

**SKRIPSI**

**TOKSISITAS RACUN KISTA DINOFLAGELLATA PADA EMBRIO  
IKAN BINISI *Oryzias celebensis* (Weber,1894)**

**Disusun dan diajukan oleh**

**FUAD AL HASAN  
L021 19 1086**



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

**TOKSISITAS RACUN KISTA DINOFLAGELLATA PADA EMBRIO  
IKAN BINISI *Oryzias celebensis* (Weber,1894)**

**FUAD AL HASAN  
L021 19 1086**

**SKRIPSI**

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



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

## LEMBAR PENGESAHAN

### TOKSISITAS RACUN KISTA DINOFLAGELLATA PADA EMBRIO IKAN BINISI *Oryzias celebensis* (Weber, 1894)

Disusun dan diajukan oleh:

**FUAD AL HASAN**

**L021 19 1086**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pendamping



Dr. Su Wahyuni Rahim, S.T., M.Si.  
NIP. 19750223 198811 1 001

Ketua Program Studi

Manajemen Sumberdaya Perairan



Dr. Ir. Nadiarti, M.Sc.  
NIP. 19680106 199103 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fuad Al Hasan  
NIM : L021 19 1086  
Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Toksisitas Racun Kista Dinoflagellata Pada Embrio Ikan Binisi *Oryzias celebensis* (Weber, 1894)”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya 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, 18 Agustus 2023

Yang menyatakan



Fuad Al Hasan  
L021 19 1086

## PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fuad Al Hasan  
NIM : L021 19 1086  
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 satu seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikuti.

Makassar, 18 Agustus 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Penulis



Dr. Ir. Nadiarti, M.Sc  
NIP. 19680106 199103 2 001



Fuad Al Hasan  
L021 19 1086

## ABSTRAK

**Fuad Al Hasan.** L021191086. "Toksistas Racun Kista Dinoflagellata Pada Embrio Ikan Binisi *Oryzias celebensis* (Weber, 1894)". dibimbing oleh **Khusnul Yaqin** sebagai pembimbing utama dan **Sri Wahyuni Rahim** sebagai pembimbing pendamping.

---

---

Penggunaan embrio ikan medaka *Oryzias celebensis* memenuhi kriteria dan cukup menjanjikan sebagai hewan model. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh racun dinoflagellata *Yessotoxin* (YTX) terhadap embrio medaka *Oryzias celebensis*. Hasil penelitian menunjukkan paparan YTX konsentrasi 75% dan 100% menyebabkan penurunan tingkat kelangsungan hidup embrio berturut-turut sebesar 50% dan 90%. Paparan YTX menyebabkan abnormalitas seperti pendarahan pada embrio (*hemorrhage*), malformasi pada ekor serta gangguan pertumbuhan dengan bentuk kepala dan tubuh yang kerdil (*dwarfism*). Hasil uji statistik berbeda nyata antara embrio kontrol dengan embrio perlakuan YTX (50%, 75% dan 100%) terhadap parameter penurunan volume kuning telur. Paparan YTX pada setiap konsentrasi tidak mempengaruhi parameter diameter telur juga pada laju penyerapan kuning telur pada embrio perlakuan, trend grafik menunjukkan peningkatan, tetapi tidak memberikan perbedaan yang berarti secara statistik ( $p > 0,05$ ). Paparan YTX menyebabkan bradikardia dan takikardia, peningkatan dan penurunan laju denyut jantung yang tidak beraturan (aritmia) pada embrio perlakuan di beberapa titik fase perkembangan dan berbeda nyata secara statistik dengan embrio kontrol ( $p < 0,05$ ). YTX menyebabkan pertumbuhan panjang larva yang memendek seiring peningkatan konsentrasi YTX pada paparan 75% dan 100% sehingga berbeda nyata dengan embrio kontrol ( $p < 0,05$ ). Waktu penetasan yang terhambat dijumpai pada embrio perlakuan 75% dan berbeda nyata dengan embrio kontrol ( $p < 0,05$ ). Hasil ini menunjukkan dampak toksistas YTX pada sebagian besar parameter dalam penelitian ini.

Kata kunci: HAB, Dinoflagellata, *Gonyaulax verior*, *Yessotoxin*, Embryo, *Oryzias celebensis*

## ABSTRACT

**Fuad Al Hasan.** L021191086. "Toxicity of Cyst Dinoflagellate Toxins on Embryos of Binisi Fish *Oryzias celebensis* (Weber, 1894)". supervised by **Khusnul Yaqin** as main supervisor and **Sri Wahyuni Rahim** as co-supervisor.

