

SKRIPSI

**PENGGUNAAN BIOMARKER SEDERHANA PADA EMBRIO
IKAN MEDAKA (*Oryzias celebensis*) UNTUK MENDETEKSI
PENCEMARAN AIR DI KOLAM UNHAS SECARA SEMI *IN SITU***

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAIMIN MUHTAR
L021201068**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENGGUNAAN BIOMARKER SEDERHANA PADA EMBRIO
IKAN MEDAKA (*Oryzias celebensis*) UNTUK MENDETEKSI
PENCEMARAN AIR DI KOLAM UNHAS SECARA SEMI *IN SITU***

SKRIPSI

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

MUHAIMIN MUHTAR
L021201068



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGGUNAAN BIOMARKER SEDERHANA PADA EMBRIO IKAN MEDAKA (*Oryzias celebensis*) UNTUK MENDETEKSI PENCEMARAN AIR DI KOLAM UNHAS SECARA SEMI *IN SITU*

Disusun dan diajukan oleh

MUHAIMIN MUHTAR

L021201068

Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Manajemen Sumber Daya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Pada tanggal 16 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

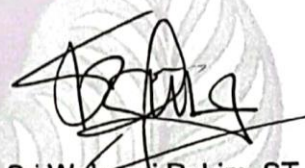
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.
NIP. 196807261994031002

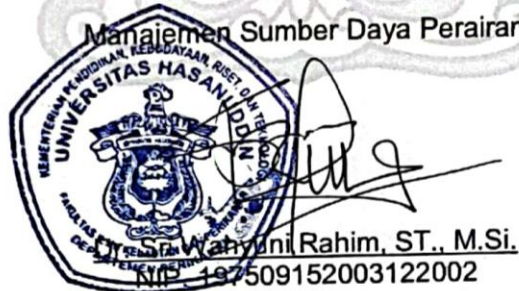
Pembimbing Pendamping



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si.
NIP. 197509152003122002

Ketua Program Studi

Manajemen Sumber Daya Perairan



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si.
NIP. 197509152003122002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhaimin Muhtar

NIM : L021201068

Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**"Penggunaan Biomarker Sederhana Pada Embrio Ikan Medaka (*Oryzias Celebensis*)
Untuk Mendeteksi Pencemaran Air di Kolam Unhas Secara Semi *In Situ*".**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Muhaimin Muhtar

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhaimin Muhtar

NIM : L021201068

Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi pada jurnal atau forum ilmiah 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 seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 16 Agustus 2024

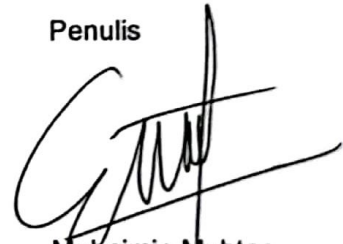
Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST, M.Si.
NIP. 197509152003122002

Penulis



Muhaimin Muhtar
L021201068

ABSTRAK

Muhaimin Muhtar, L021201068 “Penggunaan Biomarker Sederhana Pada Embrio Ikan Medaka (*Oryzias Celebensis*) Untuk Mendeteksi Pencemaran Air di Kolam Unhas Secara Semi *In Situ*” dibimbing oleh **Khusnul Yaqin** sebagai pembimbing utama dan **Sri Wahyuni Rahim** sebagai pembimbing pendamping.

