



Analysis of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Red Snapper (*Lutjanus malabaricus* (Bloch & Schneider, 1801) at Karangploso Market, Malang Regency, East Java Using the Atomic Absorption Spectrophotometer Method

*(Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Ikan Kakap Merah (*Lutjanus malabaricus*, Bloch & Schneider, 1801) di Pasar Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur Menggunakan Metode Atomic Absorption Spectrophotometer)*

Ma'rifatus Sholeha ^{1✉}, Husain Latuconsina ², dan Hamdani Dwi Prasetyo ²

¹ Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Jalan Mayjen Haryono No. 193, Dinoyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Indonesia

² Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Jalan Mayjen Haryono No. 193, Dinoyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Indonesia

Email: marifatussholeha0@gmail.com, husain.latuconsina@unisma.ac.id, hamdani.dwi@unisma.ac.id

Article Info:

Received : 22 April 2025

Accepted : 28 Mei 2025

Online : 29 Mei 2025

Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword :

Traditional market,
Copper (Cu), Gills,
Stomach, Meat.

Corresponding Author :

Ma'rifatus Sholeha
Universitas Islam Malang
Malang, Indonesia

Email :
marifatussholeha0@gmail.com

Abstract

Malabar blood snapper (*L. malabaricus*) is one of the important economic fish that always sells well in the market. This study aims to determine the presence of heavy metal copper (Cu) in the body of *L. malabaricus* which is traded in the Karangploso market, Malang Regency, East Java and to distinguish the content of heavy metals in the gills, stomach, and meat. The research method used is a descriptive quantitative method, which is carried out by testing in the laboratory using an AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) tool. Analysis of the results of heavy metal examination data on *L. malabaricus* descriptively is displayed in the form of tables and graph. Data analysis using One Way ANOVA. The results of the study showed that there was a content of copper heavy metals in the gills, stomach and meat of *L. malabaricus* with a value ranging from 0.11 mg/kg to 0.16 mg/kg. There was a significant difference in the content of copper heavy metals in the gills and meat and the copper content contained in the gills was more varied. The content of copper heavy metals contained in the gills, stomach and meat of *L. malabaricus* was still below the standard quality limit of 0.20 mg/kg, according to the Regulation of the Food and Drug Supervisory Agency of the Republic of Indonesia Number 5 of 2018 concerning the maximum limit of heavy metal contamination in processed foods with the category of fish food and fish products.



Copyright©2025, Ma'rifatus Sholeha, Husain Latuconsina, Hamdani Dwi Prasetyo

I. PENDAHULUAN

Ikan merupakan sumber daya alam yang dapat pulih, namun dibatasi oleh faktor pembatas alami maupun tidak alami. Faktor pembatas alami adalah ketersediaan makanan, predator, persaingan, memperoleh makanan, persaingan ruang, laju pertumbuhan alami, penyakit dan lainnya.

Sementara itu, faktor pembatas tidak alami adalah yang disebabkan oleh aktivitas manusia (antropogenik), penangkapan berlebihan (*overfishing*), pencemaran dan lainnya. Salah satu bahan pencemaran di perairan yang berdampak buiruk terhadap Kesehatan ikan adalah logam berat (Latuconsina, 2020).

Support by:



Logam berat bersifat persisten di lingkungan, mencemari rantai makanan, dan menyebabkan keracunan saraf pada spesies ikan. Paparan kronis logam berat di lingkungan merupakan ancaman nyata bagi organisme hidup. Kadar logam berat yang lebih tinggi pada biota dapat berdampak negatif terhadap kesehatan ekologis spesies hewan air dan dapat berkontribusi pada penurunan populasinya (Kurniawati *et al.*, 2023). Interaksi logam berat dengan rangsangan kimia pada ikan dapat mengganggu komunikasi ikan dengan lingkungannya, juga dapat memicu kelainan pada bentuk tubuh ikan, yang berpotensi memengaruhi kelangsungan hidup dan tingkat pertumbuhan ikan (Hananingtyas, 2020).

