

Penentuan Kadar Logam Berat Air Sungai Singingi Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti)

Putri Ade Rahma Yulis¹⁾, Desti²⁾

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 113, Pekanbaru, Riau

Detail Artikel

Diterima : 21 Agustus 2020
Direvisi : 07 Oktober 2020
Diterbitkan : 28 Oktober 2019

Kata Kunci

Penambangan emas
logam berat
pencemaran

Penulis Korespondensi

Name : Putri Ade Rahma
Yulis
Affiliation : Universitas Islam
Riau
Email :
putriaderahmayulis@edu.uir.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini diuji kandungan logam berat akibat aktivitas penambangan emas tanpa izin (PETI) di Sungai Singingi. Pemilihan penentuan kandungan logam berat Hg dan Cd karena kedua logam ini digunakan pada proses pengolahan untuk mengikat emas. Metode penelitian ini menggunakan metode survei dengan penentuan titik sampling secara purposive berdasarkan lokasi maraknya aktivitas PETI. Sampel diukur pada empat titik dimulai dari titik yang paling dekat hingga titik paling jauh dari aktivitas PETI. Pengukuran kadar logam menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) dengan hasil sebagai berikut : kadar merkuri dari titik kesatu hingga titik ke empat berturut-turut : 0,9676 mg/L ; 0,1357 mg/L ; 0,0646 mg/L dan 0,0282 mg/L. Kadar logam Kadmium yang terdeteksi di sungai tersebut ; 0,00002 mg/L ; 0,00004 mg/L ; 0,00003 mg/L dan 0,0009 mg/L. Bila dibandingkan dengan angka baku mutu logam berat di perairan maka kadar logam berat merkuri sungai Singingi sudah jauh diatas ambang batas baku mutu yang diizinkan yakni sebesar 0,001 mg/L, sementara untuk logam cadmium masih berada dalam ambang baku mutu yang diizinkan yakni sebesar 0,01 mg/L untuk cadmium.

ABSTRACT

On this research heavy metal content due to illegal gold mining (PETI) activities in Singingi river, Riau was measured. Heavy metal such as Hg and Cd were chosen because their are used to bind the gold. This research used survey method with purposive sampling based on the rise location of PETI activities. Sample was measured at 4 point that started from the nearest and up to the furthest of PETI activities. Measurement metal content used Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The result of mercury metal measurement was 0,9676 mg/L ; 0,137 mg/L ; 0,0646 mg./L, and 0,0282 mg/L, and the result for cadmium measurement sequentially was 0,00002 mg/L; 0,00004 mg/L ; 0,00003 mg/L and 0,00009 mg/L. If were compared with the quality standard of heavy metal in aquatic, hence the mercury level in Singingi river has considerably higher than the quality standard, around 0,001 mg/L. Cadmium were still allowed with the number of quality standard for lead is 0,03 mg/L and 0,01 mg/L for cadmium.

PENDAHULUAN

Permasalahan kualitas air merupakan urgensi terbesar, hal itu dikarenakan hampir semua aktivitas kehidupan berhubungan dengan kebutuhan air. Lingkungan kita telah terkontaminasi dari hari ke hari oleh berbagai kontaminan yang berbeda. Salah satu kelompok kontaminan yang paling berbahaya adalah bahan kimia. Bahan kimia pencemar air sangat beragam yang biasanya terdiri dari komponen anorganik seperti logam berat yang berbahaya. (Putra, 2020). Ekosistem kita telah terkontaminasi oleh logam berat dengan konsentrasi yang tinggi yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia seperti kegiatan industri, produksi energi, konstruksi, pengolahan limbah dan buangan kendaraan yang menyebabkan besarnya kontaminasi logam berat di atmosfer, air dan tanah (Bakirdere et al., 2013). Saat ini terjadi penurunan kualitas air sungai di Kabupaten Kuansing yang salah satunya disebabkan oleh aktivitas PETI (Penambangan Emas Tanpa Izin). Operasional penambangan emas menggunakan air raksa (Hg) sebagai media pengikat emas. Nantinya material yang dianggap sudah tidak mengandung emas tetapi masih mengandung merkuri oleh penambang akan dibuang begitu saja ke sungai. Merkuri (Hg) merupakan zat berbahaya yang bersifat racun dan merupakan limbah dominan dari kegiatan penambangan emas. (Sahara & Puryanti, 2015). Selain logam merkuri, logam kadmium juga dapat masuk ke dalam perairan dalam bentuk limbah pertambangan bersama dengan merkuri yang digunakan untuk memisahkan emas dari batuan dan tanah dalam bentuk sulfida (Buyang, 2013). Kadmium sangat beracun, bahkan dalam konsentrasi rendah karena dapat terakumulasi secara biologis di dalam tubuh manusia. (Royani & Fitriana, 2020)