Pencemaran perairan berupa logam dan bahan kimia lainnya akan sangat berbahaya bagi ekosistem. Kolam Unhas yang memiliki beberapa saluran air masuk berpotensi menimbulkan pencemaran air yang dapat memengaruhi perkembangan biota terutama selama masa embrionik dan tahap larva. Embrio *Oryzias celebensis* merupakan salah satu organisme model yang dapat digunakan untuk mendeteksi pencemaran suatu perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan bioamarker serta fase embryogenesis yang sensitif pada embrio *Oryzias celebensis* terhadap paparan bahan pencemar yang ada di Kolam Unhas. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 sampai April 2024 dengan pengambilan air sampel dilakukan pada empat titik di Kolam Unhas. Pemaparan air pada embrio dimulai pada stadia 17 dengan masing-masing perlakuan sebanyak 10 telur. Parameter yang diamati yaitu jumlah somit, detak jantung, laju penyerapan kuning telur, waktu penetasan, gerakan rahang dan panjang larva awal menetas. Hasil penelitian yang dilakukan antara kontrol dengan perlakuan pemaparan air Kolam Unhas menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) terhadap detak jantung, laju penyerapan kuning telur, waktu penetasan, dan panjang larva awal menetas. Pencemaran air Kolam Unhas menyebabkan terjadinya takikardia pada awal terbentuknya jantung, waktu penetasan yang lebih cepat, laju penyerapan yang tinggi serta ukuran larva yang lebih pendek. Sedangkan parameter lain (jumlah somit dan gerakan rahang) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$). Hal ini berarti bahwa detak jantung, waktu penetasan, laju penyerapan kuning telur dan panjang larva awal menetas berpotensi jadi biomarker untuk digunakan dalam mendeteksi pencemaran yang ada pada perairan.

Kata kunci: Kolam Unhas, embrio, *Oryzias celebensis*, biomarker, pencemaran perairan

ABSTRACT

Muhaimin Muhtar, L021201068 "The Use of Simple Biomarkers in Medaka Fish Embryos (*Oryzias Celebensis*) to Detect Water Pollution in Unhas Pool Semi *In Situ*" supervised by **Khusnul Yaqin** as supervisor and **Sri Wahyuni Rahim** as co-supervisor.

Water pollution in the form of microplastics, metals and chemicals will be very dangerous for the ecosystem. Unhas Pool, which has several inlets, has the potential to cause water pollution, which can affect the development of biota, especially during the embryonic and larval stages. *Oryzias celebensis* embryos are one of the model organisms that can be used to detect pollution of a water body. This study aims to determine bioamarkers and sensitive embryogenesis phases in *Oryzias celebensis* embryos against exposure to pollutants in Unhas Pool. This research was conducted from December 2023 to April 2024 with water sampling conducted at four points in Unhas Pool. Water exposure to embryos begins at stadia 17 with each treatment of 10 eggs. The parameters observed were the number of somites, heart rate, yolk absorption rate, hatching time, jaw movement and length of early hatched larvae. The results of research conducted between the control and Unhas Pool water exposure treatment showed significant differences ($P < 0.05$) on heart rate, yolk absorption rate, hatching time, and early larval hatching length. Unhas Pool water exposure caused tachycardia at the beginning of heart formation, faster hatching time, higher absorption rate and shorter larval size, while other parameters (number of somites and jaw movement) did not show significant differences ($P > 0.05$). This means that heart rate, hatching time, yolk absorption rate and early hatching larval length have the potential to be biomarkers for use in detecting pollution in waters.

Key words: Unhas Pool, embryos, *Oryzias celebensis*, biomarkers, water pollution

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin dengan judul: *Penggunaan Biomarker Sederhana Pada Embrio Ikan Medaka (Oryzias Celebensis) Untuk Mendeteksi Pencemaran Air di Kolam Unhas Secara Semi In Situ*". Semoga skripsi penelitian ini sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak terlepas dari bantuan dan dukungan serta doa dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc. selaku pembimbing utama dan Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST, M.Si selaku pembimbing pendamping yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan arahan serta saran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Joeharnani Tresnati, DEA dan Prof. Nita Rukminasari, S.Pi., MP., Ph.D selaku Dosen Penguji yang memberikan arahan dan saran kepada penulis.
3. Civitas akademika FIKP Universitas Hasanuddin atas bantuannya dalam pengurusan administrasi.
4. Bapak Muhtar dan Ibu Nurhayati sebagai orangtua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan serta motivasi dan memberikan bantuan dalam bentuk apapun kepada penulis.
5. Saudara-saudara penulis yang telah memberikan *Support* kepada penulis sehingga bersemangat dalam penulisan skripsi ini.
6. Kak Mey, Kak Dina dan Kak Indah yang selalu memberikan arahan, masukan serta bantuan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
7. Teman-teman Agung, Anita, Devi, Ardi, Mia, Ode, Rafly, Reni, Wanda, Wandu yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
8. Keluarga besar MSP 2020.

