

SKRIPSI

**UJI TOKSISITAS DAN ANALISIS HISTOLOGI
DAGING IKAN BETOK (*Anabas testudineus*)
YANG TERPAPAR LOGAM BERAT
KADMIUM (Cd)**

***TOXICITY TEST AND HISTOLOGICAL ANALYSIS OF
CLIMBING PERCH (*Anabas testudineus*)
EXPOSED BY CADMIUM (Cd)***



**Deri Malik
05051281823023**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

SUMMARY

DERI MALIK. Toxicity Test and Histological Analysis of Climbing Perch (*Anabas testudineus*) Exposed by Cadmium (Cd) (Supervised by **MIRNA FITRANI** and **FERDINAND HUKAMA TAQWA**).

Cadmium is the most common heavy metal found in waters after lead (Pb). It can impact the function of fish organs and cause tissue damage in the gills, liver, kidneys, pancreas, and meat, finally impacting the health of the human body that consumes it. The climbing perch is a susceptible fish that may be exposed to cadmium contamination (Cd). This study aimed to perform an acute toxicity test and analyze the LC_{50-96h} of cadmium using a test animal of climbing perch on a laboratory scale and analyze the tissue damage in the flesh of the climbing perch. The research was conducted at the Fisheries Basic Laboratory, Aquaculture Study Program, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, and the Fish Quarantine Center for Quality Control and Safety of Fishery Products in Palembang in January-March 2023. The determination of LC_{50-96h} used the USEPA method. The acute toxicity tests include preliminary and baseline tests using 1 L⁻¹ of climbing perch. The treatment used is P0 treatment, which is control (not exposed to cadmium); P1, which is a concentration of 0.01 mg L⁻¹, P2, which is a concentration of 0.1 mg L⁻¹ and P3 1 mg L⁻¹. The results showed that the P3 treatment with a concentration of 1 mg L⁻¹ had the highest accumulation of heavy metals and the highest percentage of mortality (7.33%) with an LC_{50-96h} value of 19.85 mg L⁻¹. The results of exposure to heavy metal cadmium (Cd) influenced climbing perch meat tissue because the higher the concentration given, the higher the mortality rate and damage to meat tissue. Meat tissue damage occurs in the form of hemorrhage, namely the occurrence of damage to the tissue in the form of tears in the walls of blood vessels due to accumulation of heavy metals.

Key words : *cadmium, climbing perch, heavy metal, probit analysis*

RINGKASAN

DERI MALIK. Uji Toksisitas dan Analisis Histologi Daging Ikan Betok (*Anabas testudineus*) yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd) (Dibimbing oleh **MIRNA FITRANI** dan **FERDINAND HUKAMA TAQWA**).

Logam berat kadmium yang merupakan logam berat paling banyak ditemukan di perairan setelah timbal (Pb). Pencemaran logam berat kadmium pada ikan dapat berdampak pada fungsi organ tubuh dimana ikan akan mengalami kerusakan jaringan pada insang, hati, ginjal, pankreas dan daging. Ikan betok merupakan salah satu ikan yang cukup potensial tercemar logam berat kadmium. Penelitian ini bertujuan melakukan uji toksisitas untuk menganalisis nilai LC₅₀₋₉₆ jam senyawa kadmium (CdSO₄) pada ikan betok sebagai hewan uji pada skala laboratorium dan menganalisis tingkat kerusakan jaringan pada daging ikan betok. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Perairan dan Kolam Percobaan, Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya dan Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Kota Palembang pada bulan Januari-Maret tahun 2023. Uji toksisitas akut meliputi uji pendahuluan dan uji dasar Penentuan LC₅₀₋₉₆ jam dilakukan menggunakan metode USEPA dengan menggunakan kepadatan ikan betok yang sebanyak 1 ekor L⁻¹. Perlakuan yang digunakan adalah perlakuan P0 yaitu kontrol (tanpa kontaminasi kadmium), P1 yaitu penambahan cadmium dengan konsentrasi 0,01 mg L⁻¹, P2 yaitu konsentrasi 0,1 mg L⁻¹ dan P3 1 mg L⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perlakuan P3 dengan konsentrasi 1 mg L⁻¹ memiliki akumulasi logam berat terbanyak dan persentase kematian tertinggi (7,33%) dengan nilai LC₅₀₋₉₆ jam sebesar 19,85 mg L⁻¹. Hasil pemaparan logam berat kadmium (Cd) memberikan pengaruh terhadap jaringan daging ikan betok dikarenakan semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka semakin tinggi tingkat kematian dan kerusakan pada jaringan daging. Kerusakan jaringan daging yang terjadi berupa hemoragi, yaitu terjadinya kerusakan pada jaringan yang berupa perobekan pada dinding pembuluh darah akibat akumulasi logam berat.

