

SKRIPSI

**PENGUNAAN DETAK JANTUNG EMBRIO IKAN *Oryzias
celebensis* SEBAGAI BIOMARKER BAHAN PENCEMAR LOGAM
KADMIUM (Cd)**

Disusun dan diajukan oleh

**NAFILAH NU'MAN ALIAH
L021 18 1334**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGUNAAN DETAK JANTUNG EMBRIO IKAN *Oryzias
celebensis* SEBAGAI BIOMARKER BAHAN PENCEMAR LOGAM
KADMIUM (Cd)**

**NAFILAH NU'MAN ALIAH
L021 18 1334**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGGUNAAN DETAK JANTUNG EMBRIO IKAN *Oryzias celebensis* SEBAGAI BIOMARKER BAHAN PENCEMAR LOGAM KADMIUM (Cd)

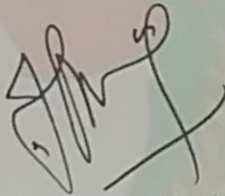
Disusun dan diajukan oleh

NAFILAH NU'MAN ALIAH
L021181334

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, pada tanggal 23 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

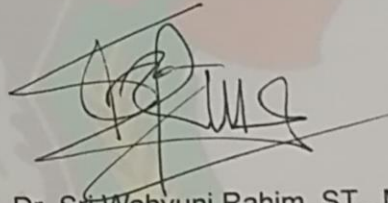
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.
NIP. 19680726 199403 1 002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si
NIP. 19750915 200312 2 002

Ketua Program Studi
Manajemen Sumber Daya Perairan,



Dr. I. Nacharti, M.Sc
NIP. 19680106 1991103 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nafilah Nu'man Aliah
NIM : L021 18 1334
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

Penggunaan Detak Jantung Embrio Ikan *Oryzias celebensis* Sebagai Biomarker Bahan Pencemar Logam Kadmium (Cd)

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan karya tulis saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 23 Agustus 2023

Yang menyatakan



Nafilah Nu'man Aliah

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nafilah Nu'man Aliah
NIM : L021 18 1334
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

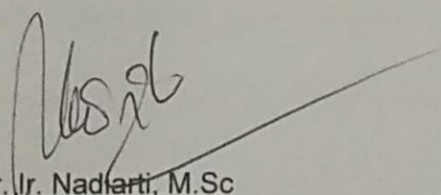
Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi skripsi pada jurnal atau forum lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan skripsi) saya tidak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

Makassar, 23 Agustus 2023

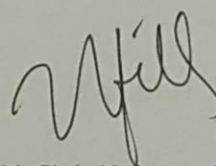
Mengetahui,

Ketua Program Studi

Penulis



Dr. Ir. Nadarti, M.Sc
NIP. 19680106 1991103 2 001



Nafilah Nu'man Aliah
L021181334

ABSTRAK

Nafilah Nu'man Aliah. L021 18 1334. "Penggunaan Detak Jantung Embrio Ikan *Oryzias celebensis* sebagai Biomarker Bahan Pencemar Logam Kadmium (Cd)" dibimbing oleh **Khusnul Yaqin** sebagai pembimbing utama dan **Sri Wahyuni Rahim** sebagai pembimbing pendamping

Oryzias sp. menjadi hewan model dalam berbagai penelitian toksisitas bahan pencemar logam maupun di bidang kesehatan. Bahan pencemar logam terkhusus kadmium merupakan logam yang sangat berbahaya, dapat memberi dampak berupa mortalitas, abnormalitas, peningkatan denyut jantung dan penetasan prematur bagi tahap embrio. Oleh karena itu denyut jantung dapat dijadikan sebagai salah satu biomarker bahan pencemar logam. Tujuan dari penelitian ini yakni untuk menganalisis pengaruh bahan pencemar logam Kadmium (Cd) terhadap detak jantung embrio *O. celebensis* sebagai biomarker. Penelitian menggunakan bahan pencemar Kadmium konsentrasi 0 (ERM), 0,01, 0,025, 0,05, 0,075 ppm, dengan 10 ulangan pada setiap konsentrasi mulai diberikan pemaparan Kadmium pada fase 17. Data dianalisis dengan analisis statistik deskriptif dan secara statistik inferensia menggunakan uji One Way ANOVA parametrik dan uji non-parametrik Kruskal Wallis. Hasil yang didapatkan selama penelitian yaitu terdapat pengaruh pada denyut jantung berupa peningkatan denyut jantung dan penurunan denyut jantung di beberapa fase pada konsentrasi yang berbeda. Dampak yang didapatkan dari pemaparan yaitu pada laju penyerapan kuning telur untuk konsentrasi 0,01 ppm dan 0,05 ppm mengalami peningkatan laju penyerapan kuning telur pada konsentrasi 0,01 ppm dan mengalami penurunan pada konsentrasi 0,05 ppm. Berdasarkan uji nonparametrik waktu penetasan memiliki perbedaan yang nyata pada rentang waktu penetasan setiap konsentrasi. Panjang larva awal menetas berbeda nyata pada konsentrasi 0,05 ppm dan 0,075 ppm dimana larva tumbuh lebih pendek. Bahan pencemar kadmium tidak mempengaruhi pertumbuhan somit, embrio berkembang dengan normal tanpa ada abnormalitas pada fase-fase tertentu. Parameter yang dipengaruhi oleh bahan pencemar kadmium yaitu parameter denyut jantung, laju penyerapan kuning telur dan panjang larva awal menetas.

