

Studi Kontaminasi Logam Berat (Pb dan Cr) Pasca Pertambangan Bauksit sebagai Potensi Lokasi Kegiatan Budidaya Perikanan

Risandi Dwirama Putra¹, Tri Apriadi²

¹Laboratorium Oseanografi, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Kampus UMRAH Senggarang. Jl. Politeknik, Senggarang 29111, Tanjungpinang, Indonesia.

²Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Akuatik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Kampus UMRAH Senggarang. Jl. Politeknik, Senggarang 29111, Tanjungpinang, Indonesia.

INFO NASKAH

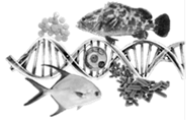
Kata Kunci:

*Pasca tambang,
Bauksit,
Pb,
Cd,
Logam berat,
Budidaya.*

ABSTRAK

Bauksit merupakan salah satu kegiatan penambangan yang dapat menimbulkan fenomena *Acid Mine Drainage* (AMD), dimana kegiatan yang dikembangkan oleh pertambangan bauksit adalah sejak awal operasi, yang mampu mendegradasi kondisi lingkungan sekitar dan menyebabkan modifikasi terhadap struktur utama lingkungan. Salah satu alternatif untuk mengurangi dampak negatif produksi pertambangan bauksit adalah dengan memanfaatkan kembali lahan bauksit yang telah ditinggalkan yang membentuk genangan air. Puding pada bekas penggalian bauksit diperkirakan memiliki potensi untuk budidaya ikan. Setiap lokasi pengambilan sampel berada pada 5 lokasi berdasarkan kegiatan pasca penambangan bauksit yang digunakan untuk menentukan kadar logam berat dari Pb dan Cr. Sampel tanah maupun sedimen juga dikumpulkan untuk dilaksanakan analisis ukuran butir (*grain size*). Konsentrasi logam berat total diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Flame (AAS). Hasil perhitungan nilai Faktor Pengayaan (EF) logam berat untuk Pb menunjukkan telah terjadi pengayaan logam. Pb yang sangat ekstrim tingginya di lahan bekas penambangan bauksit untuk stasiun Simpang Dompok, Dompok dan Wacopek (EF > 40). Faktor Pengayaan (EF) Cr pada lokasi lahan pasca-tambang bauksit untuk stasiun, Simpang Dompok dan Sei Carang nilai EF >5 menunjukkan adanya kontaminasi logam Cr. Dari Nilai Indek I_{geo}, Logam Pb dengan I_{geo} >5, dikategorikan tercemar berat dan Cr dengan I_{geo} <5, dikategorikan tercemar sedang. Kualitas air tambang Bauksit menunjukkan hasil yang baik. Secara umum, daerah pasca tambang bauksit masih memiliki potensi untuk kegiatan budidaya, walaupun ada kontaminasi Pb yang tinggi pada substrat tetapi kualitas air pada daerah tersebut dapat dimanfaatkan untuk organisme dinamis seperti ikan. Perlu adanya teknik budi daya yang tepat untuk mengelola lahan tersebut agar dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan budidaya.

Gedung FIKP Lt. II Jl. Politeknik Senggarang, 29115, Tanjungpinang, Telp: (0771-8041766, Fax. 0771-7004642. Email: Gedung FIKP Lt. II Jl. Politeknik Senggarang,29115, Tanjungpinang, Telp: (0771-8041766, Fax. 0771-7004642. Email: risandi@umrah.ac.id; apriadi.2011@yahoo.com



Study of Heavy Metal Contamination (Pb and Cr) Post Mining Bauxite as Potential of Aquaculture

Risandi Dwirama Putra¹ and Tri Apriadi²,

¹Oceanography Laboratory, Raja Ali Haji Maritime University, Faculty of Marine Science and Fisheries, Kampus UMRAH Senggarang. Jl. Politeknik, Senggarang 29111, Tanjungpinang, Indonesia.

²Productivity and Aquatic Environment Laboratory, Raja Ali Haji Maritime University, Faculty of Marine Science and Fisheries. Kampus UMRAH Senggarang. Jl. Politeknik, Senggarang 29111, Tanjungpinang, Indonesia.