Kata kunci : analisis probit, ikan betok, kadmium, logam berat

SKRIPSI

**UJI TOKSISITAS DAN ANALISIS HISTOLOGI
DAGING IKAN BETOK (*Anabas testudineus*)
YANG TERPAPAR LOGAM BERAT
KADMIUM (Cd)**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Perikanan Pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**



**Deri Malik
05051281823023**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

UJI TOKSISITAS DAN ANALISIS HISTOLOGI DAGING
IKAN BETOK (*Anabas testudineus*) YANG TERPAPAR
LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)

SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:

Deri Malik
05051281823023

Indralaya, September 2023

Pembimbing I

Pembimbing II



Mirna Fitriani, S.Pi., M.Si., Ph.D
NIP. 198403202008122002



Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si
NIP. 197602082001121003

Mengetahui,

dan Dekan


Wakil Dekan Bidang Akademik



Prof. Ir. Fidi Pradama, M.Sc. (Hons), Ph.D
NIP. 196606301992032002


Skripsi dengan judul "Uji Toksisitas dan Analisis Histologi Daging Ikan Betok (*Anabas testudineus*)" oleh Deri Malik telah dipertahankan dihadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 September 2023 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji

Komisi Penguji

- | | | |
|---|------------|--|
| 1. Mirna Fitriani, S.Pi., M.Si., Ph.D
NIP. 198403202008122002 | Ketua | () |
| 2. Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si
NIP. 197602082001121003 | Sekretaris | () |
| 3. Danang Yonarta, S.ST.Pi., M.P
NIDN. 0014109003 | Anggota | () |

Indragaya, September 2023
Ketua Jurusan Perikanan




Dr. Ferdinand H. Taqwa, S.Pi., M.Si
NIP. 197602082001121003

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Deri Malik

NIM : 05051281823023

Judul : Uji Toksisitas dan Analisis Histologi Daging Ikan Betok (*Anabas testudineus*) yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd)

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiarasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, September 2023



[Deri Malik]

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lahat pada tanggal 05 Desember 2000. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Orang tua bernama Gunawan Bahri (Ayah) dan Endang Sumartini (Ibu). Pendidikan penulis dimulai dari TK Aisyiyah-Kabupaten Lahat yang diselesaikan pada tahun 2006. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 08 Kota Pagar Alam yang diselesaikan pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama yang diselesaikan pada tahun 2015 di SMP Negeri 5 Kabupaten Lahat dan menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Kabupaten Lahat pada tahun 2018. Tahun 2018 penulis tercatat sebagai salah satu mahasiswa di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur SBMPTN.

Tahun 2020 penulis melaksanakan kegiatan magang di Balai Benih Ikan (BBI) Pagar Alam, Sumatera Selatan dengan judul Pembesaran Ikan Lele (*Clarias batracus*) yang dibimbing oleh bapak Danang Yonarta, S.ST.Pi., M.P. Tahun 2022 penulis melaksanakan kegiatan Praktek Lapangan di Kelompok Agrbisnis Raudhatul Ulum Desa Sakatiga yang dibimbing oleh bapak Danang Yonarta, S.ST.Pi., M.P. Penulis juga aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan HIMAKUA (Himpunan Mahasiswa Akuakultur), penulis juga aktif pada organisasi kedaerahan Ikatan Mahasiswa Lahat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat, Taufik, dan Hidayah-Nya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Ketua Program Studi Budidaya Perairan.
2. Mirna Fitriani, S.Pi., M.Si., Ph.D selaku pembimbing 1 dan Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si selaku pembimbing 2 penulis atas bimbingan, nasehat dan kebaikannya kepada penulis.
3. Danang Yonarta, S.ST.Pi., M.P selaku penguji atas bimbingan, nasehat dan kebaikannya kepada penulis.
4. Retno Cahya Mukti, S.Pi, M.Si selaku pembimbing akademik penulis bimbingan, nasehat dan kebaikannya kepada penulis.
5. Laboratorium Kolam Percobaan dan Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Kota Palembang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menggunakan fasilitas lab.
6. Keluarga penulis Bapak Gunawan Bahri, S.E, Ibu Endang Sumartini, Adik Dany Marcellino, Damar Mahesa Gumay dan Daffa Mahardika Gumay yang senantiasa mendukung untuk terus semangat baik secara moril, materi dan doa kepada penulis.
7. Nona Regina Suci Fitria, S.Pi yang sudah menemani proses perjalanan dari mahasiswa baru menuju S.Pi. Penulis mengucapkan terima kasih untuk doa, perhatian, semangat, bantuan, nasihat dan hal hal baik selama penulisan skripsi ini.

