
**DETEKSI DAN KUANTIFIKASI LOGAM TEMBAGA (Cu) DALAM IKAN PATIN
(*Pangasianodon hypophthalmus*) SUNGAI MUSI PALEMBANG
MENGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

**DETECTION AND QUANTIFICATION OF COPPER (CU) IN PATIN FISH
(*Pangasianodon hypophthalmus*) FROM THE MUSI RIVER, PALEMBANG,
USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY**

Indah^{1*}, Risa Astuti², Sarah Hanifah Az-Zahra Anwar³

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

^{2,3}Program Studi Strata-1 Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Kader Bangsa Palembang, Indonesia

* Email corresponding author : indah@mipa.unsri.ac.id

Diterima : 29 Oktober 2025

Disetujui : 29 Desember 2025

Terbit : 31 Desember 2025

ABSTRACT

*Copper (Cu) is a toxic heavy metal that can accumulate in aquatic organisms, including edible fish. The Patin fish (*Pangasianodon hypophthalmus*) is an effective bioindicator for assessing heavy metal contamination in the Musi River, Palembang. This study determined Cu concentrations in Patin fish collected from three locations: Kuto Batu, 10 Ulu, and 5 Ulu, using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Cu levels were 0.60819 mg/kg (Kuto Batu), 1.08638 mg/kg (10 Ulu), and 1.01736 mg/kg (5 Ulu), all within the maximum limits for food safety. However, these results highlight the potential for Cu exposure in the Musi River ecosystem, which may pose cumulative risks to food safety and public health if concentrations increase over time.*

Keywords: patin fish, heavy metal, atomic absorption spectrophotometry

ABSTRAK

Logam berat tembaga (Cu) merupakan salah satu kontaminan lingkungan yang bersifat toksik serta berpotensi terakumulasi dalam jaringan organisme akuatik, termasuk ikan konsumsi. Ikan Patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) berperan sebagai bioindikator yang efektif dalam menilai tingkat pencemaran logam berat di perairan Sungai Musi, Palembang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar Cu pada jaringan ikan Patin yang diperoleh dari tiga lokasi berbeda, yaitu Kuto Batu, 10 Ulu, dan 5 Ulu. Dilakukan secara kuantitatif dengan memanfaatkan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Analisis yang dilakukan mengindikasikan bahwa kadar logam Cu pada ikan Patin dari ketiga lokasi masih memenuhi dari batas maksimum yang ditetapkan sebagai bahan pangan, dengan total kadar yang beragam yaitu 0,60819 mg/kg (Kuto Batu), 1,08638 mg/kg (10 Ulu), dan 1,01736 mg/kg (5 Ulu). Meskipun demikian, temuan ini mengindikasikan adanya potensi paparan logam Cu dalam ekosistem perairan Sungai Musi yang dapat menimbulkan risiko

akumulatif terhadap keamanan pangan dan kesehatan masyarakat apabila terjadi peningkatan kadar logam di masa mendatang.

Kata kunci: ikan patin, logam, spektrofotometri serapan atom

PENDAHULUAN

Ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang sering dijadikan sumber protein bagi masyarakat dan termasuk dalam ikan konsumsi yang populer di sepanjang Sungai Musi, Palembang, serta memiliki nilai ekonomi penting berfungsi sebagai sumber protein dari hewan. Tingginya frekuensi konsumsi ikan patin menjadikan aspek keamanan pangan sebagai isu krusial, terutama terkait potensi cemaran logam berat yang dapat terakumulasi dalam jaringan ikan. Meningkatnya aktivitas antropogenik di sepanjang aliran Sungai Musi, seperti industri, transportasi air, dan pembuangan limbah domestik, berpotensi meningkatkan kadar logam berat di perairan, termasuk logam tembaga (Cu). Logam Cu bersifat esensial dalam jumlah kecil, namun dapat menjadi toksik dan menimbulkan efek bioakumulatif jika melebihi ambang batas tertentu (Sumantriyadi *et al.*, 2017). Pada konsentrasi tinggi, Cu diketahui dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada ikan, serta berpotensi terakumulasi dalam jaringan melalui mekanisme bioakumulasi dan biomagnifikasi di sepanjang rantai makanan. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai kadar Cu pada ikan patin sebagai upaya penilaian risiko paparan logam berat terhadap keamanan pangan masyarakat sekitar Sungai Musi.

