

**GAMBARAN HISTOPATOLOGI USUS DAN
HEPATOPANKREAS UDANG ENDEMIK CARDINAL
SULAWESI (*Caridina dennerli*) YANG TERCEMAR
LOGAM BERAT NIKEL DAN BESI DI DANAU
MATANO, LUWU TIMUR, SULAWESI SELATAN**

SKRIPSI

WINDU SARI ASIH SL
O11114018



**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2018**

**GAMBARAN HISTOPATOLOGI USUS DAN
HEPATOPANKREAS UDANG ENDEMIK CARDINAL
SULAWESI (*Caridina dennerli*) YANG TERCEMAR
LOGAM BERAT NIKEL DAN BESI DI DANAU
MATANO, LUWU TIMUR, SULAWESI SELATAN**

WINDU SARI ASIH SL

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
2018**


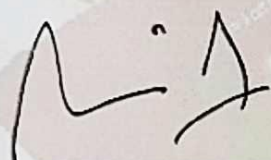
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Gambaran Histopatologi Usus dan Hepatopankreas Udag
Endemik Cardinal Sulawesi (*Caridina dennerli*) yang Tercemar
Logam Berat Nikel dan Besi di Danau Matano, Luwu Timur,
Sulawesi Selatan
Nama : Windu Sari Asih SL
NIM : O111 14 018

Disetujui Oleh,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota



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

Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar M.Sc
NIP. 19590223 198811 1 001

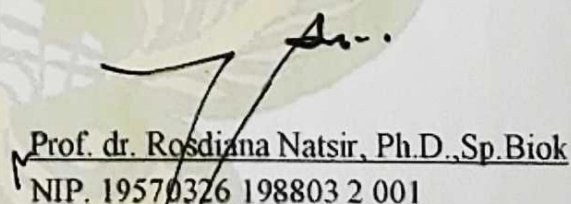
Diketahui Oleh,

Dekan
Fakultas Kedokteran

Plt. Ketua Program Studi
Kedokteran Hewan



Prof. dr. Sidiq, Ph.D., Sp.M(K), MMed.Ed
NIP. 19681231 199703 1 009



Prof. dr. Rosdiana Natsir, Ph.D., Sp. Biok
NIP. 19570326 198803 2 001

Tanggal Lulus : 19 Juli 2018

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Windu Sari Asih SL
NIM : O111 14018
Program Studi : Kedokteran Hewan
Fakultas : Kedokteran

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul :

Gambaran Histopatologi Usus dan Hepatopankreas Udang Endemik Cardinal Sulawesi (*Caridina dennerli*) yang Tercemar Logam Berat Nikel dan Besi di Danau Matano, Luwu Timur, Sulawesi Selatan.

adalah benar-benar hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari skripsi orang lain. Apabila sebagian atau seluruhnya dari skripsi ini, terutama dalam bab hasil dan pembahasan, tidak asli atau plagiat, maka saya bersedia membatalkan dan dikenakan sanksi akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan keaslian ini dibuat untuk dapat digunakan seperlunya.

Makassar, 19 Juli 2018

Windu Sari Asih SL

ABSTRAK

WINDU SARI ASIH SL. **Gambaran Histopatologi Usus dan Hepatopankreas Udang Endemik Cardinal Sulawesi (*Caridina dennerli*) yang Tercemar Logam Berat Nikel dan Besi di Danau Matano, Luwu Timur, Sulawesi Selatan.** Di bawah bimbingan DWI KESUMA SARI dan SHARIFUDDIN BIN ANDY OMAR.

Udang endemik Cardinal Sulawesi (*Caridina dennerli*) merupakan udang endemik di Danau Matano yang berada di kawasan pertambangan nikel. Udang ini banyak dimanfaatkan sebagai penghuni akuarium karena ukuran tubuhnya yang tidak besar serta memiliki warna yang unik dan menarik. Penelitian ini bertujuan mengetahui gambaran histopatologi usus dan hepatopankreas udang *C. dennerli*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-April 2018 di Laboratorium Patologi Klinik Hewan Pendidikan Universitas Hasanuddin, dengan menggunakan sampel sebanyak tiga ekor udang *C. dennerli* yang memiliki ukuran 16,52-20,20 mm dengan rata-rata $18,74 \pm 1,96$ mm hasil tangkapan nelayan di perairan D. Matano. Preparat histologi dibuat dengan metode parafin dan pewarnaan haematoxylin-eosin. Selain pembuatan preparat histologi juga dilakukan pengukuran kadar logam air dan sedimen D. Matano. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kerusakan pada usus udang, yaitu mengalami hemoragi, penebalan vili usus, kerusakan vili usus, pelepasan sel epitel dari membran basal, adanya sel goblet berlebihan, penyempitan pada lumen, dan terjadinya infiltrasi sel radang. Hepatopankreas mengalami *fatty liver*, sel-sel hepatosit yang telah nekrosis, dan infiltrasi sel mononuklear. Hasil pengukuran kadar logam air D. Matano mengandung besi (Fe) $<0,03$ mg/L dan nikel (Ni) $<0,07$ mg/L. Hasil pengukuran kadar logam pada sedimen D. Matano mengandung besi (Fe) 3,08% dan nikel (Ni) 0,15%, hasil pengukuran tersebut rata-rata di atas ambang batas. Oleh karena itu, terjadinya abnormalitas pada jaringan organ usus dan hepatopankreas udang *C. dennerli* diduga memiliki hubungan dengan adanya cemaran logam besi dan nikel pada D. Matano.

Kata kunci : *Caridina dennerli*, hepatopankreas, histopatologi, Danau Matano, usus.

ABSTRACT

WINDU SARI ASIH SL. **Description of Histopathology of Intestinal and Hepatopancreas Sulawesi Endemic Cardinal Shrimp (*Caridina dennerli*) Contaminated with Nickel and Iron Heavy Metals at Lake Matano, East Luwu, South Sulawesi.** Advisor: DWI KESUMA SARI and SHARIFUDDIN BIN ANDY OMAR.

Sulawesi Endemic Cardinal Shrimp (*Caridina dennerli*) is an endemic shrimp in Matano Lake, located in the nickel mining area. This shrimp is widely used as aquarium dwellers because its body size is not large and has a unique and interesting colors. This study aims to determine the histopathology of intestinal and hepatopancreas shrimp *C. dennerli*. This research was conducted on March-April 2018 at Animal Clinical Pathology Laboratory of Hasanuddin University, using three samples of *C. dennerli* shrimp which have size 16,52-20,20 mm with average of $18,74 \pm 1,96$ mm of fisherman catch in the waters of D. Matano. Histologic preparations were prepared by the method of paraffin and Haematoxylin-Eosin staining. In addition to making histology preparations also carried out measurements of water content and sediment Matano Lake. The results of this study indicate a deterioration of the shrimp intestine has hemorrhage, intestinal villus thickening, intestinal villous damage, epithelial cell release from basement membrane, excessive goblet cell, narrowing of the lumen, and inflammatory cell inflammation. Hepatopancreas fatty liver, cells that have necrosis hepatosit and mononuclear cell infiltration. The result of measurement of Matano Lake metal water content contains iron (Fe) $<0,03$ mg/L and nickel (Ni) $<0,07$ mg/L. The result of measurement of metal content in Matano Lake sediment contains iron (Fe) 3.08% and nickel (Ni) 0.15%, the measurement result is above the threshold average. Therefore, the occurrence of abnormalities in intestinal organ tissue and shrimp hepatopancreas *C. dennerli* allegedly has a relationship with the presence of iron and nickel metal contamination on Matano Lake.

Keywords: *Caridina dennerli*, hepatopancreas, histopathology, intestine, Matano 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 Usus dan Hepatopankreas Udang Endemik Cardinal Sulawesi (*Caridina dennerli*) yang Tercemar Logam Berat Nikel dan Besi di Danau Matano, Luwu Timur, Sulawesi Selatan” 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 di miliki penulis. Namun adanya doa, restu dan dorongan dari orang tua yang tidak pernah putus menjadikan penulis bersemangat untuk melanjutkan penulian skripsi ini. Untuk itu dengan segala bakti penulis memberikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mereka: ayahanda Stephanus Lobo’, ibunda Maria Tangronno’, A. MA; kakanda Elsih Parung Limbong, S. Th; Riniaty Liku Bulawan, SP; Sanda Tiku Masakke, A. Md. Par; Samida Sanda Linggi, S. Pd; Marudindin Lombe Lobo’, A. Md. T. Mp; Ns. Kamase Bura Lobo’, S. Kep; Almiska Lobo Sanda Linggi, A. Md. Keb.

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. Dr. Drh. Dwi Kesuma Sari sebagai pembimbing skripsi utama serta Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M. Sc sebagai dosen pembimbing skripsi anggota yang tak hanya memberikan bimbingan selama masa penulisan skripsi ini, namun juga menjadi tempat penulis berkeluh kesah.
2. Mohammad Zamrud, S. Pi., MP dan dr. Shelly Salmah, M. Kes sebagai dosen pembahas dan penguji dalam seminar proposal dan hasil yang telah memberikan masukan-masukan dan penjelasan untuk perbaikan penulisan ini.
3. Dosen pengajar yang telah banyak memberikan ilmu dan berbagi pengalaman kepada penulis selama mengikuti pendidikan di PSHK UH. Serta staf tata usaha PSKH UH khususnya Ibu Tuti dan Pak Akram yang mengurus kelengkapan berkas. Mohon maaf karena sudah menyusahkan, ibu dan bapak.
4. Kakanda Andi Rezky Muwardani, Nurfadilla Sultan dan Faradilla Nur Aliah yang senantiasa mendampingi dan memberikan bantuan selama proses meneliti di Laboratorium Klinik Hewan Pendidikan Universitas Hasanuddin.
5. Umami Fahmi, sebagai teman seperjuangan dalam meraih gelar sarjana, mulai dari proposal, penelitian, hingga hasil.
6. Teman seperjuangan, suka dan duka, berbagi cerita: Andi Ainun Asmal, Nur Fadia Arsyad, Andi Nastiti Rusman, Suci Sulfiani, Sri Ravidia Nurdin, Aditya Dwi Saputri, dan Lola Andriana, terima kasih atas dukungan dan kesediannya untuk selalu mendengarkan keresahan penulis, kalian luar biasa dan tidak akan terlupakan.

7. Teman curhat dan berbagi pengalaman Azizah Resky Ray Ayu terima kasih untuk dukungan dan doanya untuk penulis.
8. Teman seperjuangan dalam masa KKN “ Padang Loang Squad” Andi Agus Trianto, Romi R. Lebang, Milda Wati Limbo, Nurhana, Yunita Salam, dan Ulvia Hikmawaty, yang sudah memberi warna baru dan berbagi pengalaman selama kurang lebih sebulan mengabdikan di masyarakat.
9. Teman seangkatan 2014 ‘ROLLVET’, yang menjadi keluarga baru buat peneliti yang sudah berbagi canda dan tawa serta persahabatan yang luar biasa selama 4 tahun bersama berjuang meraih sarjana.
10. Kepada angkatan 2015 ‘VERMILLION’ yang sudah menjadi keluarga baru dan adik kebanggaan yang mendukung penulis.
11. Rekan-rekan asisten Bedah, terima kasih atas ilmu, pengalaman dan cerita serta canda tawanya.
12. 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, 19 Juli 2018

Windu Sari Asih SL

DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
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	2
1.5. Hipotesis	2
1.6. Keaslian penelitian	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Profil Danau Matano	3
2.2. Udang <i>Caridina dennerli</i>	5
2.3. Gambaran histologi usus dan hepatopankreas udang	6
2.4. Paparan logam berat nikel dan besi	8
2.4.1 Nikel (Ni)	9
2.4.2 Besi (Fe)	10
3. METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Waktu dan tempat penelitian	11
3.2. Metode pengambilan sampel	11
3.3. Alat dan bahan penelitian	11
3.4. Prosedure penelitian	11
3.4.1 Pengambilan sampel	11
3.4.2 Pembuatan sediaan histologi	12
3.4.3 Pengamatan mikroskopis	13
3.4.4 Pengukuran kadar logam	13
3.5. Analisis data	13
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Ukuran sampel udang <i>Caridina dennerli</i>	14
4.2. Hasil uji kadar logam pada perairan Danau Matano	14
4.3. Pengamatan Mikroskopis	15
4.3.1 Usus	15
4.3.2 Hepatopankreas	17
5. PENUTUP	20
5.1. Kesimpulan	20
5.2. Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	26
GLOSARIUM	33

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Karakteristik kompleks Danau Malili	4
2. Hasil uji kadar logam air Danau Matano	14
3. Hasil uji kadar logam sedimen Danau Matano	15

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kompleks Danau Malili yang dihubungkan oleh sungai	3
2. Panorama Danau Matano	4
3. Udang bintik putih (<i>Caridina dennerli</i>)	5
4. Bagian-bagian tubuh udang	6
5. Gambaran histologi hepatopankreas udang Windu normal	7
6. Histologi udang Vaname yang terpapar nikel	7
7. Gambaran histologi usus udang Windu	8
8. Peta lokasi pengambilan sampel	11
9. Pengukuran sampel	12
10. Gambaran histopatologi usus udang <i>Caridina dennerli</i>	15
11. Gambaran histopatologi usus udang <i>Caridina dennerli</i>	16
12. Gambaran histopatologi usus udang <i>Caridina dennerli</i>	17
13. Gambaran histopatologi hepatopankreas udang <i>Caridina dennerli</i>	18
14. Gambaran histopatologi hepatopankreas udang <i>Caridina dennerli</i>	19

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Prosedur penelitian	27
2. Tahapan pembuatan preparat histologi	28
3. Hasil pemeriksaan air Danau Matano	31
4. Hasil pemeriksaan sedimen Danau Matano	32

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Danau Matano merupakan salah satu dari lima danau yang terdapat di dalam “Kompleks Danau Malili” yaitu: Matano, Mahalona, Towuti, Masapi dan Wawantoa (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014). Danau Matano adalah danau air tawar yang terdapat di Asia Tenggara, merupakan sumber daya utama di wilayah Malili dan memiliki keragaman yang unik (Von Rintelen dan Glaubrecht, 2003; Roy *et al.*, 2004; Herder *et al.*, 2006). Danau Matano mempunyai tingkat endemisitas yang tinggi (Makmuret *et al.*, 2017). Keberadaan danau ini di kawasan kompleks industri nikel (INCO) Malili yang sekarang dikenal dengan PT. Vale menyebabkan ikan-ikan endemik yang hidup di danau tersebut akan terpengaruh oleh aktivitas industri (Asri, 2015). Hal ini dapat menjadi rantai masuknya bahan pencemar pada perairan.