Logam berat Hg, Cd dan Pb disebut logam non esensial dan pada tingkat tertentu akan menjadi logam beracun bagi makhluk hidup (Mirdat et al., 2013). Oleh karena itu, perlu terus dilakukan penelitian dalam upaya penanganan limbah aktivitas PETI ini agar pencemaran lingkungan dapat ditanggulangi. Lingkungan yang terdampak aktivitas PETI dapat ditingkatkan daya dukungnya sehingga efek kerusakan ekosistem sungai seperti: tercemarnya air sungai sehingga tidak bisa digunakan sebagai sumber air minum; berkurangnya tangkapan ikan; air sungai yang menyebabkan gatal – gatal saat mandi di sungai; tidak lagi dirasakan oleh masyarakat di Kuansing. Saat ini sumber daya air terus menurun sehingga pengendalian pencemaran air perlu dilakukan untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air. Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberikan informasi tentang kondisi air Sungai Singingi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penanganan limbah aktivitas PETI di Kabupaten Kuansing Provinsi Riau di masa yang akan datang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyediakan kajian akademik tentang dampak PETI terhadap kualitas air sungai serta dapat dijadikan sebagai rujukan dalam perkuliahan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Islam Riau Pekanbaru dan Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang. Pengambilan limbah aktivitas PETI dilakukan di Sungai Singingi Kabupaten Kuantan Singingi Riau. Lokasi ini dipilih dikarenakan masih adanya aktivitas PETI di desa tersebut.

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yang berkualitas pro-analisis antara lain : asam nitrat (HNO₃), Aquades.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas : (corong pemisah, gelas piala, gelas ukur, labu ukur, pipet ukur, pipet tetes.), Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), hotplate.

Prosedur Penelitian

Metode analisis kualitas air sungai yang dilakukan seperti terlihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Metode Pemantauan Air Limbah

PARAMETER	METODE	Acuan Standar
Logam Berat (Hg)	AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>)	Badan Standarisasi Nasional : SNI 6989.78.2011
Logam Berat (Cd)	AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>)	Badan Standarisasi Nasional : SNI 6989.16:2009

Sumber . Lab. Baristand Padang

Sampel air sungai Singingi diambil di empat titik dimulai dari titik yang paling dekat hingga titik paling jauh dari aktivitas PETI. Setelah sampel diambil dan masing-masing dimasukkan ke dalam wadah botol plastik sesuai titik pengambilan, Sampel yang telah diambil kemudian diawetkan dengan penambahan HNO₃ pekat sampai pH ≤ 2 untuk proses pengawetan sebelum sampel diuji di Laboratorium Baristand Padang.

Setelah itu sampel di analisis kadar logam beratnya yakni kadar logam merkuri dan cadmium dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*). Data yang didapat dideskripsikan dan diinterpretasikan dalam bentuk grafik dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di sungai Singingi tepatnya di Desa Koto Baru Kec. Singingi Hilir Kab. Kuansing mengenai uji kadar logam berat diantaranya logam Hg dan Cd. Diperoleh data-data sebagai berikut :

Tabel 2. Kadar Logam Merkuri (Hg)

No	Lokasi		Kadar Logam Merkuri (Hg) mg/L	Kadar Logam Merkuri (Hg) rata-rata	Standar Baku Mutu Air Sungai mg/L
1	Titik 1	(a)	0.9562	0.9676	0.001
2		(b)	0.9789		0.001
3	Titik 2	(a)	0.1362	0.1357	0.001
4		(b)	0.1351		0.001
5	Titik 3	(a)	0.0626	0.0646	0.001
6		(b)	0.0665		0.001
7	Titik 4	(a)	0.0276	0.0282	0.001
8		(b)	0.0287		0.001

Standar Baku Mutu Hg: PP No.82 Th 2001

Tabel 3. Kadar Logam Cadmium (Cd)