Penelitian mengenai kandungan logam berat pada ikan telah banyak dilakukan. Yolanda *et al.* (2023) melaporkan kandungan tembaga (Cu) pada ikan Lais (*Kryptopterus Apogon*) dari perairan sungai Musi Palembang dengan Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) mendapatkan kandungan logam Cu tertinggi ada pada pasar Sungki 0,128 mg/kg. Hayanti *et al.* (2020) melaporkan cemaran logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam daging ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kluwut Brebes", dengan hasil kandungan logam Pb dan Cd yang terakumulasi dalam daging ikan kakap merah (*Lutjanus sp.*) tertinggi 0,0939 mg/kg untuk Pb dan 0,0953 mg/kg untuk Cd. Meskipun hasil tmeuan yang didapatkan ini masih berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan sesuai peraturan kepala BPOM RI No.05 Tahun 2018 yaitu 0,20 mg/kg untuk Pb dan 0,10 mg/kg untuk Cd, namun jika konsumsi ikan yang telah terkontaminasi logam berat secara terus menerus tentunya akan berakibat fatal karena adanya akumulasi loga berat pada tubuh manusia.

Informasi terkait kandungan logam berat yang berada pada tubuh ikan-ikan ekonomis penting yang dijual di pasar tradisional Karangploso Kabupaten Malang belum pernah dilakukan. Sehingga penelitian analisis kandungan logam berat tembaga (Cu) pada Ikan Kakap Merah (*L. malabaricus*) di Pasar Karangploso penting dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat pada tubuh ikan Kakap merah (*L. malabaricus*) yang merupakan salah satu ikan ekonomis penting dan selalu dijual di pasar tradisional Karangploso Kabupaten Malang Jawa Timur.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 29 Mei hingga 25 Juni 2024, dimulai dari pengambilan sampel di pasar Karangploso, Kabupaten Malang dan proses pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium MIPA UNISMA serta, pengujiannya dilakukan di laboratorium Halal Canter (THC) Universitas Islam Malang.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Oven pengering, labu ukur, erlenmeyer, gelas ukur, tabung reaksi, Pipet tetes, timbangan elektrik, hot plate, lemari asam, corong, lesung dan alu, batang pengaduk, kertas saring, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) tipe AA-6300. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Ikan Kakap Merah (*L. malabaricus*), HNO₃ (asam nitrat), Aquadest 70 %.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei dalam pengambilan sampel dimana metode survei merupakan penyelidikan untuk mengetahui dan memperoleh fakta yang ada di lingkungan sekitar dan mencari keterangan-keterangan penguat secara factual. Pengujian sampel menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) yang dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Halal Canter (THC) Universitas Islam Malang. Penelitian ini dilakukan pada tiga bagian tubuh ikan Kakap Merah yaitu insang, lambung dan daging dengan 5 pengulangan.

a. Survei Lokasi

Pengambilan sampel ikan Kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) diawali dengan survei lokasi penjualan ikan di pasar Karangploso Kabupaten Malang pada tanggal 27 Mei 2024. Pemasokan ikan kakap merah berasal dari Pasuruan, tiba di pasar Karangploso pada tanggal 29 Mei 2024. Pembelian ikan kakap merah di pasar Karangploso memiliki berat 1,5 kg setiap ikan, penelitian ini dilakukan 5 pengulangan sehingga pembelian ikan kakap merah 5 ekor.

b. Proses Preparasi Sampel Ikan Kakap Merah

Ikan kakap merah (*L. malabaricus*) yang telah dibeli diukur panjangnya lebih dari 30 cm, kemudian ikan di potong untuk pengambilan sampel pada insang, lambung dan daging ikan kakap merah.

Pengambilan sampel daging ikan kakap merah diambil pada punggung ikan. Proses perparasi dimulai dengan pembersihan sampel insang, lambung dan daging dicuci kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu 80 °C. Setelahnya, sampel didinginkan suhu ruang. Sampel di haluskan menggunakan lesung dan alu, kemudian ditimbang menggunakan timbangan elektronik sebanyak 1 gram setiap perlakuan dan pengulangan.