Penulis menyadari dalam pembuatan skripsi ini masih terdapat kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini kedepannya.

BIODATA PENULIS



Muhaimin Muhtar lahir di Pangkep pada tanggal 10 September 2001 yang merupakan anak 3 dari 5 bersaudara dari pasangan suami istri Muhtar Daming dan Nur Hayati. T. Penulis memulai pendidikannya di SDN 25 Taraweang Kabba pada tahun 2007 dan memperoleh ijazah pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikannya ke Sekolah Menengah Pertama di SMPS Semen Tonasa 1 dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Menengah Atas di SMAN 2 Pangkajene (SMAN 11 Pangkep) dan lulus pada tahun 2019. Setelah lulus SMA, Penulis *gapyear* selama satu tahun dan melanjutkan pendidikan S-1 pada tahun 2020, diterima di Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui jalur SBMPTN. Penulis menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Gantarangkeke, Kecamatan Gantarangkeke Kabupaten Bantaeng dengan tema “Inovasi Tekonologi Tepat Guna”. Kemudian penulis melakukan penelitian dengan judul “Penggunaan Biomarker Sederhana Pada Embrio Ikan Medaka (*Oryzias Celebensis*) Untuk Mendeteksi Pencemaran Air di Kolam Unhas Secara Semi *In Situ*”

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Ikan Medaka Sulawesi (<i>Oryzias celebensis</i>)	3
B. <i>Oryzias</i> Sebagai Hewan Uji	4
C. Pencemaran Air di Kolam Unhas.....	5
D. Pemaparan Secara <i>In situ</i>	6
E. Penggunaan Biomarker Dalam Mendeteksi Pencemaran Air.....	6
III. METODE PENELITIAN	8
A. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	8
B. Alat dan Bahan.....	8
C. Prosedur Penelitian	9
D. Parameter Penelitian.....	12
E. Analisis Data.....	14
IV. HASIL	15
A. Jumlah Somit <i>Oryzias celebensis</i>	15
B. Detak Jantung <i>Oryzias celebensis</i>	15
C. Laju Penyerapan Kuning Telur <i>Oryzias celebensis</i>	16
D. Waktu Penetasan Embrio <i>Oryzias celebensis</i>	17
E. Gerakan Rahang <i>Oryzias celebensis</i>	18
F. Panjang Larva Awal Menetas <i>Oryzias celebensis</i>	20
G. Parameter Pendukung	21
V. PEMBAHASAN	22
A. Jumlah Somit <i>Oryzias celebensis</i>	22
B. Detak Jantung <i>Oryzias celebensis</i>	22
C. Laju Penyerapan Kuning Telur <i>Oryzias celebensis</i>	23
D. Waktu Penetasan Embrio <i>Oryzias celebensis</i>	24
E. Gerakan Rahang <i>Oryzias celebensis</i>	25
F. Panjang Larva Awal Menetas <i>Oryzias celebensis</i>	26
G. Parameter Pendukung	27

