



Indeks Beban Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Pencemaran Pada Lahan Bekas Pertambangan Emas Tanpa Izin

Zuli Rodhiyah¹, Surya Sumando Putra Panggabean^{2*}, Freddy Ilfan³, Mahya Ihsan⁴

^{1,2*,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Muaro Jambi, Indonesia

⁴Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Muaro Jambi, Indonesia

Email: ¹zuli.rodhiyah@unja.ac.id, ^{2*}suryapanggabean@gmail.com, ³freddy_ilfan@unja.ac.id

⁴mahyaihsan@unja.ac.id

Abstract

Sarolangun Regency is a district that has the potential for gold metal mineral natural resources. This potential causes many illegal gold mining activities (PETI) in the area. It is also suspected that PETI activities can cause environmental damage and pollution in the activity area and downstream from the PETI location. Environmental pollution that occurs is caused by the disposal of gold processing waste (tailings) into water bodies and groundwater. Waste generated from gold mining activities mainly contains mercury (Hg) and lead (Pb). The purpose of this study was to analyze the level of heavy metal pollutants (Hg and Pb) using the contamination factor (CF), the pollutant load index (PLI), and the geoaccumulation index (I_{geo}) on former PETI in Sarolangun Regency. The sampling technique was carried out by a purposive sampling technique and the sample taken was soil. Heavy metal concentration data will be calculated using the CF, I_{geo} , and PLI index formulas. Hg concentrations were 0.86 mg/kg, 0.77 mg/kg, and 0.80 mg/kg in three sampling areas, and lead concentrations were 0.51 mg/kg, 0.54 mg/kg, and 0.53 mg/kg. Based on the analysis of CF calculations and I_{geo} , Hg (mercury) has more potential to become a pollutant at the study site ($CF > 6$), ($2 < I_{geo} < 3$). On the other hand, the study site was not polluted by lead based on the CF value and geoaccumulation index. The overall PLI calculation of Hg and Pb stated that the research location was not included in the polluted category with a PLI value < 1 .

Keywords: Geoaccumulations Index, Illegal Gold Mine, PLI Index, Soil Pollution Status

Abstrak

Kabupaten Sarolangun merupakan wilayah yang memiliki potensi sumber daya alam mineral logam emas. Potensi ini menyebabkan banyaknya aktifitas pertambangan emas tanpa izin (PETI) di daerah tersebut. Kegiatan PETI diduga dapat menimbulkan kerusakan dan pencemaran lingkungan pada wilayah kegiatan dan wilayah hilir dari lokasi PETI. Pencemaran lingkungan yang terjadi disebabkan oleh pembuangan limbah pengolahan emas (*tailing*) ke badan air maupun air tanah. Limbah yang dihasilkan dari aktifitas pertambangan emas mengandung merkuri (Hg) dan timbal (Pb). Tujuan penelitian ini adalah menganalisis tingkat pencemar logam berat Hg dan Pb menggunakan faktor kontaminasi (CF), indeks beban pencemar (PLI), dan indeks geokumulasi (I_{geo}) pada lahan bekas PETI di Kabupaten Sarolangun. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dan sampel yang diambil adalah tanah. Data konsentrasi logam berat akan dihitung menggunakan rumus indeks CF, I_{geo} , dan PLI. Konsentrasi logam berat Hg berurutan di 3 titik penelitian sebesar 0,86 mg/kg, 0,77mg/kg, 0,80 mg/kg dan logam berat timbal berurutan sebesar 0,51mg/kg, 0,54 mg/kg, 0,53 mg/kg. Berdasarkan analisis perhitungan CF, I_{geo} logam merkuri lebih berpotensi menjadi pencemar dilokasi penelitian ($CF > 6$), ($2 < I_{geo} < 3$). sebaliknya lokasi penelitian tidak tercemar oleh timbal berdasarkan nilai CF dan indeks geokumulasi. Perhitungan PLI secara keseluruhan Hg dan Pb menyatakan lokasi penelitian tidak termasuk kedalam kategori tercemar dengan nilai $PLI < 1$.