No	Lokasi		Kadar Logam Cadmium (Cd) mg/L	Kadar Logam Cadmium (Cd) rata-rata	Standar Baku Mutu Air Sungai mg/L
1	Titik 1	(a)	0.00002	0.00002	0.01
2		(b)	0.00002		0.01
3	Titik 2	(a)	0.00004	0.00004	0.01
4		(b)	0.00004		0.01
5	Titik 3	(a)	0.00003	0.00003	0.01
6		(b)	0.00003		0.01
7	Titik 4	(a)	0.00009	0.00009	0.01
8		(b)	0.00009		0.01

Standar Baku Mutu Hg: PP No.82 Th 2001

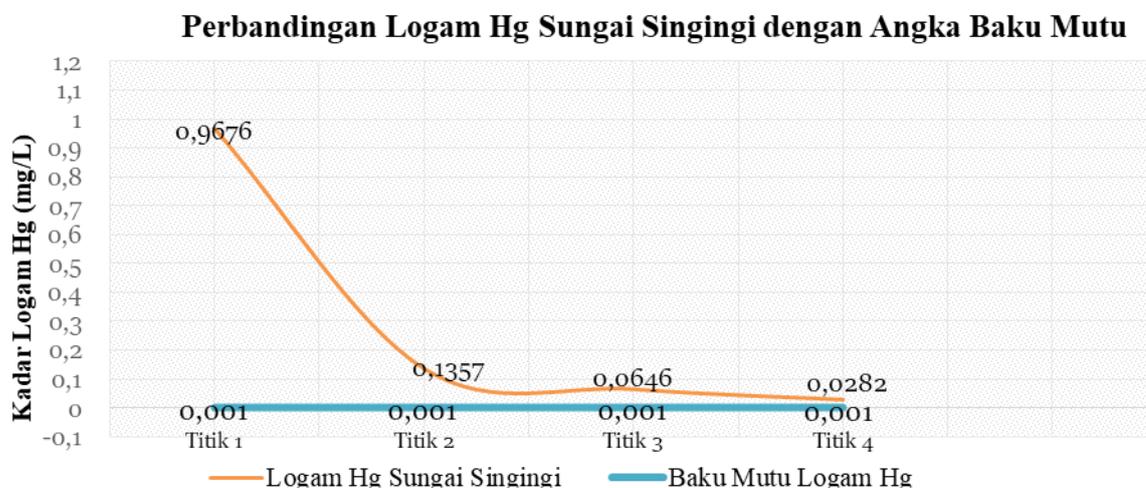
Data-data hasil pengukuran tersebut dilakukan di empat titik yaitu titik 1(merupakan titik terdekat dari aktivitas penambangan) yang berjarak ± 10 m, kemudian di titik ke 2 dengan jarak ± 20 m, titik ke 3 dengan jarak ± 30 m dan titik ke 4 (titik terjauh dari aktivitas penambangan dengan jarak ± 50 m). Dari keempat titik pengambilan sampel air sungai tersebut, didapatkan konsentrasi logam dengan kadar yang berbeda-beda.

Adapun penelitian ini dilakukan dikarenakan masih aktifnya kegiatan Penambang Emas Tanpa Izin (PETI) di perairan tersebut. Hal ini tentunya akan berdampak buruk bagi keadaan perairan dan biota yang ada di perairan tersebut hingga akhirnya ke masyarakat sekitar lokasi tersebut. Kadar logam berat di lokasi tersebut perlu diuji karena pada umumnya para penambang ilegal menggunakan unsur tersebut dalam proses pengolahannya. Seperti yang diungkapkan (Ruslan, 2018) dimana pengolahan bijih emas biasa menggunakan merkuri dan setelah proses akhir yang diperkirakan tidak mengandung emas lagi tetapi masih mengandung merkuri langsung dibuang di lokasi sekitar. Selain itu logam berat kadmium dan timbal masuk kedalam perairan dalam bentuk limbah pertambangan yang digunakan untuk memisahkan emas dari batuan dan tanah dalam bentuk sulfida (Buyang, 2013).