Kata Kunci : Kadmium, *Oryzias celebensis*, Denyut Jantung, Biomarker

ABSTRACT

Nafilah Nu'man Aliah. L021 18 1334. "The Use of the Heartbeat of *Oryzias celebensis* Fish Embryos as a Biomarker of Cadmium (Cd) Metal Pollutants" guided by **Khusnul Yaqin** as the main supervisor and **Sri Wahyuni Rahim** as a co-supervisor

Oryzias sp. has become a model animal in various toxicity studies of metal pollutants and in the health sector. Metal pollutants, especially cadmium, is a very dangerous metal, which can have an impact in the form of mortality, abnormality, increased heart rate and premature hatching for the embryonic stage. Therefore, heart rate can be used as one of the biomarkers of metal contaminants. The purpose of this study was to analyze the effect of Cadmium (Cd) metal contaminants on the heart rate of *O. celebensis* embryos as a biomarker. The study used Cadmium contaminants at concentrations of 0 (ERM), 0.01, 0.025, 0.050, 0.075 ppm, with 10 replicates at each concentration starting to be given Cadmium exposure in phase 17. Data were analyzed by descriptive statistical analysis and inferential statistics using the parametric One Way ANOVA test and the Kruskal Wallis non-parametric test. The results obtained during the study were that there was an effect on heart rate in the form of an increase in heart rate and a decrease in heart rate in several phases at different concentrations. The impact obtained from exposure is on the absorption rate of egg yolk for concentrations of 0.01 ppm and 0.050 ppm, an increase in the absorption rate of egg yolk at a concentration of 0.01 ppm and a decrease at a concentration of 0.05 ppm. Based on the nonparametric test, hatching time has a significant difference in the hatching time range of each concentration. The length of the larvae at the beginning of hatching was significantly different at concentrations of 0.05 ppm and 0.075 ppm where the larvae grew shorter. Cadmium contaminants do not affect somite growth, embryos develop normally without any abnormalities in certain phases. The parameters influenced by cadmium contaminants were heart rate, yolk absorption rate and length of early hatched larvae.

Keywords: Cadmium, *Oryzias celebensis*, Heart Rate, Biomarker

UCAPAN TERIMAKASIH

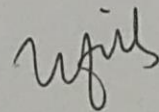
Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan sepenuh hati menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc. selaku pembimbing utama sekaligus dosen penasihat akademik yang memberikan masukan dan arahan dalam pembuatan skripsi ini, serta Ibu Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si. sebagai pembimbing pendamping yang telah meluangkan banyak waktu dan memberikan masukan dan arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Nita Rukminasari, S.Pi., MP. dan Ibu Wilma Joanna Carolina, S.Kel., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji.
3. Seluruh civitas akademik Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan kepada penulis.
4. Orang tua tercinta ibu Arabiah dan bapak Nu'man, kakak, adik perempuan saya yang tidak pernah absen memberikan perhatian dan adik laki-laki saya yang menemani dalam proses penelitian, serta keluarga yang telah mendoakan, memberikan perhatian dan motivasi kepada penulis.
5. Teman-teman SMA yang selalu ada sampai saat ini Nurul Chaerani, Nur Khoirunnisa, Maharani Fauzia, Muyassarah Alam dan Virginia Mayang, serta teman-teman ditempat kajian yang juga memberikan perhatian kepada penulis.
6. Teman-teman MSP yang ikut andil dalam proses dan perjalanan penulis sebagai mahasiswa di FIKP UH yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu, teman-teman yang berada dalam grup WA yang diberi nama "Tremor di tempat" dan Umi Rintin, kakak-kakak MSP yang ikut membantu dalam proses penyusunan skripsi dan penelitian.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kendala dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini dikarenakan keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis harapkan saran dan kritikan yang membangun untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini kedepannya. Semoga segala amal baik serta jasa dari pihak yang membantu penulis mendapat berkah dan karunia-Nya. Aamiin

Makassar, 23 Agustus, 2023

Penulis



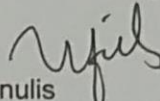
KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohiim

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan skripsi ini yang berjudul **"Penggunaan Detak Jantung Embrio Ikan *Oryzias celebensis* sebagai Biomarker bahan Pencemar Logam Kadmium (Cd)"**. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. serta para Shahabat yang telah mendakwahkan dan memperjuangkan islam hingga dapat kita rasakan hingga hari ini.

