

IDENTIFIKASI KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA) PADA AIR SUNGAI POHARA KABUPATEN KONAWA

La Ofudin¹, Yasnani², Irma^{3*}

Universitas Halu Oleo^{1,2,3}

irmankedtrop15@uho.ac.id

Received: 20-05-2025

Revised: 25-05-2025

Approved: 20-06-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Kadmium (Cd) dalam air Sungai Pohara di Kabupaten Konawe tahun 2024 dengan menggunakan pendekatan deskriptif observasional dan uji laboratorium. Sampel air diambil dari sembilan titik di tiga stasiun menggunakan metode Cluster Random Sampling dan dianalisis menggunakan instrumen Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kandungan Kadmium sebesar 0,0151 mg/L, masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 06-6989.16-2004 yaitu 0,05 mg/L. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat indikasi keberadaan logam Kadmium, kualitas air Sungai Pohara masih memenuhi syarat baku mutu dan aman untuk kebutuhan sehari-hari maupun lingkungan akuatik. Namun demikian, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk mengantisipasi potensi peningkatan konsentrasi logam berat akibat aktivitas antropogenik. Hasil penelitian ini sejalan dengan studi terdahulu yang menunjukkan bahwa kadar Kadmium di beberapa sungai di Indonesia masih dalam batas aman, namun tetap perlu kewaspadaan mengingat sifat toksik dan bioakumulatif logam ini.

Kata Kunci: Kadmium (Cd), Sungai Pohara, Logam Berat, Kualitas Air, AAS, Baku Mutu SNI

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat vital, keberadaannya sangat dibutuhkan oleh manusia pada setiap sendi kehidupan. Dalam kegiatan sehari-hari, manusia tidak dapat terlepas dari penggunaan air, mulai dari kebutuhan dasar seperti minum, memasak, mandi, hingga kegiatan rumah tangga lainnya. Selain itu, air juga memiliki peran yang sangat penting dalam sektor produksi, di mana banyak industri yang bergantung pada pasokan air untuk menjalankan proses produksi mereka. Air juga merupakan elemen kunci dalam pertanian, di mana irigasi merupakan salah satu aspek penting untuk memastikan tanaman mendapatkan air yang cukup untuk tumbuh dan berkembang. Tanpa air yang memadai, baik industri maupun pertanian akan mengalami hambatan yang signifikan, yang pada gilirannya akan berdampak negatif pada ketahanan pangan dan ekonomi. Oleh karena itu, keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya air menjadi sangat krusial untuk menjamin ketersediaannya bagi generasi mendatang (Fariha et al., 2024).

Pencemaran air sungai merupakan masalah serius yang diakibatkan oleh pembuangan langsung sampah, limbah cair industri, dan sampah domestik ke dalam sungai, yang secara signifikan mengancam keberlanjutan lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat di sekitarnya. Pencemaran air telah terjadi di beberapa perairan Indonesia, hal ini diakibatkan adanya aktivitas pembuangan sampah dan limbah produksi industri sehingga dapat menurunkan kadar pH air sungai (Riskiyah et al., 2024). Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang ada secara alami di alam dari hasil pelapukan batuan ataupun aktivitas industri dan pertanian oleh manusia. Logam ini memiliki tingkat toksisitas yang tinggi apabila terakumulasi dalam jumlah yang banyak, bahkan tergolong dalam logam tidak esensial yang bersifat toksik. Logam ini sering digunakan dalam industri sebagai bahan tambahan dalam logam lainnya, seperti timah, seng, dan perak. Kadmium dapat menyebabkan keracunan yang serius bagi manusia,

