

## ORIGINAL ARTICLE

**Pengaruh Paparan Logam Timbal Terhadap Kematian Embrio Ikan Medaka Embrio (*Oryzias Celebensis* Weber, 1894) di Indonesia**Effect of Lead Exposure on Embryonic Mortality of Medaka Fish (*Oryzias Celebensis* Weber, 1894) in IndonesiaIndah Ashary Damayani<sup>a</sup>, Agus Kurniawan B<sup>\*a</sup>, Khusnul Yaqin<sup>b</sup>, Irmawati<sup>b</sup><sup>a</sup>Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Universitas Puangrimaggalatung, Sengkang<sup>b</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Hasanuddin, Makassar

The author(s) and Siganus: Journal of Fisheries and Marine Science/Fakultas Peternakan dan Perikanan

**\*Informasi Artikel**

Received: 2 Maret 2022

Accepted: 20 Maret 2022

**\*Corresponding Author****Agus Kurniawan B**, Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Universitas Puangrimaggalatung, Sengkang. Email: [indahtau@gmail.com](mailto:indahtau@gmail.com)

How to cite: Damayani, I.A., Kurniawan, A., Yaqin, K., Irmawati (2022) Pengaruh Paparan Logam Timbal Terhadap Kematian Embrio Ikan Medaka Embrio (*Oryzias Celebensis* Weber, 1894) di Indonesia. *Siganus: Journal of Fisheries and Marine Science*. 3(2), 215-221

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh paparan logam timbal terhadap embrio dan tingkat kelangsungan hidup Ikan Medaka. Laju proporsional mortalitas dan survival rate embrio ikan medaka yang terpapar logam Pb pada nilai yang berbeda pada konsentrasi 0,02 mg / l, 0,2 mg / l dan 2 mg / l. Pengumpulan data kematian dilakukan setiap jam selama 10 hari dengan mengamati jumlah telur yang mati disamping mengamati kematian juga tingkat kelangsungan hidup. Hasil analisis data mortalitas dengan nilai rata-rata dan standar deviasi didapatkan mortalitas embrio ikan medaka pada kontrol berbeda nyata dengan kelompok kontrol. Dampak toksikologi embrio lebih terlihat pada konsentrasi mortalitas yang lebih tinggi (2 mg/l) dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih rendah (0,02mg / l). Insiden tertinggi sebesar konsentrasi deviasi standar (0,02mg / l). Hasil penelitian membuktikan bahwa semakin tinggi pengaruh konsentrasi logam Pb, maka kematian atau kelangsungan hidup embrio ikan medaka yang umum terjadi di perairan permukaan sungai pattunuang asue semakin rendah.

**Kata Kunci: Mortalitas, ikan medaka, Sungai Pattunuangasue, Indonesia****ABSTRACT**

The present study aimed to determine the mortality of embryo and survival rate of medaka fish exposed to Pb metal. The proportional rate of mortality and survival rate of medaka fish embryos exposed to Pb metal at different values at concentrations of 0.02 mg/l, 0.2 mg/l and 2 mg/l. Mortality data collection was carried out every hour for 10 days by observing the number of dead eggs in addition to mortality also observed survival rates. Mortality data analysis results with the average value and standard deviation obtained mortality of medaka fish embryos at the control were significantly different from the control group. The embryo toxicological impact swere more pronounced in higher mortality concentrations of (2mg/l) compared to lower concentrations (0.02mg/l). Their highest incidence amounted to standard deviation concentrations of (0,02mg/l). The study proved significant the higher the concentration of Pb metals impact, the mortality or the lower the survival rate of medaka fish embryos commonly occurring in surface waters in pattunuang asue river.