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan (Desember 2022- Maret 2023). Penulis menyadari bahwa dalam tulisan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, sangat diharapkan kritik maupun saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan tulisan-tulisan selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini bermanfaat serta memberi nilai untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan selanjutnya segala amal baik serta jasa dari pihak yang membantu penulis mendapat berkah dan karunia-Nya. Aamiin.

Makassar, 23 Agustus. 2023


Penulis

BIODATA PENULIS



Nafilah Nu'man Aliah lahir di Segeri, Kabupaten Pangkep pada tanggal 1 Februari 2000 yang merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Nu'man Abbas Aliah dan ibu Arabiah H.S. Pada tahun 2012 penulis menyelesaikan sekolah dasar di SD Inpres 14 Pancana, Desa Pancana. Tahun 2015 penulis menyelesaikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Barru, Desa Copeng- coppeng. Tahun 2018 penulis menyelesaikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 6 Barru, Desa Kamara dan pada tahun 2018 penulis diterima menjadi mahasiswa pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan di perguruan tinggi Universitas Hasanuddin melalui jalur SBMPTN. Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik dengan Tema "Peningkatan Peran Mahasiswa KKN Unhas dalam Mewujudkan Masyarakat Sehat Ekonomi Bangkit di Masa Pandemi Covid-19" gelombang 106 di Kelurahan Pekkae, Kecamatan Tanete Rilau, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.

DAFTAR ISI

| Nomor | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan dan Kegunaan Penelitian | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| A. Klasifikasi Ikan Medaka Sulawesi (<i>Oryzias celebensis</i>) | 4 |
| B. Biologi Ikan Medaka | 4 |
| C. Embrio Ikan Medaka sebagai Hewan Model | 7 |
| D. Logam | 7 |
| E. Biomarker | 9 |
| III. METODE PENELITIAN | 11 |
| A. Waktu dan Tempat | 11 |
| B. Alat dan Bahan | 11 |
| C. Prosedur Penelitian | 11 |
| 1. Persiapan Induk <i>Oryzias celebensis</i> | 11 |
| 2. Persiapan Embrio <i>Oryzias celebensis</i> | 12 |
| 3. Parameter Uji | 13 |
| D. Analisis Data | 15 |
| 1. Analisis Data Deskriptif | 15 |
| 2. Analisis Data Statistik | 16 |
| IV. HASIL | 17 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| A. Abnormalitas | 17 |
| B. Denyut Jantung..... | 17 |
| C. Kelangsungan Hidup | 19 |
| D. Jumlah Somit..... | 20 |
| E. Laju Penyerapan Kuning Telur..... | 21 |
| F. Panjang Larva Awal Menetas..... | 21 |
| G. Waktu penetasan | 22 |
| V. PEMBAHASAN | 24 |
| A. Abnormalitas | 24 |
| B. Denyut Jantung..... | 25 |
| C. Kelangsungan Hidup | 26 |
| D. Jumlah Somit..... | 27 |
| E. Laju Penyerapan Kuning Telur..... | 28 |
| F. Panjang Larva Awal Menetas..... | 29 |
| G. Waktu penetasan | 29 |
| VI. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 31 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 32 |
| LAMPIRAN | 37 |