Sampel yang telah disiapkan dimasukan kedalam erlemeyer kemudian dimasukan 10 ml HNO₃ dan aquadest 50 ml dipanaskan menggunakan hot plate dengan suhu 200-300 °C selama 3 jam atau sampel menjadi bening. Kemudian, didinginkan di suhu ruang setelahnya, sampel di saring menggunakan kertas penyaring yang disimpan diatasnya corong penyaring. Sampel diambil 10 ml untuk dilakukan analisis logam Cu. Selama proses penggunaan HNO₃ dilakukan di lemari asam.

c. Proses Analisis Logam Pb dan Cu

Proses analisis kandungan logam berat tembaga (Cu) dilakukan di Halal Canter (THC) Universitas Islam Malang, yang dilakukan oleh staf laboran Halal Center. Masukan sampel yang telah disiapkan yaitu sampel insang, lambung dan daging ikan kakap merah (*Lutjanus malabricus*). Kemudian, pengolahan data kandungan logam berat dilakukan oleh staf laboran Halal Center (THC).

2.4 Analisis Data

Perhitungan kandungan logam berat pada sampel dilakukan menurut rumus yang dipakai oleh Fitria *et al.*, (2018), sebagai berikut:

$$K = \frac{DXB}{A}$$

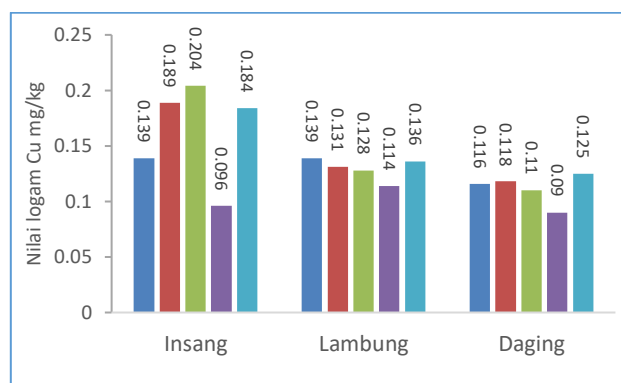
Keterangan : K = Konsentrasi yang sebenarnya dari sampel (mg/kg), D = Kandungan yang dihitung berdasarkan nilai absorbansi (mg/ml), B = Volume sampel (10ml), A = Berat sampel (1g)

Analisis data hasil pemeriksaan logam berat pada ikan Kakap Merah (*L. malabricus*) secara deskriptif yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar. Data dianalisis dengan uji statistik

menggunakan aplikasi microsoft excel metode *One Way ANOVA* untuk menentukan rata-rata dan perbedaan dari paparan logam berat tembaga (Cu) pada ikan Kakap Merah (*L. malabricus*) di 3 bagian tubuh ikan (insang, lambung dan daging) dan 5 pengulangan. Selanjutnya apabila dalam analisis terdapat perbedaan nyata pada perlakuan akan dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT) untuk menentukan kandungan logam berat yang paling tinggi bagian tubuh ikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kandungan logam berat tembaga (Cu) pada insang, lambung dan daging ikan kakap merah (*Lutjanus malabricus*) yang diperjualbelikan di pasar Karangploso Kabupaten Malang. Kandungan logam tembaga dapat di lihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kandunga logam tembaga pada tiga bagian tubuh ikan Kakap merah (*Lutjanus malabricus*)

Gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan logam tembaga tertinggi ada pada insang dan terendah ada pada daging ikan kakap merah (*L. malabricus*) Hal tersebut menunjukkan bahwa insang merupakan bagian terluar dari ikan sehingga menerima paparan logam berat lebih tinggi dari organ tubuh ikan lainnya.

Table 1. Uji ANOVA perbandingan kadar logam berat Tembaga (Cu) pada Insang, Lambung, dan Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus malabricus*)

	F hitung	P-value	F crit (tabel)
Insang	40,50568	0,000217	5,317655
Lambung	79,85775	1,95E-05	5,317655
Daging	79,62374	1,97E-05	5,317655

Berdasarkan uji statistic anova kandungan logam berat tembaga (Cu) pada table 1. Bahwa nilai kandungan logam tembaga (Cu) pada insang, lambung, dan daging memiliki hasil Fhitung > F

table dan P-value < 0,05 ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata kandungan logam berat pada insang, lambung dan daging pada tubuh ikan Kakap merah.

