandungan kadmium pada ginjal ikan tawes gabungan seluruh stasiun di Danau Tempe

Hasil uji regresi linier sederhana antara panjang tubuh ikan dan kandungan kadmium yang terakumulasi pada ginjal ikan tawes seperti yang terlihat pada gambar 9 menunjukkan hubungan negatif karena nilai koefisien korelasi ( $r$ ) adalah 0,2161. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara ukuran panjang tubuh dan konsentrasi kadmium pada ginjal memiliki korelasi yang sangat lemah. Hal ini sesuai dengan pendapat Sarwono (2006) yang menyatakan bahwa apabila nilai koefisien korelasi ( $r$ ) memiliki nilai antara 0–0,25 maka terdapat hubungan keeratan yang sangat lemah.



Gambar 10. Grafik hubungan antara bobot tubuh dan kandungan kadmium pada ginjal ikan tawes gabungan seluruh stasiun di Danau Tempe

Hasil uji regresi linier sederhana antara kandungan kadmium pada ginjal dan bobot tubuh ikan tawes seperti terlihat pada Gambar 10 juga menunjukkan hasil yang negatif karena nilai koefisien korelasi ( $r$ ) adalah 0,1253. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara bobot tubuh ikan dan konsentrasi kadmium pada ginjal memiliki korelasi yang sangat lemah. Hal ini sesuai dengan pendapat Sarwono (2006) yang menyatakan bahwa apabila nilai koefisien korelasi ( $r$ ) memiliki nilai antara 0–0,25 maka terdapat hubungan keeratan yang sangat lemah.

Adanya hubungan negatif antara kandungan logam berat kadmium dan ukuran tubuh (panjang dan bobot) ikan pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan aktivitas metabolisme antara ikan yang berukuran

kecil dan besar. Menurut Nussey *et al.* (2000), ikan dengan ukuran besar memiliki konsentrasi logam berat lebih kecil. Hal ini disebabkan karena logam berat yang masuk ke dalam tubuh ikan akan mengalami proses pengenceran melalui proses pertumbuhan, sehingga peningkatan logam berat dalam tubuh ikan akan semakin berkurang seiring dengan pertambahan ukuran tubuh individu ikan tersebut. Menurut Nurrachmi dan Amin (2011), kecilnya kandungan logam berat yang terakumulasi pada suatu organisme yang berukuran besar disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu perbedaan laju pertumbuhan, kecepatan metabolisme, tingkat sensitivitas tubuh terhadap pemasukan logam berat tertentu dan kebutuhan fisiologis terhadap logam berat.

Berdasarkan uji Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar terhadap kualitas air Danau Tempe pada tiga stasiun, kadar cemaran logam berat kadmium (Cd) ditampilkan pada tabel 2 dan lampiran 6.

Tabel 2. Hasil uji air Danau Tempe terhadap kandungan logam kadmium (Cd)

No.	Kode Sampel	Kadar Kadmium (mg/L)
1.	Stasiun 1	0,0006
2.	Stasiun 2	0,0011
3.	Stasiun 3	0,0006
	Kisaran	0,0006 – 0,0011
	Rerata $\pm$ SE	0,0008 $\pm$ 0,0002

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa air Danau Tempe memiliki kandungan logam berat Cd dari hasil pengujian AAS, dengan total sebanyak 3 sampel air kemudian dirata-ratakan seperti yang terlihat pada Tabel 3 dan lampiran 6. Pada air Danau Tempe yang tercemar kadmium (Cd) yaitu 0,0006 – 0,0011 mg/L dengan rerata  $0,0008 \pm 0,0003$  mg/L. Dari nilai yang diperoleh dapat diketahui bahwa konsentrasi Cd yang terdapat dalam air Danau Tempe belum melebihi standar kualitas air yang telah ditentukan. Pada Tabel 3, terlihat bahwa kandungan kadmium (Cd) yang terdeteksi dalam air Danau Tempe belum melebihi standar kualitas air yang ditentukan oleh PPRI No. 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,01 mg/L.

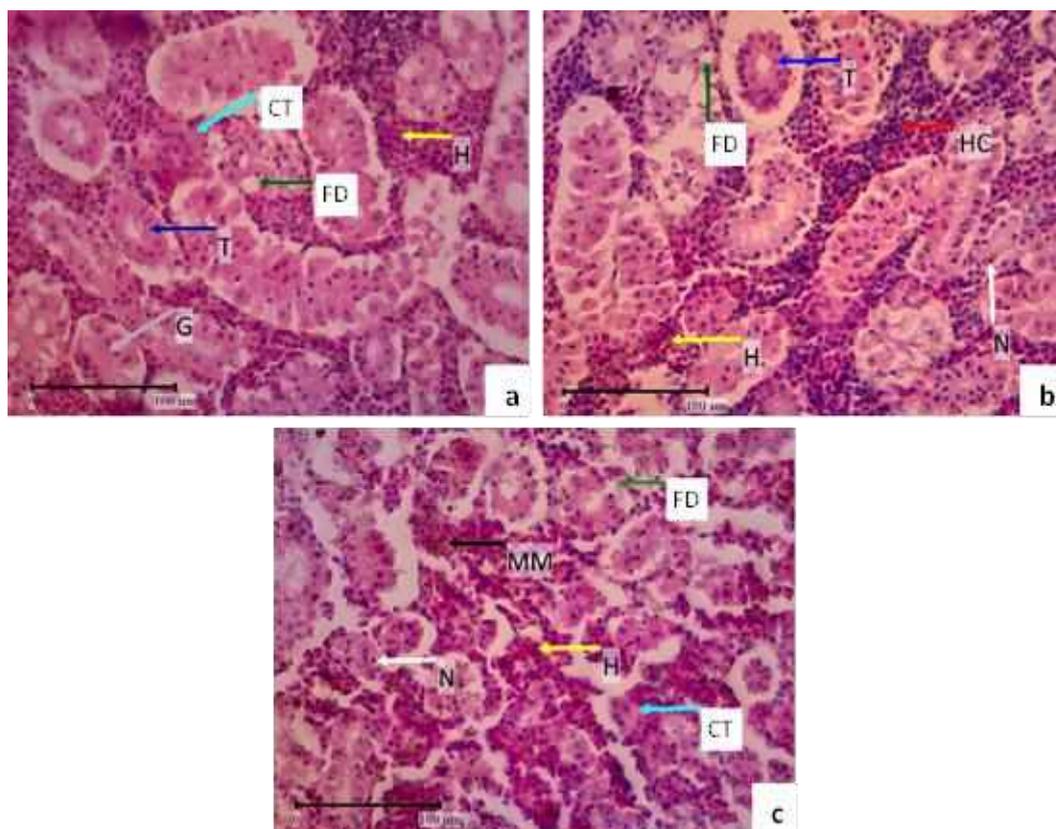
Di dalam air, kadmium hanya sedikit dan tidak bereaksi dengan H<sub>2</sub>O. Keberadaan ion Cd<sup>2+</sup> di dalam air tergantung kadar garam dan keasaman (Akbar *et al.*, 2014). Meskipun kadar logam berat dalam aliran sungai itu relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan (Ulfin, 2001).

Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2014), pencemaran di Danau Tempe terjadi karena sumber utama airnya berasal dari beberapa sungai dan sungai tersebut merupakan tempat berbagai aktivitas masyarakat, baik sebagai sarana transportasi maupun sebagai tempat mandi, mencuci dan kegiatan lainnya sehingga sumber pencemaran Danau Tempe antara lain berasal dari limbah domestik, pertanian, dan limbah industri rumah tangga. Sumber pencemar ini yang mengakibatkan kandungan logam dalam perairan Danau Tempe tergolong tinggi.

## 4.2 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Hasil pengujian logam dengan menggunakan metode AAS dalam penelitian ini menunjukkan konsentrasi logam kadmium (Cd) yang bermacam-macam pada organ ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), sehingga menimbulkan berbagai kerusakan jaringan pada organ ginjal. Adapun hasil gambaran histopatologi ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) di tiap stasiun dibedakan berdasarkan konsentrasi logam kadmium.

### 4.2.1 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 1

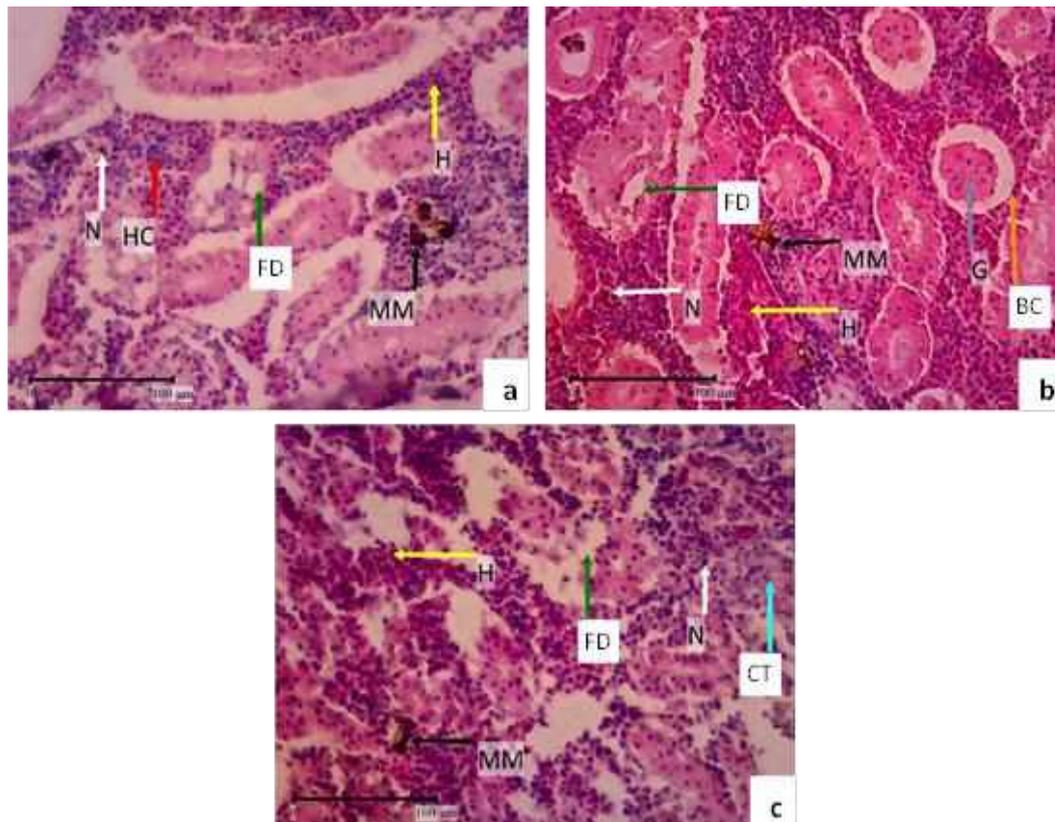


Gambar 11. Histopatologi ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 1 dengan paparan kadmium a. 0,35 µg/g, b. 0,62 µg/g, c. 1,56 µg/g. CT (biru): Jaringan ikat, FD (hijau): Degenerasi lemak, G (abu-abu): Glomerulus, H (kuning): Hemoragi, HC (merah): Sel hematopoietik, MM (hitam): Melanomakrofag, N (putih): Nekrosis, T (biru tua): Tubulus (HE, 400x).

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 11, ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 1 di D. Tempe mengalami berbagai perubahan histopatologi tergantung dari konsentrasi cemaran kadmium (Cd) yang terjadi. Perubahan histopatologi yang terjadi pada ginjal dengan konsentrasi Cd 0,35 µg/g yaitu degenerasi lemak, hemoragi dan jaringan ikat. Ginjal dengan konsentrasi Cd 0,62 µg/g mengalami peningkatan perubahan histopatologi yaitu nekrosis, hemoragi dan degenerasi lemak. Sebaliknya pada konsentrasi Cd 1,56

$\mu\text{g/g}$  terjadi perubahan histopatologi paling parah yaitu nekrosis, hemoragi, degenerasi lemak, jaringan ikat dan terdapat banyak melanomakrofag serta pada kondisi ini struktur ginjal sulit teridentifikasi dibandingkan dengan paparan 0,35  $\mu\text{g/g}$  dan 0,62  $\mu\text{g/g}$ . Menurut Roberts (2001), pada umumnya respon tubuh pada agen toksik dapat menyebabkan terjadinya inflamasi, hemoragi, edema dan nekrosa.