Danau Matano merupakan danau yang terbentuk akibat dari aktifitas pergerakan lempeng kerak bumi pada akhir masa Pliosen sekitar 2-4 juta tahun yang lalu (Haffner *et al.*, 2001) dan posisi danau tepat berada di atas zona patahan/sesar aktif yang disebut “patahan matano” (Ahmad, 1977). Tingkat endemisitas yang tinggi di D. Matano menyimpan banyak variasi biota. Selain ikan, udang-udangan pun banyak yang bersifat endemik di kawasan kompleks D. Malili seperti *Caridina dennerli*, *C. woltereckae*, *C. masapi* dan *C. holthuisi* (Nontji, 2016). Udang endemik di D. Matano adalah *C. dennerli*.

C. dennerli dikenal sebagai udang Cardinal Sulawesi, adalah penghuni substrat keras seperti bongkahan batu yang terdapat pada berbagai kedalaman, dari daerah yang dangkal sampai pada kedalaman lebih-kurang 10 m. Udang ini ditemukan di atas dan di bawah batu-batu berukuran kecil, serta di antara batu-batu besar. Udang jenis ini bersifat endemik di D. Matano dan terdistribusi luas di seluruh bagian danau (Dermawan dan Sunarko, 2013). Adanya aktivitas industri nikel di sekitar danau ini berpotensi memengaruhi ikan-ikan endemik yang hidup di dalamnya. Aktivitas industri beresiko mengakibatkan masuknya bahan pencemar ke dalam perairan yang dapat memengaruhi kualitas perairan sehingga ikan-ikan endemik yang hidup di danau tersebut akan terpengaruh. Apabila bahan yang masuk ke perairan melebihi ambang batas, maka daya dukung lingkungan akan menurun (Dahuri, 1998). Hal ini menegaskan bahwa kualitas air dan kandungannya sangat memengaruhi ekosistem perairan.

Daya toksik nikel (Ni) pada kehidupan akuatik bergantung pada spesies, derajat keasaman (pH), kesadahan, dan faktor lingkungan lain (Sabilu, 2010). Beberapa faktor telah dihubungkan dengan tingkah laku abnormal akibat toksisitas logam berat Ni, termasuk kerusakan saraf karena terganggunya transmisi antara sistem saraf dan berbagai lokasi-lokasi efektor, kelumpuhan dan gangguan sistem pernapasan karena kelainan fungsi enzim tubuh, dan penyalahgunaan energi yang mengakibatkan penghabisan energi (Isaac, 2009). Kepunahan atau penurunan populasi yang disebabkan oleh beberapa faktor penyebab tadi dapat diketahui diantaranya melalui gambaran histopatologi dari organ yang berfungsi dalam metabolisme dan kelangsungan hidup suatu individu. Untuk mengetahui sejauh apa paparan bahan pencemar dapat merusak jaringan organ maka dapat dilakukan pengamatan histopatologi. Menurut Munshi dan Dutta (1996), analisa histopatologi dapat digunakan sebagai penanda biologis

(*biomarker*) untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ yang menjadi sasaran utama dari paparan bahan kimia.

1.2 Rumusan Masalah

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

1.2.1. Bagaimanakah perubahan gambaran histopatologi usus dan hepatopankreas udang *C. dennerli* di D. Matano yang tercemar logam berat?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui gambaran histopatologi usus dan hepatopankreas udang *C. dennerli* di D. Matano yang tercemar logam berat.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini terbagi menjadi manfaat pengembangan teori dan aplikatif berikut ini:

1.4.1 Manfaat pengembangan ilmu teori

Sebagai tambahan pengetahuan dan pustaka mengenai udang *C. dennerli* yang merupakan salah satu hewan endemik Sulawesi Selatan.

1.4.2 Manfaat aplikatif

a. Untuk peneliti

Melatih kemampuan meneliti dan menjadi acuan bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

b. Untuk masyarakat

Sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya tentang gambaran histopatologi udang *C. dennerli* dan membantu dalam penyampaian informasi maupun penanganan kasus yang berkaitan dengan kelainan-kelainan yang terjadi pada udang, terutama udang *C. dennerli*.

1.5 Hipotesis

Menurut peneliti usus dan hepatopankreas udang *C. dennerli* mengalami perubahan gambaran histopatologi akibat adanya cemaran logam berat.

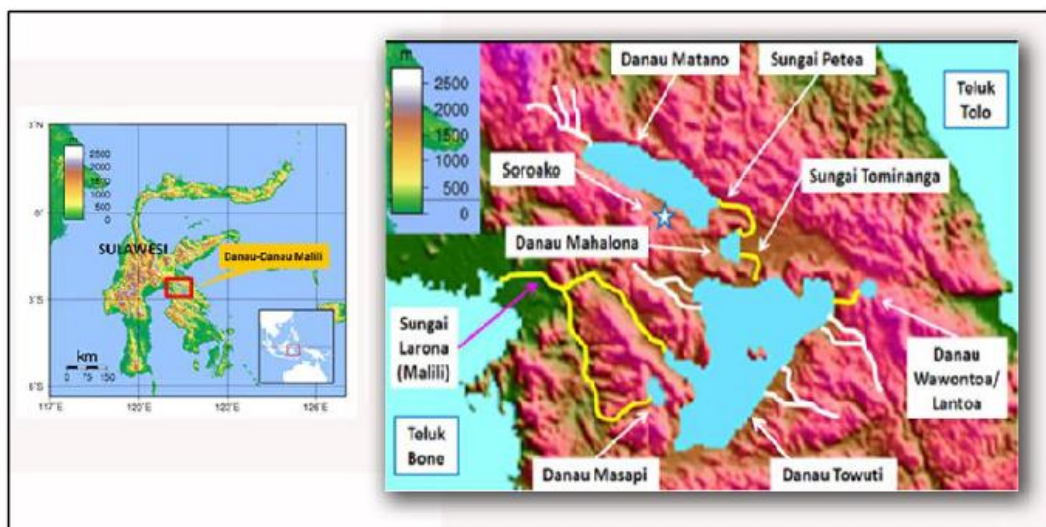
1.6 Keaslian Penelitian

Sejauh penelusuran pustaka penulis, publikasi penelitian mengenai “Gambaran Histopatologi Organ Pencernaan Udang (*Caridina dennerli*) di Danau Matano, Luwu Timur, Sulawesi Selatan, yang Tercemar Logam Berat Nikel dan Besi” belum pernah dilakukan. Penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan penelitian ini adalah penelitian oleh Zhahrah dan kawan-kawan (2015) dengan judul “Kerusakan Jaringan Hepatopankreas pada Udang Vaname (*Litopenaeus vanamei*) Akibat Paparan Logam Berat Nikel (Ni) Secara Buatan”, berdasarkan hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa hepatopankreas mengalami nekrosis dan *miopati*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil Danau Matano

Kompleks Danau Malili merupakan untaian danau mulai dari D. Matano, D. Mahalona, D. Towuti, D. Wawontoa/Lantoa, dan D. Masapi yang terletak di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan (Gambar 1). Nama Malili merupakan nama ibukota Kabupaten Luwu Timur, yang terletak di ujung utara Teluk Bone. Perbedaan ketinggian pada tiap danau di kompleks D. Malili, menyebabkan dimungkinkannya aliran air dari danau yang letaknya lebih tinggi menuju ke danau yang lebih rendah. Air dari D. Matano mengalir ke D. Mahalona melalui Sungai Petea. Selanjutnya air dari D. Mahalona mengalir ke D. Towuti melalui Sungai Tominanga, sedangkan air dari D. Towuti keluar melalui Sungai Larona (Malili) yang bermuara di Teluk Bone (Nontji, 2016).



Gambar 1. Kompleks Danau Malili (Matano, Mahalona, Towuti, Wawontoa/Lantoa/, Masapi) dan sistem sungainya. Garis kuning menunjukkan sistem sungai yang menghubungkan masing-masing danau dan akhirnya bermuara ke Teluk Bone. Garis putih menunjukkan sungai pemasok air (*river inlet*) (Nontji, 2016)

Secara geografis, D. Matano terletak pada koordinat: 2°29'16"LS 121°21'07"BT. Danau Matano merupakan sebuah danau tektonik purba yang terbentuk dari aktifitas pergerakan lempeng kerak bumi pada akhir masa Pliosin sekitar 2-4 juta tahun yang lalu. Banyak kajian-kajian yang telah dilaksanakan di kawasan ini untuk mengkaji *adaptive radiation*, yakni proses evolusi yang mencoba menjelaskan terjadinya berbagai variasi spesies (*speciation*) yang merupakan adaptasi biota terhadap lingkungan yang sangat spesifik. Kombinasi kepurbaan dan variasi lingkungan yang sangat spesifik ini pula yang menjadikan kawasan kompleks D. Malili sangat kaya akan biota endemik (Haffner *et al.*, 2001) dan posisi danau tepat berada di atas zona patahan yang disebut "patahan matano" (Ahmad, 1977). Kondisi ini yang menjadikan D. Matano memiliki kedalaman berada sekitar 208 m di bawah permukaan laut (Gambar 2).



Gambar 2. Panorama Danau Matano yang merupakan danau terdalam di Asia Tenggara (Nontji, 2016)

Danau Matano memiliki perairan yang sangat dalam (danau terdalam ke-8 di duniadan dan terdalam di Asia Tenggara) yang merupakan satu-satunya danau di Nusantara yang bagian dasarnya berada di bawah level permukaan air laut (*cryptodepression*). Ketinggian D. Matano adalah 382 m di atas permukaan laut, sedangkan kedalaman maksimumnya adalah 590 m. Perbedaan dari ketinggian setiap danau satu dengan lainnya juga menjadi penghalang (*barrier*) atau menjadi penentu bagi migrasi organisme antar danau, terutama dari arah hilir menuju bagian hulu. Hal ini menjadi faktor yang menimbulkan pola persebaran/distribusi organisme yang unik. Beberapa danau yang berada di kompleks D. Malili memiliki spesies endemiknya sendiri walaupun letak danau-danau tersebut saling berdekatan dan bahkan saling dihubungkan oleh sungai yang ada. Adapun karakteristik tiap danau di kompleks D. Malili dijelaskan dalam Tabel 1 (Nontji, 2016).

Tabel 1. Karakteristik Kompleks Danau Malili (Nontji, 2016)

	Matano	Mahalona	Towuti	Wawontoa	Masapi
Luas area (km ²)	164.0	24.4	561.1	1.6	2.2
Ketinggian	382	310	283	586	434
Kedalaman maksimum (m)	590	73	203	3	4
Kecerahan Secchi (m)	20	20	22	< 3	< 3

Danau Matano adalah salah satu jenis danau air tawar yang merupakan sumber daya utama di wilayah tersebut dan memiliki keragaman yang unik dari beragam ekosistem perairan (Von Rintelen dan Glaubrecht, 2003; Roy *et al.*, 2004; Herder *et al.*, 2006). Danau ini berada dalam kawasan kompleks industri nikel (INCO) Malili yang sekarang dikenal dengan PT. Vale, sehingga ikan-ikan endemik yang hidup di danau tersebut akan terpengaruh oleh aktivitas industri (Asri, 2015). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa perairan dalam D. Matano ditandai dengan konsentrasi oksigen rendah (Lehmusluoto, 1999; Haffner *et al.*,

2001). Kondisi ini menjadi faktor yang memengaruhi kelangsungan hidup ekosistem yang ada.