**Keywords: Mortality, Embryo, Medaka Fish, Lead Metal, Pattunuang asue River**

## Pendahuluan

Logam timbal mampu mempengaruhi ikan medaka terutama fase pembentukan awal embrio. Logam memberikan efek racun pada tahap penetasan karena tahap ini sulit mentolerir racun. Embrio mengalami kerusakan ataupun kecacatan serta kematian selama perkembangan. Kematian tertinggi embrio terjadi dalam 24 jam pertama setelah pembuahan pada saat perlakuan. Mortalitas embrio sebesar 15% terjadi pada tahap blastula (Yang *et al*, 2009).

Beberapa penelitian tentang akumulasi logam pb pada tubuh kerang darah (*Anadara sp*) yaitu 0,149 mg/kg (Lolo, 2013), ikan selar tetengkek (*Megalaspis cordyla*) yaitu 0,0008 mg/kg (Paundanan, 2015), ikan barakuda (*Sphyraena jello*) yaitu 0,3 mg/kg (Nisurahmah, 2014), kerang hijau *Perna viridis* yaitu 22,81 mg/kg (Pratiwi, 2012), ikan bandeng (*Chanos chanos*) yaitu 3,96 mg/kg (Jayanti, 2015), ikan plati (*Oryzias latipes*) yaitu 947,7 mg/kg (Suhendrayatna, 2014), dan Ikan medaka Sulawesi (*Oryzias celebensis*) yaitu 0,0009 mg/kg (Umrawati, 2016).

Ikan medaka merupakan spesies ikan air tawar endemik dan asli Sulawesi. Kekayaan spesies dan endemisitas merupakan dua komponen yang tidak bisa dipisahkan di alam umumnya pada perairan sungai. Endemisme merupakan gejala yang dialami oleh organisme untuk menjadi unik pada lokasi geografis tertentu (Mamangkey, 2010).

Ikan medaka dijadikan sebagai jenis ikan biomonitoring karena ikan ini mudah dijadikan untuk pemantauan limbah, memiliki karakter biologis khusus seperti ukuran tubuh relatif kecil, siklus hidup panjang, dan mudah untuk diperoleh di perairan (Zhou *et al*, 2008). *Oryzias celebensis* adalah salah satu jenis organisme yang memenuhi kriteria tersebut karena merupakan ikan endemik yang banyak ditemukan di Sulawesi Selatan serta teknik budidayanya telah diketahui. Selain itu, ikan jenis *Oryzias celebensis* tersebut memiliki ukuran tubuh yang relatif kecil, waktu regenerasi yang pendek, embrionya transparan, dan informasi genomiknya telah tersedia cukup lengkap sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai ikan model uji ekotoksikologi (Ansai *et al*, 2012).

Ikan genus *Oryzias* saat ini menjadi ekonomis karena ikan ini banyak digunakan untuk mempelajari berbagai macam penyakit manusia dan memiliki ukuran genom yang telah terpetakan (Magtoon & Termvidchakorn, 2009). Ada beberapa spesies yang memiliki sistem genom sempurna menurut Yamamoto (1969), diantaranya *Oryzias latipes*, *Poecilia reticulata*,

*Poecilia nigrofasciata*, *Xiphoporus variatus*, *Xiphoporus xiphidium*, *Xiphoporus marculatus*, *Xiphoporus milleri*, *Xiphoporus montezumae cortezi*, *Betta splendens*, *Mogruna obscura*, *Cottus pollux*, dan *Carrasius auratus* (Effendie, 2002). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek pb terhadap kematian embrio ikan medaka.

## Metodologi Penelitian

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan April 2020 hingga Desember 2020 di Laboratorium Kualitas Air dan Laboratorium Biologi Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Lokasi Penelitian pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1.

### Populasi dan sampel

Populasi pada penelitian ini adalah populasi ikan endemik medaka yang hidup di perairan Sungai Pattunuangasue Kabupaten Maros, sementara sampel adalah embrio ikan medaka hasil domestikasi induk ikan medaka dipelihara ke wadah yang bervolume 7 liter dengan ukuran diameter 80 cm. Selama pemeliharaan induk ikan medaka diberi pakan jentik nyamuk. Sampel telur medaka dipilih berdasarkan kriteria telur yang bagus yang dicirikan dengan telur yang bening (Iwamatsu, 2004, Lee *et al*, 2015).