#### 4.2.2 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 2

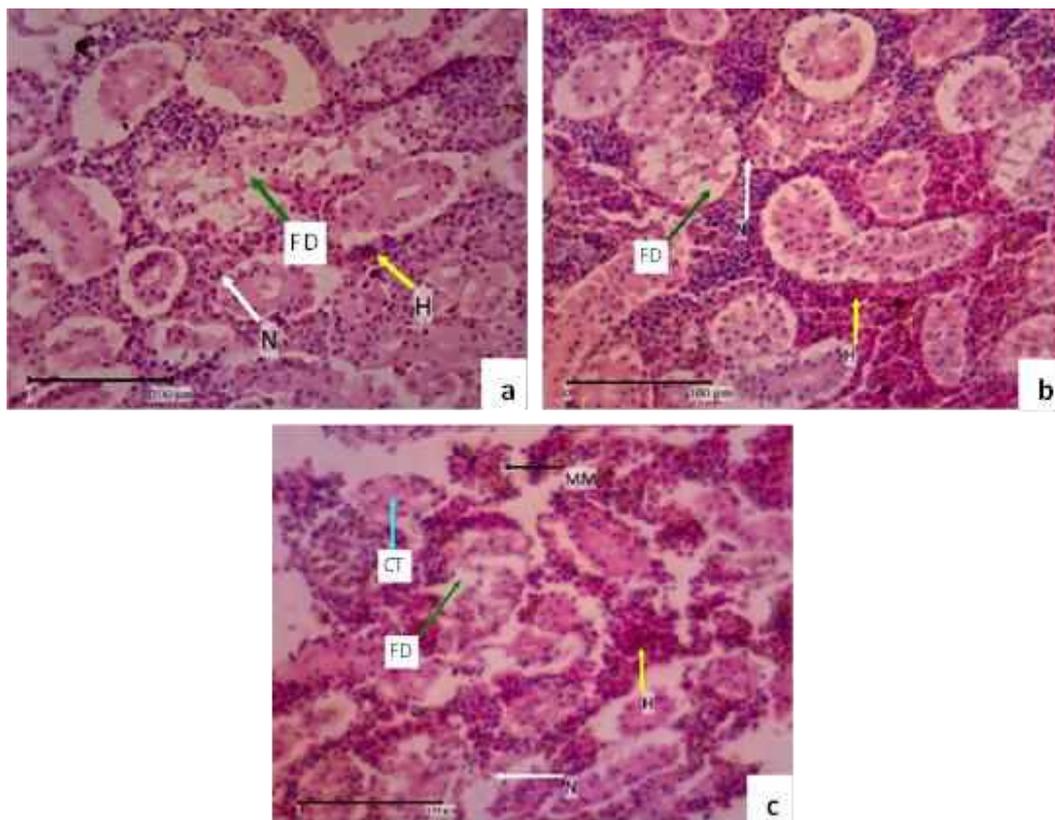


Gambar 12. Histopatologi ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 2 dengan paparan kadmium a. 0,53  $\mu\text{g/g}$ , b. 0,96  $\mu\text{g/g}$ , c. 1,94  $\mu\text{g/g}$ . BC (oranye): Kapsula bowman, CT (biru): Jaringan ikat, FD (hijau): Degenerasi lemak, G (abu-abu): Glomerulus, H (kuning): Hemoragi, HC (merah): Sel hematopoietik, MM (hitam): Melanomakrofag, N (putih): Nekrosis (HE, 400x).

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 12, ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 2 di D. Tempe mengalami berbagai kerusakan jaringan tergantung dari konsentrasi cemaran kadmium (Cd) yang terjadi. Kerusakan jaringan yang terjadi pada ginjal dengan konsentrasi Cd 0,53  $\mu\text{g/g}$  yaitu degenerasi lemak, hemoragi, nekrosis dan terdapat melanomakrofag. Ginjal dengan konsentrasi Cd 0,96  $\mu\text{g/g}$  mengalami peningkatan kerusakan jaringan yaitu nekrosis, degenerasi lemak, terdapat melanomakrofag dan terjadi banyak hemoragi. Sebaliknya pada kandungan Cd 1,94  $\mu\text{g/g}$  mengalami kerusakan jaringan paling parah yaitu terdapat banyak sel nekrosis, hemoragi,

degenerasi lemak, jaringan ikat dan melanomakrofag. Struktur glomerulus dan tubulus pada ginjal dengan konsentrasi Cd 0,53  $\mu\text{g/g}$  dan 0,96  $\mu\text{g/g}$  masih terlihat jelas sedangkan pada konsentrasi 1,94  $\mu\text{g/g}$  sudah sulit untuk teridentifikasi. Berdasarkan hasil penelitian Kahfi *et al.*, (2017), ginjal ikan lele mengalami nekrosis, hemoragi, hipertropi dan terdapat sel radang setelah diberi pakan simplisia kulit buah manggis yang mengandung kadmium.

#### 4.2.3 Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 3



Gambar 13. Histopatologi ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 3 dengan paparan kadmium a. 0,29  $\mu\text{g/g}$ , b. 0,52  $\mu\text{g/g}$ , c. 0,85  $\mu\text{g/g}$ . CT (biru): Jaringan ikat, FD (hijau): Degenerasi lemak, H (kuning): Hemoragi, MM (hitam): Melanomakrofag, N (putih): Nekrosis (HE, 400x).

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 13, ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada Stasiun 3 di D. Tempe mengalami berbagai perubahan histopatologi tergantung dari konsentrasi cemaran kadmium (Cd) yang terjadi. Perubahan histopatologi yang terjadi pada ginjal dengan konsentrasi Cd 0,29  $\mu\text{g/g}$  yaitu degenerasi lemak, hemoragi, dan nekrosis. Ginjal dengan konsentrasi Cd 0,52  $\mu\text{g/g}$  mengalami peningkatan perubahan histopatologi yaitu degenerasi lemak, nekrosis dan terjadi banyak hemoragi. Sebaliknya pada kandungan Cd 0,85  $\mu\text{g/g}$  mengalami perubahan histopatologi paling parah yaitu terdapat banyak sel nekrosis, hemoragi, degenerasi lemak, jaringan ikat dan melanomakrofag. Menurut Mandia *et al.* (2013), kerusakan histologi ginjal yang

terjadi pada ikan asang di danau tercemar yaitu hipertropi sel pada tubulus, reduksi rongga filtrat, lisis sel, nekrosis sel, dan jaringan parut. Tingkat kerusakan ginjal pada ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengamatan kerusakan yang terjadi pada ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) dengan konsentrasi logam Cd yang berbeda dari setiap stasiun

No	Bentuk kerusakan jaringan	Konsentrasi Kadmium (Cd)								
		Stasiun 1			Stasiun 2			Stasiun 3		
		0,35 µg/g	0,62 µg/g	1,56 µg/g	0,53 µg/g	0,96 µg/g	1,94 µg/g	0,29 µg/g	0,52 µg/g	0,85 µg/g
1.	Degenerasi lemak	+	++	+++	++	+++	++++	+	++	+++
2.	Jaringan ikat	+	-	++	+	+	+++	-	+	++
3.	Hemoragi	+	++	++++	+	+++	++++	+	++	+++
4.	Nekrosis	-	++	+++	+	+++	++++	+	+	++
5.	Melano-makrofag	-	-	++	++	++	+++	-	+	++

Keterangan: (-) tidak ada kerusakan, (+) kerusakan ringan, (++) kerusakan sedang, (+++) kerusakan parah, (++++) kerusakan sangat parah

Stasiun 2 merupakan stasiun dengan tingkat cemaran kadmium (Cd) tertinggi diantara ketiga stasiun di Danau Tempe. Hal ini yang menyebabkan ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada stasiun 2 mengalami banyak perubahan histopatologi atau kerusakan jaringan dibandingkan stasiun 1 dan stasiun 3 di Danau Tempe. Pada stasiun 2, terdapat melanomakrofag di tiap tingkatan cemaran serta pada cemaran Cd 1,94 µg/g struktur jaringan ginjal sulit diidentifikasi akibat terdapat banyak sel nekrosis dan degenerasi.