dengan dampak yang merugikan terhadap organ tubuh seperti ginjal, paru-paru, dan tulang. Karena sifatnya yang beracun, penggunaannya dalam industri telah dibatasi di banyak negara untuk mengurangi risiko paparan dan pencemaran lingkungan (Riskiyah et al., 2024). Di Asia, tepatnya Sungai Tigris, salah satu sungai terpenting di Timur Tengah, kini menghadapi masalah pencemaran yang semakin parah. Air yang dulunya jernih dan kaya akan kehidupan kini berubah menjadi keruh dan beracun akibat pembuangan limbah industri dan domestik yang tidak terkendali. Sampah plastik, bahan kimia berbahaya, dan limbah pertanian mencemari airnya, mengancam kehidupan akuatik dan kesehatan penduduk yang bergantung pada sungai ini. Nilai kadmium di lokasi PLTU Dora sebesar 0,30 mg/kg bahan kering dan di lokasi pabrik minyak nabati mencapai 0,45 mg/kg bahan kering, melebihi batas yang diperbolehkan oleh Organisasi Pangan dan Kesehatan Dunia (FAO/WHO, 2007) yang menunjukkan efek pencemaran tanah dengan unsur berat seperti logam kadmium (Harpy et al., 2023).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan analisa air menggunakan alat GC-MS, di mana hasilnya menunjukkan semua senyawa hidrokarbon aromatik, yang muncul dengan adanya beberapa senyawa yang melebihi batas yang diperbolehkan yaitu 10 mg/L. Konsentrasi senyawa naftalena mencapai 35 mg/L, dan senyawa benzo tercemar oleh senyawa aromatik, yang disimpan dan tertinggal di dasar sungai oleh pengaruh limbah stasiun, fasilitas minyak, serta limbah pabrik, sehingga menyebabkan penyakit kanker pada manusia setelah perpindahan senyawa tersebut dari air sungai ke tumbuhan dan hewan serta melalui rantai makanan manusia. Berdasarkan penelitian Harpy dkk., konsentrasi Kadmium di Sungai Tigris melebihi batas aman yang ditetapkan oleh WHO, mengindikasikan adanya pencemaran serius yang memerlukan penanganan segera (Harpy et al., 2023).

Di Indonesia, pencemaran logam Kadmium (Cd) pada lahan pertanian telah menyebabkan masalah penting baik dalam tanah maupun dalam penyediaan bahan pangan yang aman untuk kesehatan. Secara alamiah, logam berada dalam air pada tingkat ambang batas beracun. Sungai Tallo dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sarana transportasi air, pariwisata, sumber air baku, dan kawasan perikanan tangkap serta budidaya perairan tawar dengan sistem keramba jaring apung. Perairan muara Sungai Tallo mengalami tekanan dari lingkungan di sepanjang aliran sungai, berupa pemukiman, pertambangan, dan pertanian. Selain itu, ditemukan pencemaran oleh perusahaan yang membuang limbah cair serta bahan berbahaya dan beracun (B3) tanpa pengolahan yang baik. Kondisi air sungai tercemar dan berdampak buruk terhadap kesehatan masyarakat seperti gatal-gatal dan iritasi (Indrawati et al., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang masuk ke dalam kategori cemar ringan yaitu oksigen terlarut, logam berat timbal, dan kadmium; cemar sedang yaitu suhu dan Biochemical Oxygen Demand; serta cemar berat yaitu amoniak. Sedangkan kategori baik yaitu kedalaman, kecepatan arus, kecerahan, pH, dan salinitas. Nilai biokonsentrasi faktor tertinggi logam berat timbal pada organ insang yaitu umur pemeliharaan satu bulan dan yang terendah umur pemeliharaan empat bulan. Nilai biokonsentrasi faktor logam berat kadmium pada organ insang dan hati memiliki nilai 0,003 mg/L. Dari hasil pengujian terlihat bahwa kandungan rata-rata logam berat Timbal (Pb) 0,002 mg/l dan Kadmium (Cd) 0,003 mg/l masih di bawah baku mutu PPRI No. 82 Tahun 2001 (Pb 0,03 mg/l dan Cd 0,01 mg/l). Namun jika dianalisis menggunakan indeks pencemaran, maka nilai IP masing-masing logam berat tergolong cemaran ringan (Indrawati et al., 2022).