Indralaya, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan dan Kegunaan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Logam Berat.....	5
2.2. Kadmium (Cd)	5
2.3. Ikan Betok	6
2.4. Perairan Rawa	7
2.5. Histologi Ikan.....	8
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	9
3.1. Tempat dan Waktu	9
3.2. Bahan dan Metode.....	9
3.3. Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1. Hasil Uji Pendahuluan dan Uji Toksisitas	17
4.2. <i>Lethal Concentration</i>	18
4.3. Kelangsungan Hidup.....	18
4.4. Pertumbuhan Panjang mutlak dan Bobot mutlak Ikan.....	19
4.5. Histologi Daging Ikan Betok	20
4.6. Kualitas Air	22

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	25
5.1. Kesimpulan	25
5.2. Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 4.1. Hasil analisis histologi daging ikan betok.....	21
---	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Bahan yang digunakan selama penelitian	9
Tabel 3.2. Alat yang digunakan selama penelitian	9
Tabel 4.1. Persentase jumlah kematian ikan betok	17
Tabel 4.2. Nilai <i>Lethal Concentration</i> (LC ₅₀ - 96 jam)	18
Tabel 4.3. Kelangsungan hidup.....	18
Tabel 4.4. Pertumbuhan panjang mutlak dan bobot mutlak.....	19
Tabel 4.5. Kualitas air	22

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Penempatan wadah pemeliharaan.....	33
Lampiran 2. Pertumbuhan ikan.....	34
Lampiran 3. Kualitas air.....	35
Lampiran 4. Amonia awal dan akhir.....	36
Lampiran 5. Nilai LC ₅₀₋₉₆ jam	37
Lampiran 6. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	38

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air memiliki peranan penting dalam bidang perikanan terutama dalam kegiatan budidaya dan produktifitas hewan akuatik (Dauhan *et al.*, 2014). Namun, seringkali terjadi penurunan kualitas perairan yang disebabkan oleh polusi air dimana masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke dalam air sehingga terjadi perubahan struktur air oleh aktivitas manusia maupun proses alami (Pratiwi, 2020). Penurunan kualitas perairan juga dapat disebabkan oleh pencemaran akibat adanya limbah industri yang mengandung logam berat beracun seperti seng (Zn), kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), kobalt (Co) dan merkuri (Hg) yang dapat memasuki lingkungan akuatik sehingga menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik (Hidayati *et al.*, 2020). Logam berat secara alami dapat ditemukan di lingkungan perairan, namun dalam jumlah yang sedikit. Peningkatan logam berat di perairan dapat berasal dari aktivitas manusia seperti pertambangan, industri, dan permukiman warga (Tanjung *et al.*, 2019).

Toksistas atau racun memiliki sifat tunggal dan ada juga yang bercampur, dan keberadaannya di lingkungan perairan akan berinteraksi dengan komponen atau faktor lain di perairan seperti sifat fisik kimia beracun, sifat fisik kimia biologis, dan sumber racun keluar masuk perairan, yang dapat merusak fungsi fisiologis dan struktur jaringan pada biota perairan (Megawati, 2015). Pengaruh logam berat dalam air ditentukan oleh keberadaan logam dalam air dan sedimen, serta jumlah racun dan konsentrasinya dalam air. Ketika logam berat memasuki tubuh, mereka mengalami biokonsentrasi. Logam berat masuk makhluk hidup dari air melalui insang dan kulit, bioakumulasi kontaminan terjadi melalui jalur atau mekanisme, dan biomagnifikasi polutan tumbuh dengan posisi makhluk hidup dalam rantai makanan (Connel dan Miller, 2006).