2.2 Udang *Caridina dennerli*

Kelompok udang-udangan yang terdapat di kompleks D. Malili ada empat spesies. Udang endemik yang ada di D. Matano adalah udang bintik putih (*C. dennerli*). Tiga spesies lainnya yaitu: udang coklat (*C. holthuisi*), udang lamak (*C. lanceolata*), dan udang tawon merah (*C. loehae*) terdapat di D. Mahalona dan D. Towuti. Populasi dari spesies udang ini masih banyak ditemukan di dalam kompleks D. Malili dan umumnya berukuran kecil-kecil. Masyarakat di sekitar danau menangkap udang ini sebagai sumber protein dalam menu makanan sehari-hari. Selain ditangkap untuk dimakan, udang ini juga dijual sebagai penghuni akuarium bahkan telah diekspor secara ilegal sebagai komoditi ikan hias ke beberapa negara, seperti Jepang, Jerman, dan negara-negara Eropa lainnya dengan harga yang cukup mahal (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014). Udang *C. dennerli* dikenal dengan nama udang bintik putih karena corak tubuhnya memiliki spot-spot warna putih (Gambar 3). Selain itu, udang ini juga dikenal sebagai *Cardinal Shrimp*, *Matano Blue Dot Shrimp*, *White Socks Shrimp*, *White Gloves Red Shrimp* (Dermawan dan Sunarko, 2013). Ciri khas udang ini menjadi daya tarik tersendiri bagi pada pecinta hewan akuarium.

Adapun klasifikasi dari udang *C. dennerli* yaitu (Dermawan dan Sunarko, 2013):

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Subfilum	: Crustacea
Kelas	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Subordo	: Caridea
Famili	: Atyidae
Genus	: <i>Caridina</i>
Spesies	: <i>Caridina dennerli</i> von Rintelen & Cai, 2009



Gambar 3. Udang bintik putih (*Caridina dennerli*) (Nontji, 2016)

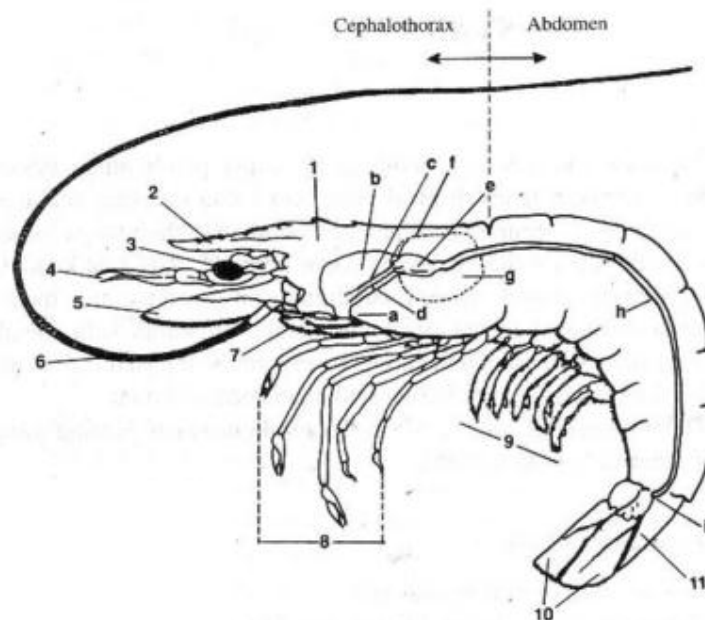
Struktur tubuh dari udang ini yakni memiliki *rostrum* agak panjang, 0.9-1.3 kali panjang karapas, berbentuk bulan sabit, ujungnya hampir mencapai tepi luar skaposerit. Udang *C. dennerli* memiliki 15-25 gigi pada sisi bagian atas *rostrum* dengan 3-7 gigi dibelakang mata, dan 5-11 gigi di sepanjang sisi *rostrum* bagian bawah. Mata pada udang *C. dennerli* berkembang sempurna. Panjang karapas

dapat mencapai 3.4 mm. Diameter telur berukuran 1.0-1.2 x 0.5-0.7 mm, induk *ovigerous* memiliki 8-14 butir telur (Dermawan dan Sunarko, 2013). Udang *C. dennerli* termasuk udang yang memiliki ukuran tubuh yang kecil, jantan bekisar 2 cm sedangkan betina memiliki ukuran 2,5-4 cm.

Badan dan hampir semua kaki dari udang *C. dennerli* berwarna merah tua atau ungu. Terdapat bintik-bintik putih yang tidak begitu nyata diseluruh tubuhnya, satu bintik putih yang jelas di *abdomen* terakhir bagian atas dekat ekor. Kaki jalan pertama dan kedua berwarna putih. Antena, *antennula* dan skaposerit juga berwarna putih. Telur berwarna coklat tua. *C. dennerli* adalah penghuni substrat keras seperti bongkahan batu. Udang ini ditemukan di atas dan di bawah batu-batu berukuran kecil, serta diantara batu-batu besar. Udang jenis ini merupakan endemik D. Matano dan terdistribusi luas di seluruh bagian danau (Dermawan dan Sunarko, 2013). Udang ini dapat ditemukan pada daerah yang dangkal sampai pada kedalaman lebih-kurang 10 m.

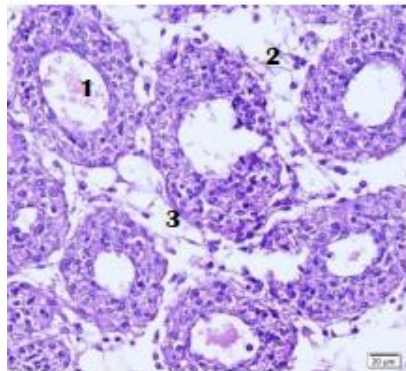
2.3 Gambaran Histologi Usus dan Hepatopankreas Udang

Pada umumnya udang memiliki sistem pencernaan yang masih sederhana (Gambar 4). Pada hewan lain memiliki organ hati dan pankreas, sedangkan pada udang hanya satu dan diberi nama hepatopankreas (Ghufran dan Kordi, 2009; 2010). Secara garis besar morfologi udang terdiri atas bagian utama yaitu kepala (*cephalothorax*) dan perut (*abdomen*) (Nadhif, 2016). Menurut Murtidjo (1992), mulut udang tepat berada dibagian kepala sebelah depan bawah, yang berhubungan langsung dengan tenggorokan yang pendek lalu berlanjut masuk keperut.

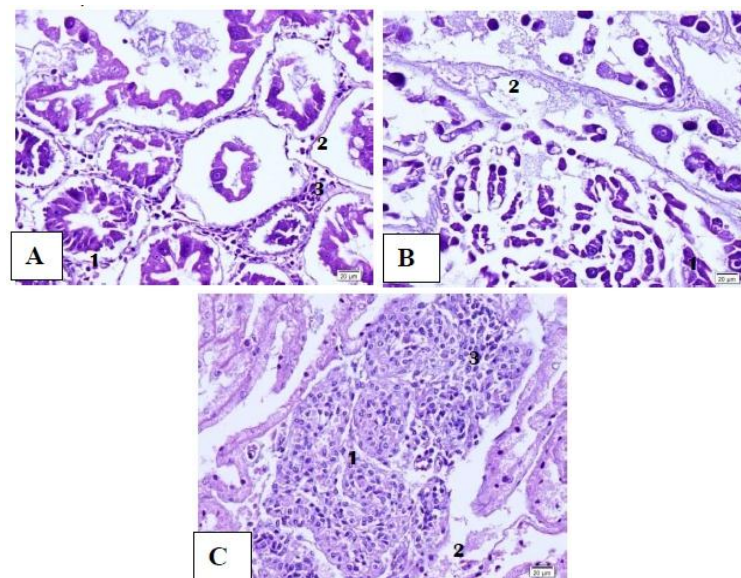


Gambar 4. Bagian-bagian tubuh udang vanamei. (a.) esopagus; (b.) ruang *cardiac*; (1.) *carapace*; (c.) ruang *pyloric*; (2.) *rostrum*; (d.) *cardiac plate*; (3.) mata majemuk; (e.) gigi-gigi *cardiac*; (4.) *antennules*; (f.) *cardia cossicle*; (5.) *prosartema*; (g.) hepatopankreas; (6.) antena; (h.) usus; (7.) *maxilliped*; (i.) anus; (8.) *pereopoda*; (9.) *pleopoda*; (10.) *uropoda*; (11.) *telson* (Haliman dan Adijaya, 2005)

Perut udang terbagi menjadi dua bagian, bagian depan disebut *cardiac*, dan bagian belakang disebut *pylorus*. Pada *cardiac* terdapat gigi yang berfungsi untuk menggiling dan mencerna makanan. Sebaliknya, dekat *pylorus* terdapat kelenjar pencernaan yang disebut hepatopankreas. Di dalam perut udang terdapat usus yang panjang sebagai lanjutan dari *pylorus*, dan berakhir di bawah pangkal ujung ekor sebagai anus. Udang juga memiliki alat untuk mengeluarkan kotoran organik dari darah dan cairan tubuh yang disebut kelenjar hijau. Alat tersebut terletak pada pangkal sungut kedua. Pada pangkal sungut pertama terdapat alat keseimbangan udang (Murtidjo, 1992). Hal ini memudahkan udang saat berenang. Gambaran sel dan jaringan usus dan hepatopankreas lebih jelas terlihat pada histologi usus dan hepatopankreas udang (Gambar 5; 6 dan 7).

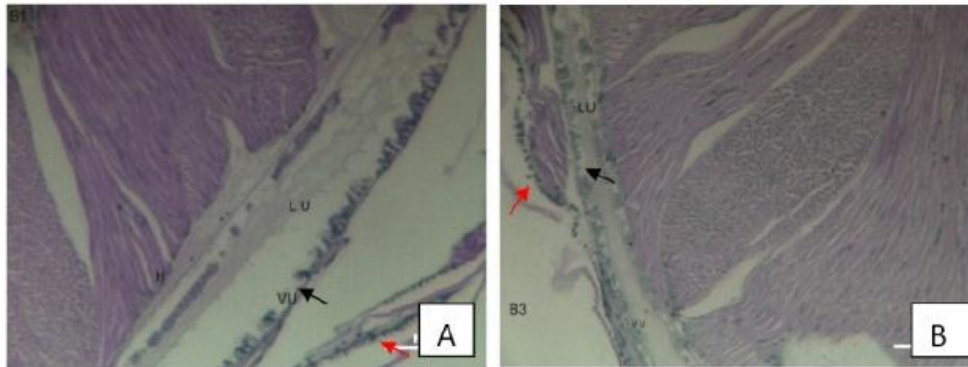


Gambar 5. Gambaran histologi hepatopankreas udang vaname (*Litopenaeus vanamei*) (Zhahrah *et al.*, 2015)



Gambar 6. Histologi udang vaname (*Litopenaeus vanamei*) yang terpapar nikel selama masa pemeliharaan 30 hari, pewarnaan HE, 400x. Pemaparan nikel 0,02 ppm: hepatopankreas mengalami nekrosis. (1) sel epitel hati, (2) vakuolisasi pada sel epitel hati, dan (3) infiltrasi sel *mononuclear* pada *interlobular* (A); pemaparan nikel 0,04 ppm: hepatopankreas mengalami nekrosis. (1) folikel pankreas, dan (2) nekrosis folikel (B); pemaparan nikel 0,08 ppm: hepatic nekrosis. (1)

sel epitel hati, (2) nekrosis sel hati, dan (3) infiltrasi sel mononuklear (C) (Zhahrah *et al.*, 2015)



Gambar 7. Gambaran histologi usus udang windu, vili usus (VU), *lumen* usus (LU) (Kurniawan dan Susianingsih, 2014)

2.4 Paparan Logam Berat Nikel dan Besi

Adanya proses alam seperti perubahan siklus alamiah mengakibatkan batuan dan gunung berapi memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap lingkungan (Tresnati *et al.*, 2007). Selain itu, masuknya logam berat ke lingkungan berasal dari sumber-sumber lainnya yang meliputi: pertambangan minyak, emas, batu bara, pembangkit tenaga listrik, pestisida, keramik, peleburan logam, pabrik-pabrik pupuk dan kegiatan industri lainnya. Kontaminasi ini akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya usaha eksploitasi berbagai sumber alam dimana logam berat terkandung di dalamnya (Suhendrayatna, 2001). Bahan pencemar akan lebih mudah masuk ke area perairan.

Adapun mekanisme toksisitas logam berat di dalam tubuh suatu organisme dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu (Sutamihardja, 2006):

- 1) Logam berat dapat memblokir dan menghalangi kerja gugus biomolekul yang esensial untuk proses-proses metabolisme;
- 2) Logam berat dapat menggantikan ion-ion logam esensial yang terdapat dalam molekul terkait;
- 3) Logam berat dapat mengadakan modifikasi atau perubahan bentuk (konformasi) dari gugus-gugus aktif yang dimiliki biomolekul.