Sulawesi Tenggara tepatnya di Kabupaten Konawe terdapat Sungai Pohara yang

merupakan salah satu sumber utama air baku untuk perusahaan daerah air minum (Perundam) Kota Kendari. Sungai Pohara memiliki potensi tinggi tercemar akibat kegiatan penambangan serta pembuangan limbah domestik di wilayah bantalan sungai. Pembersihan wilayah sekitar pertambangan akan memicu banjir saat musim hujan karena berkurangnya wilayah resapan air (Jufri, 2024). Indikator air tercemar adalah perubahan yang dapat diamati, antara lain suhu, pH, warna, bau dan rasa, timbulnya endapan, koloid, bahan pelarut, mikroorganisme, serta meningkatnya radioaktivitas air lingkungan (Adiyanto et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif observasional dan uji laboratorium untuk mengidentifikasi kandungan logam Kadmium (Cd) dalam kualitas air Sungai Pohara, Kabupaten Konawe pada tahun 2024. Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Sungai Pohara, dengan sampel air yang diambil di tiga stasiun berbeda, menggunakan teknik Cluster Random Sampling. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kandungan Kadmium (Cd) di air dengan variabel terikat berupa konsentrasi Kadmium dan variabel bebas berupa kualitas air. Instrumen yang digunakan meliputi AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer), timbangan analitik, oven, serta bahan-bahan seperti larutan asam nitrat, HCl, dan larutan standar Kadmium. Prosedur penelitian dimulai dengan pengambilan sampel air di Sungai Pohara, dilanjutkan dengan pembuatan kurva standar Kadmium (Cd) menggunakan larutan baku standar yang kemudian diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat yang dapat ditemukan secara luas di lingkungan, baik berasal dari sumber alami maupun sebagai polutan akibat aktivitas industri, pertanian, dan berbagai sumber lainnya. Paparan terhadap Cd telah diketahui dapat menyebabkan berbagai efek toksik pada sejumlah organ tubuh, termasuk ginjal, hati, paru-paru, tulang, serta berdampak pada sistem kardiovaskular, endokrin, reproduksi, dan dapat menyebabkan kerusakan genetik serta meningkatkan risiko kanker. Kadmium (Cd) memiliki sifat toksik yang bersifat kumulatif, yang berarti dampak berbahayanya baru akan terjadi ketika kadmium terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh organisme. Selain itu, kadmium dapat terakumulasi dan mengalami biomagnifikasi di sepanjang rantai makanan, karena sifatnya yang stabil dan sulit terdegradasi. Akibatnya, kontaminasi kadmium pada organisme hidup dan efek biotoksitas yang ditimbulkannya menjadi isu lingkungan yang sangat penting, dengan perhatian global terhadap dampak jangka panjangnya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Penurunan kualitas lingkungan dan meningkatnya paparan terhadap kadmium menjadi tantangan besar yang perlu diatasi untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan kesehatan publik.

Tabel 1.

Hasil Pengukuran Kandungan Kadmium (Cd) pada Air Sungai Pohara, Kabupaten Konawe

No.	Kode Sampel	Hasil Rata-Rata Kandungan Cd	Keterangan
1.	ST.1 (Kiri)	0,0163	Memenuhi syarat
2.	ST.1 (Tengah)	0,0177	Memenuhi syarat
3.	ST.1 (Kanan)	0,0121	Memenuhi syarat

No.	Kode Sampel	Hasil Rata-Rata Kandungan Cd	Keterangan
4.	ST.2 (Kiri)	0,0108	Memenuhi syarat
5.	ST.2 (Tengah)	0,0196	Memenuhi syarat
6.	ST.2 (Kanan)	0,0184	Memenuhi syarat
7.	ST.3 (Kiri)	0,0198	Memenuhi syarat
8.	ST.3 (Tengah)	0,0109	Memenuhi syarat
9.	ST.3 (Kanan)	0,0104	Memenuhi syarat

Berdasarkan tabel 1 diatas menunjukkan bahwa kandungan Kadmium (Cd) yang terdapat pada air Sungai Pohara dengan hasil tertinggi terdapat pada sampel dengan kode sampel ST.2 (Tengah) dengan nilai rata-rata sebesar 0,0196 mg/l, sedangkan kandungan kadmium (Cd) yang terendah terdapat pada sampel air Sungai Pohara dengan kode sampel ST.3 (Kanan) dengan nilai rata-rata sebesar 0,0104 mg/l. dari 9 titik pengambilan sampel air Sungai diatas menunjukkan bahwa air Sungai Pohara memenuhi syarat yang telah ditetapkan di dalam NAB No. SNI 06- 6989.16-2004.