### Teknik Pengumpulan Data

Mortalitas dan tingkat kelangsungan hidup ikan medaka yang dipapar dengan logam timbal dianalisis berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 macam perlakuan dan masing-masing perlakuan memiliki 3 ulangan. Sebanyak 15 telur diletakkan di dalam botol ukuran 20 ml. Jumlah botol sebanyak 12 buah disesuaikan dengan perilaku dan kontrol.

Pengumpulan data mortalitas dilakukan setiap jam selama 10 hari dengan mengamati jumlah telur yang mati. Selain mortalitas juga diamati tingkat kelangsungan hidup.

Embrio dipapar dengan seri konsentrasi Pb 0, 0,02, 0,2, 2 mg/l, (Kashiwada *et al*, 2005; Sartika dkk, 2015). Pengambilan larutan dengan menggunakan mikropipet. Pemaparan dilakukan dengan menggunakan rumus pengenceran.

$$v1. m1 = v2. m2$$

Untuk Konsentrasi 0,02 mg/l yaitu  $V1.1000 \text{ ppm} = 20\text{ml}. 0,02 \text{ ml}$

$$= \frac{20.0,02}{1000\text{ppm}} = 0,005\text{ml}$$

Untuk Konsentrasi 0,2 mg/l yaitu V1.1000 ppm = 20ml. 0,2 ml

$$= \frac{20.0,2}{1000ppm} = 0,05ml.$$

Untuk Konsentrasi 2 mg/l yaitu V1.1000 ppm = 20ml. 2 ml

$$= \frac{20.2}{1000ppm} = 0,5ml.$$

### Analisis statistik

Persen kematian diukur dengan persentase mortalitas embrio ikan uji (Sianturi et al 2014):

$$M = \frac{Mt}{Mo} \times 100\%$$

Keterangan,

M : Persentase mortalitas hewan uji (%)

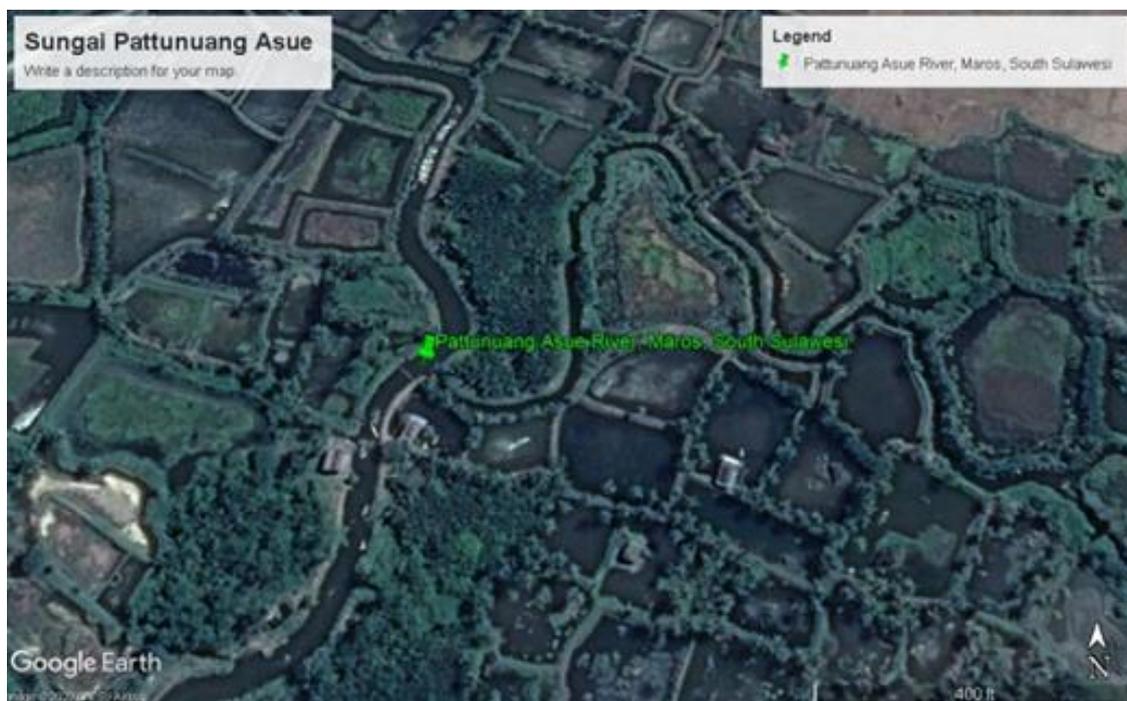
Mt : Jumlah embrio ikan uji yang mati (ekor)