Pencemar dalam makhluk hidup bahan makanan dapat timbul dari sumber yang sama. Jadi dalam suatu rantai makanan alamiah, pencemar dapat dipindahkan dari suatu tingkat trofik ke tingkat trofik lainnya (Connell dan Miller, 2006). Proses akumulasi logam berat di dalam tubuh hewan air terjadi karena kecepatan pengambilan logam berat (*uptake rate*) oleh organisme air lebih cepat dibandingkan dengan proses pelepasan. Logam berat akan terlibat dalam proses enzimatik, terikat dengan protein (*ligand binding*) (Darmono, 2008). Logam berat sulit untuk dicerna dan dinetralisir oleh sistem pencernaan udang yang tergolong sangat sederhana.

Sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga logam berat sangat mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan, dapat terakumulasi dalam biota perairan termasuk kerang, ikan dan sedimen, memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut serta memiliki nilai faktor konsentrasi yang besar dalam tubuh organisme (Octarianita, 2017). Daya larut logam berat dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah

tergantung pada kondisi lingkungan perairan. Pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap (Lawrence, 2003). Menurut Palar (2004) akumulasi logam berat di dalam perairan diakibatkan oleh faktor massa jenis air, viskositas air, temperatur air, arus serta faktor-faktor lainnya.

Hati merupakan organ tubuh yang paling sering mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan sebagian besar toksikan yang masuk ke dalam tubuh setelah diserap oleh usus halus di bawa ke hati oleh vena *porta* hati (Lu,1995). Kerusakan hepatosit menurut Roberts (2001) dapat dibagi menjadi dua yaitu taksohepatik dan trofohepatik. Kerusakan akibat taksopatik disebabkan oleh pengaruh langsung dari agen yang toksik, baik berupa zat kimia maupun kuman. Kerusakan akibat trofopatik disebabkan adanya kekurangan faktor-faktor penting untuk kehidupan sel seperti oksigen atau zat makanan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pada umumnya respon tubuh pada agen toksik dapat menyebabkan terjadinya inflamasi, hemoragi, edema dan nekrosa. Inflamasi merupakan suatu respon pertahanan jaringan yang rusak dan terjadi pada semua vertebrata (Roberts, 2001). Inflamasi terdiri dari inflamasi akut dan kronis. Menurut Spector (1993), inflamasi dapat akut yaitu umurnya pendek atau kronis yaitu berkepanjangan, tergantung kepada derajat luka jaringan. Edema merupakan suatu kondisi di mana meningkatnya jumlah cairan dalam kopartemen jaringan interseluler (Underwood, 1992). Hemoragi (pendarahan) adalah kondisi yang ditandai dengan keluarnya darah dari dalam vaskula akibat dari kerusakan dinding vaskula. (Smith dan Jones, 1961). Nekrosa merupakan jenis kematian sel *irreversibel* yang terjadi ketika terdapat cedera berat atau lama hingga suatu saat sel tidak dapat beradaptasi atau memperbaiki dirinya sendiri (Price dan Wilson, 2006). Nekrosa dapat menyebabkan terjadinya kehilangan fungsi suatu sel.

2.4.1 Nikel (Ni)

Organisme dapat menyerap nikel (Ni) melalui makanannya yang termagnifikasi pada tanaman dan kolom air yang menjadi media hidupnya, akan menumpuk pada bagian-bagian ototnya melalui proses respirasi dan makanannya. Selain bersifat racun, logam berat terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses pemaparan, bioakumulasi, dan biomagnifikasi oleh biota laut (Yudo, 2006). Di perairan, Ni ditemukan dalam bentuk koloid. Bentuk garam Ni misalnya nikel amonium sulfat, nikel nitrat, dan nikel klorida, bersifat larut dalam air. Pada kondisi aerob dan pH <9, Ni membentuk senyawa kompleks dengan hidroksida, karbonat, dan sulfat, dan selanjutnya mengalami presipitasi. Demikian juga pada kondisi anaerob, Ni bersifat tidak larut (Effendi, 2003). Berdasarkan uji toksisitas akut pada hewan, diketahui bahwa tingkat toksisitas Ni bervariasi dan dipengaruhi oleh tingkat kelarutan senyawa Ni. Senyawa larut seperti nikel asetat lebih toksik dibandingkan senyawa Ni yang tidak larut, seperti *nickel powder*. Konsentrasi tinggi Ni di tanah berpasir merusak tanaman dan di permukaan air dapat mengurangi tingkat pertumbuhan alga. Lebih lanjut dikatakan bahwa Ni juga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Darmono, 1995). Kondisi ini dapat menyebabkan rendahnya kadar oksigen dalam perairan sehingga mengganggu kelangsungan hidup di dalam ekosistem.

Udang dapat mengabsorpsi Ni melalui makanannya dan langsung dari air dengan melewati insang. Akumulasi Ni ini juga dapat mengakibatkan kerusakan jaringan pada udang. Penelitian oleh Zhahrah *et al.* (2015) memperlihatkan bahwa hepatopankreas pada udang vaname (*Litopenaeus vanamei*) mengalami nekrosis dan miopati. Insang udang windu yang tercemar logam berat mengalami kerusakan berupa nekrosis, kongesti dan ruptur pada filamen skunder dengan rata-rata skor yang berbeda (Umami *et al.*, 2012). Logam berat dapat menyebabkan nekrosis insang dan nekrosis fokal serta hipertropi pada hepatopankreas dan mukosa usus pada udang (Soegianto *et al.*, 2004). Hepatopankreas yang terpapar terlihat terjadinya degenerasi, nekrosis dan *nuclear inclusion bodies* pada hepatopankreas (Darmono *et al.*, 1990). Tingginya kerusakan pada struktur insang dan hepatopankreas, akan berpengaruh pada proses metabolisme enzim dan osmoregulasi pada udang. Selain itu kerusakan pada sel yang disebabkan oleh keracunan kadmium atau faktor lain, sebagai contoh yaitu kondisi stres, bisa meningkatkan sensitivitas terhadap infeksi viral dan bakteri (Soegianto *et al.*, 2004). Hal ini dapat dengan cepat meningkatkan tingkat risiko kematian pada udang.

2.4.2 Besi (Fe)

Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat besi (Fe) bukan hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan tetapi juga terhadap hewan dan manusia. Logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Tingginya kandungan logam Fe akan berdampak terhadap kesehatan diantaranya bisa menyebabkan keracunan, kerusakan dinding usus, pendarahan saluran pencernaan, kematian mendadak, sirosis ginjal, dan hepatitis (Supriyantini dan Endrawati, 2015).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang mengalami perubahan patologis berupa perlemakan sel dan nekrosis adalah akibat hati telah terakumulasi oleh logam berat (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, dan Cd) (El-Naggar *et al.*, 2009). Ahmad *et al.* (2011) juga melaporkan adanya kerusakan hati ikan lele (*Clarias batrachus*) berupa perlemakan sel dari efek kadmium klorida dengan konsentrasi 8 ppm selama 30 hari. Mohamed (2008) juga melaporkan hati ikan *O. niloticus* dan *Lates niloticus* mengalami perubahan patologis berupa perlemakan sel akibat dari akumulasi logam Fe, Zn, Pb, Cu, Cd, dan Co. Alifia dan Djawad (2000) juga melaporkan adanya kerusakan hati pada juvenil ikan bandeng yang diberi perlakuan timbel (Pb) dengan konsentrasi 0,15 ppm. Hati telah mengalami perlemakan sel dan preparat histologi memperlihatkan keberadaan vakuola-vakuola (ruang-ruang kosong). Hal ini akan menyebabkan fungsi hati yang kompleks menjadi terganggu.

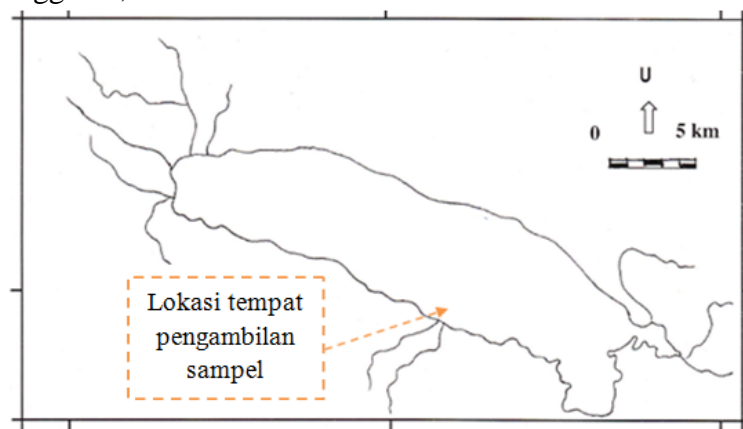
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-April 2018. Lokasi penelitian adalah di Laboratorium Patologi Klinik Hewan Pendidikan Universitas Hasanuddin.

3.2 Metode Pengambilan Sampel

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah selektif. Sampel diperoleh dari hasil tangkapan nelayan yang berasal dari D. Matano yakni pada Pantai Ide (Gambar 5). Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak tiga ekor udang *C. dennerli* yang memiliki ukuran bervariasi mulai dari 16,52 mm hingga 20,20 mm.



Gambar 8. Peta titik pantai Ide letak pengambilan sampel (udang *Caridina dennerli*) (Hadiaty dan Wirjoatmodjo, 2002)

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah alat bedah nekropsi (gunting bedah, pisau bedah, pinset chirurgis, pinset anatomis), mikroskop, penggaris, kamera, spoit, botol sampel, kertas label, *tissue*, gelas ukur, kasa steril, seperangkat alat untuk pewarnaan HE, objek *glass*, kuas kecil, *cover glass*, *incubator*, mikrotom dan pisau mikrotom. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 ekor udang (*C. dennerli*), formalin 10%, alkohol seri (70%, 80%, 90%, 95%, 100%), *xylol*, parafin, aquades, *haematoxylin*, dan eosin.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dibedakan atas beberapa bagian antara lain pengambilan sampel, pembuatan sediaan histologi dan pengamatan mikroskopis. Secara garis besar, prosedur penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.4.1 Pengambilan sampel

Udang *C. dennerli* ditangkap oleh nelayan dengan menggunakan alat perangkap (*trap*). Udang tersebut direndam di dalam botol sampel yang telah diisi

formalin 10% selama 2x24 jam. Di laboratorium udang tersebut diukur panjang tubuhnya dengan menggunakan jangka sorong (Gambar 9). Pengukuran dilakukan mulai dari ujung rostrum sampai dengan ujung terakhir telson.



Gambar 9. Pengukuran panjang tubuh udang *Caridina dennerli* dengan bantuan jangka sorong

3.4.2 Pembuatan sediaan histologi

Tahapan pembuatan sediaan histologi tercantum dalam Lampiran 2. Udang dikeluarkan dari botol sampel untuk dilakukan pemotongan. Area *dorsal* dibelah hingga ke *abdomen*. Setelah dilakukan pemotongan, hasil pembelahan tersebut dilakukan dehidrasi, dimana sampel dimasukkan kedalam alkohol bertingkat dimulai dari alkohol 70% selama 1x24 jam sebagai *stop point*. Kemudian dipindahkan kedalam alkohol 80% selama 1x24 jam. Selanjutnya masuk kedalam alkohol 90% dan alkohol 95% masing-masing selama 6 jam. Kemudian selanjutnya dipindahkan kedalam alkohol 100% I dan alkohol 100% II masing-masing selama 1 jam. *Clearing* atau *dealkoholisasi* (pembersihan) dengan *xylol* sampai jernih atau transparan, dengan menggunakan *xylol* I dan *xylol* II masing-masing selama 30 menit. Infiltrasi ke dalam parafin, dilakukan di dalam incubator pada suhu 56-60°C. Sebelum *embedding* sampel dimasukkan kedalam parafin cair, berturut-turut dimasukkan ke dalam parafin murni I selama 1 jam dan parafin II selama 1 jam. *Embedding* dilakukan pada jaringan yang berasal dari parafin II dengan cara ditanamkan ke dalam cetakan parafin yang telah berisi parafin cair. Jaringan diletakkan pada bagian dasar tengah dengan posisi sampel *lateral recumbency*. Sampel yang telah di *embedding* kemudian di simpan di kulkas selama 1x24 jam untuk mendinginkan sampel yang telah di parafin. *Sectioning* (pemotongan) dilakukan dengan memasang *holder* di mikrotom pada ketebalan irisan diatur setebal 5 μ m. Hasil potongan diletakkan pada gelas objek dan disimpan di dalam inkubator pada suhu 40°C selama 24 jam. Deparafinasi dilakukan untuk menghilangkan parafin, dengan cara sediaan histologis dimasukkan kedalam *xylol* I selama 30 menit dan *xylol* II selama 15 menit. Kemudian dimasukkan kedalam alkohol mulai dari alkohol 100% I, 100% II, 95%, 90%, 80%, 70% selama masing-masing setengah menit. Kemudian dimasukkan kedalam aquades selama 30 menit. *Staining* (pewarnaan) dilakukan dengan pewarna HE, sampel dari aquades dimasukkan kedalam *haematoxylin* selama 10 menit. Kemudian masuk kedalam aquades selama 30 menit, selanjutnya dimasukkan eosin selama 5 menit. Kemudian kembali dimasukkan kedalam aquades selama 30 menit. Kemudian masuk alkohol bertingkat mulai dari 70%, 80%, 90%, 95%, 100% I, dan 100% II masing-masing selama setengah menit, dilanjutkan kedalam *xylol* I selama 30 menit dan *xylol* II selama 15 menit. Terakhir

dilakukan *mounting* (penutupan) dan *labelling* (pemberian label) kemudian disimpan di dalam kotak sediaan.