Menurut Camargo dan Martinez (2007), tingkat kerusakan ginjal ikan yaitu tahap I: belum terlalu mengubah fungsi normal jaringan, tahap II: lebih parah dan merusak fungsi normal jaringan, serta tahap III: sangat parah dan menyebabkan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki. Tahap I, korpuskula mengalami dilatasi kapiler glomerulus dan pembesaran glomerulus, tubulus mengalami hipertrofi nukleus dan seluler, vakuolisasi sitoplasma, *cloudy swelling*, pelebaran lumen tubular, regenerasi tubular serta agregat melanomakrofag. Tahap II terjadi pendarahan di ruang kapsula bowman, ruang kapsula bowman berkurang, degenerasi hialin dan tubular serta penurunan fungsi lumen tubular. Tahap III terjadi nekrosis yang merupakan tahap akhir dari kerusakan sel.

Menurut Indriana *et al.* (2020), dari histopatologi ginjal ikan dapat dilihat bahwa semakin tingginya konsentrasi kadmium yang masuk ke dalam tubuh ikan serta semakin lamanya pemaparan maka kerusakan sel menjadi meningkat karena ginjal merupakan organ yang akan terkena kontaminan utama di dalam air dan organ yang mengakumulasi kadmium di dalam tubuh ikan. Menurut Mu'jijah *et al.* (2019), kandungan logam berat di organ ginjal lebih tinggi dibandingkan dengan organ hati. Hal ini dikarenakan ginjal ikan berfungsi sebagai regulasi osmotik air.

Menurut Yu *et al.* (2011), kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena berisiko terhadap pembuluh darah. Apabila kadmium masuk ke dalam tubuh maka sebagian besar akan terkumpul di ginjal dan mengakibatkan gangguan pada ginjal. Kadmium terkumpul di dalam lisosom sel tubulus proksimal ginjal. Dalam lisosom kadmium melepaskan  $Cd^{2+}$ , ion kadmium menghambat enzim proteolitik dalam lisosom sehingga dapat merusak sel. Menurut Deakandi *et al.* (2017), kadmium juga mengganggu fungsi pompa Na/K-ATPase pada membran sel sehingga bisa menyebabkan akumulasi natrium di intrasel dan difusi kalium keluar sel. Hal ini akan menyebabkan terjadinya retensi air di dalam sel sehingga terjadi pembengkakan sel yang bisa mengakibatkan kematian pada sel.

Nekrosis (*necrosis*) secara histologi ditandai dengan terlihatnya batas-batas sel dan inti sel tidak jelas atau bahkan menghilang (Wikiandy *et al.*, 2013). Sel ginjal yang mengalami nekrosis dapat ditandai dari nukleus mengecil dan berwarna gelap (piknosis), lisis (kariolisis), dan pecah (karioreksis) (Indriana *et al.*, 2020). Menurut Andini *et al.* (2019), semakin lama paparan zat toksik pada ginjal maka dapat meningkatkan jumlah sel nekrosis pada ginjal.

Degenerasi sel ditandai dengan inti sel terdesak ke tepi, mengecil, dan berwarna lebih pekat serta terdapat vakuola yang berisi lemak. Adanya vakuola lemak dalam sel karena adanya gangguan metabolisme lemak di dalam sel. Gangguan metabolisme dalam sel yaitu terjadi penurunan sintesis protein yang menyebabkan sel tidak mampu membentuk protein. Protein tidak terbentuk maka lemak tidak dapat dikeluarkan dari sel dan akan terjadi akumulasi dalam bentuk degenerasi lemak (*fatty degeneration*) (Sari *et al.*, 2016).

Hilangnya fungsi ginjal secara kronis menyebabkan terbentuknya jaringan parut (*connective tissue*) secara progresif pada seluruh ginjal. Jaringan ini terbentuk sebagai reaksi terhadap peradangan (akibat masukan toksik dari dalam darah) juga sebagai pertahanan dari jaringan (Dellman dan Brown, 1992).

Hemoragi (*hemorrhage*) menyebabkan terganggunya suplai darah ke sel-sel epitel dan ditandai dengan adanya perdarahan yaitu ditemukannya spot kecil maupun besar berwarna merah yang menyebar (Juanda dan Edo, 2018). Hemoragi dapat disebabkan oleh trauma, ruptur pembuluh darah maupun peningkatan kerusakan akibat infeksi bakteri, virus atau bahan toksik (Sulastri *et al.*, 2018).

Melanomakrofag (*melanomacrophage*) adalah kumpulan dari makrofag yang banyak ditemukan di dalam jaringan *limfoid* kebanyakan *teleost* dan dapat ditandai sebagai sel berbentuk bulat padat yang memiliki jumlah pigmen bervariasi, terdapat pada ikan yang sehat akan tetapi jumlahnya meningkat pada keadaan patologis maupun kasus stress kronis (Hadi *et al.*, 2017).

Cemaran kadmium (Cd) pada ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) sudah melampaui batas maksimum yang ditetapkan dan terjadi berbagai kerusakan jaringan pada organ ginjal berdasarkan hasil pengamatan perubahan histopatologi. Apabila ikan tawes yang terakumulasi logam Cd kemudian dikonsumsi oleh manusia maka logam yang terakumulasi dalam ikan tersebut akan ikut terakumulasi dalam tubuh manusia dan dalam jangka waktu pendek akan menyebabkan keracunan akut yang ditandai dengan mual, sakit perut dan gangguan paru-paru. Apabila kadmium dikonsumsi dalam jangka waktu panjang akan menyebabkan keracunan kronis yang ditandai dengan kerusakan ginjal dan kerusakan sistem saraf, bahkan menyebabkan kematian.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah diperoleh hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa:

- a) Organ ginjal ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) di Danau Tempe memiliki konsentrasi logam berat kadmium (Cd) yang melebihi ambang batas maksimum.
- b) Histopatologi yang terjadi pada organ ginjal yaitu degenerasi lemak, pembentukan jaringan ikat, nekrosis, hemoragi dan peningkatan jumlah melanomakrofag.
- c) Berdasarkan uji regresi linier, terdapat hubungan yang sangat lemah antara ukuran tubuh (panjang dan bobot) ikan dan konsentrasi kadmium yang terkandung di dalam organ ginjal ikan tawes.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disampaikan saran sebagai berikut:

- a) Peneliti menyarankan agar masyarakat lebih berhati-hati dalam mengonsumsi makanan yang mengandung logam berat karena dapat mengganggu kesehatan tubuh.
- b) Pengelolaan lingkungan perlu dilakukan sebagai upaya mengurangi pencemaran logam di Danau Tempe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. W., Daud, A., dan Mallongi, A. (2014). *Analisis risiko lingkungan logam berat cadmium (Cd) pada sedimen air laut di wilayah pesisir Kota Makassar*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Al-Emran, S. F. Tanu, S. Rahman dan Shahjahan. (2018). Effects of sumithion on histopathology of liver and kidney in silver barb, *Barbonymus gonionotus*. *Bangladesh J. Fish.* 30(2): 177–185.
- Amin dan Mustafa. (2000). *Kualitas Air Danau Tempe pada Saat Naik dan Surut. Prosiding Semiloka Nasional dan Pemanfaatan Danau dan Waduk*. Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran: Bandung.
- Amri dan Khairuman. (2008). *Buku Pintar Budidaya 15 Ikan Konsumsi*. Agromedia: Jakarta.
- Andini, N. S., Anshary, H., Wahyuni, Putra, A., dan Sari, D. K. (2019). Histopathological study of hepatopancreas and kidney of butini fish (*Glossogobius matanensis*) in Matano Lake, South Sulawesi, Indonesia, caused by metal contamination. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 343(2019): 1-4.
- Andy Omar, S. B. (2012). *Dunia Ikan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Annabi, A., K. Said, dan I. Messaoudi. (2013). Cadmium : Bioaccumulation , Histopathology and Detoxifying Mechanisms in Fish. *American Journal of Research Communication*. 1(4): 60-79.
- Asriani. (2017). *Identifikasi Logam Tembaga (Cu) pada Zonasi Radius 1-5 Km Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang Makassar terhadap Pengaruh Kualitas Air Sumur Gali*. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Alauddin: Makassar.
- Ayyubi, H., & Budiharjo, A. (2018). *Karakteristik morfologis populasi ikan tawes Barbonymus gonionotus ( Bleeker , 1849 ) dari lokasi perairan berbeda di Provinsi Jawa Tengah [ Morphological characteristics of silver barb fish population Barbonymus gonionotus ( Bleeker , 1849 ) from differe*. 19(1), 65–78.
- Bakri, S. N. (2017). *Kandungan Logam Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Pada Organ Kulit, Daging Dan Hati Ikan Layang (Decapterus Russelli) Di Perairan Pantai Losari Kota Makassar*. UIN Alauddin: Makassar.
- Berata, I. K. (2018). Teknik pembuatan preparat histopatologi. *Seminar Nasional Workshop dan Demo "Illegal Wildlife Trade"*.
- Bruno, D. W., Noguera, P. A., dan Poppe, T. T. (2013). *A Colour Atlas of Salmonid Diseases*. In *A Colour Atlas of Salmonid Diseases*. Springer Dordrecht Heidelberg: New York.
- Cahyono, B. (2011). *Untung Berlipat Budi Daya Tawes Sebagai Bahan Baku Keripik*. Lili Publisher: Yogyakarta.
- Camargo, M. M. P. dan Martinez, C. B. R. (2007). Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotropical Ichthyology*. 5(3): 327-336.
- Darmono. (2008). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.

- Deakandi, W. Y., Risandiansyah, R., dan Yahya, A. (2017). Pengaruh dekokta eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap kadar malondialdehid (mda) dan nekrosis sel tubulus proksimal ginjal tikus wistar jantan dengan induksi oral kadmium klorida ( $\text{CdCl}_2$ ) subkronis dosis rendah. *Journal of Islamic Medicine Research*. 1(1): 1-6.
- Dellman, D. dan E. M. Brown. (1992). *Buku Teks Histologi Veteriner II*. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.
- Dina, R., Lukman dan Gema W. (2019). Status jenis iktiofauna Danau Tempe, Sulawesi Selatan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 5(2): 251–255.
- Djuhanda, T. (1981). *Dunia Ikan*. Armico: Bandung
- Ernawati. (2010). *Kerang Bulu (Anadara inflata) sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di Muara Sungai Asahan*. [Thesis]. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Fraser, M., Surette, C., dan Vaillancourt, C. (2013). Fish and seafood availability in markets in the Baie des Chaleurs region, New Brunswick, Canada: A heavy metal contamination baseline study. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1134-3>.
- Fried, G. H. dan George J. H. (2005). *Biologi Edisi Kedua*. Penerbit Erlangga: Jakarta
- Froese, R. and D. Pauly. (2020). *Barbonymus gonionotus* in Fishbase. April 2020 version.
- Gzyl, J., Rymer, K., dan Gwózdź, E. A. (2009). Differential response of antioxidant enzymes to cadmium stress in tolerant and sensitive cell line of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Biochimica Polonica*. 56(1): 723-727.
- Haerunnisa. (2014). Penggunaan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam penurunan kadar logam tembaga (Cu) pada perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. *Jurnal Galung Tropika*. 3(2): 18–30.
- Hadi, N., D. Aliza, dan R. Daud. (2017). The amount of melanomacrophage centres (mmc) in liver and kidneys of tilapia (*Oreochromis niloticus*) maintained in various population density. *Journal Medika Veterinaria*. 11(2): 77-81.
- Hananingtyas, I. (2017). Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology*. 1(2): 41–50.
- Hermawan, F. K., A. Krisbandono, M. A. Hakim, A. Suriadi, M. Mahida, dan D. M. Hartati. (2015). *Policy Brief: Pemetaan Sosial Ekonomi dan Lingkungan: Mendukung Pengembangan Kawasan dan Konservasi Ekosistem Danau Tempe Sulawesi Selatan*. Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat: Jakarta Selatan.
- Hickling CF. (1961). *Tropical Inland Fisheries*. The Camelot Press: UK.
- Indriana, E. F., Risandiansyah, R., dan Aini, N. (2020). Efek paparan kronik cadmium chloride ( $\text{CdCl}_2$ ) dosis rendah terhadap hiperplasia lamela sekunder insang dan nekrosis sel tubulus proksimal ginjal ikan zebra dewasa (*Danio rerio*). *Jurnal Kedokteran Komunitas*. 8(1): 1-10.
- Juanda, S. J., dan Edo, S. I. (2018). Histopatologi insang, hati dan usus ikan lele (*Clarias gariepinus*) di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. *SAINTEK*

- PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 14(1): 23-29
- Kahfi, K. E., M. Riauaty, dan I. L. (2017). *Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus) yang Diberi Pakan Simplisia Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana L)*. [Skripsi]. Universitas Riau: Pekanbaru.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Tempe*. Kementerian Lingkungan Hidup: Jakarta.
- Kottelat, M., J. A. Whitten., N. S. Kartikasari. dan S. Wirjoatmodjo. (1993). *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Dalhousie University: Canada.
- Kumar, P., dan Singh, A. (2010). Cadmium toxicity in fish: An overview. *GERF Bulletin of Biosciences*. 1(1): 41-47.
- Laily, H., Farikhah, F., dan Firmani, U. (2018). Analisis histologis ginjal, hati dan jantung ikan lele afrika *Clarias gariepinus* yang mengalami anomali pada sirip pektoral. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*. 1(2): 30-38.
- Madusari, B. D., H. Pranggono, dan Linayati. (2016). *Analisis Kandungan Timbal (Pb), Cadmium (Cd) pada Air dan Ikan Bandeng (Chanos chanos) di Tambak Kota dan Kabupaten, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Fakultas Perikanan, Universitas Pekalongan: Jawa Tengah.
- Mallawa, A. (2003). *Master Plant Study on Integrated Development and Management of the Walanae-Cenranae River Basin, Sectoral Report G. Fisheries*. Nippon KOEL co. LTD: Makassar.
- Mandia, S., dan Marusin, N dan P. Santoso. (2013). Analisis histologis ginjal ikan asang (*Osteochilus hasseltii*) di Danau Maninjau dan Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J.Bio.UA.)*. 2(3): 194-200.
- Martuti, N.K.T., H. A. Sanjivanie, dan S. Ngabekti. (2016). Bioakumulasi kadmium pada ikan bandeng di Tambak Dukuh Tapak Semarang. *Jurnal MIPA*. 39(2): 92-97.
- Mc Gavin, M. D. dan Zachary J. F. (2007). *Pathologic Basic of Veterinary Disease*. Mosby Incorporation: USA.
- Monsefrad, F., Imanpour NJ, Heidary S. (2012). Concentration of heavy and toxic metals Cu, Zn, Cd, Pb and Hg in liver and muscles of *Rutilus frisii kutum* during spawning season with respect to growth parameters. *Iranian Journal of Fisheries Scinces*. 11(4): 825-839.
- Morovvati, H., Mahabady, M. K., & Shahbazin S. (2012). Histomorphological and anatomical study of kidney in berzem (*Barbus pectoralis*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. 4(11): 221-227.
- Mu'jjah, W., Krisdianto, H. B. Santoso, Hidayaturrehman, dan Badruzaufari. (2019). Bioakumulasi logam berat timbal (Pb) pada organ hati dan ginjal ikan timpakul (*Periophthalmodon schlosseri*) di perairan Desa Kuala Lupak Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. 4(1): 186-191.
- Mu'nisa, A. dan Nurham. (2010). Analisis cemaran logam berat tembaga (Cu) pada ikan tembang (*Sardinella gibbosa*) yang dipasarkan di Makassar. *Bionature*. 11(2): 61-64.

- Mumford, S., J. Heidel, C. Smith, J. Morrison, B. MacConnell, dan V. Blazer. (2007). *Fish Histology and Histopathology*. SFWS-NCTC: USA.
- Murtidjo. (2001). *Usaha Pembenihan dan Pemberantasan Ikan Tawes*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Nasution, S. H. (2015). *Biodiversitas dan distribusi ikan di Danau Tempe. Prosiding Seminar Nasional Ikan ke 8*. Masyarakat Iktiologi Indonesia: Bogor.
- Nelson, S. J. (2006). *Fishes of the World*. Wiley: Canada.
- Nurliana, S. Estuningsih, Sugito dan D. Msyitha. (2014). Stabilitas mikro usus, histologi hati dan ginjal mencit setelah pemberian ekstrak Pliek U bumbu masak tradisional aceh. *Jurnal Veteriner*. 15(3): 370-379.
- Nurrachmi, I. dan B. Amin. (2010). Kandungan logam Cd, Cu, Pb dan Zn pada ikan gulama (*Sciaena russelli*) dari perairan Dumai, Riau: amankah untuk dikonsumsi?. *Jurnal Teknobiologi*. 1(1): 72 – 84.
- Nussey, G., J.H.J Van Vuren dan H.H. du Preez. (2000). Bioaccumulation of Chromium, Manganese, Nickel and Lead in the tissues of the Moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga sea water. *Environmental Pollution*. 121(1): 129-136.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran. Kementerian Lingkungan Hidup: Jakarta.
- Pokja Sanitasi Kabupaten Wajo. (2014). *Buku Putih Sanitasi Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan*. Pokja Sanitasi: Wajo.
- Popovitz-Biro, R., A. Twersky, Y. R. Hacohen, dan Reshef Tenne. (2001). Nanoparticles of CdCl<sub>2</sub> with closed cage structures. *Israel Journal of Chemistry*. 41(2001): 7-14.
- Priyatna, F. N., dan Sumartono. (2008). Pola pemanfaatan sumber daya, subsistensi dan pola hubungan patron-klien masyarakat nelayan Danau Tempe, Sulawesi Selatan. *Jurnal Matematika, Sains Dan Teknologi*. 12(1988): 37–45.
- Purnama, M. (2016). *Pemberian Pakan Alami yang Berbeda pada Benih Ikan Tawes (Barbonymus gonionotus) terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup*. Universitas Teuku Umar: Meulaboh.
- Pusat Penelitian Limnologi. (2012). *Laporan Tahunan: Tinjauan Limnologis Permasalahan dan Solusi Perairan Darat Indonesia*. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. XVII. 348 pp.
- Rangsayatorn, N., M. Kruatrachue, P. Pokethitiyook, E. S. Upatham, G. R. Lanza, dan S. Singhakaw. (2004). Ultrastructural changes in various organs of the fish *Puntius gonionotus* fed Cadmium-Enriched Cyanobacteria. *Environ Toxicol*. 19(1): 585–593.
- Rinandha, A., Y. Ernawati, dan M. M. Kamal. (2018). *Aspek Ekologi dan Pertumbuhan Ikan Bungo (Glossogobius giuris, Hamilton-Buchanan 1822) di Danau Tempe, Sulawesi Selatan. Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan V*. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Roberts RJ. (2001). *Fish Pathology: Edisi III*. W.B. Saunders: London. Edinburgh. Philadelphia. St Louis. Sydney. Toronto.