DAFTAR TABEL

| Nomor | Halaman |
|---|---------|
| 1. Ciri beberapa ikan medaka yang dapat ditemukan di Sulawesi Selatan. | 6 |
| 2. Panjang rata- rata larva (mm) awal menetas pada setiap media..... | 22 |
| 3. Rata- rata waktu penetasan | 22 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Halaman |
|--|---------|
| 1. Ikan Medaka Sulawesi (<i>Oryzias celebensis</i>) | 4 |
| 2. Perbedaan telur ikan <i>Oryzias latipes</i> (a) belum terbuahi, (b) sudah terbuahi; PS (<i>Perivitelline Space</i>) (Sumber gambar: Iwamatsu, 2011). | 12 |
| 3. Somit (a) fase 19, 2-5 somit; (b) fase 20, 5-8 somit..... | 14 |
| 4. Denyut Jantung Embrio pada setiap fase pengamatan (*) menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan kontrol. | 18 |
| 5. Peningkatan denyut jantung embrio <i>O. celebensis</i> | 18 |
| 6. Nilai kelangsungan hidup <i>O.celebensis</i> | 19 |
| 7. Rata- rata jumlah somit | 20 |
| 8. Grafik laju penyerapan kuning telur..... | 21 |
| 9. Rata-rata waktu penetasan | 23 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Halaman |
|--|---------|
| 1. Hasil uji analisis statistik non-parametrik denyut jantung embrio <i>O. celebensis</i> | 38 |
| 2. Hasil uji analisis statistik non-parametrik Kelangsungan Hidup (SRe) embrio <i>O. celebensis</i> | 42 |
| 3. Hasil uji analisis statistik non-parametrik Jumlah Somit embrio <i>O. celebensis</i> | 43 |
| 4. Hasil uji analisis statistik parametrik Laju Penyerapan Kuning Telur embrio <i>O. celebensis</i> | 44 |
| 5. Hasil uji analisis statistik non- parametrik Panjang Larva Awal Menetas embrio <i>O. celebensis</i> | 45 |
| 6. Hasil uji analisis statistik non- parametrik Waktu penetasan embrio <i>O. celebensis</i> | 46 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Logam dalam air dapat termasuk ke dalam bahan berbahaya dan beracun bila ditemukan dalam konsentrasi tinggi. Pada konsentrasi rendah logam dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan (Puspasari, 2017). Kawasan sungai sering dicemari oleh logam-logam yang terdapat dalam air buangan dari kawasan industri yang biasanya tidak diolah terlebih dahulu (Yudo, 2006). Jenis logam yang biasanya menjadi pencemar di lingkungan alami perairan air tawar antara lain merkuri (Hg), krom (Cr), timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), seng (Zn), Nikel (Ni), dll. Kadmium merupakan salah satu unsur banyak terdapat di lingkungan terutama perairan akibat aktivitas antropogenik (Rahadian & Riani, 2018).

Beberapa organisme telah digunakan sebagai indikator, agen biomonitoring atau organisme uji dalam studi ekotoksikologi. Kerabat dekat medaka Jepang, medaka Jawa (*Oryzias javanicus*), berpotensi sebagai organisme uji (Ismail & Yusof, 2011). Secara biologi ikan medaka memiliki beberapa keuntungan sehingga menjadikan ikan ini populer sebagai ikan model, diantaranya adalah ukuran ikan relatif kecil (sekitar 4-5 cm), panjang baku tubuh ikan ini tidak lebih dari 3,5 cm (Parenti, 2008; Fahmi et al., 2015). Ikan medaka memiliki daya tahan tubuh yang cukup kuat, jantan dan betina mudah dibedakan walau hanya menggunakan pendekatan morfologi atau bentuk sirip, cenderung memijah sepanjang hari, ukuran telur relatif besar dan transparan sehingga mudah untuk melakukan penelitian manipulasi atau rekayasa pada stadia embrio, umur dari satu generasi ke generasi berikutnya cukup pendek (2-3 bulan) sehingga dalam satu tahun sangat memungkinkan diperoleh 4-5 generasi (Fahmi et al., 2008).

Selain menggunakan ikan dewasa dan larva ikan medaka, embrio ikan medaka juga banyak digunakan sebagai hewan uji. Berdasarkan penelitian Liu et al., (2021) menggunakan hewan uji embrio dan bahan pencemar logam Ni menunjukkan bahwa pemaparan bahan pencemar logam Ni terhadap embrio dapat mengubah ukuran telur dan detak jantung embrio, menurunkan daya tetas, meningkatkan laju deformitas, dan mempersingkat panjang total tubuh larva yang baru menetas. Selain itu, ditemukan bahwa sebelum organogenesis dan periode pasca-penetasan adalah periode yang sensitif.

Wang et al., (2020) juga menjelaskan bahwa hasil penelitian menggunakan bahan pencemar logam Cu pada embrio ikan medaka menimbulkan efek letal dan subletal yang signifikan, serta detak jantung dan panjang tubuh total larva yang baru menetas meningkat secara signifikan. Dapat mempercepat perkembangan awal dan

mendorong atau menunda penetasan embrio, menyebabkan kelainan morfologi embrio dan larva, terutama kelainan sistem kerangka dan pembuluh darah dan pengurangan pigmentasi. Sebagian besar Cu terakumulasi dalam korion menunjukkan bahwa korion merupakan penghalang yang efektif untuk penyerapan Cu (Wang et al., 2020).

Logam memberikan efek racun pada tahap penetasan karena tahap ini sulit mentolerir racun. Embrio mengalami kerusakan ataupun kecacatan serta kematian selama perkembangan. Berdasarkan penelitian Damayani et al.,(2022) yang menggunakan bahan pencemar logam Pb menemukan bahwa kelangsungan hidup embrio ikan medaka sulawesi (*Oryzias celebensis*) dapat dipengaruhi oleh bahan pencemar logam Pb.