Mo : Jumlah embrio ikan uji awal (ekor).

Tingkat kelangsungan hidup larva dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Survival rate (\%)} = \frac{\text{Jumlah embrio akhir pemeliharaan}}{\text{Jumlah embrio awal pemeliharaan}} \times 100\%$$

Analisis statistik yang digunakan adalah sidik ragam (One Way Anova) dengan nilai signifikan ( $P < 0,05$ ) berpengaruh nyata. Jika data menunjukkan berpengaruh nyata. Dilakukan uji lanjut menggunakan program Microsoft excel dan SPSS.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

### Hasil dan Pembahasan

Pada ikan *Oryzias celebensis weber* yang bahasa lokalnya sebagai ikan binishi (Sari et al, 2018). Penelitian yang ada dilakukan oleh Nurhasanah, et.al. 2019 yang mengukur tingkat matang gonad ikan medaka diketahui bahwa ukuran pertama kali matang gonad pada ikan *Oryzias celebensis weber* adalah jantan, tentunya hal ini mengacu pada kondisi fisik perairan yang penting untuk mengukur tingkat mortalitas, penelitian ini menunjukkan ukuran jumlah kematian yang mengakibatkan gangguan metabolisme dan adanya perbedaan kondisi fisik pada setiap telur ikan medaka.

Hasil mortalitas embrio ikan endemik medaka yang diperoleh selama penelitian di Sungai Pattunuangasue dapat dilihat pada tabel 1.

Mortalitas embrio ikan medaka dimulai pada oktober 2019. Kematian terjadi pada semua konsentrasi 0,02 mg/l, 0,2 mg/l, dan 2 mg/l. Mortalitas dapat dilihat pada tabel 1 semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi mortalitas. Hasil analisis data mortalitas diperoleh mortalitas tertinggi pada konsentrasi 2 mg/l. Tabel 1 menunjukkan konsentrasi 2 mg/l mortalitas rata-rata tertinggi yaitu 0,0096% dengan standar deviasi 0,0004%. Kadar *Pb* akan meningkat bila limbah yang

banyak mengandung unsur logam berat masuk ke dalam lingkungan perairan sehingga terjadi racun bagi organisme perairan (Hutagalung, H.P.1982).

Kelangsungan hidup embrio (*survival rate*) adalah persentase jumlah embrio yang hidup dalam waktu tertentu dari jumlah telur yang dibuahi. Dari pengamatan secara visual terlihat bahwa pada embrio yang hidup, akan tampak terbentuk organ-organ tubuh serta pergerakan-pergerakan, sedangkan embrio yang mati akan tampak berwarna putih keruh. Hasil analisis data (tabel 2) menunjukkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi terdapat pada kontrol (0 mg/l) yaitu 100% dengan standar deviasi 0 % sedangkan tingkat

kelangsungan hidup terendah pada konsentrasi 2 mg/l dengan nilai rata-rata 4,4444% dengan standar deviasi yaitu 3,849%.