ARTICLE INFO

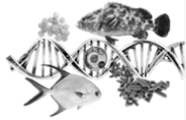
Keywords:

*Post-mine,
Bauxite,
Pb,
Cd,
Heavy Metals,
Aquaculture.*

ABSTRACT

Bauxite is one of the mining activities, which can lead to the phenomenon of Acid Mine Drainage (AMD). Activities developed by bauxite mining, since the beginning of operations are able to degrade environmental conditions and cause modifications to the main structure of the environment. Alternative to reducing the negative impact of bauxite mining production with re-utilize abandoned bauxite which forms puddles. The puddle of water on bauxite post-mining have potential for Aquaculture. Each sampling site is located in 5 site based on post bauxite mining activities and determine the heavy metal concentration of Pb and Cr. Soil and sediment samples were collected to analyze the grain size. Total heavy metal concentrations using Atom Flame Absorption Spectrophotometer (AAS). Analysis of heavy metal concentration (Pb dan Cr) with enrichment factor (EF) value of heavy metals Pb indicates extremely high enrichment for post- mining bauxite site at Simpang Dompok, Dompok and Wacopek (EF> 40). Enrichment Factor (EF) Cr on post-mining bauxite post in Simpang Dompok and Sei Carang site have EF value > 5 indicating this site contamination with Cr. Index Value, $I_{geo} > 5$ indicating very strongly contaminated Pb and Cr with $I_{geo} < 5$ is contaminated moderately. Water quality in Post-mining bauxite shows good condition of water. In general, the post-mining area of bauxite have potential for aquaculture activities although there is high Pb contamination on the substrate but the water quality parameter can utilized for dynamic organisms such as fish. Proper aquaculture techniques to manage the post-mining bauxite in order to be optimally utilized for cultivation activities.

Gedung FIKP Lt. II Jl. Politeknik Senggarang, 29115, Tanjungpinang, Telp : (0771-8041766, Fax. 0771-7004642. Email: Gedung FIKP Lt. II Jl. Politeknik Senggarang, 29115, Tanjungpinang, Telp: (0771-8041766, Fax. 0771-7004642. Email: risandi@umrah.ac.id; apriadi.2011@yahoo.com



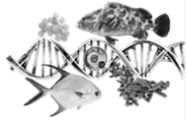
PENDAHULUAN

Sedimen yang berada di lingkungan dapat bertindak sebagai *reservoir* utama kandungan logam dan sumber kontaminan (El-amier *et al.*, 2017). Dalam banyak kasus eksplorasi penambang, limbah penambang dan *tailing* dapat menyebabkan fenomena yang dikenal sebagai *Acid Mine Drainage* (AMD) (Oliveira *et al.*, 2014). AMD dapat menyebabkan terbentuknya kandungan logam berat dengan tingkat konsentrasi yang melebihi kondisi lingkungan. Lingkungan sebenarnya sudah memiliki konsentrasi kadar logam berat tertentu secara alami dan konsentrasinya bervariasi tergantung pada bahan induk (Barbieri, 2016).

Bauksit merupakan salah satu kegiatan penambangan yang dapat menimbulkan fenomena *Acid Mine Drainage* (AMD), dimana kegiatan yang dikembangkan oleh pertambangan bauksit adalah sejak awal operasi kegiatan ini mampu mendegradasi kondisi lingkungan sekitar dan menyebabkan modifikasi terhadap struktur utama lingkungan (Oliveira *et al.*, 2014). Beberapa daerah bekas penambangan bauksit yang rusak dan memberikan dampak negatif terhadap modifikasi lingkungan. Proses pengerukan bauksit di beberapa lokasi penambangan mengakibatkan munculnya genangan air serta meninggalkan lahan tandus yang tidak produktif.