3.4.3 Pengamatan mikroskopik

Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop, dengan perbesaran lensa mulai dari pembesaran 10x10 hingga 40x10. Pengambilan gambar dilakukan dengan menggunakan *optik lens* untuk memperjelas hasil pengambilan gambar. Pengamatan pada hepatopankreas dan usus dengan melihat perubahan patologi yang terjadi.

3.4.4 Pengukuran kadar logam

Pengukuran kadar logam yang terkandung di dalam perairan D. Matano dilakukan dengan pengambilan sampel air dan sedimen yang masing-masing disimpan di dalam botol sampel. Sampel selanjutnya dibawa ke Laboratorium Uji dan Kalibrasi BBIHP Makasar. Pengujian ini dilakukan oleh pihak laboratorium.

3.5 Analisis Data

Analisa data yang digunakan adalah analisis data deskriptif kualitatif. Pada metode ini dijelaskan mengenai gambaran histopatologi dari usus dan hepatopankreas udang *C. dennerli*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ukuran Sampel Udang *Caridina dennerli*

Udang *C. dennerli* yang digunakan pada penelitian ini sebanyak tiga ekor udang *C. dennerli* yang memiliki ukuran yang bervariasi 16,52-20,20 mm, dengan rata-rata $18,74 \pm 1,96$ mm. Sampel udang *C. dennerli* yang digunakan merupakan udang induk, hal ini dapat dilihat dari sampel yang digunakan merupakan udang yang sementara bertelur, terutama pada saat nekropsi ditemukan telur dalam tubuh sampel udang *C. dennerli*. Pengambilan sampel ini dilakukan pada bulan Maret yang langsung dimasukkan ke dalam botol sampel yang berisi formalin 10% untuk penanganan sampel di lapangan. Hal ini dilakukan merujuk pada BKIPM (2017) bahwa larutan formalin merupakan pengawet awal dengan waktu perendaman spesimen ikan minimal tiga hari sampai selesai kegiatan di lapangan sebelum dipindahkan ke dalam alkohol. Untuk memperoleh spesimen yang kondisi siripnya membuka secara sempurna, dilakukan dengan cara segera memasukkan ikan yang masih hidup ke dalam larutan formalin.

4.2 Hasil Uji Kadar Logam pada Perairan Danau Matano

Berdasarkan hasil pengujian air kadar logam berat Ni dan Fe di perairan D. Matano diperoleh Fe $<0,03$ mg/L dan Ni $<0,07$ mg/L (Tabel 3 dan Lampiran 3). Berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup, Lampiran I Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup Berdasarkan Kelas I, bahwa Fe masih di bawah ambang batas yang di perbolehkan berada di perairan, di mana batas yang di perbolehkan yaitu 0,3 mg/L. Logam Ni tidak diatur dalam peraturan tersebut di atas. Namun, Ni merupakan logam berat yang keberadaannya tidak di perbolehkan berada di lingkungan perairan. Kadar besi yang $>1,0$ mg/L membahayakan kehidupan organisme perairan (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003).

Tabel 2. Hasil uji kadar logam air di perairan Danau Matano

Parameter	Satuan	Hasil	Syarat Mutu ^{#)}		Metode Uji
			I	II	
Besi (Fe)	mg/L	$<0,03$	0,3	-	SNI 6989.4:2009
Nikel (Ni)	mg/L	$<0,07$	-	-	SNI 6989.18:2009

^{#)}Peraturan Gubernur Sul-Sel No.69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup, Lampiran Nomor I Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup Berdasarkan Kelas

Hasil pengujian kadar logam berat Ni dan Fe pada sedimen di perairan D. Matano, diperoleh hasil Fe 3,08% dan Ni 0,15% (Tabel 4 dan Lampiran 4). Kadar standar Ni dan Fe pada sedimen perairan air tawar tidak tercantum pada Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup. Namun, ada terlampir pada Lampiran I tentang Baku Mutu Air Laut dan Sedimen Laut. Oleh karena itu, dapat dipastikan bahwa keberadaan Fe dan Ni pada sedimen di perairan tawar tidak di perbolehkan

karena sifat dari Ni dan Fe yang termasuk dalam logam yang terlarut yang keberadaannya tidak di perbolehkan ada dalam air bersih.

Tabel 3. Hasil uji kadar logam sedimen di perairan Danau Matano

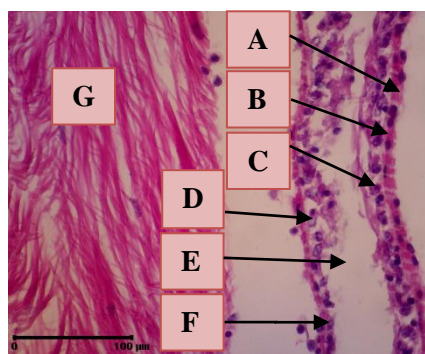
Parameter	Satuan	Hasil	Metode Uji
Besi (Fe)	%	3,08	AAS
Nikel (Ni)	%	0,15	AAS

*Peraturan Gubernur Sul-Sel No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup, Lampiran Nomor I Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup Berdasarkan Kelas

4.3 Pengamatan Mikroskopis

4.3.1 Usus

Berdasarkan data hasil pemeriksaan logam nikel dan besi di perairan D. Matano, diperoleh kadar nikel dan besi di atas ambang batas. Oleh karena itu, hal tersebut diduga menyebabkan perubahan pada usus udang *C. dennerli* yang hidup di perairan tersebut. Hasil pengamatan dari usus udang *C. dennerli* ditemukan perubahan gambaran histologi normal dari usus udang *C. dennerli* (Gambar 10). Menurut Murtidjo (1992), pada bagian *dorsal* tubuh udang terdapat usus yang panjang sebagai lanjutan dari *pylorus* (bagian lambung), dan berakhir di bawah pangkal ujung ekor sebagai anus. Fungsi usus pada udang sama halnya dengan fungsi pada hewan mamalia yaitu sebagai tempat penyerapan sari makanan. Usus adalah salah satu organ yang sering terpapar oleh agen-agen penyakit (Priosoeryanto *et al.*, 2010). Pada kondisi akut toksik yang disebabkan oleh agen bakteri, virus, zat kimia maupun alga, pada mukosa usus terangkat seluruhnya. Sel-sel epitel mukosa usus individu dapat menggulung yang disertai penebalan kromatin dan sitoplasma eosinofil yang dapat terjadi akibat kelaparan dan kondisi kaheksia. Pada bentuk khusus lebih seperti apoptosis atau pelepasan mukosa kedalam *lumen*, kadang-kadang disertai hemoragi dan submukosa (Robert, 2001).

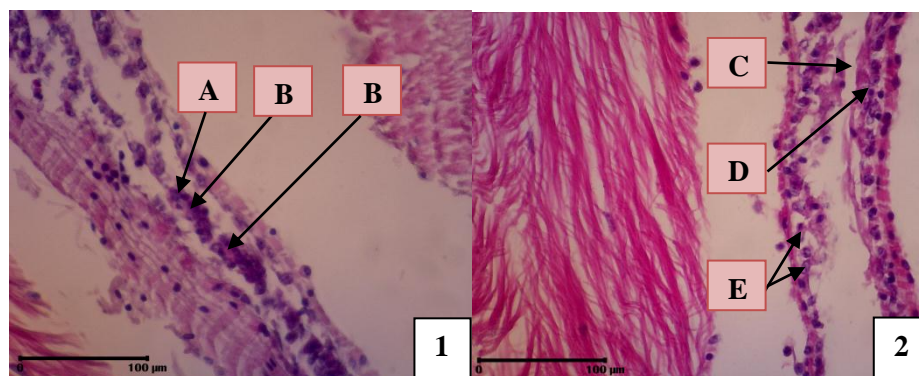


Gambar 10. Histopatologi usus udang *Caridina dennerli* potongan memanjang. (A) otot polos longitudinal externa, (B) otot polos sirkuler interna, (C) vili usus, (D) sel goblet, (E) *lumen* usus, (F) limfosit, (G) otot *abdomen* udang, HE, garis skala: 100 mikron

Hasil pengamatan terhadap usus udang *C. dennerli* ditemukan adanya otot polos longitudinal eksterna, otot polos sirkuler interna, vili usus, sel goblet, *lumen* usus, sel eritrosit, dan otot *abdomen*. Hasil pengamatan ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan Asri (2015) ditemukan adanya sel limfosit akibat

terjadinya kerusakan sel pada usus ikan Dui-Dui yang tercemar logam berat nikel dan besi di D. Matano. Penemuan yang sama dengan penelitian yang dilakukan Asri (2015) pada ikan Dui-Dui ini diakibatkan oleh paparan logam berat yang sama yaitu nikel dan besi, walaupun menggunakan hewan akuatik yang berbeda. Setiap sel dalam suatu jaringan memiliki fungsi berbeda untuk menunjang kebutuhan sel lainnya. Oleh karena itu, jika salah satu sel mengalami kerusakan maka akan menimbulkan dampak pada kerja sel lainnya. Utamanya pada usus seperti vili usus yang memiliki peran penting pada sistem pencernaan udang.

Akibat paparan logam berat nikel dan besi dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan hemoragi pada usus, hingga penyempitan *lumen* usus (Gambar 11). Menurut Hibiya (1995), saluran pencernaan dapat mengalami perubahan degeneratif terutama pada usus yang dapat mengalami atrofi, nekrosis, dan deskuamasi sel epitel yang disertai infiltrasi sel limfosit kelapisan *lamina* propria dan submukosa. Perubahan lainnya yang terjadi adalah dilatasi *lumen* usus, pendarahan, dan kongesti ataupun pembendungan pembuluh darah. *Ulcer* dan deskuamasi menyebabkan mukosa dapat lepas dari submukosa.

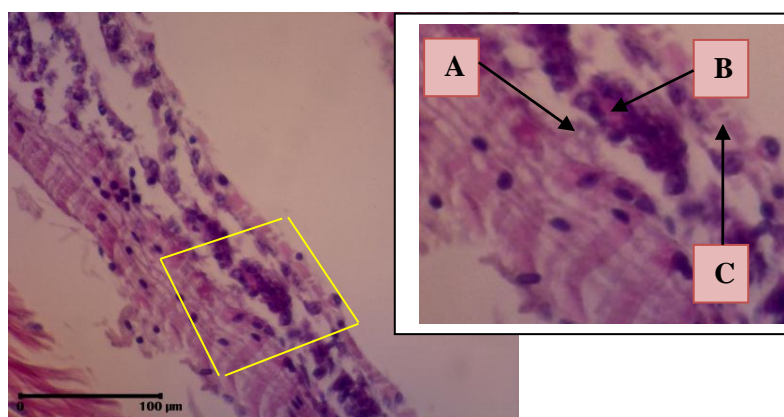


Gambar 11. Histopatologi usus udang *Caridina dennerli* dengan potongan memanjang. (A) infiltrasi sel radang, (B) hemoragi, (C) penyempitan *lumen* usus, (D) penebalan vili usus, (E) sel goblet. Pewarnaan HE, garis skala: 100 mikron

Hasil pengamatan yang terlihat pada Gambar 11 ditemukan beberapa perubahan abnormal yang terjadi pada usus udang *C. dennerli*. Perubahan yang terjadi di antaranya adalah hemoragi pada usus yang menyebabkan ditemukannya sel limfosit dalam jumlah banyak pada bagian tersebut. Hal ini terjadi sebagai respon dari adanya peradangan pada usus udang *C. dennerli*. Pada *lumen* usus ditemukan penyempitan *lumen* yang dapat menyebabkan kendala pada proses sistem pencernaan, terutama pada proses penyerapan sari makanan dan aliran sisa makanan ke anus. Temuan pada usus udang *C. dennerli* sama halnya yang ditemukan pada ikan Dui-Dui seperti hemoragi juga ditemukan pada usus ikan Dui-Dui yang tercemar logam berat nikel dan besi di D. Matano, tipe hemoragi yang ditemukan merupakan hemoragi kecil, di mana terbentuk titik darah tidak lebih besar dari ujung peniti disebut *petechie* (Asri, 2015). Penyempitan *lumen* usus dapat terjadi akibat dari penebalan vili usus ataupun terdapatnya jaringan ikat pada usus. Menurut Smith dan Jones (1961) bahwa hemoragi atau pendarahan yang terjadi di usus dapat disebabkan oleh beberapa agen seperti halnya bahan atau benda asing yang masuk bersama dengan makanan ke dalam saluran pencernaan menyebabkan lesi di usus dan terjadinya hemoragi. Selain itu,

hemoragi dapat disebabkan oleh trauma seperti kerusakan dalam bentuk fisik yang merusak sistem vaskula jaringan di daerah benturan, infeksi agen infeksius terutama mengakibatkan septisemia, bahan toksik yang merusak endotel kapiler, dan faktor lain yang menyebabkan dinding vaskula lemah sehingga pembuluh darah rentan untuk bocor.