Penelitian mengungkapkan bahwa konsentrasi tembaga (Cu) pada ikan air tawar di beberapa sungai besar di Indonesia relatif bervariasi, namun sebagian besar masih berada di bawah ambang batas maksimum cemaran logam berat yang ditetapkan oleh FAO/WHO sebesar 2 mg/kg (Lubis *et al.*, 2014). Penelitian di Sungai Musi pada ikan lais berkisar antara sungai musiki sebesar 0,58 mg/kg, 0,13 mg/kg, dan $0,23 \pm 0,12$ mg/kg (Marpaung, 2023). Penelitian Danau Rawa Taliwang pada ikan gabus menunjukkan kadar tembaga sebesar 0,679 mg/kg (Kirana *et al.*, 2022). Kadar Cu yang terdeteksi masih berada dalam batas aman; namun, keberadaan Cu dalam jaringan ikan mengindikasikan adanya akumulasi unsur logam berat di habitat perairan, khususnya pada area yang berdekatan dengan kawasan industri dan pemukiman padat (Dianira Prastiwi *et al.*, 2022).

Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu di Sungai Musi masih berfokus pada jenis ikan tertentu dan belum secara spesifik mengevaluasi ikan patin sebagai ikan konsumsi utama masyarakat. Selain itu, kajian yang mengintegrasikan analisis kadar Cu dengan implikasinya terhadap keamanan pangan dan kesehatan masyarakat masih relatif terbatas. Padahal, paparan logam berat melalui konsumsi ikan secara kronis, meskipun berada di bawah ambang batas maksimum, berpotensi menimbulkan risiko kesehatan jangka panjang apabila dikonsumsi secara terus-menerus. Ikan patin memiliki karakteristik biologis dan ekologi yang memungkinkan terjadinya akumulasi logam berat, baik melalui pakan maupun penyerapan langsung dari perairan. Oleh karena itu, ikan ini berpotensi digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat di perairan Sungai Musi. Evaluasi kadar Cu pada jaringan ikan patin menjadi penting tidak hanya untuk menggambarkan kondisi kualitas perairan, tetapi juga untuk menilai tingkat keamanan ikan sebagai bahan pangan bagi masyarakat sekitar sungai.

Mempertimbangkan pentingnya aspek keamanan pangan dan kesehatan masyarakat, pemantauan kadar logam berat pada ikan konsumsi menjadi hal yang sangat diperlukan. Pengujian kadar tembaga (Cu) pada ikan patin yang hidup di perairan Sungai Musi penting dilakukan sebagai

upaya awal untuk menilai sejauh mana pencemaran logam berat terjadi. di ekosistem tersebut serta potensi risiko bagi kesehatan manusia akibat konsumsi ikan yang terkontaminasi. Ikan patin dipilih karena berperan sebagai sumber protein utama bagi penduduk yang tinggal di wilayah sungai. dan dapat menjadi indikator bioakumulasi logam berat. Fokus dari penelitian ini untuk menentukan kadar logam Cu dalam jaringan ikan patin yang dikumpulkan dari beberapa lokasi berbeda di Sungai Musi dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), serta mengevaluasi implikasi hasil tersebut terhadap keamanan pangan dan kesehatan masyarakat setempat. Informasi yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar bagi upaya pemantauan kualitas perairan, pengelolaan sumber daya perikanan, dan strategi mitigasi risiko pencemaran logam berat bagi konsumen.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Gelas kimia (Iwaki CTE33), labu ukur (Pyrex), neraca analitik (BEL), gelas ukur (Pyrex), volume pipet (Pyrex), corong kaca (Normax) membrane filter, oven (PH-050 A Dry box), blender (Philips), pisau, alat spektrofotometer serapan atom (SSA) (Thermo Scientific iCE 3000 Series). Bahan yang digunakan yaitu larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm (Certifur Merck), larutan standar besi (Fe), larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (Merck), HNO_3 (Merck), H_2O_2 30% (Merck) dan akuades.