Penelitian menggunakan pencemar Cd juga dilakukan pada *Leuciscus idus* menunjukkan dampak berupa abnormalitas, seperti waktu penetasan lebih lama dan pada larvanya memiliki tubuh pendek, kuning telur dan gelembung renang yang lebih kecil dari ukuran normalnya (Witeska et al., 2014). *Saldatov catfish* juga mendapatkan dampak berupa abnormalitas berupa pendarahan pada ekor, tulang belakang yang bergelombang dan ukuran ikan yang lebih kecil, hingga mortalitas (Zhang et al., 2012).

Larva yang baru menetas yang terpapar Cd menunjukkan gangguan kardiovaskular, terutama posisi jantung yang abnormal dan putaran jantung. Dampak pada detak jantung telah dilaporkan pada embrio medaka dan dapat ditafsirkan sebagai respons stres organisme terhadap paparan logam (Johnson et al., 2007; Barjhoux et al., 2012). Berdasarkan hasil uji toksisitas akut Khodadoust et al., 2013 kadmium pada ikan Medaka Jawa dewasa dan juvenil dalam membandingkan hasil antara ikan dewasa dan larva diamati bahwa tidak ada perbedaan jumlah Cd yang tinggi antara hasil 96 jam pada ikan dewasa dan larva, yang berarti logam ini (Cd) adalah racun dan pembunuh bagi ikan dewasa dan larva dalam konsentrasi rendah dan pada saat yang sama.

Kadmium memberikan beberapa efek terhadap organisme, dapat memberikan dampak berbeda pada setiap spesies, baik pada tahap embrio maupun ikan yang telah dewasa. Secara umum dampak tersebut berupa mortalitas, abnormalitas dan penetasan prematur bagi tahap embrio (Kusuma, 2020).

Beberapa penelitian dengan bahan pencemar kadmium menggunakan hewan uji yaitu medaka medaka jepang (*O. latipes*) dan medaka jawa (*O. javanicus*) (Foran et al., 2002 ; González-Doncel et al., 2003; Tilton et al., 2003; Hallare et al., 2005; Barjhoux et al., 2012; Khodadoust et al., 2013; Kim et al., 2016;; Barjhoux et al., 2016; Hirako et al., 2017). Ikan medaka merupakan spesies yang telah banyak digunakan oleh para peneliti sejak dulu yaitu dalam bidang ekotoksikologi, ekofisiologi dan banyak bidang lainnya sebagai organisme model seperti halnya ikan zebra yang juga memiliki banyak kemiripan (Kasahara et al., 2007). Penelitian efek kadmium telah banyak dilakukan pada

ikan medaka jawa dan ikan medaka jepang. Namun, masih jarang yang menggunakan ikan medaka sulawesi (*Oryzias celebensis*). Selain itu, belum ada penelitian yang menggunakan detak jantung embrio ikan ini sebagai biomarker bahan pencemar logam kadmium di Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian penggunaan detak jantung embrio *Oryzias celebensis* sebagai biomarker bahan pencemar logam.

B. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yakni untuk menganalisis pengaruh bahan pencemar logam kadmium (Cd) terhadap detak jantung embrio *O. celebensis* sebagai biomarker.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi maupun rujukan biomarker bahan pencemar logam kadmium terhadap embrio ikan *O.celebensis* untuk mendukung pengelolaan dan penanggulangan pencemaran lingkungan perairan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Ikan Medaka Sulawesi (*Oryzias celebensis*)

Menurut ITIS (2000) klasifikasi ikan medaka adalah sebagai berikut: Kingdom Animalia, Subkingdom Bilateria, Infrakingdom Deuterostomia, Filum Chordata, Subfilum Vertebrata, Infraclass Gnathostomata, Superkelas Actinopterygii, Kelas Teleostei, Superordo Acanthopterygii, Ordo Belontiiformes, Suborder Adrianichthyoidei Famili Adrianichthyidae, Subfamili Oryziinae, Genus *Oryzias*, Spesies *Oryzias celebensis* (Weber, 1894). Nama lokal ikan medaka dikenal dengan nama binisi (Gambar 1).



Gambar 1. Ikan Medaka Sulawesi (*Oryzias celebensis*)

B. Biologi Ikan Medaka

Ikan medaka Sulawesi memiliki bentuk tubuh memanjang, berwarna kekuning-kuningan, transparan dengan sebuah garis samar-samar di bagian samping badan bagian belakang, sirip berwarna kuning. Memiliki 2-4 garis memanjang pada sirip ekor. Sepanjang sisi badan terdapat 30-32 deret sisik (Fahmi et al., 2008).

Ikan medaka merupakan kelompok ikan Teleostae berukuran kecil yang menghuni perairan tawar hingga payau, banyak mendiami kolam-kolam kecil, selokan dan daerah persawahan sehingga lebih dikenal juga dengan sebutan ikan padi (*ricefish*). Medaka secara bahasa memiliki arti mata di atas (me= mata; daka= tinggi, besar), karena ciri khusus ikan medaka adalah memiliki mata di atas posisi hidung dengan ukuran yang cukup besar (Fahmi et al., 2008).