Menurut temuan Rochyatun *et al.* (2005), kadar logam berat dalam badan air dan sedimen di Sungai Cisadane, Tangerang Banten, berkisar antara 0,001-0,005 mg L⁻¹, Cd 0,001 mg L⁻¹, Cu 0,001 mg L⁻¹, Zn 0,001 mg L⁻¹, dan Ni 0,001-0,003

mg L⁻¹. Peningkatan logam berat Cd dan Cu terjadi pada awal musim hujan karena logam berat yang masuk ke badan air dan tersebar akan terakumulasi dalam lumpur di dasar perairan dan kemudian terakumulasi dalam tubuh organisme akuatik seperti ikan melalui rantai makanan (Riani *et al.*, 2017). Hasil studi Sunarsih *et al.* (2018) nilai rata-rata konsentrasi kadmium di Perairan Rawa Desa Ibul Besar 1 Ogan Ilir, Sumatera Selatan yaitu sebesar 0,277 mg L⁻¹ dengan konsentrasi terendah sebesar 0,017 mg L⁻¹ dan konsentrasi tertinggi yaitu 0,041 mg L⁻¹.

Logam berat memiliki sifat mudah larut dalam air, sulit terdegradasi, dapat mengendap di dasar perairan serta terakumulasi dalam biota air (Cahyani, 2016). Salah satu jenis logam berat yang banyak ditemui di perairan adalah kadmium (Cd). Logam berat kadmium yang merupakan logam berat paling banyak ditemukan di perairan setelah timbal (Pb). Kadmium (Cd) dengan jumlah rendah dapat terserap oleh biota air sehingga dapat menyebabkan terjadinya logam berat terkumpul dan meningkat dalam suatu jaringan tubuh organisme air (Utami *et al.*, 2018). Kadmium di perairan dapat berpindah dari badan perairan melalui proses pengendapan, adsorpsi yang kemudian diserap oleh ikan (Kusumadewi *et al.*, 2015).

Ikan merupakan salah satu organisme perairan yang pada umumnya mampu menghindarkan diri dari pengaruh pencemaran lingkungan. Namun, karena habitat ikan terbatas maka akan sulit bagi ikan untuk menghindarkan diri dari pencemaran lingkungan perairan (Budiati *et al.*, 2014). Ikan yang telah tercemar logam berat kadmium akan berdampak pada fungsi organ tubuh dimana ikan akan mengalami kerusakan jaringan pada insang, hati, ginjal, pankreas dan daging. Menurut temuan Murtini dan Rachmawati (2007), ditemukan kadar logam berat kadmium 0,002 mg L⁻¹ pada ikan betok dan gabus di Waduk Saguling, Jawa Barat. Penelitian Budiman *et al.* (2012) juga menunjukkan adanya kandungan logam berat kadmium pada ikan betok sebesar 0,084 mg L⁻¹ di Sungai Citarum Hulu. Kandungan kadmium juga ditemukan pada jaringan ikan betok yang sebesar 0,011-0,015 mg L⁻¹ di Danau Rawa Taliwang (Khairuddin *et al.*, 2021). Menurut temuan berbagai penyelidikan, ikan betok dapat terkena kadmium logam berat. Logam berat kadmium yang terdapat pada ikan betok dapat mengganggu fungsi organ dan merusak jaringan pada daging ikan.

Penurunan kualitas air suatu perairan yang disebabkan oleh adanya logam berat yang terpapar dan terkontaminasi dalam jangka waktu yang lama di dalam tubuh ikan betok akan berdampak negatif kerusakan jaringan daging ikan. Selain, berdampak buruk bagi ikan kandungan logam berat pada ikan dapat berdampak buruk pada manusia yang mengkonsumsinya. Kadmium biasanya terdapat pada badan perairan sehingga biota air yang berenang di badan air akan mudah terkontaminasi oleh logam berat kadmium. Oleh karena itu perlu dilakukan uji toksisitas logam berat kadmium yang dipaparkan pada ikan betok untuk mengetahui tingkat konsentrasi lethal dan histologi jaringan pada daging ikan betok yang terpapar logam berat kadmium untuk menganalisa bagaimana kerusakan jaringannya.