Determinasi Sampel

Penelitian berlangsung di Laboratorium Zoologi, FMIPA, Universitas Lampung, menggunakan tiga ekor ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) yang diperoleh dari tiga titik pengambilan berbeda di perairan Sungai Musi, Kota Palembang. Identifikasi spesies dilakukan dengan menelaah ciri-ciri morfologi dari setiap sampel ikan yang telah dikumpulkan.

Preparasi Sampel

Persiapan sampel dilakukan melalui proses destruksi, yang diterapkan dengan metode destruksi basah menggunakan *hot plate* sebagai media pemanasan. Sampel sebanyak ± 3 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan 8 mL HNO_3 pekat (65%) dan 2 mL H_2O_2 secara perlahan dan dicampur hingga homogen di dalam lemari asam (Ramdanawati et al., 2017). Pemanasan dilakukan menggunakan *hot plate* dengan suhu pemanasan 180°C selama 60 menit (Sihlahla et al., 2023). Setelah proses destruksi selesai, campuran dibiarkan hingga mencapai suhu kamar untuk memastikan kestabilan termal larutan. Hasil destruksi disaring menggunakan membran filter guna memisahkan partikel padat atau residu yang tidak terlarut. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur berkapasitas 10 mL. Larutan kemudian diencerkan dengan akuades sampai mencapai garis batas pada leher labu, sehingga dihasilkan larutan dengan volume dan konsentrasi yang terstandarisasi untuk keperluan analisis berikutnya (Yuniar et al., 2023).

Penetapan Kadar Tembaga (Cu)

Larutan induk $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 1000 mg/L (ppm) disiapkan dengan cara memasukkan sejumlah larutan ke dalam labu takar berkapasitas 100 mL. Pembuatan larutan standar seri dilakukan dengan memipet masing-masing 2,5 mL, 5,0 mL, 7,5 mL, 10,0 mL, dan 12,5 mL dari larutan induk ke dalam labu takar 25 mL. Masing-masing labu diisi dengan aquadest hingga tanda batas, kemudian dihomogenkan. Larutan seri standar tersebut digunakan untuk penyusunan kurva kalibrasi logam tembaga (Cu) pada analisis menggunakan instrument Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Data absorbansi dari larutan standar digunakan untuk menentukan

persamaan regresi linier, yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi Cu dan nilai absorbansi. Persamaan garis regresi ini digunakan untuk menghitung kadar Cu dalam sampel berdasarkan absorbansi hasil pengukuran.

Uji Kadar Logam Tembaga (Cu)

Penentuan kadar tembaga (Cu) dalam sampel dilakukan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum 324 nm yang merupakan kondisi optimum untuk analisis Cu (Dewi et al., 2021). Sebelum analisis sampel, kurva kalibrasi disusun menggunakan larutan standar Cu dengan variasi konsentrasi. Nilai absorbansi larutan standar diukur dan diplot terhadap konsentrasi untuk memperoleh hubungan linier antara konsentrasi Cu dan absorbansi. Linearitas metode dievaluasi menggunakan analisis regresi linier, dan persamaan regresi yang diperoleh digunakan sebagai dasar penentuan konsentrasi Cu dalam larutan sampel. Larutan sampel hasil preparasi dianalisis menggunakan SSA pada kondisi operasional yang sama dengan larutan standar. Konsentrasi Cu dalam larutan sampel ditentukan berdasarkan persamaan regresi dari kurva kalibrasi. Kadar Cu dalam sampel dihitung dengan mengonversi konsentrasi Cu dalam larutan hasil analisis menjadi kadar Cu dalam sampel, yang dinyatakan dalam satuan mg/kg, menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Logam Cu, Fe dan Pb (mg/kg)} = \frac{\text{Konsentrasu sampel } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times \text{volume l (liter)} \times \text{FP}}{\text{berat sampel yang ditimbang(kg)}}$$