VI. KESIMPULAN DAN SARAN	29
A. Kesimpulan.....	29
B. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Ikan Medaka Sulawesi (<i>Oryzias celebensis</i>)	3
2. Lokasi pengambilan air sampel yang tercemar di Kolam Unhas	8
3. Perbedaan telur ikan <i>O. latipes</i> (a) belum terbuahi, (b) sudah terbuahi; PS (<i>Perivitelline Space</i>).....	10
4. Desain eksperimen pemaparan embrio <i>O. celebensis</i>	11
5. Jumlah Somit Embrio <i>O. celebensis</i> pada setiap perlakuan dan kontrol	15
6. Detak jantung embrio <i>O. celebensis</i> pada setiap perlakuan dan kontrol	16
7. Laju penyerapan kuning telur embrio <i>O. celebensis</i> pada setiap perlakuan dan kontrol	17
8. Waktu penetasan embrio <i>O. celebensis</i> pada setiap perlakuan dan kontrol	18
9. Gerakan rahang embrio <i>O. celebensis</i> stadia 34 pada setiap perlakuan dan kontrol	19
10. Gerakan rahang embrio <i>O. celebensis</i> stadia 35 pada setiap perlakuan dan kontrol	19
11. Panjang tubuh larva <i>O. celebensis</i> awal menetas pada setiap perlakuan dan kontrol	20
12. Korelasi antara gerakan rahang dan waktu penetasan pada embrio <i>O.</i> <i>Celebensis</i>	25

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1.	Data dan hasil uji statistik jumlah somit embrio <i>O. celebensis</i>35
2.	Hasil uji statistik detak jantung embrio <i>O. celebensis</i>36
3.	Data dan hasil uji statistik laju penyerapan kuning telur embrio <i>O. Celebensis</i>40
4.	Data dan hasil uji statistik waktu penetasan embrio <i>O. celebensis</i>40
5.	Hasil uji statistik gerakan rahang embrio <i>O. celebensis</i>41
6.	Data dan hasil uji statistik panjang larva awal menetas embrio <i>O. Celebensis</i>42
7.	Dokumentasi penelitian42

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran air diartikan sebagai masuknya suatu zat atau komponen lain kedalam air (Tarigan, 2013). Pencemaran perairan merupakan permasalahan yang mengancam kualitas dan keseimbangan ekosistem suatu perairan di Indonesia. Masuknya bahan pencemar ke perairan yang bersumber dari limbah domestik maupun limbah industri yang dapat mengakibatkan perubahan pada lingkungan (Oktavia & Sumardi, 2022). Adanya berbagai bahan pencemar berupa mikroplastik, logam dan bahan kimia akan sangat berbahaya bagi ekosistem serta kelangsungan hidup biota perairan, terutama perairan darat (Purbonegoro, 2019).

Perairan darat merupakan perairan yang berpotensi besar memunyai masalah pencemaran air karena menjadi wadah penampung akhir dari saluran pembuangan limbah (Sumarya *et al.*, 2020). Salah satunya yaitu Kolam Unhas yang menjadi muara dari beberapa saluran air seperti hotel, pemukiman warga dan gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Hal ini dapat mencemari perairan serta biota air dari limbah yang dihasilkan dari beberapa saluran tersebut (Yaqin *et al.*, 2018). Terdapat saluran air tetap di Kolam Unhas yang berasal dari aktivitas sekitar, sehingga limbah toksik dapat masuk ke perairan dan menimbulkan pencemaran. Selain itu, tidak adanya instalasi pengolahan air limbah di kampus Unhas dan pemukiman di sekitar kolam, limbah dialirkan ke kolam tanpa melalui proses pengolahan (Rahmiani, 2022). Oleh karena itu, deteksi dini sangat penting untuk mengetahui tingkat pencemaran pada perairan.