Perubahan histologi usus berdasarkan pengamatan pada udang *C. dennerli* juga ditemukan pada mukosa usus (Gambar 12). Lapisan mukosa usus membentuk penjurukan kearah *lumen* yang disebut dengan vili usus, terdiri atas *lamina epithelia* yang disusun oleh sel epitel silinder selapis bersilia dan sel goblet yang terlihat oval dan bulat (Manisha *et al.*, 2015). Sel goblet berperan menghasilkan substansi mukoid dan melumasi daerah usus. Lendir yang dihasilkan sel goblet juga berperan dalam system imunologi (Sari *et al.*, 2018). Lapisan submukosa terlihat tebal dan terdiri atas jaringan ikat longgar tepat di bawah *lamina propria* tanpa batas pemisah. Lapisan muskularis terdiri atas lapisan tebal otot sirkuler dan otot longitudinal, sementara serosa sangat tipis (Manisha *et al.*, 2015).



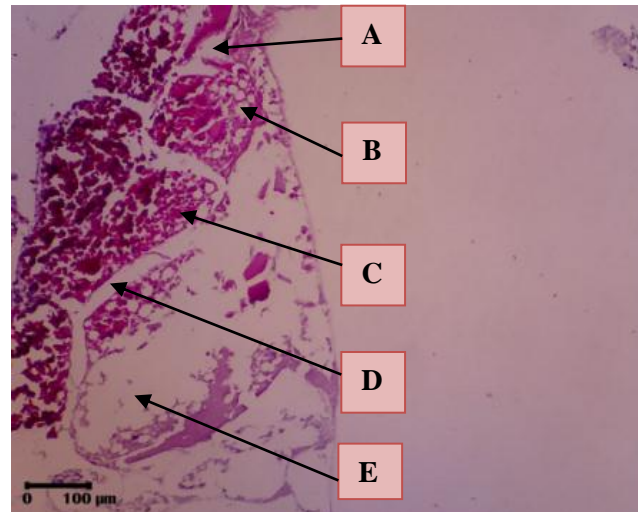
Gambar 12. Histopatologi usus udang *Caridina dennerli* dengan potongan memanjang. (A) kerusakan vili usus yang lepas dari sel basal, (B) hemoragi, (C) kerusakan sel epitel mukosa usus. Pewarnaan HE, garis skala: 100 mikron

Pada hasil pengamatan Gambar 12 diperoleh adanya kerusakan epitel mukosa usus, lepasnya vili usus dari lamina basalis, serta terjadinya hemoragi. Terjadinya erosi atau terlepasnya vili usus dan kerusakan sel epitel meyebabkan terjadinya gangguan pada proses penyerapan nutrisi, sehingga proses pertumbuhan dan reproduksi terganggu bahkan menyebabkan kematian. Kerusakan tersebut diduga akibat dari adanya paparan logam berat pada udang *C. dennerli*. Penelitian oleh Asri (2015) juga menemukan gambaran yang sama seperti adanya kerusakan epitel usus dan terangkatnya vili usus dan lamina basalis pada usus ikan Dui-Dui yang tercemar logam berat nikel dan besi di Danau Matano. Penemuan yang sama ini disebabkan adanya cemaran logam berat yang sama walaupun kedua hewan akuatik yang digunakan berbeda.

4.3.2 Hepatopankreas

Fungsi hepatopankreas sebagai organ detoksifikasi menyebabkan organ tersebut sangat sensitif terhadap perubahan fisiologis dan pengaruh lingkungan.

Hasil pengamatan yang telah dilakukan pada hepatopankreas udang *C. dennerli* diperoleh beberapa perubahan histologi (Gambar 13). Menurut Zeng *et al* (2010) bahwa hepatopankreas pada crustacea merupakan organ pencernaan, yang memiliki fungsi penting, utamanya sebagai organ absorpsi yang ditandai dengan adanya sel mikrovili yang menunjukkan sebuah fungsi penyerapan dan sekresi enzim. Selain itu, ditambahkan oleh Sousa *et al* (2005) bahwa hepatopankreas berfungsi sebagai tempat metabolisme, penyimpanan nutrisi, tempat sintesis *vitellogenin* selain ovarium serta detoksifikasi.

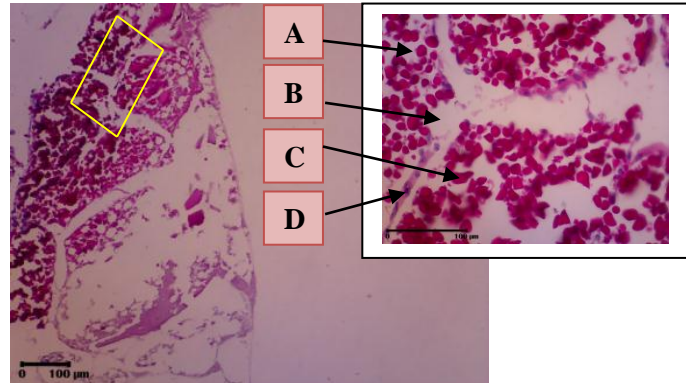


Gambar 13. Histopatologi hepatopankreas udang *Caridina dennerli* dengan potongan memanjang. (A) vakuolisasi pada sel epitel hati, (B) nekrosis folikel, (C) infiltrasi sel mononuklear, (D) Sel epitel hati, (E) *fatty liver*. Pewarnaan HE, garis skala: 100 mikron

Hasil pengamatan pada Gambar 13 diperoleh adanya vakuolisasi pada sel epitel hati, nekrosis folikel, infiltrasi sel mononuklear, sel epitel hati dan *fatty liver*. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kerusakan pada jaringan hepatopankreas dan ditemukannya tumpukan lemak pada hepatopankreas. Hal ini diduga akibat adanya paparan logam berat pada udang *C. dennerli*. Dugaan ini diperkuat dengan adanya penelitian oleh Zhahrah *et al.* (2015) memperlihatkan bahwa hepatopankreas pada udang vaname (*Litopenaeus vanamei*) mengalami nekrosis dan miopati akibat paparan nikel. Penelitian yang telah dilakukan oleh Zhahrah *et al.* (2015) memiliki persamaan dengan gambaran yang ditemukan pada *C. dennerli*, penemuan yang sama seperti ditemukan adanya nekrosis pada hepatopankreas, walaupun pada penelitian Zhahrah *et al.* (2015) ditemukan miopati namun, pada udang *C. dennerli* tidak ditemukan terjadinya miopati.

Organ hepatopankreas merupakan organ yang tergabung dari berbagai tubulus lapisan epitel serta beberapa cabang tubulus. Namun, dengan adanya paparan dari agen toksik dapat menyebabkan terjadinya perubahan histologi (Falah *et al.*, 2017). Logam berat terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses pemaparan, bioakumulasi dan biomagnifikasi oleh biota laut. Logam berat yang masuk kedalam tubuh hewan umumnya tidak dikeluarkan lagi dari tubuh sehingga logam cenderung untuk menumpuk dalam tubuh mereka. Akibatnya, logam-logam ini akan terus ada disepanjang rantai makanan. Udang dapat mengabsorpsi nikel melalui makanannya dan langsung dari air dengan melewati

insang. Akumulasi nikel ini juga dapat mengakibatkan kerusakan jaringan pada udang (Zhahrah *et al.*, 2015). Oleh karena itu, kadar nikel di perairan Danau Matano yang melewati batas ambang diduga kuat menyebabkan terjadinya nekrosis dan vakuolisasi pada hepatopankreas udang *C. dennerli* (Gambar 14).



Gambar 14. Histopatologi hepatopankreas udang *Caridina dennerli* dengan potongan memanjang. (A) nekrosis folikel, (B) vakuolisasi pada sel epitel hati, (C) folikel hati, (D) sel epitel hati. Pewarnaan HE, garis skala: 100 mikron

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukannya vakuola-vakuola lemak yang berlebihan pada hepatopankreas udang *C. dennerli*. Adanya vakuolisasi yang terjadi pada hati menyebabkan fungsi hati tidak berjalan maksimal, terutama dalam proses metabolisme dan detoksifikasi. Kondisi tersebut menjadikan hepatopankreas semakin rusak.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil pengamatan udang *Caridina dennerli* menunjukkan bahwa:
 - a) Usus mengalami hemoragi, penebalan vili usus, kerusakan vili usus, pelepasan sel epitel dari membran basal, adanya sel goblet berlebihan, penyempitan pada *lumen*, dan terjadinya infiltrasi sel radang.
 - b) Hepatopankreas mengalami *fatty liver*, sel-sel hepatosit yang telah nekrosis, dan infiltrasi sel mononuklear.
2. Berdasarkan hasil uji kadar logam perairan Danau Matano, yaitu:
 - a) Hasil uji air diperoleh kadar besi berada di bawah ambang batas dan nikel berada di atas ambang batas. Kadar nikel yang tinggi di air merupakan penyebab adanya perubahan pada histologi udang *Caridina dennerli*.
 - b) Hasil uji sedimen diperoleh kadar besi dan nikel berada di atas ambang batas. Kadar kedua logam yang tinggi merupakan penyebab adanya perubahan yang ditemukan pada usus dan hepatopankreas udang *Caridina dennerli*.

5.2 Saran

Perlu perhatian terhadap udang *Caridina dennerli* ini yang semakin hari populasinya semakin menurun dan perlu segera dilakukan pembudidayaan udang *Caridina dennerli* untuk membantu kelestariannya di Danau Matano. Penelitian ini perlu untuk dilanjutkan dengan menggunakan pewarnaan yang lebih spesifik serta pengujian logam-logam berat lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, B., Quresi T. A., S. Manohar, P. Kaur, and R. Khaliq. 2011. *Effect of cadmium chloride on the histoarchitecture of liver and kidney of a freshwater catfish, Clarias batrachus. India.* Barkatullah University: Bhopal.
- Ahmad, W. 1977. *Geology Alongthe Matano Fault Zone East Sulawesi, Indonesia.* Regional Conference on the Geology and Mineral Resources of South East Asia: Jakarta.
- Alifia, F dan M. I. Djawad. 2000. *Kondisi histologi insang dan organ dalam juvenil ikan bandeng (Chanos chanos Forsskal) yang tercemar logam timbal (Pb).* Diakses melalui http://www.pascaunhas.net/jurnalpdf/sci_1_2/frida.pdf. pada tanggal 7 Februari 2018.
- Asri, A. 2015. *Gambaran Histopatologi Usus Ikan Dui Dui (Dermogenys megarrhamphus) di Danau Matano Luwu Timur Sulawesi Selatan yang Tercemar Logam Berat Nikel (Ni) dan Besi (Fe).* [Skripsi]. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- BKIPM. 2017. *Petunjuk Teknis Pemetaan Sebaran Jenis Ikan Bersifat Invasif.* Kementerian Kelautan dan Perikanan. *Nomor 31/KEP-BKIPM.*
- Connell, D. W dan G. J. Miller. 2006. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran.* UI Press: Jakarta.
- Dahuri, R. 1998. *Pengaruh pencemaran limbah industri terhadap potensi sumber daya laut.* Makalah pada Seminar Teknologi Pengolahan Limbah Industri dan Pencemaran Laut. Surat Pemberitahuan Pajak Terhutang (SPPT) Jakarta: Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup.* Penerbit UI Press: Jakarta.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam.* UI-Press: Jakarta.
- Darmono, G. R. W. Denton, and R. S. F. Campbell. 1990. The pathologi of cadmium and nikel toxicity in the banana shrimp [*Penaeus merguensis* (de Man)]. *Asian Fisheries Science* 3: 287–97.
- Dermawan, A., dan B. Sunarko. 2013. *Biota Perairan Terancam Punah di Indonesia Prioritas Perlindungan.* Direktorat Konservasi Kawasan dan Jenis Ikan; Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air.* Kanisius: Yogyakarta.
- El-Naggar, A. M., S. A. Mahmoud and S. I. Tayel. 2009. Bioaccumulation of some heavy metals and histopathological alterations in liver of oreochromis niloticus in relation to water quality at different

- localities along the river Nile, Egypt. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 1(2): 105-114.
- Falah, M., Sarjito, dan Desrina. 2017. Pengaruh salinitas terhadap efektifitas ekstrak daun api-api (*Avicennia marina*) dalam mengobati infeksi *Vibrio harveyi* pada kepiting bakau (*Scylla sp.*). *Jurnal Sains Akuakultur Tropis* 1(1):72-80.
- Ghufran, M dan H. Kordi K. 2009. *Budidaya Perairan*. PT Citra Aditya Bakti: Bandung.
- Ghufran, M dan H. Kordi K. 2010. *Panduan Lengkap Memelihara Ikan Air Tawar di Kolam Terpal*. Lily Publisher: Yogyakarta.
- Hadiaty, R. K. dan S. Wirjoatmodjo. 2002. Studi pendahuluan biodiversitas dan distribusi ikan di Danau Matano, Sulawesi Selatan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 2(2):23-29.
- Haffner, G. D., P. E. Hehanussa and Hartoto, 2001. The biology and physical processes of large Lakes of Indonesia: Lakes Matano and Towuti, pp. 182 -192. In: M. Munawar and R. E. Hecky (eds.) *the Great Lakes of the World (GLOW) Food Web, Health and Integrity*. Backhuis Publishers: Leiden.
- Haliman, R. W dan D. Adijaya S. 2005. *Udang Vanamei*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Herder, F., J. Nolte, J. Pfaender, J. Schwarzer, R. K. Hadiaty, and U. K. Schliewen. 2006. Adaptive radiation and hybridization in wallace's dreamponds: evidence from sailfin silversides in the Malili Lakes of Sulawesi. *Proc. R. Soc. B* 273: 2209–2217.
- Hibiya, T. 1995. *An Atlas of Fish Histology Normal dan Pathological Features*. Edisi II. Kodansha LTD: Tokyo.
- Isaac, A. O. 2009. Toxic stress of nickel on African catfish, *Clarias gariepinus* Finger lings. *The Internet Journal of Veterinary Medicine*, 6(1).
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. *Gerakan Penyelamatan Danau Matano (Germadan Matano)*. Kementerian Lingkungan Hidup: Jakarta.
- Kurniawan, K dan E. Susianingsih. 2014. *Mekanisme Infeksi Bakteri Vibrio Harveyi terhadap Gambaran Histologi Udang Windu*. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur: Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau (BPPBAP) Maros.
- Lawrence, A. 2003. *Effects of Pollution on Fish Molecular Effects and Population Responses*. Blackwell Science Ltd: Oxford.