Analisis Data

Kurva kalibrasi tembaga (Cu) disusun menggunakan larutan standar dan dianalisis dengan regresi linier untuk memperoleh persamaan kalibrasi. Linearitas metode dievaluasi berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2). Kadar Cu dalam sampel ditentukan secara kuantitatif dengan memasukkan nilai absorbansi hasil pengukuran ke dalam persamaan regresi, setelah dikoreksi terhadap blanko. Konsentrasi Cu dalam larutan sampel dihitung dan dinyatakan dalam satuan mg/L. Nilai konsentrasi Cu selanjutnya dikonversi menjadi kadar Cu dalam sampel (mg/kg) dengan mempertimbangkan volume akhir larutan, faktor pengenceran, dan berat sampel awal. Data kadar Cu disajikan sebagai nilai rata-rata \pm simpangan baku dan dibandingkan dengan batas maksimum cemaran logam berat yang berlaku untuk mengevaluasi aspek keamanan pangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

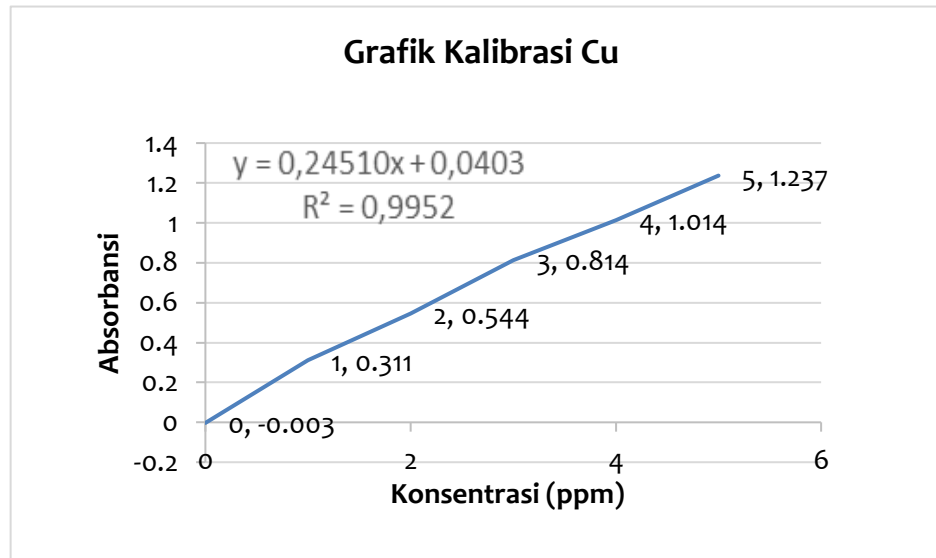
Determinasi Sampel

Proses identifikasi spesies sampel ikan dilakukan di Laboratorium Zoologi, FMIPA, Universitas Lampung, dengan menggunakan metode taksonomi klasik berdasarkan karakter morfologi eksternal seperti bentuk tubuh, ukuran sirip, pola warna, dan struktur insang. Hasil pemeriksaan secara menyeluruh menunjukkan bahwa seluruh sampel yang dianalisis sesuai dengan ciri-ciri morfologi *Pangasianodon hypophthalmus*, sehingga dapat dipastikan bahwa spesies yang diteliti adalah *P. hypophthalmus*.

Kurva kalibrasi Cu

Analisis kalibrasi didapat dengan cara menentukan nilai serapan dan konsentrasi larutan standar pada panjang gelombang 324 nm. Pada berbagai tingkat konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm,

4 ppm dan 5 ppm. Sehingga diperoleh pengukuran yang didasarkan pada kurva kalibrasi dengan persamaan garis regresi yaitu $Y = 0,24510x + 0,0403$.