- Saladin, K.S. (2001). *Anatomy and Physiology the Unity of Form and Function Edisi II*. University of Wisconsin-Mil: Waukees.
- Samuel dan S. Makmur. (2012). Estimasi parameter pertumbuhan, mortalitas dan tingkat pemanfaatan ikan tawes dan nila di Danau Tempe Sulawesi Selatan. *BAWAL*. 4(1): 45-52.
- Sari, W., I. W. Okavia, R. Cerianna dan Sunarti. (2016). Struktur mikroskopis hati ikan seurukan (*Osteochilus vittatus*) dari Sungai Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya yang tercemar limbah penggilingan bijih emas. *Jurnal Biotik*. 4(1): 33-40.
- Sarwono, Jonathan. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Satarug, S., Baker, J. R., Reilly, P. E. B., Esumi, H., dan Moore M. R. (2000). Evidence for a synergistic interaction between cadmium and endotoxin toxicity and for nitric oxide and cadmium displacement of metals in the kidney. *Nitric Oxide*. 4(1): 431-440.
- Setiawan, F dan Wibowo H. (2014). *Karakteristik Fisik Danau Tempe sebagai Danau Paparan Banjir. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Limnologi Indonesia (MLI) 2013: Cibinong*.
- Setiawan, H. (2013). Akumulasi dan distribusi logam berat pada vegetasi mangrove di perairan pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 7(1): 12-24.
- SNI-7387. (2009). *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Stoeppler, M. H. (1992). *Metals in the Environment*. Elsevier Science Publisher: Jerman.
- Sulastri, I. J. Zakaria, dan N. Marusin. (2018). Struktur histologi usus ikan asang (*Osteochilus hasseltii c.v.*) yang terdapat di Danau Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Metamorfosa V*. 1(2): 214-218.
- Surur, F. (2015). Strategi adaptasi nelayan terhadap perubahan – perubahan ekologis Danau Tempe di Desa Pallimae Kecamatan Sabbangparu Kabupaten Wajo. *Plano Madani*. 4(1): 91-102.
- Susanto, H. (2000). *Usaha Pembenihan dan Pembesaran Ikan Tawes*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Suwanto, A., T.N. Harahap, H. Manurung, W.C. Rustadi, S.R. Nasution, I.N. Suryadiputra dan I. Sualia. (2011). *Profil 15 Danau Prioritas Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia: Jakarta.
- Suyanto, A, S. Kusmiyati dan Ch. Retnaningsih. (2010). Residu logam berat ikan dari perairan tercemar di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 1(2): 33-38.
- Ulfin, I. (2001). *Penyerapan Logam Berat Timbal dan Cadmium dalam Larutan oleh Kayu Apu (Pistia stratiotes L)*. *Majalah KAPPA* 2(1). Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2000). *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories, Vol. 2, Risk Assessment And Fish Consumption Limits, 3rd Ed*. United States Environmental Protection Agency: Washington DC.

- Wagiman, Yusfiati, dan R. Elvyra. (2014). Struktur ginjal ikan selais (*Ompokhypophthalmus bleeker*, 1846) di perairan Sungai Siak Kota Pekanbaru. *JOM FMIPA*. 1(2): 1-9.
- Wangsongsak, A., S. Utarnpongsa, M. Kruatrachue<sup>1</sup>, M. Ponglikitmongkol, P. Pokethitiyook, dan T. Sumranwanich. (2007). Alterations of organ histopathology and metalloprotein mRNA expression in silver barb, *Puntius gonionotus* during subchronic cadmium exposure. *Journal of Environmental Sciences*. 19(11): 1341–1348.
- Wardoyo, S.E., I. Iriana dan B Priono. (1995). Karakteristik fisika kimia dan biologi perairan Danau Tempe di sekitar Soppeng sebagai dasar teknik pengelolaan sumber daya perikanan tangkap. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 1(1): 76–85.
- Wikiandy, N., Rosidah., dan Herawati, (2013). T. Dampak pencemaran limbah produksi tekstil terhadap kerusakan struktur organ ikan yang hidup di daerah aliran sungai (das) Citarum bagian hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Universitas Padjajaran*. 3(4):215-225.
- Wirahadikusumah. (1985). *Biokimia: Metabolisme Energi, Karbohidrat, dan Lipid*. Penerbit ITB: Bandung.
- Yu, X., J. S. Sidhu, S. Hong, J. F. Robinson, R. A. Ponce, dan E. M. Faustman. (2011). Cadmium induced p53-dependent activation of stress signaling, accumulation of ubiquitinated proteins, and apoptosis in mouse embryonic fibroblast cells. *Toxicological Sciences*. 120(2): 403-412.
- Yuniar, V. (2009). *Toksitas Merkuri (Hg) terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan, Gambaran Darah dan Kerusakan Organ pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Penangkapan Ikan (Pengambilan Sampel)