Berdasarkan gambar 1 pemaparan pb terhadap embrio *Oryzias celebensis* menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik  $p > 0,05$  antara perlakuan kontrol (0 mg/l) dengan perlakuan 0,02 mg/l, 0,2 mg/l dan 2 mg/l.

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan tingkat kelangsungan hidup embrio ikan medaka terdapat perbedaan nyata antara kontrol (0 mg/l) dengan perlakuan 2 mg/l sedangkan konsentrasi 0,02 mg/l dan 0,2 mg/l tidak terdapat perbedaan nyata.

Tabel 1. Hasil mortalitas embrio ikan endemik medaka yang diperoleh selama penelitian di Sungai Pattunuangasue

Konsentrasi	Ulangan	Jumlah awal	Jumlah mati	Mortalitas
0 mg/l	1	15	0	0.0000
	2	15	0	0.0000
	3	15	0	0.0000
			Rata – rata	0.0000
			Stdev	0.0000
0,02 mg/l	1	15	5	0.0033
	2	15	5	0.0033
	3	15	6	0.0040
			Rata – rata	0.0036
			Stdev	0.0004
0,2 mg/l	1	15	8	0.0053
	2	15	7	0.0047
	3	15	5	0.0033
			Rata – rata	0.0044
			Stdev	0.0010
2 mg/l	1	15	14	0.0093
	2	15	14	0.0093
	3	15	15	0.0100
			Rata – rata	0.0096
			Stdev	0.0004

Tabel 2. Data tingkat kelangsungan hidup embrio ikan medaka *Oryzias celebensis* selama penelitian

Konsentrasi	Ulangan	Jumlah awal	Jumlah akhir	Kelangsungan hidup
0	1	15	15	100.0000
	2	15	15	100.0000
	3	15	15	100.0000
			Rata – rata	100.0000
			Stdev	0.0000
0.02	1	15	10	66.6667
	2	15	10	66.6667
	3	15	9	60.0000

			Rata – rata	64.4444
			Stdev	3.8490
<b>Konsentrasi</b>	1	15	7	46.6667
<b>0.2</b>	2	15	8	53.3333
	3	15	10	66.6667
			Rata – rata	55.5556
			Stdev	10.1835
<b>Konsentrasi</b>	1	15	1	6.6667
<b>2</b>	2	15	1	6.6667
	3	15	0	0.0000
			Rata – rata	4.4444
			Stdev	3.8490

Penelitian ini menunjukkan lemahnya cangkang embrio menyebabkan logam pb mudah masuk pada embrio ikan medaka *Oryzias celebensis* sehingga menyebabkan kematian (tabel 1). Hal ini sesuai dengan pendapat Osaki (2006) bahwa paparan logam pb dengan penggunaan ikan medaka *Oryzias latipes* terdapat kematian pada konsentrasi 0,017 mg/l. Logam berat Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat toksik bagi organisme perairan, dengan konsentrasi tertentu dapat merusak organ-organ dalam jaringan tubuh ikan (Palar 2008).

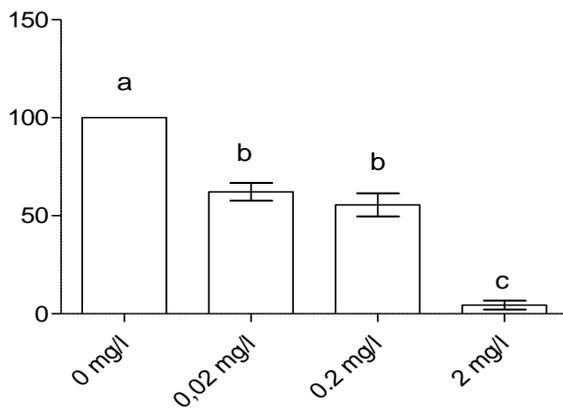
Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam pb semakin rendah tingkat kelangsungan tingkat kelangsungan hidup embrio ikan medaka. Hal ini sesuai dengan pendapat Umrawati (2016), hasil pemaparan logam kadmium (Cd) berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan medaka Sulawesi *Oryzias celebensis* sebesar 47% dan menimbulkan kerusakan jaringan hati berupa nekrosis, hemoragi dan kongesti. Triadayani et al. (2010), menemukan kerusakan pada hati berupa degenerasi melemak, degenerasi hidrofik, hemoragi dan kongesti pada ikan yang terpapar Pb konsentrasi 0,05 ppm, kerusakan berupa hemoragi dan kongesti pada ikan yang terpapar Pb konsentrasi 0,10 ppm dan adanya nekrosis atau kerusakan sel pada ikan yang terpapar Pb konsentrasi 0,15 ppm. Pada penelitian ini konsentrasi rata-rata Pb yang ditemukan pada hati ikan sebesar 0,993 mg/kg.