Gambar 1. Grafik Kurva Kalibrasi Cu

Berdasarkan kurva yang telah didapat maka dapat diketahui linieritasnya adalah 0,9952. nilai tersebut telah memenuhi syarat keberterimaan bahan acuan yang digunakan yaitu sebesar $r \geq 0,995$ menurut SNI 6989.6 2009 (Nurlaili *et al.*, 2019). sehingga kurva kalibrasi yang digunakan dinyatakan valid untuk keperluan analisis kuantitatif. Linearitas yang tinggi mencerminkan bahwa respon instrumen meningkat secara proporsional terhadap kenaikan konsentrasi Cu dalam rentang konsentrasi yang dianalisis, serta menunjukkan stabilitas kondisi operasional instrumen selama proses pengukuran.

Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang melaporkan kinerja linearitas metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yang sangat baik untuk analisis Cu pada berbagai matriks, termasuk jaringan ikan dan perairan, dengan nilai koefisien korelasi umumnya berada di atas 0,995. Kesamaan nilai linearitas tersebut menunjukkan bahwa metode SSA merupakan pendekatan analitik yang andal dan konsisten untuk penentuan Cu pada tingkat konsentrasi rendah, serta memiliki tingkat sensitivitas yang memadai untuk studi keamanan pangan dan pemantauan lingkungan perairan.

Tingginya nilai linearitas kurva kalibrasi secara langsung berdampak pada keandalan hasil penentuan kadar Cu dalam jaringan ikan patin. Integrasi nilai absorbansi sampel ke dalam persamaan regresi yang valid memungkinkan estimasi konsentrasi Cu yang akurat dan dapat direproduksi, sehingga meminimalkan ketidakpastian analitik dalam perhitungan kadar logam. Hal ini menjadi penting mengingat ikan patin merupakan ikan konsumsi utama masyarakat di sekitar Sungai Musi, sehingga ketepatan data kadar Cu sangat menentukan dalam evaluasi tingkat cemaran logam berat dan potensi risiko paparan bagi konsumen.

Dengan terpenuhinya kriteria linearitas dan konsistensi dengan hasil penelitian terdahulu, data kadar Cu yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dianggap memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi. Oleh karena itu, hasil analisis Cu pada ikan patin tidak hanya merefleksikan kondisi kualitas perairan Sungai Musi, tetapi juga dapat digunakan sebagai dasar ilmiah yang kuat dalam

penilaian keamanan pangan serta perumusan strategi pengelolaan dan pengendalian pencemaran logam berat di ekosistem perairan tersebut. Hasil pengukuran kadar logam Cu pada sampel ikan patin dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Hasil penetapan kadar logam Cu pada sampel ikan patin

Sampel	Replikasi	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Kadar logam Cu (mg/kg)
Kuto batu	1	0,080	0,1610	0,67083
	2	0,095	0,2238	0,93250
	3	0,112	0,2931	0,22125
	Rata-rata			0,60819
10 Ulu	1	0,099	0,2395	0,99791
	2	0,140	0,4082	1,70083
	3	0,073	0,1345	0,56041
	Rata-rata			1,08638
5 Ulu	1	0,103	0,2543	1,05958
	2	0,107	0,2703	1,12625
	3	0,091	0,2079	0,86625
	Rata-rata			1,01736

Tabel perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sampel ikan patin mengandung Cu dengan kadar yang beragam untuk setiap sampel. Setelah di rata-rata kan kadar yang didapat yaitu kuto batu 0,60819 mg/kg, 10 ulu 1,08638 mg/kg, dan 5 ulu 1,01736 mg/kg sehingga didapatkan bahwa kadar logam Cu tertinggi terdapat pada sampel ikan Patin 10 Ulu. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam tembaga (Cu) pada ikan patin masih di bawah ambang batas aman yang ditetapkan untuk produk perikanan. Logam tembaga merupakan unsur mikro penting bagi organisme hidup karena berperan dalam proses enzimatik, sintesis hemoglobin, dan metabolisme energi. Meski demikian, akumulasi tembaga yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik, seperti kerusakan hati dan gangguan sistem saraf pada manusia (Grochowski et al., 2019). Keputusan resmi Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89 menetapkan kadar maksimum logam tembaga yang diperbolehkan pada ikan serta produk olahan laut adalah 20,0 mg/kg (Yunanmalifah et al., 2021).