Table 2. Uji ANOVA Perbandingan Nilai Logam Tembaga (Cu) pada Insang, Lambung, dan Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus malabaricus*)

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,363	5	0,07272	37,4	1,41E-10	2,6206
Within Groups	0,046	24	0,00194			
	0,410					
Total	181	29				

Berdasarkan table 2. Hasil uji statistik anova perbandingan kandungan logam tembaga (Cu) pada insang, lambung, dan daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*) memiliki hasil F hitung > F table dan P-value < 0,05 ini menunjukkan perbedaan signifikan antara kandungan logam tembaga (Cu) pada insang, lambung, dan daging ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*).

Tabel 3. Uji BNT Perbandingan Nilai Logam Tembaga (Cu) pada Insang, Lambung, dan Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus malabaricus*)

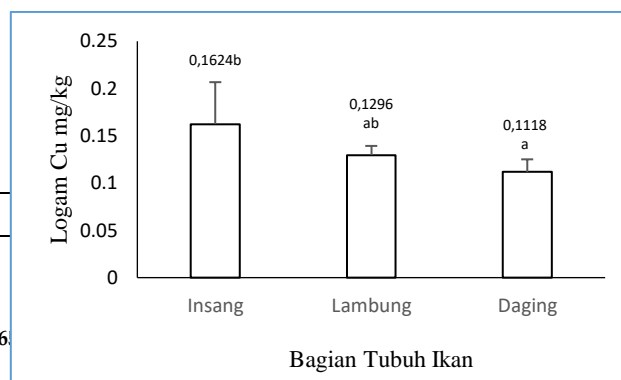
Welch F test in the case of unequal variances: F=4.377, df=7.041, p=0.05816

	Insang	Lambung	Daging		
			0,031	Daging	a
Insang		0,1812	42	Lambung	a b
			0,572		
Lambung	2,686		6	Insang	b
Daging	4,144	1,458			

Hasil uji BNT pada table 3, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata nilai logam tembaga antara insang dengan daging ikan kakap merah, sedangkan nilai logam tembaga antara lambung dengan daging, serta antara lambung dengan insang tidak berbeda nyata.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai rata-rata kandungan logam tembaga (Cu) tertinggi ada pada insang dan terendah ada pada daging ikan kakap merah. Gambar 2, juga dapat dilihat notasi (a) pada daging, (ab) pada lambung dan (b) pada insang ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*). Hal ini, menunjukkan bahwa adanya beda nyata

kandungan logam tembaga antara insang dan daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*).



Gambar 2. Perbandingan nilai rata-rata logam tembaga serta nilai BNT yang terkandung dalam tubuh ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*)

Logam berat tembaga (Cu) pada ikan kakap merah berasal dari berbagai aspek lingkungan perairan dan makanan yang masuk dalam tubuhnya. Pemasokan ikan yang diperjualbelikan berasal dari pasuruan yang merupakan pengepul tangan kedua, pengangkutan yang berasal dari pasuruan disimpan dalam box ikan yang kedap udara dan pengawetan menggunakan es balok, sehingga ikan tetap segar dan tidak terkontaminasi dengan lingkungan luar selama perjalanan ke pasar Karangploso.

Pasuruan merupakan daerah yang memiliki banyak industri seperti industri kimia, tekstil, dan formasi. Sehingga, limbah dari industri tersebut diduga menjadi menyebabkan kerusakan ekosistem dan pencemaran perairan yang mengandung logam tembaga. Selain itu, limbah kegiatan manusia yang membuang limbah di aliran sungai dan tanah dapat terbawa oleh genangan air ketika hujan dan berakhir di perairan laut Pasuruan. Hal tersebut dapat menyebabkan terkontaminasinya logam berat tembaga disedimen dan perairan laut, sehingga dapat berdampak terhadap biota yang hidup di perairan laut pasuruan (Puspita, 2023).

Proses masuknya logam berat tembaga ke dalam insang ikan dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, yang umumnya melibatkan kontaminasi lingkungan dan interaksi antara ikan. Insang ikan merupakan organ pernapasan ikan yang berfungsi sebagai pertukaran gas (oksigen dan karbon dioksida) antara air dan darah. Selama proses ini, logam berat tembaga yang terlarut dalam air dapat terakumulasi dalam jaringan insang yang menyebabkan kerusakan sel dan jaringan insang. Insang juga merupakan organ terluar yang secara

langsung bersentuhan dengan air sehingga kandungan logam berat tembaga pada penelitian ini tertinggi ada pada insang. Hal tersebut, sesuai dengan penelitian Kurniawati dan Budi (2023), masuknya logam berat pada organisme perairan melalui pernapasan.