Beberapa penelitian terkait penambangan bauksit telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti dan pada umumnya para peneliti hanya memfokuskan meneliti dampak *tailing* bauksit/ *red mud*. Hasil *tailing* ataupun *red mud* yang tidak diproses dengan tepat akan meningkatkan insiden pencemaran yang besar dan luas (Olszewska *et al.*, 2017) serta sebagian besar hasil *tailing* dari kegiatan penambangan bauksit membuat struktur lingkungan terkontaminasi logam berat yang dapat membahayakan dan menimbulkan dampak negatif. Konsentrasi logam rata-rata dari yang terbesar sampai yang terkecil adalah Fe, Ni, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd, dan Cr. Nilai dari hasil konsentrasi logam pada tanah bauksit secara alami yang berada di lingkungan masih di bawah ambang baku kualitas yang ditentukan. Bauksit memiliki berbagai mineral penting, termasuk besi, silika, titanium, kalsium, dan magnesium. Selanjutnya mineral pelengkap yang terkandung dalam bauksit adalah Na, K, P, Cr, V, Ga, Zr, Zn, Pb, Cu, Ni, Mn dan Co (Cabllk, 2007).

Elemen Zr memiliki unsur proporsi terbesar yang terkandung dalam sampel bauksit mulai dari 460-1.790 ppm dan elemen berlimpah yang ditemukan berikutnya adalah elemen V dengan kisaran 210-416 ppm kemudian Cr dengan kisaran 108-326 ppm. Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Nb, Ce, La, dan Pb ditemukan dalam jumlah kecil (<100 ppm) (Ayorinde, 2011). *Red mud* juga mengandung konsentrasi logam beracun dan metaloida yang berpotensi masalah, termasuk As, Cr, Ni, Pb, Mo dan V (Brunori *et al.*, 2005; Grafe *et al.*, 2011; Klebercz *et al.*, 2012) dan mengandung beberapa unsur beracun, termasuk arsen (Lockwood *et al.*, 2014). Kadar konsentrasi polutan salah satunya logam berat yang dihasilkan dari bauksit ini dapat mengganggu struktur alami lapisan tanah bauksit, sehingga kandungan logam berat dari kegiatan penambangan dapat terakumulasi dan menyebabkan konsentrasi kadar logam berat bauksit semakin meningkat. Peningkatan polutan terakumulasi dalam sedimen dan memiliki efek berbahaya pada lingkungan perairan (Nilin *et al.*, 2013).