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa dari parameter logam berat yang diuji, yang sudah melampaui angka baku mutu perairan sesuai PP No. 82 Tahun 2001 adalah logam merkuri (Hg) sementara untuk Cadmium masih berada dalam ambang batas angka baku mutu yang diizinkan.

a. Kadar Logam Merkuri

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2 masing masing kandungan logam merkuri pada keempat titik yang diuji. Kadar merkuri diukur pada empat titik yang berbeda. Pada titik 1 kadar logam merkuri mencapai 0,9676 mg/L kemudian pada titik kedua mencapai 0,1357 mg/L, pada titik ke 3 sebesar 0,0646 mg/L dan pada titik terjauh dari aktivitas PETI merkuri tetap terdeteksi dengan konsentrasi 0,0282 mg/L. Dari keempat titik pengukuran tersebut kadar merkuri sudah jauh melampaui angka baku mutu yang diizinkan, dimana angka baku mutu perairan sesuai PP No. 82 Tahun 2001 Kadar logam merkuri hanya dapat ditoleransi sebesar 0,001 mg/L, artinya lokasi tersebut sudah berada pada kategori sangat tercemar terutama pada titik 1 dengan kandungan merkuri tertinggi. Adapun perbandingan kadar logam merkuri pada masing-masing titik dengan angka baku mutu dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini :



Gambar 1. Perbandingan Kadar Logam Hg Sungai Singingi dengan Angka Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 1 dapat kita lihat kandungan merkuri tertinggi berada pada lokasi 1 hingga mencapai konsentrasi 0,9676 mg/L. Hal ini dikarenakan titik 1 merupakan lokasi yang paling dekat dengan aktivitas penambangan, sehingga dapat diperkirakan limbah aktivitas PETI yang mengandung logam merkuri langsung dibuang di sekitar lokasi tanpa adanya teknik pengolahan limbah terlebih dahulu, para penambang illegal menggunakan logam merkuri sebagai bahan pengikat emas karena sifatnya yang mudah bereaksi dengan emas membentuk amalgam sehingga sering disebut sebagai reaksi amalgamasi. Kemudian setelah membentuk amalgam proses recovery emas pun sangat mudah dari logam merkuri meskipun sangat banyak meninggalkan sisa merkuri yang akhirnya menjadi limbah dan dibuang tanpa pengolahan. Kadar merkuri di lokasi 1 ini sangat tinggi dan jauh dari baku mutu yang diizinkan sebesar 0,001 mg/L.

Tingginya kadar logam merkuri pada titik 1 mengindikasikan bahwa keadaan sungai singingi sudah sangat tercemar dan hal ini sangat membahayakan. Seperti yang diungkapkan (Mirdat et al., 2013) bahwa lingkungan yang telah terkontaminasi merkuri pada akhirnya tidak hanya berbahaya bagi biota perairan tersebut tetapi juga bagi manusia karena adanya rantai makanan. Merkuri terakumulasi dari biota sungai tersebut, dimana limbah merkuri yang masuk kedalam perairan tersebut akan bereaksi dengan mikroorganisme membentuk methyl merkuri yang kemudian dimakan ikan kecil sehingga terakumulasi pada tubuh ikan selanjutnya ke manusia. Kemungkinan penyakit yang akan ditimbulkannya antara lain kerusakan rambut dan gigi, hilang daya ingat, dan terganggunya system syaraf (Setiabudi, 2005).

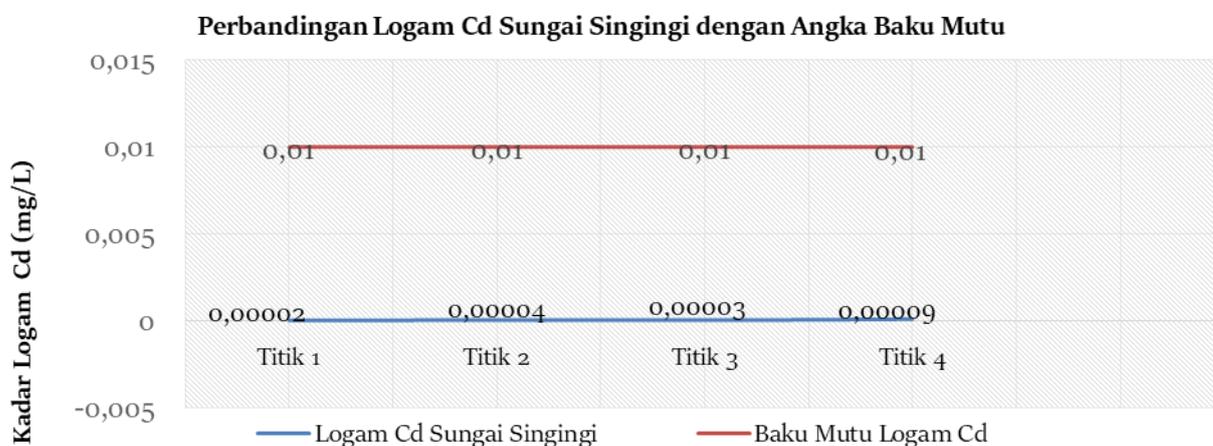
Pengukuran kadar merkuri dilanjutkan ke beberapa titik untuk mengetahui jalur kontaminasi akibat aktivitas PETI tersebut. Berdasarkan pengukuran pada titik ke 2, 3 dan titik ke 4 lokasi pengambilan sampel kadar merkuri yang terdeteksi berturut-turut yaitu mencapai 0,1357 mg/L 0,0646 mg/L dan 0,0282 mg/L . Hal ini menunjukkan bahwa masih sangat banyak nya aktivitas PETI yang dilakukan sehingga sepanjang aliran sungai Singingi khususnya Desa Koto Baru terkontaminasi logam merkuri. Merkuri pada ketiga lokasi ini pun