Kandungan logam berat pada ikan bersifat akumulatif yang akan bertambah setiap waktunya tergantung lama paparan pada ikan. Pada perairan Lhokseumawe-Aceh Utara dengan konsentrasi timbal sebesar 0,10 mg/L (Komarawidjaja et al. 2017), di muara Krung Aceh dengan konsentrasi sebesar 0,106 mg/L (Hadi I et al. 2018). Pengamatan pada pada sampel embrio menunjukkan adanya kerusakan pada sel-sel

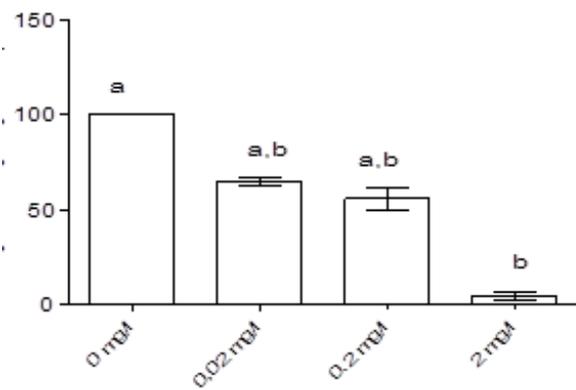
hati ikan yang diambil dari lokasi penelitian. Menurut Arain et al. (2008), kandungan logam berat pada ikan berbeda pada tiap bagiannya.

Berdasarkan gambar 1 adanya perbedaan nyata pada konsentrasi 0,02 mg/l, 0,2 mg/l dan 2 mg/l ( $p > 0,05$ ) menunjukkan setiap konsentrasi memiliki pengaruh terhadap mortalitas embrio medaka sesuai dengan pendapat Sartika et al. (2015), bahwa embrio ikan *Oryzias javanicus* sebagai bioindikator pencemaran logam berat timbal pb di perairan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi timbal pb yang ada dalam wadah maka semakin tinggi konsentrasi logam berat timbal pb yang dapat diakumulasi oleh ikan. Jumlah timbal pb yang terlihat adalah konsentrasi 0 mg/l kontrol yaitu 0%, konsentrasi 0.01 mg/l dibawah ambang batas sekitar 0,00085 mg/l kemudian pada konsentrasi 0,03 mg/l ambang batas sekitar 0,00089 mg/l sedangkan pada konsentrasi 0,05 mg/l diatas ambang batas diperoleh persentase timbal pb sekitar 0,00095 mg/l. Embrio ikan medaka *Oryzias javanicus* dapat bertahan dengan tingkat cemaran timbal pb diatas ambang batas (0,05 mg/l) menunjukkan ikan ini berpotensi sebagai organisme indikator dan nilai tersebut berada di bawah baku mutu yang ditetapkan baik oleh SNI (2009) yakni 0,3 mg/kg, maupun baku mutu FAO/WHO (2004). Tentunya logam berat yang masuk pada hewan besar seperti ikan dan udang bersumber dari makanan dan partikulat yang terdapat dalam air dan sedimen, Prabowo (2005).