---

The use of medaka fish embryos *Oryzias celebensis* meets the criteria and is quite promising as an animal model. The purpose of this study was to analyze the effect of dinoflagellate toxin Yessotoxin (YTX) on medaka *Oryzias celebensis* embryos. The results showed that exposure to concentrations of 75% and 100% YTX caused a decrease in embryo survival rate by 50% and 90%, respectively. YTX exposure causes abnormalities such as bleeding in embryos (hemorrhage), malformations in the tail and growth disorders with dwarfism. The results of statistical tests are significantly different between control embryos and YTX treated embryos (50%, 75% and 100%) on the parameter of decreasing yolk volume. YTX exposure at each concentration does not affect the egg diameter parameter as well as the rate of yolk absorption in treated embryos, the graph trend shows an increase, but does not provide statistically significant differences ( $p > 0.05$ ). YTX exposure causes bradycardia and tachycardia, an increase and decrease in heart rate irregularities (arrhythmia) in treated embryos at several points in the developmental phase and is statistically significantly different from control embryos ( $p < 0.05$ ). YTX causes shortened larval length growth as YTX concentration increases at 75% and 100% exposure so that it is significantly different from control embryos ( $p < 0.05$ ). Retarded hatching time was found in 75% treated embryos and was significantly different from control embryos ( $p < 0.05$ ). These results indicate the impact of YTX toxicity on most parameters in this study.

Keywords: HAB, Dinoflagellates, *Gonyaulax verior*, Yessotoxin, Embryo, *Oryzias celebensis*

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah subhana wa ta'ala. Rabb semesta alam atas segala limpahan nikmat, rahmat, dan karunia-Nya. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada manusia mulia, suri tauladan dan rahmat bagi seluruh alam Rasulullah Muhammad Shallallahu a'laihi wa Sallam. Alhamdulillah atas petunjuk dan pertolongan Allah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Toksitas Racun Kista Dinoflagellata Pada Embrio Ikan Binisi *Oryzias celebensis* (Weber, 1894)”**. Penulis menyadari segala kesulitan dan hambatan yang penulis alami selama penelitian dan penyusunan skripsi dapat terlewati berkat doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. ir. Khusnul Yaqin, M.Sc. selaku dosen Penasehat Akademik sekaligus pembimbing utama yang telah banyak mencurahkan tenaga, pikiran, dan waktunya serta dukungan dan motivasi demi terselesainya skripsi ini.
2. Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si. selaku dosen pembimbing pendamping yang dengan setia memberikan koreksi, saran, arahan dalam proses pembuatan skripsi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Joeharnani Tresnati, selaku dosen penguji dan Dr. Irmawati, S.Pi, M.Si. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, koreksi, masukan, kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh civitas akademika yang telah membantu dalam proses pengurusan berkas yang diperlukan selama pengerjaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Keluarga tercinta, ayahanda Abd. Rahman dan Ibunda Sariana yang telah mendukung, mendoakan dan memotivasi penulis dari awal perkuliahan hingga selesainya skripsi ini dibuat.
6. Sri Ayu Lestari, S.Pi. *chagiya*, yang selalu ada menemani, mendukung dan memotivasi penulis disetiap kemudahan dan saat kondisi yang sulit dalam proses menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan MSP 2019, teman-teman peneliti *Oryzias* squad yang selalu memberikan dukungan.

Semoga Allah memberikan balasan terbaik atas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Kesempurnaan hanyalah milik Allah subhana wa ta'ala, penulis sadar dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan yang disebabkan oleh keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat



dan sumbangsih bagi ilmu pengetahuan khususnya pada bidang ilmu ekotoksikologi perairan.

Makassar, 18 Agustus 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fuad Al Hasan'.

Fuad Al Hasan

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Fuad Al Hasan, akrab dipanggil Fuad, merupakan anak kelima dari tujuh bersaudara. Lahir di Masamba, Kabupaten Luwu Utara pada tanggal 20 November 2000. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Abd. Rahman dan Ibu Sariana. Penulis menyelesaikan pendidikan di sekolah dasar di SDN 091 Bone pada tahun 2012. lalu melanjutkan pendidikan di MTS As'adiyah Putera 1 Pusat Sengkang dan lulus pada tahun 2015. Penulis menyelesaikan pendidikan dan tamat di SMA Negeri 2 Masamba pada tahun 2018. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjalani proses perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Pencemaran Perairan dan Laboratorium Ekotoksikologi Akuatik.

Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata Tematik (KKNT) Perhutanan Sosial gelombang 108 di desa Limbong, Kecamatan Rongkong, Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Penulis melakukan penelitian dengan judul “Toksitas Racun Kista Dinoflagellata Pada Embrio Ikan Binisi *Oryzias celebensis* (Weber, 1894)“.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan dan Kegunaan .....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
A. <i>Harmful Alga Bloom</i> (HAB) .....	3
B. Efek <i>Harmful Alga Bloom</i> (HAB) Terhadap Organisme Perairan .....	3
C. Racun Yessotoksin Dinoflagellata .....	4
D. Ikan <i>Oryzias</i> sebagai Ikan Model.....	5
E. Embrio Sebagai Model Dalam Bidang Ekotoksikologi.....	6
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>9</b>
A. Waktu dan Tempat .....	9
B. Alat dan Bahan.....	9
C. Prosedur Penelitian .....	10
1. Pengambilan dan Pemeliharaan ikan <i>Oryzias celebensis</i> .....	10
2. Pembuahan dan Pemanenan Telur Ikan <i>Oryzias celebensis</i> .....	10
3. Persiapan Embrio <i>Oryzias celebensis</i> di Laboratorium.....	10
4. Pengambilan dan Penetasan Kista Dinoflagellata .....	11
5. Pengenceran Racun Dinoflagellata .....	12
6. Rancangan Penelitian .....	12
D. Parameter Uji .....	12
1) Diameter Telur .....	13
2) Volume Kuning Telur dan Laju penyerapan Kuning telur.....	13
3) Denyut Jantung.....	14
4) Abnormalitas.....	14
5) Kelangsungan Hidup.....	14
6) Panjang Larva Awal Menetas.....	15
7) Waktu Penetasan.....	15
E. Analisis Data .....	15
<b>IV. HASIL.....</b>	<b>16</b>
A. Diameter Telur Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	16
B. Volume dan Laju Penyerapan Kuning Telur Embrio <i>Oryzias celebensis</i> ....	16
C. Denyut Jantung Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	18
D. Abnormalitas .....	19
E. Kelangsungan Hidup Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	22
F. Panjang Larva <i>Oryzias celebensis</i> Awal Menetas.....	24
G. Waktu Penetasan Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	25
<b>V. PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
A. Diameter Telur Embrio .....	26
B. Volume dan Laju Penyerapan Kuning Telur Embrio <i>Oryzias celebensis</i> ....	26
C. Denyut Jantung Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	27
D. Abnormalitas .....	28
E. Kelangsungan Hidup Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	31
F. Panjang Larva <i>Oryzias celebensis</i> Awal Menetas.....	31
G. Waktu Penetasan Embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	31
<b>IV. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>34</b>
A. Kesimpulan.....	35
B. Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>

LAMPIRAN.....	42
GLOSARIUM.....	68

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Ikan medaka <i>Oryzias celebensis</i> pada penelitian ini.....	6
2. Perbedaan telur ikan <i>Oryzias celebensis</i> (a) belum terbuahi (b) sudah terbuahi.....	11
3. Penempatan media embrio kontrol dan embrio perlakuan di dalam <i>microplate</i> 24 lubang.....	12
4. Grafik diameter telur embrio <i>Oryzias celebensis</i> .....	16
5. Grafik penurunan volume kuning telur embrio <i>Oryzias celebensis</i> pada setiap konsentrasi YTX seiring peningkatan fase embrio.....	27
6. Grafik laju penyerapan kuning telur embrio <i>Oryzias celebensis</i> pada setiap konsentrasi YTX.....	27
7. Grafik denyut jantung embrio <i>Oryzias celebensis</i> pada setiap konsentrasi YTX peningkatan fase embrio.....	28
8. Bentuk ekor normal (kotak) pada embrio kontrol (A) dengan embrio perlakuan 75% yang mengalami malformasi (B-C) pada perlakuan YTX konsentrasi 75% dan 100% (D-E) (lingkaran).....	19
9. Embrio normal yang tidak mengalami pendarahan (kotak) pada embrio kontrol (A) dengan embrio perlakuan YTX konsentrasi 75% yang mengalami pendarahan ( <i>hemorrhage</i> ) (lingkaran).....	23
10. Bentuk kepala (kotak) dan tubuh (segitiga) pada pertumbuhan embrio kontrol (A) dengan embrio perlakuan YTX konsentrasi 75% (B-C) dan 100% (D-E) yang mengalami pertumbuhan kerdil ( <i>dwarfism</i> ) pada kepala (lingkaran) dan tubuh (panah).....	25
11. Grafik penurunan Kelangsungan hidup embrio <i>Oryzias celebensis</i> pada setiap konsentrasi YTX seiring peningkatan fase embrio.....	27
12. Embrio yang mati pada paparan YTX konsentrasi 75% dan 100%.....	16
13. Panjang larva awal menetas embrio <i>Oryzias celebensis</i> pada setiap konsentrasi...29	
14. Grafik waktu penetasan embrio <i>Oryzias celebensis</i> pada setiap konsentrasi.....	30