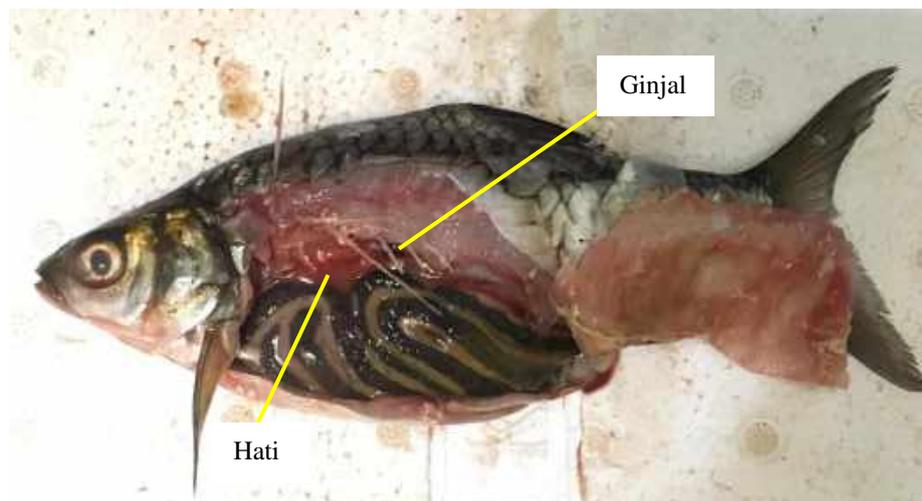


Gambar 14. Lokasi Stasiun 1, Stasiun 2 dan Stasiun 3

## Lampiran 2. Pemisahan Organ



Gambar 15. Pengukuran Panjang, Lebar dan Berat Badan Ikan





Gambar 16. Pemisahan Organ Ikan

### Lampiran 3. Pengukuran Logam Berat



Gambar 17. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

### Lampiran 4. Tahapan Persiapan dan Pembuatan Preparat Histologi

#### a. Tahap fiksasi



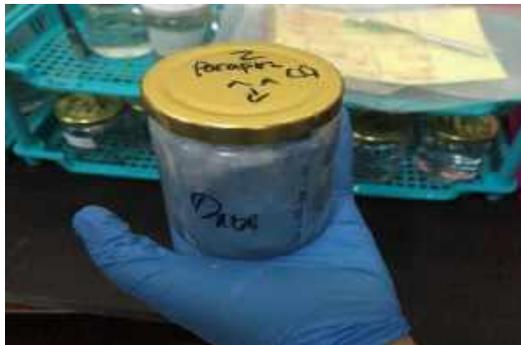
b. Tahap dehidrasi



c. Tahap clearing



d. Tahap infiltrating



e. Tahap embedding



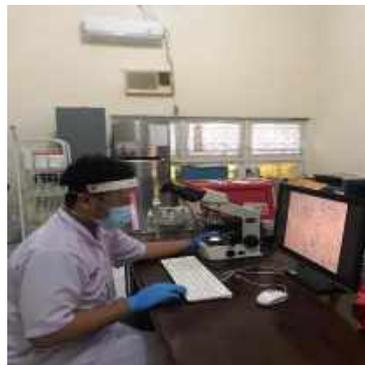
f. Tahap pemotongan



g. Tahap pewarnaan



h. Tahap Pengamatan Preparat Histologi



Tabel Prosedur *Tissue Processor*

<b>No.</b>	<b>Proses</b>	<b>Reagensia</b>	<b>Waktu</b>
1	Fiksasi	Buffer formalin 10%	3 hari
2	<i>End point</i>	Alkohol 70%	1 hari
3	Dehidrasi	Alkohol 70%	1 hari
4	Dehidrasi	Alkohol 80%	1 hari
5	Dehidrasi	Alkohol 90%	1 hari
6	Dehidrasi	Alkohol 95%	1 hari
7	Dehidrasi	Alkohol 100%	1 jam
8	Dehidrasi	Alkohol 100%	1 jam
9	<i>Clearing</i>	Xylol I	15 menit
10	<i>Clearing</i>	Xylol II	15 menit
11	<i>Infiltrating</i>	Paraffin Cair I	1 jam
12	<i>Infiltrating</i>	Paraffin Cair II	1 jam
Total waktu			196,5 jam

Tabel Prosedur Pewarnaan HE

No.	Reagensia	Waktu
1	Xylol I	15 menit
2	Xylol II	15 menit
3	Alkohol 100%	1 menit
4	Alkohol 100%	1 menit
5	Alkohol 95%	1 menit
6	Alkohol 90%	1 menit
7	Alkohol 80%	1 menit
8	Alkohol 70%	1 menit
9	Mayer's Haematoxylin	10 menit
10	Rendam dalam Tap Water I	1 menit
11	Rendam dalam Tap Water II	1 menit
12	Eosin	20 menit
13	Alkohol 70%	30 detik
14	Alkohol 80%	30 detik
15	Alkohol 90%	30 detik
16	Alkohol 95%	30 detik
17	Alkohol 100%	30 detik
18	Alkohol 100%	30 detik
19	Xylol I	15 menit
20	Xylol II	15 menit
	Total waktu	101 menit

## Lampiran 5. Hasil Uji Kandungan Kadmium (Cd) pada Ginjal Ikan



### LAPORAN HASIL UJI

#### Report of Analysis

Nama : AHMAD YUSRIL IHZAMAENDRA  
 NIM : 011116011  
 Pekerjaan : Mahasiswa  
 Jenis Sampel : Ginjal Ikan Tawes  
 Tanggal Penelitian : 6-20 Maret 2020  
 Judul Penelitian : Gambaran Histopatologi Ginjal Ikan Tawes (*Barbonimus gonionotus*) yang Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) di Danau Tempe Kabupaten Wajo

### HASIL PEMERIKSAAN

No	No. Lab	Kode Sampel	Satuan	Kadar Kadmium (Cd)
1	20004395	G.Ikan Tawes.Cd.SP.1	µg/g	1.58
2	20004396	G.Ikan Tawes.Cd.SP.2	µg/g	0.62
3	20004397	G.Ikan Tawes.Cd.SP.3	µg/g	1.01
4	20004398	G.Ikan Tawes.Cd.SP.4	µg/g	0.35
5	20004399	G.Ikan Tawes.Cd.SP.5	µg/g	0.38
6	20004400	G.Ikan Tawes.Cd.PB.1	µg/g	0.96
7	20004401	G.Ikan Tawes.Cd.PB.2	µg/g	0.58
8	20004402	G.Ikan Tawes.Cd.PB.3	µg/g	0.53
9	20004403	G.Ikan Tawes.Cd.PB.4	µg/g	0.84
10	20004404	G.Ikan Tawes.Cd.PB.5	µg/g	1.94
11	20004405	G.Ikan Tawes.Cd.BG.1	µg/g	0.45
12	20004406	G.Ikan Tawes.Cd.BG.2	µg/g	0.29
13	20004407	G.Ikan Tawes.Cd.BG.3	µg/g	0.72
14	20004408	G.Ikan Tawes.Cd.BG.4	µg/g	0.85
15	20004409	G.Ikan Tawes.Cd.BG.5	µg/g	0.52

Makassar, 25 Maret 2020  
 Kepala Instalasi Rupa Kesehatan,  
  
**JOHARSAN, S.Fary**  
 NIP. 195802051988031002



## Lampiran 6. Hasil Uji Kandungan Kadmium (Cd) pada Air Danau



**KEMENTERIAN KESEHATAN RI**  
**DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN**  
**BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN MAKASSAR**  
 Jl. Perintis Kemerdekaan KM.11 Tamalanrea Makassar 90245



### LAPORAN HASIL UJI

#### Report of Analysis

Nama : **A. NUR INDRI PARAMITA**  
 NIM : 011116509  
 Pekerjaan : Mahasiswa  
 Jenis Sampel : Air Danau Tempe  
 Tanggal Penelitian : 6-20 Maret 2020  
 Judul Penelitian : Perubahan Mikroanatomi Ginjal Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) tercemar Logam Berat Timbel (Pb) di Danau Tempe Kabupaten Wajo

### HASIL PEMERIKSAAN

No	No. Lab	Kode Sampel	Satuan	PENGUJIAN	
				Kadmium (Cd)	Timbal (Pb)
1	20004371	Stasiun 1 Inlet	mg/l	0.0006	0.008
2	20004372	Stasiun 2 Center	mg/l	0.0011	0.016
3	20004373	Stasiun 3 Outlet	mg/l	0.0006	0.011

Makassar, 25 Maret 2020  
 Kepala Instalasi Kimia Kesehatan

**JOHARSAN, S.Farm**

NIP : 196802051988031002



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 09 Agustus 1998 di Parepare dari ayahanda Basuki, S.H dan ibunda Nurmila Paturusi, S.H. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di SDN 9 Parepare, kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 2 Parepare dan lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2016 penulis menyelesaikan pendidikan di SMAN 1 Parepare. Penulis diterima di Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN. Selama perkuliahan penulis aktif dalam organisasi internal kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Kedokteran Hewan (HIMAKAHA) FKUH menjabat sebagai Anggota Bidang Pendidikan dan Penelitian pada periode 2018-2019 dan Koordinator Bidang Pendidikan dan Penelitian pada periode 2019-2020. Selain organisasi internal, penulis juga sempat aktif mengikuti organisasi eksternal kampus yaitu Himpunan mahasiswa Islam Komisariat Kedokteran Hewan. Penulis juga pernah aktif sebagai koordinator asisten dosen Anatomi Veteriner.