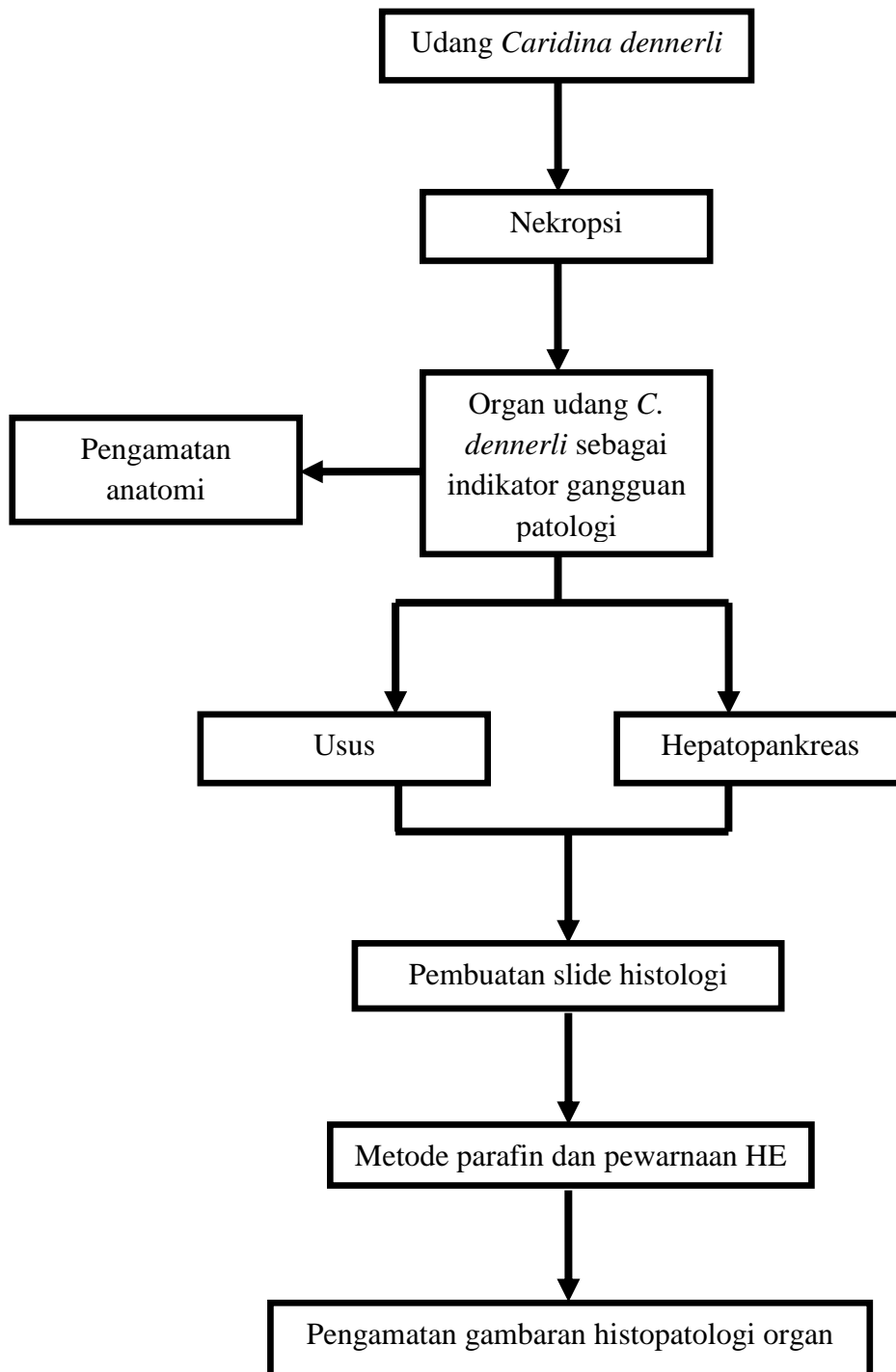
- Lehmusluoto, P. 1999. Limnology in Indonesia. pp. 2:119–234. In: R. G. Wetzel and B. Gopal, *Limnology in Developing Countries*. International Scientific Publications.
- Lu, C.F. 1995. *Toksikologi Dasar*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Makmur, S., A. I. J. Asaad, I. Mustapia, I. Burhanuddin, S. Selamat, S. Suryaningrat, dan B. Irawan. 2017. *Riset Bioekologi Ikan Endemik di Danau Matano Sulawesi Selatan*. Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang: Palembang.
- Manisha, R., Deshmukh, Sundhir, G. Chirde, and Y. A. Gadhikar. 2015. Histological and histochemical study on the stomach and intestine of catfish *Heteropneustes fossilis*. *Global Journal of Biology, Agriculture, Health Science* 4(1):1-8.
- Mohamed, F. A. S. 2008. Bioaccumulation of selected metals and histopathological alterations in tissues of *Oreochromis niloticus* and *Lates niloticus* from Lake Nasser, Egypt. *Global Veterinaria* 2(4):205-218.
- Munshi, J. S. D and H. M. Dutta. 1996. *Fish Morphology: Horizon of New Research*. Science Publisher Inc: USA.
- Murtidjo, B. A. 1992. *Budidaya Udang Galah Sistem Monokuler*. Kanisius: Yogyakarta.
- Nadhif, M. 2016. *Pengaruh Pemberian Probiotik pada Pakan dalam Berbagai Konsentrasi terhadap Pertumbuhan dan Mortalitas Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. [Skripsi]. Universitas Airlangga: Surabaya.
- Nontji, A. 2016. *Danau-Danau Alami Nusantara*. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia: Jakarta.
- Octarianita, E. 2017. *Analisis Kandungan Logam Berat pada Kerang di Pasar Gudang Lelang dan PPI dengan Metode ICP-OES*. [Skripsi]. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.
- Price, S. A dan L. M. Wilson. 2006. *Patofisiologi. Edisi VI. Volume I*. EGC: Philadelphia.
- Priosoeryanto, B. P, I. M. Ersa, R. Tiuria dan S. U. Handayani. 2010. Gambaran histopatologi insang, usus dan otot ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang berasal dari daerah Ciampea Bogor. *Indonesian Journal of Veterinary Science dan Medicine* 2(1).
- Roberts, R. J. 2001. *Fish Pathology. Edisi III*. W.B. Saunders: London.

- Roy, D., M. F. Docker, P. Hehanussa, D. D. Heath, and G. D. Haffner. 2004. Genetic and morphological data supporting the hypothesis of adaptive radiation in the Endemic Fish of Lake Matano. *J. Evol. Biol.* 17: 1268–1276.
- Sabilu, K. 2010. *Studi Toksisitas Nikel (Ni) terhadap Konsumsi Oksigen, Kondisi Hematologi, Histopatologi dan Stres Sekunder Juvenil Ikan Bandeng (Chanos chanos Forsskal)*. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sari, D. K, I. Andriani, dan K. Yaqin. 2018. Micromorphological Observation of the Anterior Gut of Sulawesi Medaka Fish (*Oryzias celebensis*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(2): 2942-2946.
- Smith, H. A and T. C. Jones. 1961. *Veterinary Pathology*. Lea & Febiger: Philadelphia.
- Soegianto, A., N. A. Primarastrri dan D. Winarni. 2004. Pengaruh pemberian kadmium terhadap tingkat kelangsungan hidup dan kerusakan struktur insang dan hepatopankreas pada udang regang [*Macrobrachium sintangense* (de Man)]. *Berk. Penel. Hayati*, 10:59–66.
- Sousa, L. G, E. I. Cuartas, and A. M. Petriella. 2005. Fine structural analysis of the epithelial cells in the hepatopancreas of *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Caridea). *Biocell* 29(1):25-31.
- Spector, W. G. 1993. *Pengantar Patologi Umum. Edisi III*. NS. Soetjipto, penerjemah. Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari An Introduction to General Pathology: Yogyakarta.
- Suhendrayatna. 2001. *Biorevormal Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme Suatu Kajian Kepustakaan*. Institute for Science and Technology Studies (ISTECS) Capter Japan: Japan.
- Supriyantini, E. dan H. Endrawati. 2015. Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1):38–45.
- Sutamihardja, 2006. *Toksikologi Lingkungan*. Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Tresnati, J., M. I. Djawad, dan A. S. Bulqish. 2007. Kerusakan ginjal ikan pari kembang (*Dasyatis kuhlii*) yang diakibatkan oleh logam berat timbel (Pb). *Journal Sains dan Teknologi*, 7(3): 153–160.
- Umami, F., Wisanti, dan Yuliani. 2012. Kerusakan insang dan pertumbuhan udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) di Tambak Keputih Surabaya yang tercemar logam timbel (Pb). *LenteraBio*, 1(1):25–33.

- Underwood, J. C. E. 1992. *General and Systematic Pathology*. Churchill Livingstone: New York.
- Von Rintelen, T. and M. Glaubrecht. 2003. New discoveries in Old Lakes: three new species of *Tylomelania* Sarasin and Sarasin, 1897 (Gastropoda: Cerithioidea: Pachychilidae) from the Malili Lake system on Sulawesi, Indonesia. *Journal Moll. Stud*, 69: 3–17.
- Yudo, S. 2006. Kondisi pencemaran logam berat di perairan Sungai Jakarta. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 2(1):15.
- Zeng, H., Y. Haihui, L. Shaojing, and G. Wang. 2010. Hepatopancreas cell cultures from mud crab *Scylla paramamosain* *in vitro*. *Cell. Dev. Biol-Animal* 46:431-437.
- Zhahrah, Z., I. Nur dan K. Sabilu. 2015. Kerusakan jaringan hepatopankreas pada udang vaname (*Litopenaeus vanamei*) akibat paparan logam berat nikel (Ni) secara buatan. Universitas Halu Oleo Kendari: Sulawesi Tenggara.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur penelitian



Lampiran 2. Tahapan pembuatan preparat histologi

- Fiksasi

Sampel jaringan difiksasi dengan *Buffered Neutral Formaldehida* (BNF), volume *Buffered Neutral Formaldehida* (BNF) 10%. Pada umumnya waktu yang diperlukan untuk fiksasi sempurna adalah 2x24 jam.
- Pemotongan Spesimen
 1. Spesimen yang dipilih untuk pemeriksaan, dipotong dengan cara membelah dua udang.
 2. Potongan spesimen dibungkus kasa steril kemudian dimasukkan kedalam botol sampel.
 - 3.
- *Proccesing* dan *Embedding*

Tabel Lampiran 1. Prosedur *tissue processor* dan pengaturan waktu

No.	Proses	Reagensia	Waktu
1.	Fiksasi	Buffer <i>Formaldehida</i> 10%	2 jam
2.	Dehidrasi	Alkohol 70%	24 jam
3.	Dehidrasi	Alkohol 80%	24 jam
4.	Dehidrasi	Alkohol 90%	6 jam
5.	Dehidrasi	Alkohol 95%	6 jam
6.	Dehidrasi	Alkohol 100%	30 menit
7.	Dehidrasi	Alkohol 100%	30 menit
8.	Clearing	<i>Xylol</i>	30 menit
9.	Clearing	<i>Xylol</i>	15 menit
10.	Impregnasi	Parafin cair	1 jam
11.	Impregnasi	Parafin cair	1 jam

Pembenaman (*impregnasi*) adalah proses untuk mengeluarkan cairan pembening (*clearing agent*) dari jaringan dan diganti dengan parafin. Pada tahap ini jaringan harus benar-benar bebas dari cairan pembening karena sisa cairan pembening dapat mengkristal dan sewaktu dipotong dengan mikrotom akan menyebabkan jaringan menjadi mudah robek. Zat pembenam (*impregnasi agent*) yang dipakai adalah :

- 1) Parafin cair panas yang mempunyai temperatur lebur (*Melting temperature*) kira-kira 56-59°C.
- 2) Parafin histotek khusus (Tissue mat) dengan suhu 56°C.
- 3) *Paraplast* yaitu campuran parafin murni dengan beberapa polimer plastik.