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1.	Hasil uji statistik non-parametrik Kruskall-wallis Diameter Telur embrio
	<i>Oryzias celebensis</i> .....43
	Diameter Telur Fase 19.....43
	Diameter Telur Fase 20.....43
	Diameter Telur Fase 21.....44
	Diameter Telur Fase 22.....44
	Diameter Telur Fase 23.....44
	Diameter Telur Fase 24.....45
	Diameter Telur Fase 25.....45
	Diameter Telur Fase 26.....45
	Diameter Telur Fase 27.....46
	Diameter Telur Fase 28.....46
	Diameter Telur Fase 29.....46
	Diameter Telur Fase 30.....47
	Diameter Telur Fase 31.....47
	Diameter Telur Fase 32.....47
	Diameter Telur Fase 33.....48
	Diameter Telur Fase 34.....48
	Diameter Telur Fase 35.....48
	Diameter Telur Fase 36.....49
	Diameter Telur Fase 37.....49
2.	Hasil uji statistik non-parametrik Kruskall-wallis Volume Kuning
	Telur embrio <i>O. celebensis</i> .....50
	Volume Kuning Telur Fase 19.....50
	Volume Kuning Telur Fase 20.....50
	Volume Kuning Telur Fase 21.....50
	Volume Kuning Telur Fase 22.....51
	Volume Kuning Telur Fase 23.....51
	Volume Kuning Telur Fase 24.....51
	Volume Kuning Telur Fase 25.....52
	Volume Kuning Telur Fase 26.....52
	Volume Kuning Telur Fase 27.....52
	Volume Kuning Telur Fase 28.....53
	Volume Kuning Telur Fase 29.....53
	Volume Kuning Telur Fase 30.....53
	Volume Kuning Telur Fase 31.....54
	Volume Kuning Telur Fase 32.....54
	Volume Kuning Telur Fase 33.....54
	Volume Kuning Telur Fase 34.....55
	Volume Kuning Telur Fase 35.....55
	Volume Kuning Telur Fase 36.....55
	Volume Kuning Telur Fase 37.....55

3.	Hasil uji statistik non-parametrik Kruskall-wallis Laju Penyerapan Volume Kuning Telur embrio <i>O. celebensis</i> .....	56
4.	Hasil uji statistik non-parametrik Kruskall-wallis Denyut Jantung Embrio <i>O.celebensis</i> .....	57
	Denyut Jantung Fase 24.....	57
	Denyut Jantung Fase 25.....	57
	Denyut Jantung Fase 26.....	58
	Denyut Jantung Fase 27.....	58
	Denyut Jantung Fase 28.....	58
	Denyut Jantung Fase 29.....	59
	Denyut Jantung Fase 30.....	59
	Denyut Jantung Fase 31.....	59
	Denyut Jantung Fase 32.....	60
	Denyut Jantung Fase 33.....	60
	Denyut Jantung Fase 34.....	60
	Denyut Jantung Fase 35.....	61
	Denyut Jantung Fase 36.....	61
	Denyut Jantung Fase 37.....	61
5.	Hasil uji statistik non-parametrik Kruskall-wallis panjang larva awal menetas embrio <i>O. celebensis</i> .....	62
6.	Hasil uji statistik non-parametrik Kruskall-wallis Waktu Penetasan Embrio <i>O. celebensis</i> .....	63
7.	Embrio yang dapat hidup dan berhasil menetas pada embrio kontrol.....	63
8.	Embrio yang dapat hidup dan berhasil menetas pada embrio perlakuan paparan YTX 50%.....	64
9.	Terdapat 5 dari 10 embrio yang dapat hidup dan berhasil menetas pada embrio perlakuan paparan YTX 75%.....	65
10.	Hanya 1 dari 10 embrio yang dapat hidup dan berhasil menetas pada embrio perlakuan paparan YTX 100%.....	66

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

*Harmful Alga Bloom* (HAB) atau yang dikenal sebagai *blooming* alga berbahaya adalah fenomena akibat adanya ledakan populasi fitoplankton pada suatu perairan, ledakan dari populasi tersebut ditandai dengan fitoplankton yang melimpah, tumbuh secara cepat dengan tidak terkendali (Panggabean, 1994). Ledakan populasi fitoplankton tersebut dapat menutupi permukaan perairan yang berakibat pada penipisan jumlah oksigen, terjadi disfungsi baik secara mekanik dan kimawi pada insang ikan dan menjadi penyebab kematian massal pada ikan (Barokah et al., 2016). Peningkatan kelimpahan fitoplankton sangat dipengaruhi oleh proses eutrofikasi (Choirun et al., 2015).

Keberadaan fitoplankton HAB di perairan dipicu oleh beberapa faktor, diantara faktor penyebabnya yaitu pengkayaan unsur hara seperti nitrat dan fosfat (Gurning et al., 2020). Ada banyak jenis fitoplankton penyebab ledakan alga berbahaya, salah satunya yaitu mikroalga dari kelompok dinoflagellata (Choirun et al., 2015). Kelompok ini diketahui dapat memproduksi toksin (Vasconcelos et al., 2010). Dinoflagellata penyebab HAB toksik merupakan hal yang menjadi perhatian dan merupakan masalah yang serius, sebab dampaknya yang luas terhadap akuakultur, perikanan dan ekosistem pesisir serta dapat menyebabkan keracunan manusia melalui konsumsi makanan laut yang terkontaminasi, kelompok ini paling banyak dilaporkan sebagai penyebab fenomena HAB, sebagian spesies dari dinoflagellata ada yang bersifat toksik dan ada yang tidak (Deng et al., 2023).