Berdasarkan gambar 2, hanya konsentrasi 2 mg/l yang paling berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup embrio ikan medaka. Menurut Sunardi (2004), keberadaannya logam pb di dalam ikan medaka didalam tubuh tidak dapat dikeluarkan lagi sehingga makin lama jumlahnya semakin meningkat dan menumpuk di otak, saraf, jantung, hati, dan ginjal yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerusakan jaringan yang ditempatinya.



Gambar 1. Uji statistik mortalitas embrio ikan medaka (*Oryzias celebensis* Weber, 1894)



Gambar 2. Uji statistik tingkat kelangsungan hidup embrio ikan medaka *Oryzias celebensis* selama penelitian

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis bahwa mortalitas keseluruhan embrio ikan medaka terdapat pada konsentrasi 0,02 mg/l, 0,2 mg/l dan 2 mg/l. Mortalitas embrio dengan nilai rata-rata terendah pada konsentrasi 0 mg/l 0,0000% dengan standar deviasi 0,0000% sedangkan mortalitas tertinggi pada konsentrasi 2 mg/l dengan nilai standar deviasi 0,0096% dengan nilai standar deviasi 0,0004%. Tingkat kelangsungan hidup nilai rata-rata tertinggi yaitu 100% dengan standar deviasi 0,0000% sedangkan terendah pada konsentrasi 2 mg/l nilai rata-rata 4,4444% dengan standar deviasi 3,8490%. Kondisi ini menggambarkan bahwa konsentrasi 2 mg/l tidak layak untuk kelangsungan hidup embrio ikan medaka. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih banyak dan rentan waktu yang agak lama agar hasil diperoleh dapat memberikan informasi yang lebih baik.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih Pemerintah Kabupaten Maros yang mendukung selama penelitian. Penelitian ini didukung oleh Penelitian Universitas Puangrimanggalatung, Kami berterima kasih kepada staf Departemen Ilmu Perikanan di Pusat Penelitian, dan Pusat Penelitian Budidaya Perairan dan Keanekaragaman Hayati Universitas Hasanuddin yang telah menyediakan sampel dan analisis data.

## Daftar Pustaka

[Arain MB, Kazi TG, Jamali MK, Jalbani N, Alfridi HI, Shah A. 2008. Total dissolved and bioavailable Element

in Water and Sediment Samples and Their Accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere*. 70(10): 1845-1856.

Effendie M.I. (2002). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.

[FAO/WHO] Food and Agriculture Association; Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. 2004. Summary of Evaluations Performade by the Jint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives (JECFA 1956-2003). ILSI Press International Life Sciences Institute.

Hadi, I., Suhendrayatna, S., & Muchlisin, Z. A. (2018). Status mutu air dan kandungan logam berat pada air dan sedimen di muara Krueng Aceh, Kota Banda Aceh. *Depik*, 7(2), 91-99.

Hutagalung, H.P dan H. Razak. 1982. Pengamatan Pendahuluan Kadar Pb dan Cd dalam Air dan Biota di Estuari Muara Angke. *Oseanologi*, Indonesia.

Iwamatsu T. (2004). *Stages of normal development in the medaka *Oryzias latipes**. *Departement of Biology. Kariya city. Japan*.

Jayanti, (2015). Visualisasi deposit logam berat timbal (Pb) pada organ hati Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) dengan pewarnaan Rhodizonate melalui Metode Histoteknik. Program Studi Kedokteran Hewan. Fakultas Kedokteran. Universitas Hasanuddin.

Kashiwada et al. (2005). *Toxicity studies of landfill leachates using Japanese medaka (*Oryzias latipes*)*. National Institute for Environmental Studies, Onogawa 162, Tsukuba, Ibaraki 305 8506, Japan.