1.2. Rumusan Masalah

Logam berat kadmium berdampak negatif bagi manusia dan organisme lain yang terpapar kadmium tersebut (Siska dan Salam, 2012). Menurut Legiarsi *et al.* (2020) logam berat kadmium (Cd) memiliki sifat toksik dan sangat berbahaya bagi makhluk hidup, logam berat tersebut dapat berasal dari aktivitas manusia di daratan. Dampak dari keracunan logam berat kadmium pada manusia yaitu dapat menimbulkan gangguan sistem pada ginjal, kelenjar pencernaan, penyakit paru-paru, hati dan tekanan darah tinggi serta kerapuhan pada tulang (Saeni, 1997). Berdasarkan hasil penelitian Sunarsih *et al.* (2018) nilai rata-rata konsentrasi kadmium di Perairan Rawa Desa Ibul Besar 1 Ogan Ilir yaitu sebesar $0,277 \text{ mg L}^{-1}$ dengan konsentrasi terendah sebesar $0,017 \text{ mg L}^{-1}$ dan konsentrasi tertinggi yaitu $0,041 \text{ mg L}^{-1}$. Menurut Tugiyono (2009), ikan merupakan salah satu hewan uji yang digunakan sebagai bioindikator pada pencemaran limbah detergen di perairan. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan adanya bioakumulasi kadmium pada ikan betok yang ditemukan di beberapa perairan dimana ikan yang telah terpapar logam berat akan mengalami kerusakan jaringan pada tubuh seperti insang, hati, ginjal, pankreas dan daging ikan, sehingga perlu dilakukan uji toksisitas logam berat kadmium yang dipaparkan pada ikan betok dan pengamatan kerusakan jaringan pada daging ikan betok yang telah terpapar kadmium.

1.3.Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan melakukan uji toksisitas untuk menganalisis nilai LC_{50} -96 jam senyawa cadmium ($CdSO_4$) pada ikan betok sebagai hewan uji pada skala laboratorium dan menganalisa tingkat kerusakan jaringan pada daging ikan betok. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai ambang batas minimum dan maksimum senyawa kadmium dan dampak paparan logam berat kadmium pada daging ikan betok yang diamati melalui analisis histologi jaringan daging.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. dan Dwirastina, M., 2014. Pengamatan beberapa jenis vegetasi tumbuhan pada perairan rawa asam di Provinsi Bangka Belitung. *Biology Teaching and Learning*, 12(2), 87-90.
- Akbar, J., 2021. *Pakan Ikan Berbasis Bahan Baku Gulma Itik Untuk Pembesaran Ikan Papuyu*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Akbar, J., 2012. *Ikan Betok Budidaya dan Peluang Bisnis*. Yogyakarta: Eja Publisher.
- Akbar, J., Adriani, M. dan Aisiah, S., 2011. Pengaruh pemberian pakan yang mengandung berbagai level kromium (Cr^{+3}) pada salinitas yang berbeda terhadap pertumbuhan ikan betok (*Anabas testudineus*). *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik*, 13(2), 248-254.
- Akhmadi, 2021. Dampak aplikasi gramoxone 276 SL terhadap mortalitas ikan betok (*Anabas testudineus*) pada area lahan pertanian di Kecamatan Teluk Sampit, Kalimantan Tengah. *Journal of Biological Science and Education*, 2(2), 59-65.
- Anggra, A., Muslim dan Muslimin, B., 2013. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan betok (*Anabas testudineus*) yang diberi pellet dengan dosis yang berbeda. *Jurnal Fisheries*, 2(1), 21-25.
- Aliah, R. S., 1981. Perbandingan pertumbuhan dan mortalitas benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) strain majalaya dengan tiga hibridanya. *Karya ilmiah*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Alisa, C. A. G., Albirqi, M. S. dan Faizal, I., 2020. Kandungan timbal dan kadmium pada air dan sedimen perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(1), 21-26.
- Arzad, M., Ratna dan Fahrizal, A., 2019. Pengaruh padat tebar terhadap pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dalam sistem akuaponik. *Median*, 11(2), 39-47.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2006. Lead, cadmium, copper, iron, and zinc in food by atomic absorption spectrophotometry after dry ashing. *Journal of AOAC International*. 9(1), 1-9.
- Budiati, S. R., Dewi, N. K. dan Pribadi, T. A., 2014. Akumulasi kandungan logam berat kromium (Cr) pada ikan betok (*Anabas testudineus*) yang terpapar limbah cair tekstil di Sungai Langsur Sukoharjo. *Unnes Journal of Life Science*, 3(1), 18-23.