Keuntungan memakai parafin dengan titik lebur rendah adalah jaringan tidak mudah menjadi rapuh/garing. Parafin dengan titik lebur rendah biasanya dipakai untuk jaringan embrional. Keuntungan memakai *paraplast* adalah sifat parafinnya lebih elastis sehingga tidak mudah sobek ketika dipotong dengan mikrotom dan dapat dipotong lebih mudah. Proses pembenaman sebagai berikut: Jaringan dibenamkan ke dalam parafin/*paraplast* I selama 1 jam, jaringan kemudian dipindahkan kedalam parafin/*paraplast* II selama 1 jam, dan setelah pembenaman proses dapat dilanjutkan dengan pengecoran/*bloking*.

- *Blocking*

Pengecoran (*Blocking*) adalah proses pembuatan blok preparat agar dapat dipotong dengan mikrotom. Untuk membuat blok preparat dapat digunakan 2 macam cara yaitu menggunakan cetakan dari plastik dan piringan logam, dengan cara ini *histoplate* dari plastik diletakkan di atas piringan logam (seperti cetakan membuat es batu). Tuangkan sedikit cairan parafin kedalam cetakan tersebut. posisi piringan logam di atas spiritus nyala. Secepatnya masukkan jaringan dengan menggunakan pinset yang telah dipanaskan (agar parafin tidak beku) dan diatur posisinya di dalam cetakan.

- Pemotongan

Ambil blok jaringan kemudian difiksir pada mikrotom. Blok jaringan dipotong dengan mikrotom kasar sehingga didapatkan permukaan yang rata, gunakan pisau mikrotom yang masih tajam, ketebalan potongan 5 mikron. Pilih potongan jaringan terbaik dari pita yang terbentuk, dan potongan yang terpilih direntangkan pada slide yang telah diberi akuades kemudian dimasukkan kedalam inkubator yang bersuhu sekitar 40⁰C selama 24 jam. Suhu yang ideal akan mengakibatkan potongan jaringan merentang sempurna, tidak berkerut.

- Pewarnaan

Tabel Lampiran 2. Tahapan pewarnaan preparat

No.	Reagensia	Waktu
1.	<i>Xylol</i> I	30 menit
2.	<i>Xylol</i> II	15 menit
3.	Alkohol 100%	30 detik
4.	Alkohol 100%	30 detik
5.	Alkohol 95%	30 detik
6.	Alkohol 90%	30 detik
7.	Alkohol 80%	30 detik
8.	Alkohol 70%	30 detik
9.	Aquades	15 menit
10.	<i>Haematoxylin</i>	10 menit
11.	Aquades	15 menit
12.	Eosin	5 menit
13.	Aquades	15 menit
14.	Alkohol 70%	30 detik
15.	Alkohol 80%	30 detik
16.	Alkohol 90%	30 detik
17.	Alkohol 95%	30 detik
18.	Alkohol 100%	30 detik
19.	Alkohol 100%	30 detik
20.	<i>Xylol</i> I	30 menit
21.	<i>Xylol</i> II	15 menit


- Penutupan

Penutupan dilakukan dengan menggunakan *cover glass* dengan pelekat entelan agar preparat histologi tidak kering.


- Pengamatan

Pengamatan dilakukan dibawa mikroskop dengan pembesaran pertama sebesar 4x, kemudian 10x dan 40x.

Lampiran 3. Hasil pemeriksaan air Danau Matano



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BBIHP MAKASSAR
Analytical and Calibration Laboratories BBIHP Makassar
 Jl. Prof. Dr. H. Abdurahman Basalamah, MA No 28 Makassar 90231 Kotak Pos. 1148
 Telp: (0411) 441207 Fax: (0411) 441135 Website: www.bbhp.kemenerin.go.id
 E-mail: bbhp@bbhp.kemenerin.go.id



LAPORAN PENGUJIAN
 Nomor : 1.2194/LU-BBIHP/IV/2018



Nomor Analisis : P. 1651
 Tanggal Penerimaan : 28 Maret 2018
 Nama Contoh : Air Danau
 Keterangan Contoh : Kode 316.439.1, Kemasan Plastik ± 100 ml, Keadaan Contoh Baik, Untuk Analisis Kimia
 Nama Pelanggan : Windu Sari Asih SL / Ummi Fahmi
 Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan 6, Tamalanrea
 Pengambilan Contoh : Pantai Ide / Sumasang I
 Berita Acara : -
 Tanggal Analisis : 28 Maret 2018
 Tanggal Penerbitan : 11 April 2018

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil sebagai berikut :

Parameter	Satuan	Hasil	Syarat Mutu ^{*)}		Metode Uji
			I	II	
Besi (Fe)	mg/L	< 0,03	0,3	-	SNI 6989 4.2009
Nikel (Ni)	mg/L	< 0,07	-	-	SNI 6989 18.2009

^{*)} PERATURAN GUBERNUR SUL-SEL NO 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup, Lamp. No.1 A Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup Berdasarkan Kelas


Manajer Mutu,

Catatan :
 - Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas
 - Dilarang mengutip/memeyalin sebagian isi hasil uji ini

Halaman 1 dari 1

Lampiran 4. Hasil pemeriksaan sedimen Danau Matano



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BBIHP MAKASSAR
Analytical and Calibration Laboratories BBIHP Makassar

Jl. Prof. Dr. H. Abdurahman Basalamah, MA No.28 Makassar 90231 Kotak Pos: 1148 Telp: (0411) 441207
 Fax: (0411) 441135 Website: www.bbihp.kemenperin.go.id E-mail: bbihp@bbihp.kemenperin.go.id

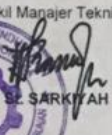

LAPORAN PENGUJIAN
 Nomor : 2.2392/LU-BBIHP/IV/2018

Nomor Analisis : P. 1652
 Tanggal Penerimaan : 28 Maret 2018
 Nama Contoh : Sediment
 Keterangan Contoh : Kode 316.439.2, Kemasan Plastik ± 100 ml, Keadaan Contoh Baik, Titik Pengambilan Contoh Pantai Ide / Sumasang 1, Untuk Analisis Kimia
 Nama Pelanggan : Windu Sari Asih SL / Umni Fahmi
 Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan 6, Tamalanrea
 Pengambilan Contoh : -
 Berita Acara : -
 Tanggal Analisis : 28 Maret 2018
 Tanggal Penerbitan : 13 April 2018

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil sebagai berikut :

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Uji
Besi (Fe)	%	3,08	AAS
Nikel (Ni)	%	0,15	AAS

Wakil Manajer Teknis 1,

Catatan :
 - Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas
 - Dilarang mengutip/menyalin sebagian isi hasil uji ini

Halaman 1 dari 1

GLOSARIUM

apoptosis	kematian sel organisme yang sudah terjadwal sebagai bagian dari perkembangan dan pertumbuhan alamianya.
atrofi	penyusutan atau pengecilan ukuran suatu sel, jaringan, organ atau bagian tubuh.
biomagnifikasi	zat kimia yang disimpan dalam cadangan lemak. Mengacu pada kecenderungan polutan untuk terkonsentrasi dan berpindah dari satu tingkat trofik ke tingkat berikutnya.
biomarker	semua zat, struktur, atau proses yang bisa diukur dalam tubuh atau produk-produk serta pengaruhnya atau memprediksikan kejadian dampak atau penyakit. Biomarker bisa dikelompokkan sebagai penanda keterpaparan, penanda efek, dan penanda kerentanan.
biomolekul	senyawa-senyawa organik sederhana pembentuk organisme hidup dan bersifat khas sebagai produk aktivitas biologis.
deskuamasi	pelepasan elemen epitel, terutama kulit, dalam bentuk sisik atau lembaran halus.
edema	suatu kondisi dimana meningkatnya jumlah cairan dalam kopartemen jaringan interseluler.
embedding	proses penempelan jaringan sampel dengan bantuan paraffin cair.
epitel	lapisan sebelah atas kulit dan selaput lendir, jaringan sel, terdiri atas satu lapis atau lebih, yang menutup permukaan bebas dari tubuh dan beberapa alat tubuh.
eritrosit	sel darah yang mengandung hemoglobin, sebuah biomolekul yang dapat mengikat oksigen.
hemoragi	kondisi yang ditandai dengan keluarnya darah dari dalam vaskula akibat dari kerusakan dinding vaskula.
hepatopankreas	organ yang terpenting pada udang, berfungsi seperti hati dan pancreas pada mamalia. Organ ini memproduksi enzim-enzim pencernaan, membuang sisa-sisa metabolisme, dan organ detoksifikasi.
histopatologi	cabang ilmu patologi yang berkaitan dengan sifat perubahan jaringan penyakit.
inflamasi	suatu respon pertahanan jaringan yang rusak dan terjadi pada semua vertebrata.
intertubular	antartabung atau tubulus; sebagai, sel intertubular; substansi intertubular.
karapas	cangkang atau bagian atas kura-kura, penyu, dan crustacea.
lamina basalis	lapisan di bawah sel epitel setebal 500-800 Å terdiri atas filamen tipis dengan diameter 30-40 Å filamen membentuk anyaman dalam substansi dasar

	membrana basalis dan berhubungan langsung dengan membran dasar sel epitel terdekat.
lamina propria	jaringan pengikat longgar yang tidak banyak mengandung sel-sel. Bentuk tubuler dan saluran keluarnya melalui puncak papila untuk bermuara dalam lumen. Bentuknya mirip glandula <i>cardiaca</i> maka disebut sebagai glandula <i>oesophagea cardiaca</i> .
limfosit	salah satu jenis sel darah putih. Seperti halnya sel darah putih lainnya, limfosit berfungsi sebagai bagian dari sistem daya tahan tubuh. Limfosit terdiri dari tiga jenis yaitu sel B, sel T, dan sel <i>natural killer</i> .
lumen	saluran di dalam pembuluh tubuh, seperti ruangan kecil di bagian tengah pembuluh nadi (arteri), pembuluh balik (vena), dan saluran pencernaan seperti usus halus, serta saluran pernapasan pada bronkus di paru-paru.
miopati	gangguan pada otot atau jaringan otot, akibatnya otot mengalami kelemahan atau kelumpuhan, atau terjadi sebaliknya, otot mengalami kekakuan, kram, atau tegang.
mononuclear	salah satu jenis sel fagosit yang terdiri dari sel monosit dan makrofag.
nekrosa	kematian sel.
rostrum	paruh atau moncong organisme. Perpanjangan dari lapisan carapace yang meruncing dan berfungsi sebagai alat pertahanan tubuh.
sel goblet	sel yang panjang, ramping ditemukan di sebagian besar organ tubuh yang hampir sepenuhnya bertanggung jawab untuk produksi lendir.
taksohepatik	kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh langsung dari agen toksik, baik berupa zat kimia maupun kuman.
telson	segmen terakhir tubuh crustacea (udang-udangan).
trofohepatik	kerusakan yang disebabkan adanya kekurangan faktor-faktor penting untuk kehidupan sel seperti oksigen atau zat makanan, baik secara langsung maupun tidak langsung.
ulcer	luka pada kulit atau membran mukosa yang ditandai dengan terbentuknya nanah, matinya jaringan dan reaksi peradangan.
viskositas	kekentalan atau pengukuran dari ketahanan fluida yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan.
vitellogenin	bakal kuning telur. Vitellogenin yang berada dalam aliran darah diakumulasikan di gonad kemudian diserap oleh oosit. Akibat adanya penyerapan vitellogenin ke dalam oosit menyebabkan ukuran oosit semakin berkembang dan membesar.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Taripa, Luwu Timur, Sulawesi Selatan pada tanggal 01 Maret 1996 sebagai anak kedelapan dari delapan bersaudara, dari ayah bernama Stephanus Lobo', dan ibu bernama Maria Tangronno'. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di SDN 153 Taripa, kemudian penulis melanjutkan bangku pendidikan di Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Kalaena. Pada tahun 2014 penulis menyelesaikan pendidikan di bangku Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Kalaena. Pada tahun yang sama dengan kelulusan dibangku Sekolah Menengah Atas penulis diterima di Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin melalui jalur SNMPTN. Selama perkuliahan penulis aktif sebagai panitia dalam beberapa kegiatan salah satunya kegiatan PIMVETNAS (Pekan Ilmiah Veteriner Nasional). Penulis juga aktif sebagai asisten dosen Bedah Veteriner. Pengalaman magang juga pernah dilalui penulis di beberapa tempat seperti di PT SADITA, TWP Pulau Kapoposang, Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Kabupaten Bulukumba, dan Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Pare-Pare.