Kata Kunci: Penambangan Emas Tanpa Izin, Indeks Geoakumulasi, Indeks PLI, Status Pencemaran Tanah

1. PENDAHULUAN

Penambangan emas tanpa izin (PETI) merupakan usaha pertambangan yang dilakukan oleh perseorangan, sekelompok orang atau perusahaan yang dalam operasinya tidak memiliki izin dari instansi pemerintah sesuai perundang-undangan yang berlaku (Zuhri, 2015). Limbah yang dihasilkan dari aktifitas pertambangan emas tanpa izin mengandung merkuri (Hg) dan logam berat lainnya. Merkuri dapat melarutkan berbagai logam untuk membentuk *alloy* yang disebut amalgam. Oleh sebab itu, merkuri sering digunakan sebagai pengikat bijih emas dalam penambangan secara tradisional melalui proses amalgamasi (Mallongi, 2019).

Selain itu proses penambangan emas tanpa izin (PETI) yang dilakukan oleh masyarakat kebanyakan menggunakan mesin sedot berbahan bakar solar. Secara ekologi, penambangan emas yang menggunakan mesin sedot sangat membahayakan dan dapat menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan seperti pendangkalan sungai karena tanah, pasir, maupun batuan dari hasil sedotan dibuang ke sungai (Andri, 2009). Menurut Novandi et al., (2014) dan Banunaek (2016) penggunaan bahan bakar yang mengandung timbal pada kegiatan industri dapat menyebabkan udara tercemar oleh timbal tersebut, sehingga secara tidak langsung dapat mencemari tanah melalui proses sedimentasi dan presipitasi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sahara & Puryanti, 2015) menyebutkan bahwa salah satu aliran air Sungai Batanghari tercemar logam timbal (Pb) yang disebabkan dari limbah penambangan emas.

Kabupaten Sarolangun merupakan kabupaten yang memiliki potensi sumber daya alam berupa mineral logam emas. Keberadaan emas di kabupaten Sarolangun hampir menyebar di seluruh kecamatannya, diantaranya yaitu Kecamatan Limun, Bathin VII, Cermin Nan Gedang, dan Batang Asai. Tambang Emas di kabupaten ini tidak hanya terdapat di dataran saja, tetapi juga terdapat di daerah aliran Sungai Batang Limun dan aliran Sungai Batang Asai. Potensi sumber daya mineral logam emas menyebabkan aktifitas pertambangan emas tanpa izin (PETI) di provinsi sangat tinggi.

Menurut Novandi et al., (2014) penggunaan bahan bakar pada kegiatan industri yang mengandung timbal dapat menyebabkan udara tercemar oleh timbal, sehingga secara tidak langsung dapat mencemari tanah melalui proses sedimentasi dan presipitasi. Hasil penelitian yang dilakukan menyebutkan bahwa salah satu aliran air sungai Batanghari tercemar logam timbal (Pb) yang disebabkan dari limbah penambangan emas (Sahara & Puryanti, 2015). Penelitian lain juga menunjukkan pada bulan Februari 2015 terjadi peningkatan konsentrasi Pb setelah adanya kegiatan penambangan (Yulianti et al., 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan logam berat Hg dan Pb pada lahan bekas pertambangan emas tanpa izin dan menganalisis tingkat camaran logam berat Hg dan Pb menggunakan factor kontaminasi (CF), indeks beban pencemar (PLI), dan Indeks Geoakumulasi (I_{geo}) pada lahan bekas pertambangan emas tanpa izin di Kabupaten Sarolangun.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Pengambilan Sampel

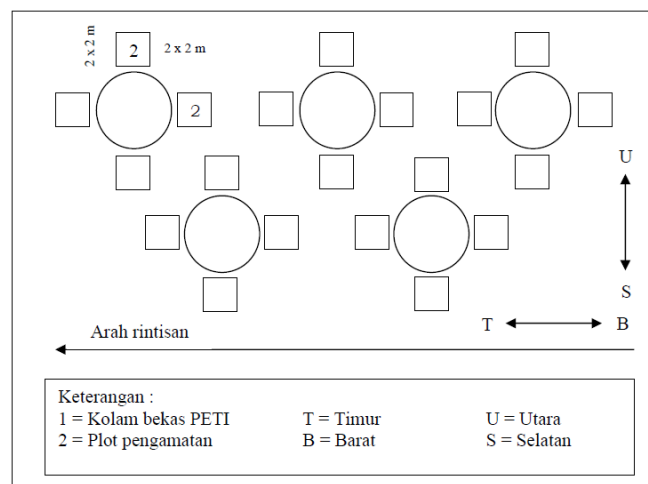
Pengambilan sampel penelitian dilakukan di kawasan bekas penambangan emas ilegal Desa Moenti, Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi ($2^{\circ}28'48''S$ dan $102^{\circ}35'55''E$). Penelitian ini dilaksanakan selama 12 bulan (September 2019 – Maret 2020). Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Jambi dan analisis logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang. Adapaun lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bekas penambangan emas tanpa izin (PETI)