Dinoflagellata mampu menghasilkan toksin yang dapat membahayakan organisme akuatik dan berdampak pada ekosistem perairan. Salah satu spesies dinoflagellata yang menghasilkan toksin adalah *Gonyaulax verior* yang mengandung racun *Yessotoxin* (YTX) (Khokhar et al., 2018; Mohamed, 2018). *Yessotoxin* (YTX) adalah racun yang diproduksi oleh fitoplankton dari kelompok dinoflagellata yang terakumulasi dalam organisme *filter feeder* (Bianchi et al., 2004; Rubini et al., 2021). Meskipun laporan tentang efek dari keracunan pada manusia yang mengkonsumsi kerang yang terkontaminasi belum ditemukan. Namun, peningkatan substansial dalam distribusi YTX di sepanjang pantai dunia dan kemunculannya yang berulang dapat menjadi masalah besar bagi masyarakat (Franchini et al., 2003). Penyebaran YTX yang meluas di sepanjang pantai dan meningkatnya laporan banyaknya akumulasi YTX pada moluska seperti kerang yang dapat dikonsumsi, menegaskan perlunya studi ekotoksikologi untuk mengevaluasi potensi risiko ekologis (Pérez-Gómez et al., 2006).



Beberapa penelitian uji toksisitas untuk melihat dampak racun *Yessotoxin* telah banyak dilakukan oleh berbagai penelitian yang menggunakan mencit sebagai organisme uji (Aune et al., 2002; Aune et al., 2008; Korsnes et al., 2006; Tubaro et al., 2003; Tubaro et al., 2004; Tubaro et al., 2008). Percobaan uji toksisitas *Yessotoxin* pada ikan juga telah dilakukan oleh De La Paz et al. (2022) untuk menyelidiki pengaruh respon imun dan kapasitas regeneratif dan faktor risiko penularan penyakit menular pada ikan yang terkait dengan luka kulit pada ikan zebra *Danio rerio*. Namun, sejauh ini belum ada penelitian yang mengungkapkan efek toksik *Yessotoxin* dinoflagellata terhadap ikan medaka *Oryzias celebensis* apalagi pada tahap siklus hidup organisme yang paling rentan yaitu tahap embrio.

Penggunaan embrio ikan dalam uji toksisitas merupakan sebuah metode pendekatan alternatif yang menjanjikan (Lammer et al., 2009; OECD, 1997). Ikan medaka memiliki banyak manfaat dan telah banyak dijadikan sebagai hewan model karena alasan yang menguntungkan dalam berbagai penelitian uji toksisitas (Yusuff et al., 2018). Berbagai studi telah melaporkan ikan medaka sebagai organisme uji dalam studi toksikologi pada tahap embrio yang digunakan sebagai indikator yang sensitif pada toksikologi akuatik (Sayed & Mitani, 2016), spesies ikan *Oryzias* dari berbagai genus digunakan sebagai hewan model dengan beberapa alasan yang menguntungkan, seperti siklus hidup ikan *Oryzias* yang pendek sehingga pengujian toksikologi tidak membutuhkan banyak waktu, ukuran tubuh ikan *Oryzias* yang kecil sehingga kebutuhan air dan limbah dapat diminimalkan (Kinoshita et al., 2009). Korion yang transparan menjadikan embrionya mudah dilakukan pengamatan dan embrio sensitif bila terpapar bahan pencemar (Braunbeck et al., 2005; Oxendine et al., 2006; Padilla et al., 2009). Oleh karena itu, untuk mengungkap dampak negatif yang diakibatkan oleh *Yessotoxin* dinoflagellata pada embrio ikan. Maka, dilakukan penelitian uji toksisitas racun *Yessotoxin* dinoflagellata untuk melihat dampak racun terhadap embrio ikan medaka *Oryzias celebensis*.

## **B. Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh racun *Yessotoxin* (YTX) dinoflagellata terhadap embrio ikan medaka *Oryzias celebensis*.

Kegunaan penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai dampak negatif yang ditimbulkan oleh racun *Yessotoxin* dinoflagellata dengan menggunakan pendekatan embrio ikan medaka *Oryzias celebensis* sebagai hewan model.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Harmful Alga Bloom* (HAB)

Fenomena ledakan alga berbahaya (*Harmful alga bloom*) yang dipicu oleh ledakan populasi spesies dinoflagellata toksin menjadi salah satu permasalahan yang cukup serius, sebab menjadi ancaman bagi kesehatan manusia, keseimbangan ekosistem dan aspek perekonomian masyarakat pesisir di banyak perairan di Asia Tenggara (Furio et al., 2012). HAB menyebabkan perubahan pada komunitas fitoplankton yang dapat terjadi ketika sekelompok mikroalga berbahaya mendominasi kolom perairan akibat tumbuh secara tidak terkendali dan menimbulkan masalah lingkungan (Lily & Panggabean, 2006). HAB umumnya dipicu oleh eutrofikasi perairan sebagai akibat dari meningkatnya "aktivitas" manusia di pesisir, serta dipengaruhi dari pemanasan global (Xiao et al., 2018). Selain itu, pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroalga ini, tidak hanya bergantung pada pasokan nutrisi nitrogen (N) dan fosfor (P), tetapi juga pada faktor geografis dan lingkungan (Xu et al., 2010). Pertumbuhan berlebih yang masif dan berkepanjangan dari mikroalga seperti dinoflagellata dapat menyebabkan HAB (Pavagadhi & Balasubramanian, 2013).