Ikan medaka memiliki tubuh yang transparan, sehingga organ-organ di dalam tubuhnya dapat dilihat secara eksternal (Kinoshita et al, 2009). Tubuh *O. celebensis* memiliki bentuk yang memanjang, berwarna kekuning-kuningan transparan dengan sebuah garis yang samar-samar di bagian belakang samping badan (Said & Hidayat, 2015).

Pada ikan *O. celebensis* dapat dibedakan antara jantan dan betina dengan melihat karakteristik seks sekundernya ataupun morfologi eksternalnya. Berdasarkan penjelasan Parenti, (2008) Ikan jantan memiliki sirip punggung dan sirip dubur yang lebih besar dan lebih Panjang daripada ikan betina, sirip punggung ikan Jantan juga memiliki lekukan yang lebih jelas daripada ikan betina. Dan pada penjelasan lain oleh Magtoon & Termvidchakorn (2009) bahwa ikan jantan memiliki tubuh lebih berwarna dan bentuk tubuhnya lebih ramping daripada ikan betina serta pada sirip ekor terdapat garis hitam yang lebih jelas. Pada ikan betina terdapat pula garis kuning yang cerah sepanjang bagian atas dan bawah tepi ekornya.

Ikan *O. celebensis* mempunyai berbagai macam karakteristik yang sama dengan ikan medaka lainnya, seperti memiliki siklus hidup yang pendek, embrio dan korionnya yang transparan, perkembangbiakan yang cepat, telur menetas 7 hari setelah pembuahan, dan benih yang baru menetas tumbuh dan matang secara seksual selama 3 bulan (Zhu et al., 2018). Umumnya ikan medaka betina akan bertelur secara berkelompok setiap harinya (Ishikawa, 2000).






Secara biologi ikan medaka memiliki beberapa keuntungan sehingga menjadikan ikan ini populer sebagai ikan model, diantaranya adalah ukuran ikan relatif kecil (sekitar 4-5 cm), Panjang baku tubuh ikan ini tidak lebih dari 3,5 cm (Parenti, 2008). Namun, Zhu et al (2018) menyatakan bahwa ikan *O. celebensis* bisa mencapai panjang maksimal 6 cm atau sekitar dua kali lipat ukuran medaka pada umumnya.

Ikan medaka memiliki daya tahan tubuh yang cukup kuat, sehingga memungkinkan dipelihara dalam berbagai wadah dan berbagai kondisi penelitian, jantan dan betina mudah dibedakan walau hanya menggunakan pendekatan morfologi atau bentuk sirip, cenderung memijah sepanjang hari, ukuran telur relatif besar dan transparan sehingga mudah untuk melakukan penelitian manipulasi atau rekayasa pada stadia embrio, umur dari satu generasi ke generasi berikutnya cukup pendek (2-3 bulan) sehingga dalam satu tahun sangat memungkinkan diperoleh 4-5 generasi (Fahmi et al., 2008).

Suhu di habitat alami ikan medaka umumnya berkisar antara 20-30 derajat celcius dengan pH 7-9. ikan medaka memiliki ukuran bentuk tubuh yang berbeda. Betina umumnya berukuran lebih besar, di habitat alaminya makanannya terdiri dari udang kecil, serangga, protozoa, cacing dan larva hewan lainnya (Sari et al, 2020). Ikan *O. celebensis* dapat bertahan hidup di laut maupun di air tawar selama tahap embrio hingga dewasa dan dapat ditemukan pada aliran-aliran sungai-sungai kecil dengan aliran deras yang memiliki substrat berbatu dan berlumpur (Myosho et al., 2018; Sari et al., 2018; Matsumoto et al., 2020).

Ikan medaka memiliki ciri khusus untuk setiap spesiesnya serta dapat dibedakan hanya dengan melihatnya secara langsung. Ciri morfologi beberapa spesies medaka yang dapat ditemukan di Sulawesi selatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ciri beberapa ikan medaka yang dapat ditemukan di Sulawesi Selatan.