Kadar tembaga (Cu) yang tinggi pada ikan patin di lokasi 10 Ulu dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme kimia dan ekotoksikologi. Secara kimia, tembaga di perairan biasanya hadir dalam bentuk ion Cu^{2+} atau kompleks terlarut dengan ligan organik maupun anorganik, seperti humus, klorida, sulfat, dan senyawa organik dari limbah pertanian (Khairuddin et al., 2025). Ion Cu^{2+} bersifat reaktif dan mudah berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH) atau karboksil (-COOH) dalam protein jaringan ikan, sehingga terjadi akumulasi bioinorganik dan bioorganik di jaringan otot dan organ dalam ikan (Agus, 2025).

Limbah pertanian yang mengandung senyawa tembaga, misalnya CuSO_4 (tembaga sulfat) yang digunakan sebagai fungisida, dapat terlarut di aliran sungai. Ion Cu^{2+} yang terlarut dapat diserap oleh ikan melalui insang dan saluran pencernaan, kemudian berikatan dengan metallothionein atau protein pengikat logam lainnya, membentuk kompleks stabil yang menumpuk

dalam jaringan otot (Hanson & Stefan, 2007). Selain itu, aktivitas kapal yang menggunakan cat antifouling berbasis CuO dapat melepaskan tembaga oksida ke perairan. Dalam kondisi perairan yang sedikit asam atau memiliki kandungan organik tinggi, CuO dapat terlarut membentuk ion tembaga (Donnelly *et al.*, 2022).

Ion Cu²⁺ ini kemudian mengikuti jalur bioakumulasi yang sama, meningkatkan kadar tembaga pada ikan. Fenomena ini diperkuat oleh kondisi Sungai Musi yang memiliki aliran dari hulu ke hilir; ion Cu²⁺ yang terbawa aliran dan tidak terserap di hulu cenderung terakumulasi di bagian hilir, menjelaskan tingginya kadar di lokasi 10 Ulu.

Secara keseluruhan, dugaan kimia ini mendukung hasil empiris yang menunjukkan bahwa kadar tembaga di ikan patin lebih tinggi di hilir dibandingkan lokasi lain, tetapi masih berada di bawah batas aman menurut standar Dirjen POM (20 mg/kg) maupun FAO/WHO (2 mg/kg). Proses kimia ini juga menunjukkan bahwa pengelolaan sumber pencemar logam Cu, baik dari pertanian maupun aktivitas pelabuhan, sangat penting untuk mencegah akumulasi berlebihan yang dapat berdampak pada rantai makanan dan kesehatan manusia (Citra & Finatsiyatull, 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Ikan Patin yang diperoleh dari Kuto Batu, 10 Ulu dan 5 Ulu terdapat kandungan logam Cu namun masih di bawah batas standar maksimum pencemaran logam.