2.2 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pembuatan plot pada lokasi *sampling* bertujuan untuk *sampling* vegetasi penutup lahan. Plot *sampling* yang digunakan berukuran masing-masing plot 2 x 2 meter yang ditempatkan secara *purposive*, dengan asumsi vegetasi penutup lahan bekas tambang di dominasi oleh vegetasi/tanaman-tanaman perdu. Tanaman yang diambil untuk uji laboratorium merupakan jenis tanaman yang dominan ditemukan pada plot cuplikan. Ilustrasi pembuatan plot dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Plot Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan sekop *staninless*. Sampel tanah diambil pada kedalaman 10-20 cm sebanyak dua kali di sisi yang berbeda pada

tanaman sampel. Sampel tanah yang diperoleh kemudian dikompositkan untuk selanjutnya diberi label dan dilakukan preparasi di laboratorium. Sampel tanah tersebut selanjutnya dianalisis kandungan logamnya di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Padang. Alat yang digunakan dalam analisis logam berat merkuri dan timbal adalah *Inductively Coupled Plasma* (ICP).

2.3 Analisis Data Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb)

Data yang didapat dari analisis *Inductively Coupled Plasma* (ICP) berupa konsentrasi logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dalam satuan mg/kg. Data tersebut digunakan untuk menghitung tingkat pencemaran logam berat pada tanah yang ditentukan dengan menggunakan Faktor Kontaminasi (CF), Indek Beban Pencemar (PLI), dan Indeks geoakumulasi (I_{geo}) (Rabee et al., 2011; Gong et al., 2008; Veerasingam et al., 2012; Shams et al., 2012) dengan rumus :

$$\text{Faktor Kontaminasi (CF)} = Cx/C(Bn) \quad (1)$$

Keterangan :

CF=Faktor kontaminasi

Cx = Konsentrasi logam X dalam contoh,

Bn = Konsentrasi (rerata) normal logam X di alam, 1,5 = konstanta

Interpretasi Nilai CF jika:

CF < 1 : tingkat kontaminasi rendah,

1 < CF < 3 : tingkat kontaminasi sedang,

3 < CF < 6 : tingkat kontaminasi cukup, dan

CF > 6: tingkat kontaminasi sangat tinggi.

$$\text{Indeks Beban Pencemar (PLI)} = [CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \dots \dots CF_n]^{1/n} \quad (2)$$

Keterangan :

PLI=Indeks Beban Pencemar

n=Jumlah logam

Nilai PLI jika:

PLI < 1: tidak tercemar,

PLI 1-2 :tidak tercemar sampai tercemar ringan.

PLI 2-4: tercemar sedang,

PLI 4-6 : tercemar parah,

PLI 6-8 : tercemar sangat parah

PLI 8-10 : tercemar luarbiasa parah.

$$\text{Indeks geoakumulasi (I}_{geo}\text{)} = \log_2 (Cx/1,5Bn) \quad (3)$$

Keterangan :

Cx = Konsentrasi Logam X dalam contoh

Bn = konsentrasi (rerata) normal logam X dialam, 1,5 =konstanta

Nilai I_{geo} jika:

$I_{geo} < 0$: tidak tercemar

$0 < I_{geo} < 1$: tercemar ringan

$1 < I_{geo} < 2$: tercemar sedang,

$2 < I_{geo} < 3$: tercemar cukup parah,

$3 < I_{geo} < 4$: tercemar parah,

$4 < I_{geo} < 5$: tercemar luar biasa parah,
 $I_{geo} > 5$: tercemar sangat luar biasa parah.

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data ini berupa data kandungan merkuri dan timbal pada sampel tanah yang telah diambil pada kawasan bekas tambang emas ilegal Desa Moenti, Limun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik lahan pada lokasi penelitian ini berbentuk kolam yang terjadi akibat galian oleh alat berat dalam kegiatan penambangan emas tanpa izin. Tanah pada lokasi ini bertekstur pasir berlempung dan berlempung. Kondisi suhu udara di lokasi penelitian menunjukkan rentang suhu 30°C hingga 34°C. Peningkatan suhu terjadi dikarenakan perbedaan waktu pengukuran pagi dan siang. Pengukuran suhu udara dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Pengukuran Suhu Udara di Lokasi Penelitian

Akumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Tanah

Pengukuran konsentrasi logam berat (Tabel 4) Hg dan Pb dilakukan di laboratorium menggunakan *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi Hg secara berurutan T1 sebesar 0,86 mg/kg, T2 0,77 mg/kg, dan T3 0,80 mg/kg. Sedangkan Konsentrasi Pb secara berurutan T1 sebesar 0,51 mg/kg, T2 sebesar 0,54 mg/kg, dan T3 sebesar 0,53 mg/kg. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat secara keseluruhan pada tanah di lokasi Pertambangan Emas Tanpa Izin menunjukkan

konsentrasi Hg lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Pb. Konsentrasi logam Merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Pada Tanah.