Hasil penelitian mengenai kadar kadmium pada air Sungai Pohara menunjukkan bahwa kadar rata-rata kadmium yang terdeteksi adalah sebesar 0,0151 mg/L. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel air dari Sembilan titik di sepanjang sungai, untuk memberikan gambaran yang representatif mengenai konsentrasi kadmium di perairan tersebut. Hasil pengukuran ini menunjukkan adanya kandungan logam berat dalam air sungai, yang dapat memberikan dampak pada kualitas lingkungan akuatik dan kehidupan organisme yang bergantung pada air tersebut. Meskipun kadar kadmium yang terdeteksi di Sungai Pohara mengindikasikan adanya polusi, nilai yang diperoleh tetap perlu dianalisis lebih lanjut apakah berpotensi menimbulkan dampak yang merugikan bagi ekosistem sungai dan manusia. Jika dengan kadar kadmium yang terdeteksi, yaitu 0,0151 mg/L, air Sungai Pohara tidak menunjukkan potensi untuk menimbulkan dampak langsung yang berbahaya bagi organisme akuatik, seperti ikan, tumbuhan air, dan organisme lainnya yang hidup di sungai tersebut. Kadar kadmium yang terukur masih tergolong rendah, sehingga tidak mengakibatkan keracunan atau gangguan biologis pada spesies yang bergantung pada air tersebut. Oleh karena itu, meskipun kandungan kadmium terdapat dalam air sungai, konsentrasi tersebut tidak cukup untuk menyebabkan kerusakan ekologis yang signifikan dalam jangka pendek, yang sesuai dengan ketentuan dalam SNI.

Selain itu, kadar kadmium yang ditemukan pada air Sungai Pohara, yang masih jauh di bawah ambang batas yang diizinkan, juga berarti bahwa air ini aman untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk keperluan domestik dan pertanian. SNI 06-6989.16-2004 menetapkan bahwa kadar kadmium hingga 0,05 mg/L tidak akan menimbulkan dampak kesehatan yang merugikan bagi manusia jika digunakan dalam kegiatan sehari-hari. Dalam hal ini, masyarakat yang mengandalkan air Sungai Pohara untuk berbagai kebutuhan, seperti mandi, mencuci, atau mengairi lahan pertanian, dapat melakukannya dengan aman tanpa risiko terpapar kadar kadmium yang berbahaya. Namun, meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kadmium di Sungai Pohara masih memenuhi syarat baku mutu, penting untuk diingat bahwa kualitas air harus terus dipantau secara berkala. Peningkatan kadar logam berat dalam air dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti aktivitas industri atau pertambangan yang tidak terkontrol dengan baik. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air yang konsisten sangat diperlukan untuk memastikan bahwa kadar kadmium

dan kontaminan lainnya tetap berada pada tingkat yang aman. Pengelolaan dan pelaksanaan kebijakan yang ketat mengenai perlindungan kualitas air harus dilakukan agar kualitas air sungai tetap terjaga dan tidak berdampak negatif pada ekosistem dan masyarakat yang bergantung pada sumber daya alam tersebut.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurjhanna Jais et al., 2020 mengenai Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) yang Terdapat dalam Air dan Ikan di Sungai Tallo Makassar yang menyatakan logam berat kadmium (Cd) ditemukan pada ketiga titik yaitu sebesar $<0,003$ mg/L yang dinyatakan ketiga titik tersebut memenuhi syarat karena dibawah standar logam berat kadmium (Cd) dalam air yaitu 0,003 mg/L. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aanisa et al., 2023 mengenai Analisis Kualitas dan Tingkat Pencemaran Limbah B3 Terlarut di Aliran Sungai Cideng, penelitian ini menyatakan bahwa pengukuran logam Cd dalam aliran sungai Cideng tidak didapatkan hasil yang tinggi dan masih memenuhi baku mutu standar yang tercantum pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Kelas II sebesar 0,01 mg/L. Hal ini disebabkan pengukuran logam Kadmium pada sampel tidak dapat dideteksi oleh AAS, karena sampel yang diuji memiliki absorbansi yang kecil sehingga kadar logam cadmium dalam sampel pun juga kecil. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ujianti & Androva, 2021 mengenai Analisis Kandungan Logam Berat (Cr, Pb, Cu, Zn dan Cd) pada Perairan Sungai yang menyatakan bahwa Cadmium (Cd) pada lokasi penelitian berkisar antara 0.031 mg/l s.d 0.038 mg/l dengan ambang batas menurut PP 82 Tahun 2001 sebesar 0.01 mg/l, sehingga dapat dikatakan bahwa cadmium (Cd) pada lokasi penelitian melebihi ambang batas.