konsentrasinya sudah melampaui angka baku mutu Hg yang diizinkan yakni sebesar 0,001 mg/L. Kadar merkuri di ketiga lokasi tersebut tidak setinggi konsentrasi di titik pertama karena jarak yang lebih jauh dari sumber aktivitas PETI, selain itu kita ketahui pula bahwa merkuri sangat mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan sehingga kemungkinan akan lebih besar kandungan di dalam sedimen. Hal ini juga sejalan dengan pendapat (Rochyatun, E., Kaisupy, M. T., 2010) yang mengungkapkan bahwa kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air karena terakumulasi dari pengendapan dan logam berat di dalam air lebih kecil karena proses pengenceran dan pengaruh pola arus.

Selain akibat limbah langsung penambangan emas, adanya merkuri di perairan tersebut dapat bersumber dari pelepasan senyawa merkuri sebagai efek dari aktivitas bakteri yang hidup pada perairan yang telah tercemar oleh logam merkuri, dimana proses ini berawal dari perombakan logam merkuri yang mengendap pada dasar sedimen perairan yang telah tercemar sebelumnya, selanjutnya ion-ion yang telah dirombak oleh aktivitas bakteri sangat mudah menguap dan sangat beracun bagi biota di perairan (Moore, S. J., Norris, J. C., Ho, K., & Hume, 1986). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sangat perlu dilakukan penanganan intensif mengenai pencemaran merkuri mengingat efek negatifnya yang sangat besar terutama kesehatan jangka panjang.

b. Kadar Logam Cadmium (Cd)

Logam berat lainnya yang dianalisis pada penelitian ini adalah logam cadmium. Logam cadmium juga termasuk kedalam kelompok kontaminan logam berat yang beracun. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di perairan tersebut terdeteksi kandungan logam cadmium yang terdeteksi di keempat titik pengukuran yaitu ; titik 1 sebesar 0,00002 mg/L, titik ke 2 sebesar 0,00004 mg/L, titik ke 3 sebesar 0,00003 mg/L dan titik ke 4 sebesar 0,00009 mg/L . Dari keempat lokasi yang diuji kadar logam cadmium di perairan sungai Singingi masih didalam ambang baku mutu yang diizinkan yakni sebesar 0,01 mg/L. Logam cadmium bersifat toksik, meskipun hanya terdeteksi dengan konsentrasi kecil di perairan, namun tetap harus dilakukan penanganan mengingat dampak akumulasi nya terhadap organisme. Perbandingan kadar logam cadmium Air sungai Singingi dengan angka baku mutu dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Perbandingan Kadar Logam Cd Sungai Singingi dengan Angka Baku Mutu

Dari keempat titik pengukuran dapat dilihat konsentrasi terendah berada pada titik pertama yang dekat dengan aktivitas PETI, kemungkinan yang menyebabkan rendahnya kadar logam cadmium adalah penggunaan cadmium dalam jumlah yang kecil sehingga ketika limbahnya mencapai perairan sudah terikut pola arus, selain itu logam cadmium juga mudah membentuk endapan ke dasar perairan, sehingga hanya sedikit konsentrasi yang terdeteksi di air. Hal ini senada dengan penelitian (Rachmawatie, R., Hidayah, Z., & Abida, 2009) yang mengungkapkan bahwa logam cadmium mudah terakumulasi dalam sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam cadmium di dalam perairan.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa kadar logam cadmium tertinggi berada pada titik ke empat yang paling jauh dari aktivitas PETI. Hal ini kemungkinan limbah pencemar dari aktivitas PETI yang mengandung cadmium terbawa arus air, selain itu tingginya kadar cadmium juga dapat berasal dari limbah rumah tangga serta penggunaan perahu motor oleh masyarakat sekitar. Mengingat dampak dari toksisitas cadmium sangat besar diantaranya menurut (Hulda Mamoribo, Robert J. Rompas, 2015). Pengaruh racun yang ditimbulkan kadmium (Cd) sangat buruk, diantaranya penderita mengalami tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal dan kerusakan jaringan tubuh. Meskipun masih terdeteksi kecil di perairan belum dapat menggambarkan tingkat pencemaran total di perairan, dikarenakan kemungkinan dapat terakumulasi didalam biota sungai yang nantinya akan berdampak ke manusia melalui rantai makanan. Gambaran perbedaan konsentrasi masing-masing kadar logam berat pada beberapa titik pengukuran dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Perbandingan Kadar Logam Hg dan Cd Sungai Singingi