Ikan kakap merah (*L. malabaricus*) adalah predator yang memangsa ikan kecil dan krustasea yang telah terkontaminasi logam berat tembaga, sehingga lambung ikan yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara makanan yang telah dikonsumsi oleh ikan sebelum diproses lebih lanjut. Lambung membantu memecahkan makanan secara mekanis, lambung mengeluarkan enzim pencernaan dan asam lambung yang membantu memecahkan protein dan komponen makanan lainnya. Logam berat tembaga dapat terakumulasi dalam rantai makanan, dimana predator yang lebih besar mengonsumsi mangsa lebih kecil yang telah terkontaminasi, sehingga meningkatkan konsentrasi logam tembaga dalam lambung ikan. Setelah logam tembaga masuk dalam lambung ikan melalui makanan, logam tembaga akan diserap ke dalam aliran darah dan terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan kakap merah (*L. malabaricus*). Hal tersebut sesuai dengan penelitian Silalahi *et al.*, yang menyatakan bahwa logam berat terakumulasi dalam tubuh ikan dapat melalui makanan yang dikonsumsi oleh ikan dan masuk ke dalam tubuh ikan melalui pencernaan (biomagnifikasi).

Daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*) terdiri dari jaringan otot yang kaya akan protein, lemak, dan nutrisi lainnya. Logam berat tembaga masuk dalam daging ikan kakap merah dapat melalui insang, lambung, dan kulit. Daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*) dapat menyerap logam tembaga yang terlarut dalam air melalui insang saat bernapas. Proses ini melibatkan difusi logam tembaga dari air ke dalam darah ikan. Akumulasi logam berat tembaga dalam jaringan daging melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Selain itu, logam berat tembaga masuk ke dalam daging dapat melalui jaringan kulit (difusi), dimana logam berat tembaga yang berada di perairan dapat berintraksi secara langsung dengan jaringan kulit sehingga, dari jaringan kulit tersebut masuk hingga ke dalam darah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Kristian, yang menyatakan bahwa logam berat masuk ke dalam daging ikan melalui kulit (difusi), saluran pernafasan (insang), dan saluran pencernaan (biomagnifikasi) (Kristian, 2024).

Gambar 1 memperlihatkan bahwa kandungan logam berat tembaga pada ikan kakap merah (*L. malabaricus*) tertinggi terdapat pada insang dan terendah ada pada daging. Hal tersebut dikarenakan fungsi insang sebagai organ respirasi yang berintraksi langsung dengan air. Proses ini memungkinkan insang untuk menyerap zat-zat logam berat tembaga dari lingkungan perairan. Selain itu, insang juga berfungsi sebagai tempat utama untuk detoksifikasi dan berperan dalam mengeluarkan logam berat dalam tubuh ikan, sehingga konsentrasi akumulasi logam berat tembaga lebih tinggi ada pada insang dibandingkan dengan lambung ataupun daging. Insang memiliki jaringan lunak yang lebih rentan terhadap akumulasi logam berat tembaga, sedangkan daging ikan memiliki struktur jaringan yang lebih padat dan stabil yang dapat mengurangi akumulasi logam berat tembaga. Logam berat tembaga cenderung terakumulasi di jaringan yang lebih aktif secara metabolik seperti insang, dibandingkan dengan jaringan daging yang lebih stabil dan kurang aktif (Paundanan, 2020).

Pada penelitian ini kandungan logam berat tembaga (Cu) yang terkandung dalam insang, lambung, dan daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*) masih berada di bawah batas baku mutu konsumsi. Hal ini, sesuai dengan BPOM RI 2018 menyatakan bahwa batas aman kandungan logam berat yang terkandung pada ikan sebesar <0,20 mg/kg. Hal tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Yolanda *at al.*, (2023) memiliki hasil yang masih di bawah batas baku mutu konsumsi yaitu 0,128 mg/kg. Kandungan pada setiap pengulangan, keragaman kandungan logam tembaga tertinggi ada pada insang, dan keragaman kandungan terendah ada pada daging. Hal tersebut dikarenakan insang merupakan organ terluar yang memiliki struktur jaringan lebih renggang yang mengakibatkan kandungan logam beragam pada penelitian ini, sedangkan untuk struktur jaringan daging sendiri padat sehingga keragaman kandungan logam tembaga yang rendah pada daging (Pratiwi, 2019).