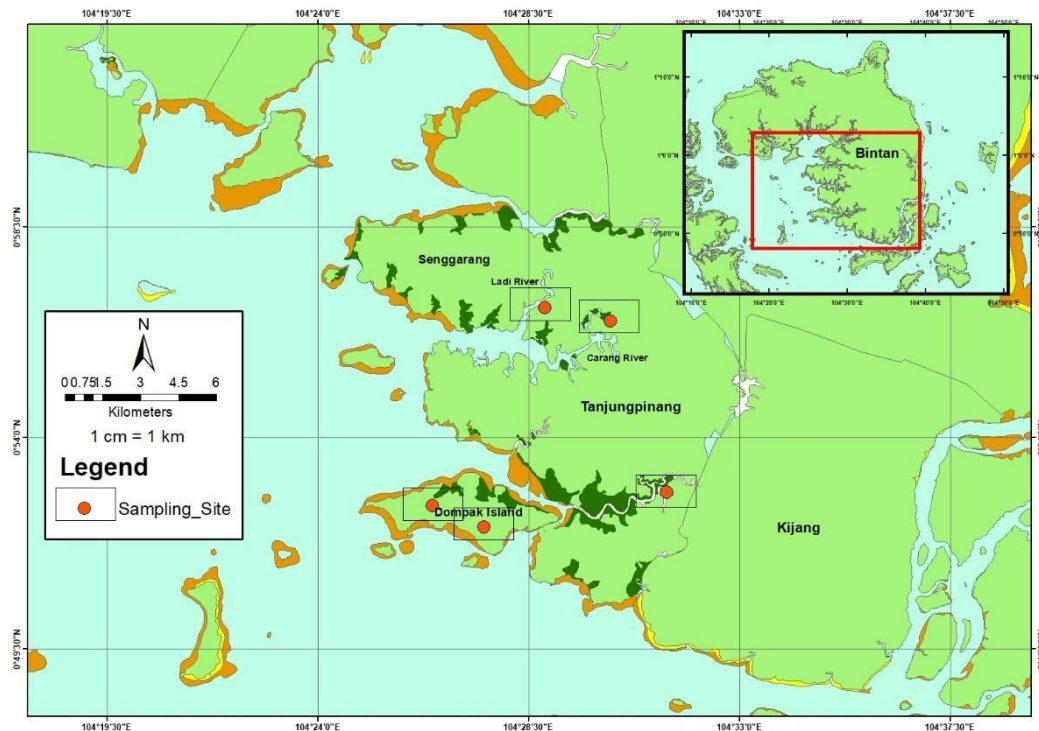


Salah satu alternatif untuk mengurangi dampak negatif produksi pertambangan bauksit adalah dengan memanfaatkan kembali lahan bauksit yang telah ditinggalkan. Penggalian penambangan bauksit pada umumnya akan diisi oleh air (umumnya air hujan) yang membentuk genangan air. *Puding* pada bekas penggalian bauksit diperkirakan memiliki potensi untuk budidaya ikan. Potensi lahan untuk penggalian bauksit untuk budidaya ikan belum dipelajari sebelumnya oleh beberapa ahli dan peneliti. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian eksploratif untuk mendapatkan kondisi lingkungan saat ini terutama yang berkaitan dengan logam berat di wilayah pertambangan bauksit yaitu (Pb dan Cr). Informasi mengenai kandungan logam berat (Pb dan Cr) yang terakumulasi pada tanah bekas penambangan bauksit sangat perlu dilakukan untuk mengetahui apakah lahan bauksit tersebut dapat dialihfungsikan dan diperdagunakan untuk kegiatan budidaya perikanan, khususnya perikanan air tawar, sehingga dari informasi dari kandungan konsentrasi logam yang terkandung pada lahan bekas penambangan bauksit, peneliti dapat menentukan kebijakan selanjutnya untuk pemanfaatan lahan bauksit sebagai lahan budidaya.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel dan sedimen

Setiap lokasi pengambilan sampel ditentukan dengan menggunakan GPS dan berlokasi di 5 lokasi berdasarkan kegiatan pasca penambangan bauksit (Tabel 1) yang digunakan untuk menentukan kadar logam berat dari Pb, Cd dan Cr. Sampel tanah maupun sedimen juga dikumpulkan untuk dilaksanakan analisis ukuran butir yang termasuk jumlah persentase pasir dan lumpur yang terkandung di lahan penambangan Bauksit bersama dengan analisis statistik yaitu *sediment mean*, dan analisis sortir (Folk & Ward, 1957). Konsentrasi logam berat total diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Flame (AAS) menggunakan AA-6200 Shimadzu, arus 10 mA dengan menyesuaikan panjang gelombang yang ditentukan; gas udara *acetylene* 21 / menit; O₂ 15 L / menit, suhu 2.000 °C.



Gambar 1. Gambar lokasi penelitian

Lokasi stasiun pengambilan sampel disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Lokasi geografis lokasi pengambilan sampel

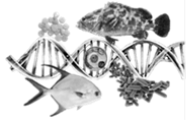
| Stasiun Pengamatan | Lokasi | | Soil depth (cm) | Water Depth (cm) |
|--------------------|----------|-----------|-----------------|------------------|
| | Latitude | Longitude | | |
| Sei. Ladi | 0,94636 | 104,4807 | 100 | 37 |
| Sei. Carang | 0,94169 | 104,5041 | 100 | 28 |
| Simpang Dompok | 0,87582 | 104,4406 | 100 | 10 |
| Dompok | 0,86830 | 104,4591 | 100 | 21 |
| Wacopek | 0,88071 | 104,5240 | 100 | 8 |

Sediment core sampler dan water quality parameter instrument

Pengambilan sampel tanah bauksit menggunakan *cores* yang memiliki diameter dalam 65 mm dan panjang dari *core sampler* sedimen 100 cm (Olszewska *et al.*, 2017). Konsentrasi DO, konduktivitas, pH dan suhu air diukur secara in situ di lokasi sampel dengan menggunakan SensoDirect 150 Lovibond® Portable Multi- Parameter Meter and Probe.