- Budiman, T. P., Dhahiya, Y. dan Hamdani, H., 2012. Bioakumulasi logam berat Pb (timbal) dan Cd (kadmium) pada daging ikan yang tertangkap di Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 261-270.
- Boran, M. and Altinox, I., 2010. A review of heavy metals in water, sediment and living organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 10, 565-572.
- Cahyani, N., Batu, L. dan Sulitino., 2016. Kandungan logam berat Pb, Hg, Cd, dan Cu pada daging ikan rejung (*Sillago sihama*) di Estuari Sungai Donan Cilacap Jawa Timur. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3), 267-276.
- Chem, J. P., 2010. Studies on Biosorption of Cadmium on Psidium Guajava Leaves Powder Using Statistical Experimental Design. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2(5), 29-44.
- Connel, D. W. dan Miller, G. J., 2006. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: Universitas Sriwijaya.
- Dauhan, R.E.S., Efendi, E dan Suparmono., 2014. Efektivitas sistem akuaponik dalam mereduksi konsentrasi amonia pada sistem budidaya ikan. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(1), 297-301.
- Effendie, H., 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Effendie, M. I., 2002. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Fernanda, L., 2012. *Studi kandungan logam berat timbal (Pb), nikel (Ni), kromium (Cr) dan kadmium (Cd) pada kerang hijau (Perna viridis) dan sifat fraksionasinya pada sedimen laut*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia. Depok.
- Fitriani, M., Muslim, M. dan Jubaedah, D., 2011. Ekologi ikan betok (*Anabas testudineus*) di perairan rawa banjiran Indralaya. *Agria*, 7 (1), 33-39.
- Guardiola, F. A., Cuesta, A., Meseguer, J., Martinez, S., Sanches, M. J., Sirvent, C. and Esteban, M. A., 2013. Accumulation, histopathology and immunotoxicological effect of waterborne kadmium on gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish and Shellfish Immunology*, 35(3), 792-800.
- Hanafie, A., 2020. Laju pertumbuhan ikan papuyu (*Anabas testudineus* Bloch) sistem bioflok dengan sumber probiotik yang berbeda. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah*, 5 (2), 104-112.
- Hananingtyas, I., 2017. Studi pencemaran kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan tongkol (*Euthynus* sp) di pantai utara Jawa. *Journal Tropical Biology*, 1 (2), 41-50.
- Harmayani, K. D. dan Konsukartha, I. G. M., 2007. Pencemaran air tanah akibat

- pembuangan limbah domestik di lingkungan kumuh. *Jurnal Permukiman Natak*, 5(2), 62-108.
- Hariyadi, S., Suryadiputra, I.N.N. dan Widigdo, B., 1992. *Limnologi Metoda Analisa Kualitas Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hidayati, N. V., Prudent, P., Asia, L., Vassalo, L., Torre, F., Widowati, I., Sabdono, A. and Syakti, A. D., 2020. Assessment of the ecological and human health risks from metals in shrimp aquaculture environment in Central Java, Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(33), 41668- 41687.
- Ihsan, T., Edwin, T., Husni, N. dan Rukmana, W.D., 2018. Uji toksisitas akut dalam penentuan LC₅₀-96h insektisida klorpirifos terhadap dua jenis ikan budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 98-103.
- Irawan, B., 2007. *Dinamika Produktivitas dan Kualitas Budidaya Padi Sawah*. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- International Organization for Standardization (ISO), 1982. *Water Quality Determination of The Inhibition of Mobility of Daphnia magna* Strauss (*Cladocera crustacea*). Switzerland: Organization of Standardization Ind. Geneva.
- Jamin, J. dan Erlangga, E., 2016. Pengaruh insektisida golongan organofosfat terhadap benih ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*) analisis histologi hati dan insang. *Journal Acta Aquatica*, 3(2), 46-53.
- Kuang, S., Le, Q., Hu, J., Wang, Y., Yu, N., Cao, X. and Yan, X., 2020. Effect of p-nitrophenol on enzyme activity, histology, and gene expression in *Larimichthys crocea*. *Comperative Biochemistry and Physiology Part C. Toxicology and Pharmacology*, 228. 108-138.
- Kusumadewi, M.R., Suyasa, I.W.B. dan Berata, I.K., 2015. Tingkat biokonsentrasi logam berat dan gambaran histologi ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang hidup di Perairan Tukad Bandung Kota Denpasar. *Journal Ecotrophic*, 9(1), 25-34.
- Landis, W. G., Solfiel, R. M., Yu, M., 2011. *Introduction to environmental toxicology molecular substructure to ecological landscapes*. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Legiarsi, K., Khairudin. and Yamin, M., 2022. Analysis of, cadmium (Cd) heavy metal content in headsake fish (*Channa striata*) derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 595-601.