No.	Lokasi/Titik	Konsentrasi Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) (mg/kg)	
		Merkuri (Hg)	Timbal (Pb)
1	T1	0,86	0,51
2	T2	0,77	0,54
3	T3	0,80	0,53
Rata-rata		0,81	0,52

Keterangan: T1= Titik 1; T2= Titik 2; T3= Titik 3

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium (Tabel 3) menunjukkan kandungan merkuri (Hg) pada tanah telah melampaui nilai ambang kritis, namun tidak memiliki nilai perbedaan yang signifikan. Konsentrasi tertinggi terdapat pada titik 1 yakni 0,86 mg/kg, sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada titik 2 sebesar 0,77 mg/kg, dengan rata-rata 0,81 mg/kg. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menetapkan konsentrasi logam merkuri pada tanah sebesar 0,3 mg/kg (Indonesia, 2021). Konsentrasi merkuri yang ditemukan pada tiga lokasi penelitian sudah melebihi baku mutu merkuri dalam tanah.

Konsentrasi timbal (Pb) terendah ditemukan pada titik 1 yakni 0,51 mg/kg, sedangkan konsentrasi tertinggi ditemukan pada titik 2 yaitu 0,54 mg/kg, dengan rata-rata sebesar 0,52 mg/kg. Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup baku mutu yang ditetapkan untuk timbal yaitu sebesar 300 mg/kg (Indonesia, 2021), artinya konsentrasi logam timbal di lahan bekas Pertambangan Emas Tanpa Izin di Desa Moenti, Kecamatan Limun Kabupaten Sarolangun masih dalam batas wajar yang tidak melewati baku mutu yang telah ditetapkan.

Analisis Faktor Kontaminasi (CF) Merkuri dan Timbal

Faktor kontaminasi (CF) digunakan untuk mengetahui tingkat kontaminasi logam berat pada sedimen (Harikumar & Jisha, 2010). Faktor kontaminasi (CF) logam berat dapat ditentukan menggunakan *background value*. *Background value* dari merkuri adalah 0,08 mg/kg (Harikumar & Jisha, 2010) dan *background value* dari timbal adalah 13 ppm (Greenwood & Earnshaw, 1997). Berikut adalah hasil perhitungan tingkat pencemaran logam berat Hg dan Pb. Tingkat Kontaminasi CF di Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Faktor Kontaminasi (CF)

No.	Lokasi/Titik	CF	
		Hg	Pb
1	T1	10,75	0,03
2	T2	9,62	0,04
3	T3	10	0,04
Rata-rata		10,12	0,03

Hasil rata-rata tingkat kontaminasi (CF) di lokasi Penambangan Emas Tanpa izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun diperoleh logam berat timbal masuk ke dalam kategori kontaminasi rendah $CF < 1$ sedangkan logam berat Merkuri masuk kedalam kategori kontaminasi sangat tinggi $CF > 6$. Diantara logam berat yang diamati, logam berat Hg memiliki kontaminasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Pb. Tingkat kontaminasi Hg di lokasi Penambangan Emas Tanpa izin Desa Moenti

Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun masuk kedalam kontaminasi tinggi $PLI > 1$. Hal tersebut diakibatkan tingginya aktivitas penambangan emas melalui proses tailing yang dapat mengakumulasi logam berat. Tingginya konsentrasi merkuri di wilayah pengolahan disebabkan oleh penggunaan merkuri pada saat pengolahan mencapai 500 ppm gram Hg per tromol per satu kali pengolahan (Mirdat et al., 2013). Oleh karena itu, limbah yang diakibatkan *tailing* dari proses pengolahan emas secara konvensional dengan menggunakan merkuri telah melebihi baku mutu, sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebesar 0,3 mg/kg (Indonesia, 2021).