Kadmium (Cd) adalah logam yang tidak esensial bagi tubuh manusia dan telah dikategorikan sebagai zat yang dapat menyebabkan kanker. Sekitar 90% orang yang tidak merokok terpapar Cd berasal dari konsumsi makanan, terutama mereka yang mengonsumsi kerang atau daging ikan laut. Ikan yang mengandung Cd akan berisiko bagi kesehatan manusia apabila dikonsumsi, karena Cd yang terakumulasi dalam tubuh ikan akan masuk ke dalam tubuh manusia dan dapat memicu berbagai penyakit. Nordberg et al (2003) menyatakan bahwa paparan Cd lebih dari $20 \mu\text{g g}^{-1}$ dapat mengurangi kepadatan mineral tulang pada manusia. Idrees et al (2018) juga menemukan bahwa paparan Cd jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal, kanker prostat, dan kanker paru-paru. Secara umum, Cd disimpan dalam hati dan ginjal dan konsentrasinya akan meningkat seiring bertambahnya usia. Salah satu cara untuk mendeteksi paparan Cd dalam tubuh adalah dengan mengukur kadar Cd dalam urin. WHO (2011) menyebutkan bahwa rata-rata paparan Cd pada orang dewasa berkisar antara 2,2-12 mikrogram per kg berat badan per bulan, dengan paparan tertinggi terjadi di Eropa, Libanon, dan Amerika Serikat.

Kadmium (Cd) menimbulkan dua risiko utama terhadap kesehatan manusia, yaitu konsentrasi logam berat yang tinggi yang dapat mengancam kesehatan manusia dan ekosistem secara serius. Peningkatan konsentrasi logam berat ini dipicu oleh perkembangan industri dan metode pertanian yang lebih modern. Di antara berbagai jenis polutan logam berat di perairan, kadmium (Cd) menjadi ancaman utama bagi kesehatan. Paparan berlebihan terhadap kadmium (Cd) dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti kanker, penyakit jantung dan pembuluh darah, serta kerusakan hati dan ginjal. Kadmium (Cd) dan senyawa-senyawanya mudah larut, sehingga memudahkan pergerakannya ke dalam biosistem. Selain itu, toksisitas tinggi

kadmium (Cd) dapat menyebabkan gejala serius seperti mual, tekanan darah tinggi, pembentukan batu ginjal, dan kelainan pada tulang.

Salah satu penyakit yang disebabkan oleh keracunan kadmium (Cd) adalah penyakit Itai-Itai, yang menyerang penduduk di dataran rendah Sungai Jinzu, Prefektur Toyama, Jepang, selama beberapa dekade yang lalu. Pada tahun 1955, Dr. Noboru Hagino pertama kali mengidentifikasi kondisi ini pada pasien yang mengalami kerusakan ginjal parah dan kelainan tulang yang menyebabkan rasa sakit pada sendi, yang merupakan salah satu kasus keracunan kadmium paling parah yang tercatat dalam sejarah. Penyelidikan lebih lanjut mengungkap bahwa akumulasi kadmium yang berasal dari lumpur limbah tambang Kamioka, yang dibuang ke Sungai Jinzu oleh Perusahaan Pertambangan dan Peleburan Mitsui, adalah penyebab utama penyakit ini. Partikel kadmium dari lumpur tersebut mengendap di sedimen sungai, lahan pertanian, dan sawah di wilayah Toyama, mencemari sumber makanan dan air minum penduduk di kota Fuchu-machi, Ohsawano, Yatsuo, dan Kota Toyama yang terletak di hilir Sungai. Penyakit Itai-Itai memengaruhi lebih dari 7000 orang, menyebabkan banyak kematian, dan menimbulkan penderitaan yang luar biasa akibat nyeri sendi. Wanita, terutama yang telah memasuki masa pascamenopause, berisiko lebih tinggi terkena penyakit ini dibandingkan dengan pria. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor risiko seperti sensitivitas ginjal, kehamilan, faktor genetika, perbedaan enzim, dan kadar zat besi yang lebih rendah. Dari total 200 pasien yang secara resmi diakui, sebanyak 195 pasien di antaranya adalah perempuan (97,5%).