Faktor Pengayaan (EF)

Untuk menilai kemungkinan pengaruh antropogenik di daerah studi, dilakukan analisa Faktor Pengayaan (EF) yang dihitung untuk tiga logam berat yang diselidiki. Faktor Pengayaan (EF) merupakan analisis studi geokimia untuk menentukan perbedaan logam dari aktivitas antropogenik dan yang berasal dari



sumber alami (Al-Mur *et al.*, 2017). Metode EF menormalkan kandungan logam berat yang diukur dengan mengacu pada sampel logam acuan menggunakan Fe berdasarkan (Abraham & Parker, 2008). Fe sebagai elemen normalisasi yang dapat diterima untuk digunakan dalam perhitungan faktor pengayaan karena dianggap distribusi Fe tidak terkait dengan logam berat lainnya. EF dihitung sesuai dengan persamaan berikut:

$$EF = \frac{M_x \times Fe_y}{M_b \times Fe_b}$$

Dimana M_x dan Fe_x adalah sampel dari konsentrasi logam yang ditentukan dan Fe (Abraham & Parker, 2008) untuk variabel M_b and Fe_b konsentrasi *background* ataupun kandungan logam murni atau logam alami yang berada di lingkungan (Salomons & Forstner, 1984). Untuk klasifikasi kualitas, hasil EF diterapkan pada skala kualitatif konsentrasi logam berdasarkan (Kalaivanan *et al.*, 2017) (kriteria; <2, Pengayaan minimal; 2-5, Pengayaan sedang (*moderate*); 5-20, Pengayaan cukup (*significant*); 20-40, Pengayaan tinggi (*very high*); >40, Pengayaan sangat tinggi (*extremely high*).

Geo-accumulation index (I_{geo})

Indeks geoakumulasi (I_{geo}), adalah indeks yang didefinisikan oleh (Muller, 1969) sebagai kriteria untuk mengevaluasi intensitas pencemaran logam berat (Nilin *et al.*, 2013). *Geoaccumulation* adalah pendekatan umum untuk memperkirakan pengayaan konsentrasi logam di atas *background* atau konsentrasi awal. Metode ini menilai tingkat pencemaran logam dalam tujuh kelas pengayaan berdasarkan pada kenaikan nilai numerik indeks. Indeks ini dihitung sebagai berikut:

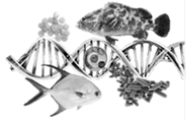
$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1.5 B_n}$$

Dimana C_n adalah konsentrasi unsur dalam sampel yang diperkaya, dan B_n adalah latar belakang atau nilai murni dari unsur tersebut. Faktor 1.5 diperkenalkan untuk meminimalkan efek variasi yang mungkin terjadi pada nilai *background* yang dapat dikaitkan dengan variasi litologis dalam sedimen. (Stoffers *et al.*, 1986; Abraham & Parker, 2008; Nilin *et al.*, 2013). Klasifikasi nilai kualitas dari I_{geo} (Muller, 1969) (*reference levels*; 0-1 *uncontaminated*; 1-2 *unpolluted to moderately contaminated*; 2-3 *moderately contaminated*; 3-4 *moderately to strongly contaminated*; 4-5 *strongly contaminated* ;>5 *very strongly contaminated*).

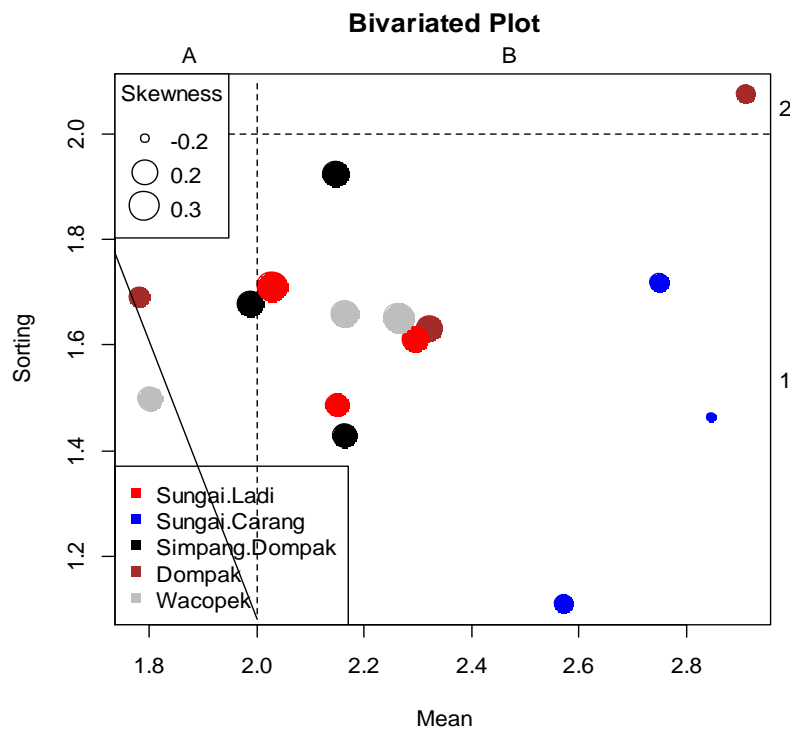
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tektural Sedimen Lahan Bauksit