- Martuti, N. K. T., Widianarko, B. and Yulianto, B., 2016. Copper Accumulations on *Avicennia Marina* in Tapak, Tugurejo, Semarang, Indonesia. *Water Technology Journal*, 4(1), 40-45.
- Megawati, I. A., 2015. *Uji Toksisitas Deterjen terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. Skripsi. FKIP UMRAH. 1-10.
- Mulyani, Y.S., Yulisman dan Fitriani, M., 2014. Pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipuasakan secara periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 2(1), 1-12.
- Murtini, J. T. dan Rachmawati, N., 2007. Kandungan logam pada ikan, air dan sedimen di Waduk Saguling Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 2(2), 153-159.
- Muslim, M., 2019. *Teknologi Pembenihan Ikan Betok (Anabas testudineus)*. Bandung: PT. Panca Terra Firma.
- Mustakim, M., Sunarno, M. T. D., Affandi, R. dan Kamal, M.M., 2009. Pertumbuhan ikan betok (*Anabas testudineus* Bloch) di berbagai habitat di lingkungan Danau Melintang Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 15(2), 113-121.
- Mutoharoh, I. L., 2019. *Bioakumulasi paparan logam berat cadmium (Cd) pada daging ikan lele (Clarias sp.)* Skripsi. Universitas Negeri Sunan Ampel. Surabaya.
- Nufus, H. dan Radhi, M., 2019. Toksisitas kadmium (Cd) terhadap kesehatan ikan. *Tugas Mahasiswa*.
- Perceka, M. L., 2011. *Analisis deskriptif kemunduran mutu kulit ikan bandeng (Chanos chanos) selama penyimpanan suhu chiling melalui pengamatan histologis*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prabowo, R., 2005. Akumulasi kadmium pada daging ikan bandeng. *Mediargo*, 1(2), 58-74.
- Pratama, R. A., Masluka, L. dan Atmodjo, W., 2021. Pola sebaran horizontal logam berat timbal (Pb) dan Zeng (Zn) pada sedimen di perairan Muara Sungai Kaliagung Tegal. *Jurnal Kelautan*, 14(1), 11-19.
- Pratiwi, C. H. dan Manan, A., 2015. Teknik Dasar Histologi Pada Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(2), 153-158.
- Pratiwi, D. Y., 2020. Dampak pencemaran logam berat (timbal, tembaga, merkuri, kadmium, krom) terhadap organisme perairan dan kesehatan manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59-65.
- Priosoeryanto, B. P, Ersu, I. M., Tiura, R. dan Handayani, S. U., 2010. Gambaran hispatologi insang, usus, dan otot ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*)