KESIMPULAN

Bahwa kandungan logam berat Kadmium (Cd) yang terdapat di wilayah Sungai Pohara, Kabupaten Konawe, Tahun 2024, menunjukkan hasil sebagai berikut. Kandungan Kadmium (Cd) tertinggi terdapat pada sampel air dengan kode ST.2 (Tengah) dengan nilai rata-rata sebesar 0,0196 mg/L, sedangkan kandungan terendah ditemukan pada sampel dengan kode ST.3 (Kanan) dengan nilai rata-rata sebesar 0,0104 mg/L. Dari sembilan titik pengambilan sampel air Sungai Pohara, kadar logam berat Kadmium berkisar antara 0,0104–0,0198 mg/L. Meskipun terdapat variasi pada setiap titik pengambilan sampel, seluruh nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 06-6989.16-2004, yaitu 0,05 mg/L untuk kadar Kadmium dalam air sungai. Dengan demikian, kadar Kadmium yang terdeteksi di Sungai Pohara masih memenuhi syarat baku mutu air dan dinyatakan aman untuk perlindungan ekosistem akuatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Fariha, A. N., Sunarsih, E., Amelia, M., Aditya, M. P., Auliya, N. Z., & Fransisca, Y. (2024). Pengaruh Aktivitas Masyarakat di Sekitar Pemukiman Lahan Basah terhadap Pencemaran Air. *El-Mujtama: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 345-355.
- Riskiyah, A., Febriani, H., & Syukriah, S. (2024). Analisis Logam (Cd) dan Mangan (Mn) pada Ikan Lundu (*Mystus nigriceps*) di Sungai Asahan Tanjungbalai. *BIO-CONS: Jurnal Biologi dan Konservasi*, 6(1), 432-442.
- Harpy, A. F., Hamed, L. L., & Abdalraheem, E. (2023). Chemical Pollutants (Aromatic Compounds and Heavy Metals) from Industrial Wastes which Impacted on Planted Vegetables. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1215(1), 1-8.
- Indrawati, E., Musada, Z., Tantu, A. G., & Renal, R. (2022). Status Pencemaran Logam

- Berat Timbal dan Kadmium di Sungai Tallo Menggunakan Bioindikator Ikan Nila *Oreochromis Niloticus*. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 22(2), 348-361.
- Jufri, N. N. (2024). Tanggungjawab Yuridis Hak Pengelolaan Lingkungan Akibat Aktivitas Pemurnian Nikel. *Jurnal Ilmu Manajemen Sosial Humaniora (JIMSH)*, 6(1), 30-45.
- Adiyanto, A., Ramli, M. and Syaf, H. (2021) Analisis Ketersediaan Air Baku Pada Pdam Tirta Anoa Di Kota Kendari. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 6(2), p. 140.
- Rahmadani and Diniariwisan (2023) Pencemaran Logam Berat Jenis Kadmium (Cd) Di Perairan Dan Dampak. *Jurnal Ganec Swara*, 1(2016), pp. 440–445
- Girikallo, G. G., Joseph, W. B. S., & Maddusa, S. S. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Masyarakat Sekitar Sungai yang Mengonsumsi Ikan Nila (*Osteochilus vittatus*) dari Sungai Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Kesmas*, 11(2), 90–96.