| Gambar ikan | Spesies | Deskripsi |
|---|--|--|
|  | <p><i>Oryzias celebensis</i> Weber, 1894</p> | <p>Memiliki tubuh ramping, bagian bawah tubuh berwarna kekuningan, serta memiliki garis hitam pada bagian tengah tubuh, juga garis hitam pada sirip ekor</p> |
|  | <p><i>Oryzias eversi</i> Fabian Herder, Renny Kurnia Hadiaty & Arne W. Nolte, 2012</p> | <p>Seluruh tubuhnya berwarna kekuningan dengan bagian penutup insang agak kemerahan</p> |
|  | <p><i>Oryzias javanicus</i> Bleeker, 1854</p> | <p>Tubuh berwarna putih transparan, pada bagian tengah sepanjang tubuhnya terdapat garis putih yang merupakan penampakan tulang yang terlihat dari luar tubuhnya</p> |
|  | <p><i>Oryzias marmoratus</i> Aurich, 1935</p> | <p>Warna tubuh berwarna putih kekuningan, terdapat bercak kecil berwarna hitam di sekujur tubuhnya</p> |
|  | <p><i>Oryzias matanensis</i> Aurich, 1935</p> | <p>Warna tubuh cenderung gelap dengan bercak hitam dengan jarak yang teratur pada tubuhnya</p> |



Oryzias woworae Ikan dominan berwarna putih Parenti & Hadiaty 2010 namun pada bagian bawah tubuh bagian belakang hingga ke sirip ekor memiliki warna jingga serta bagian pinggir atas ekor.

C. Embrio Ikan Medaka sebagai Hewan Model

Ikan medaka merupakan spesies yang sejak dulu banyak digunakan oleh para peneliti dalam bidang ekotoksikologi, ekofisiologi, dan banyak bidang lainnya sebagai organisme model bersama dengan ikan zebra. Kedua jenis ini memiliki banyak kemiripan. Ikan ini digunakan sebagai ikan biota uji karena mempunyai laju pertumbuhan yang cepat, umur dan siklus hidup yang pendek, mudah diidentifikasi dan dibudidayakan, serta memiliki persebaran geografi yang luas. Ikan ini memiliki ukuran yang kecil yang telah menjadi pilihan yang populer untuk organisme uji vertebrata karena mereka dianggap sebagai organisme yang paling mudah dipahami di lingkungan perairan (Buikema et al., 1982; Kasahara et al., 2007; Khodadoust et al., 2013; Puspitasari, 2016).

Sensitivitas yang tinggi terhadap polutan menjadi salah satu persyaratan yang dimiliki embrio ikan medaka, serta memiliki korion dan embrio yang transparan selama perkembangannya sebagai hewan uji (González-Doncel et al., 2003; Oxendine et al., 2006; Liu et al., 2021; Sari et al (2018) juga menemukan banyaknya kesamaan pada ikan *O. celebensis* dengan ikan Zebra yaitu ikan yang telah lebih dulu menjadi hewan model dalam berbagai penelitian, sehingga ikan *O. celebensis* dapat menjadi alternatif hewan model seperti halnya ikan Zebra.

D. Logam

Logam merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi (Agustina, 2014). Salah satu zat terlarut yang terdapat dalam air laut adalah logam. Unsur atau senyawa logam ini dapat masuk ke tubuh organisme yang hidup di perairan laut (Hutagalung, 1984).

Sumber utama kontaminan logam sesungguhnya berasal dari udara dan air yang mencemari tanah. Logam merupakan unsur penting yang dibutuhkan makhluk hidup. Sebagai *trace element*, logam yang esensial seperti tembaga (Cu), selenium (Se), Besi (Fe) dan Zink (Zn) penting untuk menjaga metabolisme manusia dalam jumlah

berlebihan akan menimbulkan toksik pada tubuh. Logam yang termasuk elemen mikro merupakan kelompok logam non esensial yang tidak mempunyai fungsi sama sekali di dalam tubuh. Logam tersebut bahkan berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksik) pada manusia yaitu : timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As) dan kadmium (Cd) (Agustina, 2014).

Ada dua mekanisme masuk logam ke dalam tubuh makhluk hidup yaitu secara langsung dan secara tidak langsung. Mekanisme langsung terjadi melalui penyerapan logam terlarut oleh organisme yang melakukan proses penyerapan air dan nutrisi ke dalam tubuh. Pada mekanisme ini berlaku pada tumbuhan air yang menyerap unsur-unsur hara untuk proses metabolisme, melalui proses difusi osmosis. Cara lain logam dapat masuk ke dalam tubuh organisme adalah melalui rantai makanan (Puspasari, 2016).

Logam kadmium ditemukan di kulit bumi ataupun hasil letusan gunung vulkanik. Selain itu kadmium dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, baik disengaja maupun tidak disengaja. Contohnya penggunaan bahan bakar, kebakaran hutan, limbah industri maupun penggunaan pupuk dan pestisida (Agustina, 2014). Kadmium adalah produk sampingan dari produk seng, tanah dan batuan termasuk batu bara dan mineral pupuk mengandung beberapa jumlah Kadmium. Kadmium dilepaskan ke lingkungan melalui kegiatan alam seperti gunung berapi, pelapukan, transportasi sungai, dan beberapa aktivitas manusia seperti pertambangan, peleburan, merokok tembakau, pembakaran limbah dan pembuatan pupuk (Adhani & Husaini, 2017).