SIMPULAN

Bila dibandingkan dengan angka baku mutu logam berat di perairan maka kadar logam berat merkuri sungai Singingi sudah jauh diatas ambang batas baku mutu yang diizinkan yakni sebesar 0,001 mg/L, sementara untuk logam cadmium masih berada dalam ambang baku mutu yang diizinkan yakni sebesar 0,01 mg/L untuk cadmium. Dari hasil penentuan kadar

logam berat ini sungai Singingi sudah masuk kedalam kategori tercemar untuk kandungan logam berat dan perlu dilakukan upaya-upaya penanggulangan agar keadaan tersebut segera teratasi sehingga kerusakan ekosistem dapat dikendalikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada LPPM UIR yang telah membiayai penelitian ini serta telah mendukung terlaksananya kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakirdere, S., Yaroğlu, T., Tırık, N., Demiröz, M., Fidan, A. K., Maruldaı, O., & Karaca, A. (2013). Determination of As, Cd, and Pb in Tap Water and Bottled Water Samples by Using Optimized GFAAS System with Pd - Mg and Ni as Matrix Modifiers. *Journal of Spectroscopy*.
- Buyang, Y. (2013). Analisis Kadar Kadmium dan Timbal Pada Air di Lima Lokasi Sungai Totok Sulawesi Utara. *Jurnal Agricola, Tahun III*(No.1).
- Hulda Mamoribo, Robert J. Rompas, O. J. K. (2015). (Determination of Cadmium Content (Cd) in Malalayang Coastal Waters Around Hospital Prof Kandou Manado). *Jurnal Budidaya Perairan*, 3(1), 114–118.
- Mirdat, Patadungan, Y. S., & Isrun. (2013). Status Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Tanah pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu. *E-Journal Agrotekbis*, 1(2), 127–134.
- Moore, S. J., Norris, J. C., Ho, K., & Hume, A. S. (1986). The efficacy of α -ketoglutaric acid in the antagonism of cyanide intoxication. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 82(1), 40-44.
- Narasiang, A. N., Lasut, M. T., & Kawung, N. J. (2015). Akumulasi Merkuri (Hg) Pada Ikan Di Teluk Manado. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.35800/jplt.3.1.2015.7726>
- Putra, A. Y. Fitri Mairizki. (2020). Analisis Logam Berat Pada Air Tanah di Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator*, 5(1), 47–53.
- Rachmawatie, R., Hidayah, Z., & Abida, I. W. (2009). Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) Dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 2(2), 125-134.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M. T., & R. (2010). Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di perairan muara Sungai Cisadane. *Makara Journal of Science*.
- Royani, S., & Fitriana, A. S. (2020). Determination of Heavy Metals Arsenic and Cadmium in The Refill Drinking Water in Purwokerto. *Jurnal Katalisator*, 5(1), 88–92.

- Ruslan, K. (2018). APLIKASI TEKNIK DIFFUSIVE GRADIENT IN THIN FILM PADA PENENTUAN KONSENTRASI LOGAM BERAT MERKURI (Hg). Kovalen, 4(April), 98–105.
- Sahara, R., & Puryanti, D. (2015). Distribusi logam berat Hg dan Pb pada sungai batanghari aliran batu bakuik dharmasraya, sumatera barat. Jurnal Fisika Unand, 4(1), 68–77.
- Setiabudi, B. T. (2005). Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. In Kolokium Hasil Lapangan-DIM.
- Yulis, P. A. R. (2018). ANALISIS KADAR LOGAM MERKURI (Hg) DAN (pH) AIR SUNGAI KUANTAN TERDAMPAK PENAMBANGAN EMAS TANPA IZIN (PETI). Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia, 2(1), 28–36.