Analisis I_{geo} (Indeks Geoakumulasi) Hg dan Pb di Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun

Indeks geoakumulasi digunakan untuk menentukan kondisi kontaminan oleh logam berat dalam sedimen dan di background value pada masing-masing logam. Perhitungan indeks geoakumulasi (I_{geo}) menggunakan faktor 1,5 karena kemungkinan adanya variasi nilai dalam background (Bn) seperti adanya pengaruh antropogenik (Mulyaningsih et al., 2015). Tingkat Kontaminasi I_{geo} di Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun dapat dilihat pada table 5.

Tabel 5. Nilai Indeks Geoakumulasi (I_{geo})

No.	Lokasi/Titik	CF	
		Hg	Pb
1	T1	2,84	-5,2
2	T2	2,68	-5,1
3	T3	2,73	-5,2
Rata-rata		10,12	-5,16

Hasil rata-rata nilai tingkat pencemaran I_{geo} di Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun diperoleh logam berat Pb termasuk kedalam kategori tidak tercemar ($I_{geo} < 0$), sedangkan rata-rata tingkat pencemaran logam berat Hg masuk kedalam kategori tercemar cukup parah ($2 < I_{geo} < 3$). Hasil analisis I_{geo} pada sampel menunjukkan bahwa kandungan unsur-unsur pada tanah dilokasi penelitian sudah tinggi dan hal ini bisa di akibatkan oleh adanya proses alterasi (*geogenic*) dan didukung dengan adanya kegiatan penambangan dan pengolahan emas (*anthropogenic*).

Tingkat Pencemaran PLI (Indeks Beban Pencemar) Hg dan Pb di Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun

PLI (Tabel 7) merupakan indeks beban pencemaran suatu sedimen. Perhitungan indeks beban pencemar (PLI) digunakan untuk menghitung tingkat kontaminasi secara keseluruhan dengan menggabungkan nilai n-CF dari semua lokasi penelitian kemudian dihitung dengan n-akar (Humsa & Srivastava, 2015). Hasil PLI logam merkuri yang didapat pada setiap titik berkisar 9,625-10,75 dengan rata-rata 10,125 , nilai berada pada kategori tercemar ($PLI > 1$) sedangkan hasil PLI logam timbal yang di dapat pada setiap titik berkisar 0,03-0,04 dengan rata-rata 0,03, nilai berada pada kategori tidak tercemar ($PLI < 1$). Nilai PLI (Indeks Beban Pencemar) Hg dan Pb dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai Indeks Beban Pencemar (PLI)

No	Lokasi	Hg	Pb	PLI
1	T1	10,75	0,03	0,56
2	T2	9,625	0,04	0,62
3	T3	10	0,04	0,63
Rata-rata		10,125	0,03	0,55

Berdasarkan hasil nilai PLI nilai CF pada Pb termasuk kontaminasi rendah ($CF < 1$) untuk semua titik penelitian. Nilai PLI logam berat berpotensi tercemar dapat disebabkan oleh logam berat Hg karena nilai CF yang diperoleh pada lokasi Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun kontaminasi sangat tinggi ($CF > 6$), sehingga secara keseluruhan nilai PLI menjadi tidak tercemar.

Status pencemaran (PLI) dari Logam berat Hg dan Pb di Penambangan Emas Tanpa Izin Desa Moenti Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun adalah tidak tercemar, karena potensi tercemar hanya pada logam berat Hg. Hasil dari nilai Hg cukup tinggi, namun jika dimasukkan ke dalam Indeks PLI secara keseluruhan maka status pencemaran logam berat Hg dan Pb menjadi tidak tercemar, meskipun begitu logam Hg masuk kedalam kategori tercemar dan harus mendapat perhatian. Berdasarkan nilai PLI, didapatkan telah terjadi pencemaran di semua lokasi penelitian, dimana kualitas sedimen memburuk sehingga dapat memungkinkan akan memberikan dampak resiko ekologis tinggi terhadap lingkungan di daerah tersebut yang akan berdampak terhadap biota maupun masyarakat yang tinggal di sekitarnya (Mulyaningsih et al., 2015).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui konsentrasi logam berat Hg di tiga titik secara berurutan sebesar 0,86 mg/kg, 0,77mg/kg, 0,80 mg/kg dan logam berat timbal berurutan sebesar 0,51mg/kg, 0,54 mg/kg, 0,53mg/kg. Berdasarkan analisis perhitungan CF, I_{geo} logam merkuri lebih berpotensi menjadi pencemar dilokasi penelitian ($CF > 6$), ($2 < I_{geo} < 3$) sedangkan logam timbal di lokasi penelitian masuk kedalam kategori tidak tercemar. Perhitungan PLI secara keseluruhan Hg dan Pb menyatakan lokasi penelitian tidak termasuk kedalam kategori tercemar ($PLI < 1$). Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang tingkat pencemaran logam berat pada lahan bekas Penambangan Emas Tanpa izin di Desa Moenti Kecamatan limun, Kabupaten Sarolangun agar dapat memantau tingkat pencemaran khususnya pada logam Hg. Perlu dilakukan variasi lokasi sampling seperti lahan bekas tambang 1 tahun, 3 tahun, 5 tahun dan 10 tahun, sebagai bentuk komparasi sesuai dengan waktu pemulihan lahan bekas tambang. Perlu dilakukannya remediasi lahan bekas pertambangan emas tanpa izin (PETI) mengingat tingkat kontaminasi logam merkuri yang tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih kepada Universitas Jambi karena penelitian ini didanai dengan dana DIPA PNBPN LPPM Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi Skema Penelitian Dosen Tahun Anggaran 2019.