Saran

Perlu dilakukan pemantauan berkala terhadap kualitas perairan di wilayah Kuto Batu, 10 Ulu, dan 5 Ulu memastikan nilai konsentrasinya tidak melebihi batas maksimum menurut standar nasional maupun internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Salim, A. (2025). *Ebook Kimia Lingkungan*.
- Citra, P., & Finatsiyatull, D. (2024). Kandungan Nutrisi dan Manfaatnya terhadap Kesehatan : Studi Eksplorasi Potensi Pangan Fungsional Wilayah Lampung. *Food Science and Technology Proceedings*, 1–9.
- Dewi, L., Hadisoebroto, G., Anwar, K., Farmasi, J., Al-ghifari, U., & Atom, S. S. (2021). *p- ISSN 2338-6851/ e-ISSN 2723-1887*. 9(2), 15–24.
- Dianira Prastiwi, A., Kuntjoro, S., Biologi, J., Matematika, F., Pengetahuan, I., Universitas, A., & Surabaya, N. (2022). Analisis Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) pada Kangkung Air (*Ipomea aquatica*) di Sungai Prambon Sidoarjo Analysis of Copper (Cu) Levels in Water Spinach (*Ipomea aquatica*) in Prambon River Sidoarjo. *LenteraBio*, 11(2010), 405–413. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index405>
- Donnelly, B., Sammut, K., & Tang, Y. (2022). Materials Selection for Antifouling Systems in Marine Structures. *Molecules*, 27(11). <https://doi.org/10.3390/molecules27113408>
- Grochowski, C., Blicharska, E., Baj, J., Mierzwińska, A., Brzozowska, K., Forma, A., & Maciejewski, R. (2019). Serum iron, magnesium, copper, and manganese levels in alcoholism: A systematic review. *Molecules*, 24(7). <https://doi.org/10.3390/molecules24071361>
- Hanson, M., & Stefan, H. (2007). Side effects of 58 years of copper sulfate treatment of the Fairmont Lakes, Minnesota. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 20, 889–900. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1984.tb04797.x>
- Khairuddin, Yamin, M., & Kusmiyati. (2025). The Analysis of Pb Content in Tilapia Fish from Taliwang Lake. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 1180–1187.

- Kirana, G. C., Khairuddin, K., & Yamin, M. (2022). Analyss of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Cork Fish From Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 1033–1039. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3957>
- Lubis, D., Said, I., & Suherman, S. (2014). Akumulasi Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Ikan Kuniran (*Upeneus Sulphureus*) di Perairan Estuaria Teluk Palu. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(2), 66–72.
- Marpaung, M. (2023). Analisis Kandungan Tembaga (Cu) Pada Ikan Lais (*Kryptopterus Apogon*) Di Perairan Sungai Musi Palembang Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa). *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 12(2), 170–174. <https://doi.org/10.31186/naturalis.12.2.25384>
- Nurlaili Qodariah, R., Dian Wijayanti, R. P., & Sarah Fauziah Nurahmah, dan. (2019). Verifikasi Metode SNI 6989.6:2009 Penentuan Kadar Tembaga (Cu) Dalam Keong Sawah. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIBA*, 44–49.
- Ramdanawati, L., Emawati, E., & Asmayati, B. E. (2017). Analisis Kadar Cemar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Sampel Ikan Air Tawar dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Farmagazine*, IV(2), 26–30.
- Sihlahla, M., Mpupa, A., Sojka, M., Saeid, A., & Nomngongo, P. N. (2023). Determination of selenium in cereal and biofortified samples by ICP-OES using an alcohol-based deep eutectic solvent in digestion procedure. *Advances in Sample Preparation*, 8, 100092. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sampre.2023.100092>
- Sumantriyadi, Sari, Y. P., & Sari, L. P. (2017). Analisis Pembesaran Ikan Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) Sungai Komerling Di Kecamatan Sirah Pulau Padang. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, 12(2), 25–32. <https://media.neliti.com/media/publications/244996-analisis-pembesaran-ikan-patin-siam-pang-7b84d27a.pdf>
- Yunanmalifah, M., Khairuddin, K., & Yamin, M. Y. (2021). Analysis of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) from Milkfish Farms in Bima Bay 2020. *Jurnal Biologi Tropis*, 21, 778–782. <https://doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2907>
- Yuniar, L., Rachman, S. D., & Soedjanaatmadja, R. U. M. . (2023). Analisa Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang Beredar di Pelelangan Ikan Paotere Kota Makassar. *Chimica et Natura Acta*, 6(3), 127–135. <https://google.co.id>