Dinoflagellata memiliki cara yang unik dalam mempertahankan kehidupannya ditengah persaingan seleksi alam, ketika berada dalam kondisi yang baik, mikroalga ini mampu berkembang biak dalam jumlah yang banyak di kolom air dengan bentuk sel-sel renang yang terus menerus membelah diri. Saat kondisi perairan sedang tidak baik, aktivitas membelah diri dari mikroalga ini berhenti dan akan kawin membuahkan kista "tidur" (*Sleeping cyst*), kista ini mampu bertahan di dasar perairan (sedimen) meskipun setelah bertahun-tahun, kista tersebut mampu bertahan terhadap gempuran perubahan dalam kondisi seburuk apapun, kista dalam sedimen "tidur" sampai tiba waktunya matang, berkecambah dan muncul kembali ke permukaan perairan serta membelah diri secara massal, fenomena tersebut menyebabkan ledakan alga berbahaya (Lily & Panggabean, 2006).

### B. Efek *Harmful Alga Bloom* (HAB) Terhadap Organisme Perairan

Istilah ledakan alga berbahaya (HAB), merujuk pada populasi alga dengan kepadatan tinggi yang mengandung racun atau karena dampak negatifnya, secara umum dikenal sebagai organisme eukariotik, bersel tunggal dan mikroskopik sebagian hidup di air tawar dan laut (Faisal et al., 2005). Sejumlah kecil spesies alga menghasilkan hepatotoksin kuat atau neurotoksin yang dapat ditransfer melalui jaring makanan dimana mereka dapat membunuh bentuk kehidupan lain seperti zooplankton, kerang, ikan, burung, mamalia laut dan bahkan manusia yang mengonsumsinya, baik secara

langsung maupun tidak langsung (Faisal et al., 2005; Ibrahim, 2022). Racun yang terdapat di jaringan tubuh fitoplankton HAB dapat terakumulasi dalam tubuh ikan, kerang, dan udang selain itu keberadaan fitoplankton beracun dapat membahayakan kehidupan organisme perairan dan biota laut sebab dapat menurunkan oksigen terlarut, disebut spesies “*anoxic*” (Tungka et al., 2016).

Ledakan populasi fitoplankton juga dapat menutupi permukaan perairan sehingga selain menyebabkan deplesi oksigen, juga dapat menyebabkan gangguan fungsi mekanik maupun kimiawi pada insang ikan (Barokah et al., 2016). Dapat menurunkan kualitas air dan secara fisik menyumbat insang ikan, kerang, dan menyebabkan mati lemas (Al-Aarajy et al., 2001), menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam kolom air (Landsberg et al., 2002) dan melemahkan penetrasi cahaya yang berdampak buruk pada kehidupan organisme bentik (Gallegos et al., 2005).

### **C. Racun Yessotoxin Dinoflagellata**

*Yessotoxin* (YTX) pertama kali diisolasi pada tahun 1986 di Teluk Mutsu, Jepang, dari kelenjar pencernaan kerang *Patinopecten yessoensis* (Murata et al., 1987). YTX diproduksi oleh dinoflagellata fitoplanktonik seperti *Gonyaulax verior* (Khokhar et al., 2018; Mohamed, 2018), *Gonyaulax polyedra* dan *Gonyaulax spinifera* (Paz et al., 2008; Rhodes et al., 2006; Tubaro et al., 2004). Racun tersebut akan menumpuk di jaringan organisme *filter feeder* seperti kerang (Alfonso et al., 2016; Franchini et al., 2010) yang terkontaminasi dinoflagellata penghasil YTX sehingga ikut serta menyebar kedalam rantai makanan (Tubaro et al., 2010). Toksin ini akan terlokalisasi terutama di imunosit dan di kelenjar pencernaan kerang, terdistribusi kedalam jaringan (Franchini et al., 2003) juga di hepatopankreas serta dapat muncul di jaringan otot (Lee et al., 1988; Murata et al., 1987; Yasumoto & Takizawa, 1997).