IV. PENUTUP

Adanya kandungan logam berat tembaga pada insang, lambung dan daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*) yang masih berada di bawah batas baku mutu konsumsi menurut BPOM RI 2018 menyatakan bahwa batas aman kandungan logam tembaga yang terkandung dalam ikan sebesar < 0,20 mg/kg. Terdapat perbedaan

kandungan logam berat tembaga yang signifikan antara insang dan daging ikan kakap merah (*L. malabaricus*).

REFERENSI

- Fitria, R., Efriyeldi, Rasoel H. 2018. Batas aman konsumsi ikan tongkol pasar dupa Pekanbaru ditinjau dari kandungan logam Pb dan Cu. *Jurnal Lingkungan*. 2 (1).
- Hananingtyas, I. 2020. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus, sp*) di Pasar Ikan Rejomulyo Kota Semarang Analit. *Analytical and Environmental Chemistry*. 3 (1).
- Haryanti, E & Martuti. (2020). Analisis Cemar Logam Berat Timbal dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kliwut Brebes. *Life Science*. 9 (2).
- Kristin, G., Rahardjo, D., & Zerozo. 2024. Analisis Resiko Kesehatan Konsentration Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Ikan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) di Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen. *JIKH: Jurnal Ilmiah Kajian Humaniora*. 8 (6).
- Kurniawati, D & Budi, S D. 2023. Pemeriksaan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Kadmium (Cd) Pada Produk Perikanan di Balai Karantina, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan, Denpasar, Bali. *JMCS (Journal of Marine and Coastal Science)*. 12 (3).
- Latuconsina, H. 2020. *Ekologi Ikan Perairan Tropis*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nafus, H., Rosyidah, A., & Sholihah, A. (2023). Respon Pertumbuhan dan Kandungan Cu Daun Tanaman Bunga Kol (*Brassica oleracea var. botrytis*) Akibat Aplikasi Beberapa Dosis Logam Berat Tembaga (Cu). *Jurnal Agronisme*. 11 (2).
- Nurhamiddin, F., dan Ibrahim, M. H. 2018. Studi pencemaran logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada sedimen laut di pelabuhan Bastiong Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Teknik*. 11 (1): 41-55.
- Paundanan, M., Fajrah, S., & Rikwan. (2020). Kandungan logam berat (Hg, Pb) dan Histopatologi (insang, daging, hati, limpa) ikan selar tetengkek (*Megalaspis cordyla* L) di Teluk Palu. *Envoist Journal*. 1 (1). ISSN: 2721-4761.
- Pratiwi, D. Y., Nugroho, A. P., & Yustiati, A. (2019). Bioakumulasi ion tembaga pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) di instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Bantul. *Akuatika Indonesia*. 4 (2): 57-64.
- Puspita, S. D., Martino, Y. A., & Risandiansyah. R. (2023). Uji Sensitivitas *Pseudomonas aeruginosa* Yang Diisolasi Dari Tanah TPA Daerah Malang Menggunakan Media Selektif Timbal (Pb) Terhadap Ceftazidime dan Gentamicin. jim.unisma.ac.id/index.php/jkkfk/article/view/22343.
- Shilalahi, F.R.W., Zainuri, M., & Wulandari, S.Y. 2023. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) di Perairan Muara Sungai Cisadane Kabupaten Tangerang. *Indonesia Journal Of Oceanography (IJOCE)*. 05 (01). ISSN: 2714-8726.
- Yolanda Putri Nadillaa & Mauritz Pandapotan Marpaung. (2023). Analisis Kandungan Tembaga (Cu) pada Ikan Lais (*Kryptopterus Apogon*) di Perairan Sungai Musi Palembang dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 12(2):170-174. p-ISSN 2302-6715 e- ISSN 2654-7732.