Cd merupakan logam yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non-degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi. Kontaminasi logam Cd pada lingkungan perairan menyebabkan gangguan pada sistem biologis karena dapat terakumulasi dengan mudah dalam sedimen maupun organisme (Rumahlatu, 2012).

Dijelaskan oleh Schoettger, 1996 bahwa ketika terjadi akumulasi logam di dalam sel maka sistem biomolekuler akan merespon dengan melakukan detoksifikasi atau asimilasi yang memungkinkan untuk proses homeostasis. Jonak et al (2004) menjelaskan bahwa logam memegang peran penting dalam proses fisiologis makhluk hidup. Terkait dengan efek logam, Valko et al., 2005 menyatakan bahwa studi-studi yang dilakukan selama dua dekade menunjukkan bahwa jenis-jenis logam seperti besi (Fe), Cuprum (Cu), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Nikel (Ni) memiliki kemampuan untuk merusak DNA, peroksidasi lipid, inaktivasi protein dan efek lainnya. Dijelaskan pula oleh Dauwe et al.,(2004) bahwa logam dapat menyebabkan efek negatif pada hampir semua

tingkat organisasi kehidupan yaitu dari tingkatan biokimia, fisiologis hingga pada tingkatan populasi.

Cd memiliki dampak yang jelas pada detak jantung dan morfogenesis jantung dan juga menyebabkan deformitas tulang belakang. Profil dan tingkat transkripsi gen dimodulasi secara berbeda sesuai dengan konsentrasi Cd, durasi paparan dan/atau tahap perkembangan ikan Medaka Jepang (Barjhoux et al., 2016). Larva yang baru menetas yang terpapar konsentrasi Cd tertinggi menunjukkan gangguan kardiovaskular, terutama posisi jantung yang abnormal dan putaran jantung. Dampak pada detak jantung telah dilaporkan pada embrio medaka jepang dan dapat ditafsirkan sebagai respons stress organisme terhadap paparan logam (Barjhoux et al., 2012).

Hasil penelitian menggunakan paparan logam Ni menunjukkan bahwa paparan Ni mengubah ukuran telur dan detak jantung embrio, menurunkan daya tetas, meningkatkan laju deformitas, dan mempersingkat total panjang tubuh larva yang baru menetas. Selain itu, ditemukan bahwa sebelum organogenesis dan periode pasca-penetasan adalah periode sensitif embrio terhadap Ni (Liu et al., 2021). Berdasarkan pendapat Barjhoux et al., (2012) konsentrasi kadmium 1,9 ppm merupakan paparan paling rendah yang dapat menyebabkan abnormalitas pada embrio *O. latipes*. Namun berdasarkan penelitian Ismail & Yusof (2011) kadmium dengan konsentrasi 0,1 ppm dapat menyebabkan kematian pada embrio *O. javanicus*.

E. Biomarker

Perkembangan penelitian dalam bidang ekotoksikologi telah memunculkan pendekatan baru dalam mendeteksi keberadaan logam di perairan yaitu biomarker. Pendekatan biomarker memanfaatkan sistem biomolekuler yaitu sistem di bawah organisasi individu berupa molekul-molekul yang berupa enzim maupun protein yang disekresikan oleh organisme perairan sebagai respons terhadap keberadaan logam (Ayeni et al., 2010).

Biomarker merupakan salah satu bidang yang dipelajari dalam ekotoksikologi. Secara sederhana biomarker dapat didefinisikan sebagai respon biologis dari suatu organisme terhadap bahan pencemar atau tekanan lingkungan. Oleh karenanya biomarker dapat dianalisis dari tingkat molekuler hingga pada tingkat tingkah laku (Yaqin, 2019).

Beberapa penelitian yang menggunakan organisme sebagai indikator, agen biomonitoring atau organisme uji dalam studi ekotoksikologi telah dilakukan. Khususnya menggunakan ikan medaka untuk semua spesies, dalam berbagai penelitian bahan pencemar. Penggunaan biomarker juga digunakan untuk penyakit neurodegenerative menggunakan hewan uji ikan zebra dan ikan medaka seperti penyakit Parkinson,

Alzheimer, Huntington dan penyakit neurodegeneratif lainnya. Penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil berupa respon biologis seperti kematian sel, kelainan morfologi, dan perilaku berenang yang menyimpang pada ikan. Tidak hanya pada ikan dewasa, beberapa penelitian menggunakan organisme uji pada embrio yakni memicu penetasan dini, meningkatnya aktivitas gerak pada embrio dan berbagai anomali perkembangan termasuk mata kecil, kepala datar, batas otak tengah-otak belakang terjepit, ekstensi kuning telur tipis, dan tubuh melengkung terdeteksi pada larva yang menetas (Wang & Cao, 2021).