*Yessotoxin* merupakan senyawa lipofilik yang pada awalnya diklasifikasikan sebagai racun *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP) karena seringkali terdeteksi bersama dengan asam okadaat (OA) dan turunannya (Tubaro et al., 2003). Karena alasan ini, YTX dianggap sebagai DSP selama beberapa tahun (Alfonso et al., 2016). Belakangan, racun ini telah dikeluarkan dari kelompok racun DSP karena asal kemunculan racun secara biologis pada racun DSP dan YTX adalah berbeda (Quilliam, 1999). Racun ini sering ditemukan terdeteksi bersama dengan asam okadaat dan racun lipofilik selama masa ekstraksi kerang untuk *bioassay diarrhetic mice poisoning* (Tubaro & Hungerford, 2007). Oleh karena itu, racun YTX diklasifikasikan terpisah dari DSP dan asam okadaat beserta turunannya sebab adanya perbedaan mekanisme racun (CEE, 2002; Paz et al., 2008) seperti racun tersebut tidak menyebabkan diare (Aune et al., 2002; Tubaro et al., 2008) serta tidak menghambat protein fosfatase (Alfonso et al., 2016). Disisi lain, racun

ini disebut tergolong kedalam racun sitotoksin yang kuat (Bianchi et al., 2004; Konishi et al., 2004; Pérez-Gómez et al., 2006). Potensi sitotoksik pada tingkat yang beragam (*ribotoxic*, apoptosis, *genotoxic*) juga telah dilaporkan untuk YTX (Korsnes & Korsnes, 2017) serta kemampuan efek *neurotoxic* (De La Paz et al., 2022; Pérez-Gómez et al., 2006).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menjelaskan mekanisme aksi dan kemungkinan target YTX pada tingkat sel (Franchini et al., 2010). Gejala dari racun yang dihasilkan oleh YTX mirip dengan gejala yang ditimbulkan oleh racun PSP (*Paralytic Shellfish Poisoning*) (Paz et al., 2008). Banyak penelitian yang menggunakan racun YTX untuk melihat efek racun dengan melakukan perlakuan oral ataupun injeksi intraperitoneal pada mencit untuk mengungkapkan dosis letal DSP seperti yang dilakukan oleh Aune et al. (2008) dan Tubaro et al. (2004). Gejala YTX yang muncul setelah perlakuan injeksi akut pada mencit adalah gelisah, kelelahan dan berakibat mati dengan cepat karena dispnea mendadak, menggigil, melompat, dan kram (Aune et al., 2002; Tubaro et al., 2003). Studi mikroskop elektron mengungkapkan bahwa kerusakan ditemukan pada otot dan jantung (Korsnes et al., 2006; Tubaro et al., 2003) juga pada hati dan pankreas (Aune et al., 2002) juga dilaporkan adanya kerusakan saraf di otak (Franchini et al., 2004a; Franchini 2004b).

Selain itu, YTX memiliki kemampuan dalam menyebabkan kematian sel apoptosis (Alfonso et al., 2016; Aune et al., 2002; Bianchi et al., 2004; Korsnes et al., 2006; Tubaro et al., 2003). Franchini et al. (2010) mengemukakan, secara umum timus dan sistem kekebalan tubuh adalah target utama YTX, setelah injeksi intraperitoneal pada mencit dijumpai kerusakan struktural pada timus dan variasi sel kekebalan, terdapat aksi YTX pada sel saraf yang rentan secara biologis. YTX telah dilaporkan memiliki efek pengaturan imunosit, baik pada mamalia atau kerang, YTX memiliki beberapa hubungan dengan sistem kekebalan atau respon kekebalan (Alfonso et al., 2016) juga berpengaruh pada sistem saraf (Pérez-Gómez et al., 2006).

#### **D. Ikan *Oryzias* Sebagai Ikan Model**

Ikan *Oryzias celebensis* adalah ikan medaka yang dalam bahasa lokal Makassar disebut sebagai ikan binisi (Yaqin, 2021; Hasanah et al., 2019; Nur et al., 2019). Ikan medaka (Gambar 1) dikenal juga dengan nama "*rice fish*" termasuk ikan non konsumsi atau ikan hias yang banyak diminati oleh manusia. Selain itu, ikan binisi merupakan hewan model yang sangat terkenal dan telah banyak digunakan oleh para peneliti di dunia untuk penelitian di berbagai bidang disiplin ilmu, khususnya biologi dan kedokteran sebagai hewan model (Sari et al., 2018).



**Gambar 1.** Ikan Medaka *Oryzias celebensis* pada penelitian ini.

Hewan model umumnya memiliki karakter berukuran kecil, memiliki siklus reproduksi yang pendek dan dapat dipelihara dalam lingkungan yang terkontrol atau di laboratorium (Fahmi et al., 2008). 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), 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 (Yaqin et al., 2021; Yaqin, 2021). Dalam studi ekotoksikologi, ikan dari genus *Oryzias* mempunyai keunggulan sebagai hewan model dibandingkan hewan yang lain dikarenakan ukurannya yang kecil (Horie et al., 2019) sehingga ketika digunakan sebagai hewan model tidak membutuhkan biaya yang besar, ukurannya yang kecil mengurangi limbah laboratorium (Yaqin et al., 2021) media yang digunakan dalam uji relatif sedikit (Kinoshita et al., 2009), mempunyai waktu beregenerasi yang pendek (Iwamatsu., 2004; Horie et al., 2019) sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil eksperimen multi generasi.