REFERENCES

- Andri, S. (2009). *Uji Kuantitatif Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Mendawai Sebrang Pangkalan Bun*.
- Banunaek, Z. A. (2016). *Pencemaran merkuri di lahan pertambangan emas rakyat dan strategi pengendaliannya*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Gong, Q. J., Deng, J., Xiang, Y. C., Wang, Q. F., & Yang, L. Q. (2008). Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. *Journal of China University of Geosciences*, 19(3), 230–241.
- Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements* (Second Edi). Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

- Harikumar, P. S., & Jisha, T. S. (2010). Distribution pattern of trace metal pollutants in the sediments of an urban wetland in the southwest coast of India. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(5), 840–850.
- Humasa, T. Z., & Srivastava, R. K. (2015). Impact of Rare Earth Mining and Processing on Soil and Water Environment at Chavara, Kollam, Kerala: A Case Study. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11(2015), 566–581. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.059>
- Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. In *Sekretariat Negara Republik Indonesia*. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6634. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Mallongi, A. (2019). *Dampak limbah cair dari aktivitas institusi dan industry*. Goysen Publishin.
- Mirdat, Patadungan, Y. S., & Isrun. (2013). Status of Heavy Metal Mercury (Hg) in Soil in the Gold Mine Processing Area in Poboya Village, Palu City. *E-Journal Agrotekbis*, 1(2), 127–134.
- Mulyaningsih, T. R., Suprpti, S., Sains, P., Maju, B., Kontaminasi, P., Berat, L., Kualitas, D. A. N., & Sungai, S. (2015). Penaksiran Kontaminasi Logam Berta dan Kualitas Sedimen Sungai Cimadur, Banten. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*, 18(1), 11–21.
- Novandi, R., Hayati, R., & Zahara, T. A. (2014). Remediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.5565>
- Rabee, A. M., Al-Fatlawy, Y. F., Abd, A.-A.-H. N., & Nameer, M. (2011). Using Pollution Load Index (PLI) and Geoaccumulation Index (I-Geo) for the Assessment of Heavy Metals Pollution in Tigris River Sediment in Baghdad Region. *Journal of Al-Nahrain University Science*, 14(4), 108–114. <https://doi.org/10.22401/jnus.14.4.14>
- Sahara, R., & Puryanti, D. (2015). Distribusi logam berat Hg dan Pb pada sungai batanghari aliran batu bakuik dharmastraya, sumatera barat. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1), 68–77.
- Shams, M. T., Ray, S., Kabir, M. I., & Purkayastha, T. (2012). ARPN Journal of Science and Technology::Assessment of Heavy Metal Contamination in Incinerated Medical Waste. *ARPN Journal of Science and Technology*, 2(10), 904–911.
- Veerasingam, S., Venkatachalapathy, R., & Ramkumar, T. (2012). Heavy metals and ecological risk assessent in marine sediments of Chennai, India. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(2), 111–124.
- Yulianti, R., Sukiyah, E., Sulaksana, N., Limun, K., Sarolangun, K., & Limun, S. (2016). Dampak Limbah Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Terhadap Kualitas Air Sungai Limun Kabupaten Sarolangun Propinsi Jambi. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(3), 251–262.
- Zuhri, A. (2015). Konflik Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Desa Petapahan kecamatan Gunung Toar Kabupaten Kuantan Singingi. *Jom FISIP*, 2(2), 1–15.