Keberadaan dan kontak fisik terhadap bahan pencemar dengan biota perairan perlu dikaji (Zhang *et al.*, 2018), mengingat bahwa perairan yang terkontaminasi oleh zat pencemar berbahaya dapat memengaruhi perkembangan biota selama tahap embrionik dan tahap larva (Damayani *et al.*, 2022). Penggunaan biomarker sederhana terhadap organisme perairan yang tercemar merupakan salah satu upaya yang dapat dijadikan sebagai sistem peringatan dini dalam pengelolaan perairan (Yaqin, 2024). Biomarker adalah respon biologi dari suatu organisme terhadap bahan pencemar yang ada di lingkungan perairan. Penggunaan biomarker dalam bidang ekotoksikologi untuk mengetahui respon biologis suatu organisme model (Yaqin, 2019).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan ikan dewasa sebagai hewan model untuk uji ekotoksikologi (Cui *et al.*, 2020; Kamarudin *et al.*, 2019; Sari *et al.*, 2018). Salah satunya ikan yang sering digunakan dalam penelitian yaitu ikan *Oryzias*. Ikan ini telah banyak digunakan untuk uji pencemaran, salah satunya di Jepang (Khodadoust *et al.*, 2013). Karena laju pertumbuhan yang cepat, umur dan

siklus hidup yang pendek, serta mudah ditemukan dan dibudidayakan, ikan ini digunakan sebagai biota uji (Puspitasari, 2016). Namun, penggunaan ikan dewasa ini dinilai kurang efektif karena memerlukan media yang lebih besar dan menghasilkan limbah yang banyak. Oleh karena itu, beberapa uji ekotoksikologi saat ini mulai menggunakan embrio ikan *Oryzias* daripada ikan dewasanya (Chen *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020; Yaqin *et al.*, 2022).

Embrio *Oryzias* sering digunakan dalam penelitian toksikologi untuk mengetahui pencemaran suatu perairan. Untuk uji ekotoksikologi, embrio ikan medaka memiliki keuntungan. Salah satunya yaitu mereka sensitif terhadap berbagai bahan pencemar dan memiliki korion dan embrio yang transparan, sehingga perkembangan embrio mudah diamati dibawah mikroskop (Wijaya, 2020). Selain itu, Embrio ikan medaka sensitif terhadap banyak kontaminan penting, termasuk berbagai senyawa yang menunjukkan toksisitas (González-Doncel *et al.*, 2003).

Penggunaan embrio ikan medaka sebagai hewan model dalam uji ekotoksikologi masih sangat kurang. Sejauh ini penggunaan embrio sebagai organisme model masih berskala laboratorium (*in vivo*). Seperti pada penelitian Wang Wang *et al.* (2020) yang menggunakan embrio *O. melastigma* sebagai hewan model eksperimental paparan logam Cu berbasis laboratorium. Selain itu, pada penelitian Damayani *et al.* (2022) yang menggunakan embrio *O. celebensis* sebagai hewan uji paparan logam Pb yang dilakukan di laboratorium, sedangkan pada *O. celebensis* masih kurang digunakan terutama penggunaannya dalam skala *in situ*. Maka berdasarkan hal tersebut, embrio *O. celebensis* dapat dijadikan sebagai *sentinel organism* untuk mendeteksi dan melihat efek dari bahan pencemar yang ada pada perairan Kolam Unhas. Selain itu, hasil penelitian dapat dijadikan sebagai dasar analisis risiko ekologi dan sebagai referensi biomonitoring lingkungan.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan biomarker dan fase embriogenesis yang sensitif pada embrio *O. celebensis* terhadap paparan bahan pencemar yang ada di perairan Kolam Unhas.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu memberikan informasi tentang biomarker yang tepat dalam penggunaan embrio *O. celebensis* sebagai organisme model untuk biomonitoring berbasis efek.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ikan Medaka Sulawesi (*Oryzias celebensis*)

Klasifikasi ikan *Oryzias celebensis* menurut ITIS (2023) yaitu sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Teleostei
Ordo	: Beloniformes
Famili	: Adrianichthyidae
Subfamili	: Oryziinae
Genus	: <i>Oryzias</i>
Species	: <i>Oryzias celebensis</i> (Weber, 1894)

Ikan medaka atau ikan *Oryzias* terdiri atas tiga grup monofiletik yaitu *celebensis*, *javanicus*, dan *latipes* (Fahmi *et al.*, 2015). Spesies *Oryzias celebensis* (Gambar 1) memiliki bentuk tubuh yang memanjang, berwarna kekuningan transparan dengan sebuah garis yang tidak terlalu dominan pada bagian samping badan bagian belakang dan terdapat 30-32 deret sisik pada sepanjang sisi badannya (Said & Hidayat, 2015).