- yang berasal dari daerah Ciampea, Bogor. *Indonesian Journal of Veterinary Science and Medicine*, 2(1), 1-8.
- Rachmaningrum, M., Wardhani, E. dan Pharmawati, K., 2015. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeukolot-Nanjung. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 3(1), 1-11.
- Rahmadani, T. B. C. dan Diniariwisan, D., 2023. Pencemaran logam berat jenis kadmium (Cd) di perairan dan dampak terhadap ikan. *Jurnal Ganec Swara*, 17(2), 440-445.
- Rahmana, P., Uun, Y. dan Asus, M., 2013. Perubahan struktur mata dan otak pada larva ikan kerapu tikus (*Cromileptes altivelis*) yang terinfeksi *Viral Nervous Necrosis* (VNN) dengan pemeriksaan *Scanning Microscope* (SEM). *Student Journal*, 1(1), 1-10.
- Riani, E., Johari, H.S. dan Cordova, M.R., 2017. Kontaminasi Pb dan Cd pada ikan bandeng *Chanos chanos* yang dibudidayakan di Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 235-246.
- Rochyatun, E., Kaisupy M.T. dan Rozak, A., 2005. Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara*, 10(1), 35-40.
- Saeni., 1997. *Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat dengan Analisis Rambut*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- Setiawan, H., 2014. Pencemaran logam berat di perairan pesisir Kota Makassar dan upaya penanggulangannya. *Info Teknis EBONI*, 11(1), 1-13.
- Sekewael, S. J., Latupeiriss, J. and Johannes, R., 2015. Adsorption of cd metal using active carbone from cacao shell (*Theobroma cacao*). *Ind. J Res*, 2(3), 197-204.
- Silaban, T.F. dan Santoso, L., 2012. Pengaruh penambahan zeolit dalam meningkatkan kinerja filter air untuk menurunkan konsentrasi amonia pada pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Journal Rekayasa dan Teknologi Akuakultur*, 1(1), 47-56.
- Siska, M. dan Salam, R., 2012. Desain eksperimen pengaruh zeolite terhadap penurunan limbah kadmium (Cd). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 11(2), 173-184.
- Soegianto, A., Primarastri, N. A. dan Winarni, D., 2004. Pengaruh pemberian kadmium (Cd) terhadap tingkat kelangsungan hidup dan kerusakan struktur insang dan hepatopankreas pada udang regang. *Jurnal Berkala Penelitian Hayati*, 10(2), 59-66.
- Sunarsih, E., Faisya, F. A., Windusari, Y., Trisnaini, I., Arista, D., Septiawati, D., Ardila, Y., Purba, G. I. dan Garmini, R., 2018. Analisis paparan kadmium, besi, dan mangan pada air terhadap gangguan kulit pada masyarakat Desa

- Ibul Besar Kecamatan Indralaya Selatan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2), 68-73.
- Supono, 2015. *Manajemen Lingkungan untuk Akuakultur*. Yogyakarta: Plantaxia.
- Susanti, W., Indrawati, A. dan Pasaribu, F. H., 2016. Kajian patogenitas bakteri *Edwardsiella ictaluri* pada ikan patin (*Pangasius* sp). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 15 (2), 99-107.
- Tatangindatu, F., Kalesaran, O. dan Rompas, R., 2013. Studi parameter fisika kimia air pada areal budidaya ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Journal Budidaya Perairan*, 1(2), 8-19.
- Tanjung, R. H. R., Suwito. Purnamasari, V. dan Suharno, 2019. Analisis kandungan logam berat pada ikan kakap putih (*Lates calcalifer*) di Perairan Mimika Papua. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 256-263.
- Tugiyono. 2009. Biomonitoring pengolahan air limbah pabrik gula PT. Gunung Madu Plantation Lampung dengan analisi biomarker: indeks fisiologi dan perubahan histologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains MIPA*, 15(1), 42-50.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2002. *Method for measuring the acute toxicity of effluents and receiving water to freshwater and marine organism*. Washington DC: fifth edition.
- Utami, R., 2018. Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logam berat di perairan. In: Rismawati, W., dan Sapanli, K., eds. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, Palembang 20 Maret 2018. Bogor: Utami, R. Inc 141-153.
- Yudiati, E., Sedjati, S., Enggar, I. dan Hasibuan, I., 2009. Dampak paparan logam berat kadmium pada salinitas yang berbeda terhadap mortalitas dan kerusakan jaringan insang juvenile udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*, 14(4), 29-35.
- Yunianto, D. dan Noerbaeti, E., 2019. Uji Ketahanan Ikan Hias Banggai Cardinal Fish (*Pterapogon kauderni*) terhadap Konsentrasi Oksigen Terlarut. Ambon: Kementerian Perikanan dan Kelautan.
- Zulfahmi, I., Muliari., Akmal, Y., Batubara A.S., 2018. Indeks hepatosomatik dan histopatologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipapar limbah cair kelapa sawit. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(1), 327-332.