Ansai, S., Ochiai, H., Kanie, Y., Kamei, Y., Gou, Y., Kitano,

- T., & Kinoshita, M. (2012). Targeted disruption of exogenous EGFP gene in medaka using zinc-finger nucleases. *Development, growth & differentiation*, 54(5), 546-556.
- Lee et al. (2015). *Using medaka embryos as a model system to study biological effects of the electromagnetic fields on development and behavior*. Ecotox and Environment safety (008)187-194.
- Lolo. (2013). Studi Kandungan dan Distribusi Spasial Logam Timbal pada sedimen dan kerang (*Anadara, sp*) di wilayah pesisir Kota Makassar. Fakultas Kesehatan Masyarakat, UNHAS, Makassar.
- Magtoon & Termvdchakorn A. (2009). *A Revised Taxonomi Account of Ricefish Oryzias (Beloniformes, Adrianichthyidae), in Thailand, Indonesia and Japan. The Natural Histori Journal of Chulalongkront Unoversety*. 35-68.
- Nisurahmah. (2014). Kandungan Logam (Hg, Pb, Cd, dan Cu) Pada Ikan Barakuda *Sphyraena jello* (Cuvier, 1829) Di Perairan Pesisir Kabupaten Tangerang. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hasanah, N., & Nurdin, M. S. (2019). Ukuran Pertamkali Matang Gonad Ikan Medaka Endemik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 3(2), 31-35.
- Osaki. (2006). *Toxicity testing of leachate from waste landfills using medaka (Oryzias latipes) for monitoring environmental safety*. Okayama. Japan.
- Paundan. (2015). Kontaminasi Logam Berat (Hg dan Pb) pada Air, Sedimen dan Ikan Selar tetengkek (*Megalaspis cordyla*) di Teluk Palu Provinsi Sulawesi Tengah. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Palar H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta (ID: PT. Rineka Cipta).
- Prabowo R. 2005. Akumulasi kadmium pada daging ikan bandeng. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 1(2): 58-74.
- Pratiwi. (2012). Analisis logam Pb dan Zn dalam Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pesisir Pantai Makassar. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Sartika dkk. (2015). Kajian ikan medaka *Oryzias javanicus* sebagai bioindikator pencemaran logam timbal (pb) di perairan. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Sari, D. K., I. Andriani, and K. Yaqin. 2018. Micromorphological observation of the anterior gut of sulawesi medaka fish (*Oryzias celebensis*). *Int J Current Micro Applied Sci* 7:2942-2946.
- Sianturi dkk. (2014). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu terhadap Ikan Patin (*Pangasius sp.*). Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Suhendrayatna, (2014). Bioakumulasi dan Toksisitas Logam Timbal Terhadap Ikan Plati (*Oryzias latipes*). Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh. Aceh.
- Sunardi. (2004). Cara Alternatif untuk Mengolah Limbah Padat yang Mengandung Merkuri dan Arsen. Merujuk Kasus Buyat.
- Triadayani AE, Aryawati R, Diansyah G. 2010. Pengaruh timbal (Pb) terhadap hati ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Jurnal Maspari*. 01: 42-47.
- Umrawati. (2016). Pengaruh Pemaparan Logam Berat Kadmium (Cd) Terhadap Histopatologi Hati Ikan Medaka Sulawesi. Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Yamamoto. (1969). *Sex Differentiation*, in Fish Physiology Vol.III ed Hoar W.S and D.J Randal. Academic press. P 117-175.
- Yang et al. (2009). *Zebrafish embryos as models for embryotoxic and teratological effects of chemicals*. Institute of Toxicology and Genetics, Forschungszentrum Karlsruhe in the Helmholtz Associaton, Karlsruhe Institute Institute of Technology, PO Box 2871, Beijing, China.
- Zhou. (2008). Biomonitoring: An Appealing Tool for Assesment of Metal Pollution in the Aquatic Ecoosystem. Elsevier. [Online Jurnal]. 84 (3). [Diakses 20 Februari 2022]. Available at. www. Elsevier.com.