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

Ikan jenis ini memiliki berbagai macam ciri yang sama dengan spesies ikan medaka lainnya seperti memiliki siklus hidup yang pendek, embrio dan korionnya yang bening, pertumbuhan yang cepat, telur menetas tujuh hari setelah terjadinya pembuahan dan larva yang baru menetas tumbuh dan matang secara seksual selama tiga bulan (Zhu *et al.*, 2018).

Ikan *Oryzias celebensis* jantan dan betina dapat sangat mudah dibedakan secara langsung dengan mata telanjang. Jantan dan betina dapat dibedakan melalui karakteristik seksual sekunder. sirip punggung dan sirip dubur pada jantan lebih panjang daripada betina (Yaqin, 2021), sirip punggung jantan memiliki lekukan dalam

yang terlihat jelas daripada ikan betina (Parenti, 2008). Selain itu, tubuh ikan jantan memiliki warna yang lebih mencolok, bentuk tubuh lebih ramping serta garis hitam pada sirip ekor terlihat lebih jelas daripada ikan betina (Magtoon & Termvidchakorn, 2009). Ikan betina membawa telurnya menggantung pada permukaan alat kelaminnya yang disembunyikan diantara vegetasi (Hilgers & Schwarzer, 2019).

Ikan *Oryzias celebensis* merupakan ikan endemik Sulawesi Selatan yang dapat ditemukan di beberapa sungai kars beraliran lambat di wilayah Maros khususnya di Sungai Taddeang, ditemukan di Danau Sidenreng Danau Tempe, juga di sungai dekat Danau Matano (Said & Hidayat, 2015). Spesies ini dapat bertahan hidup di air laut maupun air tawar dan juga ditemukan pada perairan dalam, aliran sungai serta pada pinggiran sungai (Matsumoto *et al.*, 2020).

B. *Oryzias* Sebagai Hewan Uji

Ikan *Oryzias* sudah lama digunakan sebagai hewan uji yang sangat baik untuk berbagai bidang, salah satunya pada bidang ekotoksikologi (Setiamarga *et al.*, 2009). Secara biologis, medaka memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya populer sebagai ikan model, diantaranya memiliki ukuran yang relatif kecil sekitar 4 hingga 5 cm, daya tahan tubuh yang cukup kuat serta jantan dan betina dapat dibedakan meski hanya menggunakan metode morfologi atau bentuk sirip saja (Fahmi *et al.*, 2015). Selain itu, ikan betina dewasa *Oryzias* dapat memijah tiap hari selama 3-4 bulan sehingga mampu menyediakan suplai secara terus menerus sebagai spesimen uji untuk berbagai eksperimen (Puspitasari & Suratno, 2017).

Ikan *Oryzias* juga dijadikan sebagai *sentinel organism* karena memiliki karakteristik yang sesuai, salah satunya yaitu yang harus memiliki kepekaan terhadap lingkungan sekitar (Puspitasari, 2016). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Yan *et al.* (2020) yang menguji sensitivitas ikan medaka terhadap mikroplastik dan logam berat. Hasil penelitiannya yaitu ikan medaka sensitif terhadap mikroplastik dan logam yang dilihat dari usus dan perkembangan gonad. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Khodadoust *et al.* (2013) yang menggunakan ikan medaka sebagai hewan uji sensitivitas terhadap logam cadmium dan tembaga. Hasil penelitiannya yaitu ikan medaka terbukti sensitif terhadap kedua logam tersebut.