Keunggulan lain dari ikan *Oryzias* sebagai hewan model yaitu mudah dalam pembibitan, siklus reproduksi pendek (Ishikawa, 2000; Naruse et al., 1985; Horie et al., 2019). Embrio ikan *Oryzias* mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap berbagai bahan pencemar (González-Doncel et al., 2003; Oxendine et al., 2006). Korion yang keras sehingga dapat diutak atik selama pengamatan tanpa menimbulkan kerusakan (Vignet et al., 2019). Tampilan embrio yang bening dan transparan mempermudah peneliti dalam melakukan pengamatan (Cho et al., 2013; Norrgren, 2012; Oxendine et al., 2006). Oleh karena itu, ikan *Oryzias* memenuhi kriteria dan cukup menjanjikan sebagai hewan model.

#### **E. Embrio Sebagai Model Dalam Bidang Ekotoksikologi**

Penggunaan embrio ikan dalam uji toksisitas akut merupakan sebuah metode pendekatan alternatif yang menjanjikan (Lammer et al., 2009; OECD, 1997). Embrio ikan

semakin banyak digunakan sebagai model baik untuk penilaian efektivitas bahan kimia dan potensi toksisitas (Genest et al., 2019). Ikan dari genus *Oryzias* telah lama digunakan sebagai ikan model dalam uji toksikologi dengan berbagai jenis bahan pencemar (Fachruddin et al., 2022) seperti logam (Yusuff et al., 2018) dan (Woo et al., 2009), pestisida (Kang et al., 2017), limbah farmasi (Chiffre et al., 2016) dan (Kang et al., 2005), mikroplastik (O'Neil, 2017).

Escoffier et al. (2007) telah melakukan percobaan menggunakan embrio medaka Jepang (*Oryzias latipes*) sebagai hewan model untuk menganalisis toksisitas *ocadaic acid* (OA) dan *crude extracts* (CE) *Prorocentrum* dinoflagellata. Studi anatomi patologi dari embrio yang masih hidup mengungkapkan bahwa perlakuan OA menghasilkan peningkatan yang signifikan di daerah hati dan saluran pencernaan dibandingkan dengan kontrol. Embrio yang masih hidup yang diberi perlakuan *P. arenarium* menunjukkan peningkatan kuantitatif yang signifikan dari area tubuh dan vitellus. Hasilnya menunjukkan ekstrak OA murni dan *P. arenarium* menyebabkan toksisitas pada embrio medaka Jepang *Oryzias latipes*. Efek yang timbul pada perkembangan embrio medaka *O. latipes* yang diinkubasi kedalam media yang dipapar dengan OA segera setelah embrio terbuahi, menurunkan tingkat kelangsungan hidup tergantung dosis yang diberikan.

Chen et al. (2020) memaparkan mikroplastik untuk melihat toksisitas pada perkembangan embrio *O. melastigma*. Penelitian tersebut menyelidiki efek dari berbagai konsentrasi *polystyrene* (PS) pada perkembangan awal ikan medaka *O. melastigma*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan PS secara signifikan menunda waktu penetasan, mengubah denyut jantung, dan menurunkan tingkat penetasan embrio, pengaruh PS terutama jalur yang terlibat dalam metabolisme, respons imun, pemrosesan informasi genetik, dan penyakit diperkaya secara signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa mikroplastik *polystyrene* berdampak negatif pada embriogenesis dan respon imun *O. melastigma*.

Ibrahim et al. (2020) telah melakukan percobaan menggunakan hewan model dengan memaparkan bahan kimia berbahaya 3,4-dichloroaniline (3,4-DCA) terhadap embrio medaka Jawa *Oryzias javanicus*. Embrio yang sehat dipapar dengan konsentrasi 3,4-DCA untuk toksisitas akut (5, 10, 25, 50, dan 100 mg/l<sup>-1</sup>) dan toksisitas subletal (0.10, 0.50, 1.25, 2.50, dan 5,00 mg/l<sup>-1</sup>) masing-masing selama 96 jam dan 20 hari. Tidak ditemukan satupun dari embrio yang dipapar 5,00 mg/l<sup>-1</sup> dan 2,50 mg/l<sup>-1</sup> kelompok perlakuan yang bertahan pada akhir percobaan. Hasilnya menunjukkan respon yang bergantung pada konsentrasi. Efek toksisitas 3,4-dichloroaniline (3,4-DCA) ditemukan pada embrio medaka *O. javanicus* dimana konsentrasi efek pengamatan terendah yang menyebabkan deformitas perkembangan adalah 0,5 mg/l<sup>-1</sup>. Embrio medaka Jawa

memiliki sensitivitas yang rendah terhadap toksisitas akut 3,4-DCA, tetapi perkembangan kelainan pada konsentrasi subletal diamati.