Di samping ikan dewasa, embrio ikan *Oryzias* juga sudah ada digunakan sebagai *sentinel organism* dalam penelitian ekotoksikologi (Yaqin *et al.*, 2021). Sebagai hewan uji khususnya bidang ekotoksikologi, embrio ikan *Oryzias sp.* memiliki beberapa keunggulan seperti ukurannya yang kecil, memiliki korion yang transparan sehingga mempermudah peneliti untuk mengamatinya, serta interaksi antara jaringan-

jaringan dan organ pada embrio dapat terlihat jelas dengan menggunakan mikroskop serta penggunaan embrio *Oryzias* sebagai organisme model memiliki banyak keuntungan yaitu biaya rendah dan hemat waktu (Merino *et al.*, 2020). Perkembangan embrio ikan medaka sampai menetas dapat terjadi dalam kondisi kering atau kurang air, hal ini merupakan keuntungan lain dari embrio ikan medaka sebagai *sentinel organism* (Yaqin *et al.*, 2021).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Damayani *et al.* (2022) yang menggunakan embrio *O. celebensis* sebagai hewan uji untuk pemaparan logam timbal (Pb). Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu embrio *O. celebensis* terbukti sensitif terhadap logam timbal pada konsentrasi 2 mg/l dan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan.

C. Pencemaran Air di Kolam Unhas

Kolam Unhas merupakan salah satu kolam yang diyakini mengalami pencemaran. Kualitasnya yang belum memenuhi baku mutu disebabkan oleh adanya zat tercemar yang dapat memberikan dampak buruk terhadap biota akuatik dan kesehatan manusia (Palungan, 2022). Keberadaan Kolam Unhas bersifat multifungsi yaitu fungsi ekologis, ekonomi, pendidikan, sosial budaya dan religi, misalnya sebagai tempat rekreasi, tempat penelitian, tempat budidaya berbagai jenis ikan dan merupakan sumber air baku (Hardiyanti, 2015).

Adanya pembangunan yang semakin meningkat seperti pembangunan hotel yang berpotensi menyebabkan pencemaran masuk ke kolam, serta terdapat saluran air tetap yang berasal dari aktivitas masyarakat sekitar kolam sehingga limbah domestik masuk ke kolam (Musdalifah *et al.*, 2022). Limbah domestik tersebut mengandung beberapa senyawa kimia yang bersifat basah, misalnya deterjen yang menyebabkan peningkatan nilai pH di perairan kolam (Hardiyanti, 2015). Dalam kolam juga terdapat kandungan fosfat serta terdeteksi bahan logam yaitu krom (Cr) dan timbel (Pb) yang meskipun tidak terlalu tinggi, tapi konsentrasinya telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk budidaya air tawar (Yaqin *et al.*, 2018).

Banyak hal seperti ikan, sedimen, tanaman, tanah, dan air, yang dapat terpengaruh oleh pencemaran Kolam Unhas. Masyarakat yang memakan ikan hasil tangkapan yang hidup di perairan dengan kandungan bahan pencemar yang tinggi dapat terkontaminasi dan menyebabkan masalah pada kesehatan. Sedimentasi dapat menyebabkan kolam dan ekosistem lainnya menjadi lebih rendah dan mengganggu habitat biota perairan. Tanaman yang tumbuh di dekat perairan kolam akan mengalami pengurangan produktivitas dan kesuburan tanah. Jumlah oksigen dalam air menurun,

yang menyebabkan kehidupan biota di dalamnya terganggu dan menyebabkan reaksi kimia berjalan lebih cepat (Rahmiani, 2022).

D. Pemaparan Secara *In situ*

Pemaparan dapat dilakukan secara *in situ* dengan memantau lingkungan di ekosistem alami atau aslinya. Pemaparan secara *in situ* telah digunakan untuk mengevaluasi dampak polusi pada spesies akuatik di perairan yang telah tercebar berat (Browne *et al.*, 2010). Meskipun paparan bahan pencemar tunggal di laboratorium dapat menentukan konsentrasi dimana polutan menjadi berbahaya bagi lingkungan dan biota perairan. Namun, di alam tidak hanya dipengaruhi oleh satu bahan kimia, tetapi juga terpapar campuran polutan yang berbeda.

Penelitian Mizell & Romig (2002) menggunakan embrio ikan zebra (*Danio rerio*) dan medaka (*Oryzias latipes*) untuk mendeteksi secara cepat dari efek bahan kimia tunggal dan campuran kimia (Kombinasi TCDD dan benzene) pada perkembangan embrio menunjukkan hasil yang sangat efektif dalam menguji campuran polutan. TCDD (*Tetrachlorinedibenzo-p-dioxine*) merupakan salah satu senyawa organoklorin mengakibatkan efek racun yang dihasilkan dari pembakaran yang mengandung klor seperti limbah organik, produk kertas, dan plastik (Firdaus *et al.*, 2021). Kombinasi TCDD dan benzena (serta kombinasi toluena dan benzena) diuji dan campuran tersebut bekerja secara sinergis dan kombinasinya lebih beracun daripada bahan kimia tunggal. Pemaparan secara *in situ* lebih efektif dilakukan karena bahan pencemar di perairan dapat terdeteksi secara cepat dan menyeluruh, namun penelitian terkait pemaparan embrio secara *in situ* belum pernah dilakukan. Namun metode ini memiliki efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemaparan yang dilakukan di laboratorium (Hertika & Putra, 2019).

E. Penggunaan Biomarker Dalam Mendeteksi Pencemaran Air

Untuk mengetahui bagaimana bahan pencemar memengaruhi organisme, beberapa biomarker digunakan sebagai alat peringatan dini yang sensitif untuk memastikan kualitas lingkungan melalui tindakan biomonitoring yang menunjukkan dampak bahan pencemar terhadap organisme (Blanco-Rayón *et al.*, 2019; Hagger *et al.*, 2006; Sherry, 2003). Ilmuan ekotoksikologi menggunakan biomarker sebagai alat substansi dalam kegiatan monitoring klasik untuk mendeteksi respon biologis organisme sentinel terhadap tekanan lingkungan. Secara teoritis, biomarker yang

sensitif terhadap bahan pencemar dapat mendeteksi dampak negatif dari bahan pencemar pada organisme tersebut (Yaqin, 2019).

Biomarker merupakan akhir dari uji ekotoksikologi yang menunjukkan efek subkronik pada organisme hidup. Biomarker berfungsi sebagai peringatan dini (early warning system) terhadap zat toksik dan sebagai tanda reaksi awal pada tingkat subseluler (molekuler, biokimia, dan fisiologi) sebelum reaksi terjadi pada tingkat organisasi makhluk hidup atau spektrum biologi yang lebih besar (Brosset *et al.*, 2021). Diharapkan biomarker dapat berfungsi sebagai alat deteksi pencemaran dini yang dapat digunakan di lapangan untuk mendeteksi pencemaran di perairan dan untuk pengendalian pencemaran secara preventif (Dewi *et al.*, 2014). Salah satu biomarker pada embrio *O. celebensis* untuk mendeteksi bahan pencemar yaitu detak jantung.

Jantung merupakan salah satu organ pertama yang mengalami organogenesis, dimana jantung sangat rentan terhadap tekanan lingkungan yang dapat mengakibatkan detak jantung yang tidak normal (Chen *et al.*, 2020). Selain itu, pada penelitian Chen *et al.* (2020) dan Wang *et al.* (2021) menemukan bahwa embrio *O. melastigma* yang terpapar mikroplastik *polystyrene* (PS) secara signifikan dapat menyebabkan abnormalitas pada jantung embrio serta menyebabkan kelainan pada larva *O. melastigma*.