Analisa tekstur sedimen dari lahan bekas tambang bauksit dominan merupakan pasir halus dan terdapat beberapa tekstur yang memiliki diameter butir (*grain size*) yang lebih kasar yaitu pasir medium dengan komposisi yang tidak



terlalu besar. Analisis *bivariate* juga menunjukkan bahwa kalsifikasi seluruh tekstur sedimen pada lahan bekas tambang bauksit termasuk katagori terpilah buruk dan terpilah sangat buruk, hal ini menunjukkan bahwa adanya pencampuran sedimen murni/ asli yang berada pada lahan tersebut yang diduga merupakan bekas hasil tailing/ *red mud*. Karakteristik sorting dengan kategori terpilah buruk dan sangat buruk secara mekanisme dapat mengganggu kondisi lahan yang akan dijadikan tempat untuk budidaya perikanan karena karakteristik sedimen yang *heterogen* dapat mudah tersuspensi kembali apabila terdapat gaya penggerak dari luar (*external force*) yang mengakibatkan sedimen mudah terdistribusi dan perairan akan menjadi keruh diakibatkan pergerakan partikel sedimen.

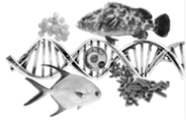


Keterangan

| Mean | Verbal.Mean | Sorting | Verbal.Sorting |
|------|--------------|---------|-----------------------|
| A | Pasir medium | 1 | Terpilah buruk |
| B | Pasir halus | 2 | Terpilah sangat buruk |

Gambar 2. *Bivariate-Plot* sediment antara *Mean Size* dan *sorting* lahan bekas tambang Bauksit

Kekeruhan merupakan salah satu faktor yang penting dalam mekanisme budidaya perikanan. Beberapa ikan ataupun organisme ekonomis penting yang akan dibudidaya akan sangat berpengaruh terhadap kondisi dari kualitas perairan, walaupun ada beberapa ikan yang dapat bertahan hidup dan beradaptasi di lingkungan dengan kadar kekeruhan yang tinggi salah satunya adalah ikan lele. Tidak hanya *external force* yang dapat mempengaruhi pola distribusi sedimen, ikan



yang bergerak secara *mobile* dan dinamis juga dapat mengganggu partikel sedimen dan menyebabkan perairan menjadi keruh.

Analisa Kandungan Logam berat (Pb dan Cr)

Kandungan konsentrasi logam berat (Pb dan Cr) pada lahan pasca tambang di beberapa stasiun disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Kandungan Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cr) pada Lahan Pasca-tambang Bauksit

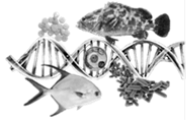
| Stasiun | Kandungan Konsentrasi Logam Berat (ppm) | |
|----------------|---|-------|
| | Pb | Cr |
| Sei. Ladi | 0.326 | 0.169 |
| Sei. Carang | 0.273 | 0.046 |
| Simpang Dompok | 0.314 | 0.49 |
| Dompok | 0.245 | 0.314 |
| Wacopek | 0.421 | 0.018 |

Kandungan konsentrasi logam berat pada wilayah pasca-tambang bauksit untuk (Pb) berada > 0.1 ppm. Konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada stasiun Wacopek yang berada di daerah Kijang dengan konsentrasi Pb >0.4 ppm Stasiun pengamatan wilayah Sei Ladi dan Simpang Dompok kandungan konsentrasi Pb <0.4 ppm sedangkan wilayah Sei Carang dan Dompok, konsentrasi Pb <0.3 ppm.

Kandungan Cr yang berada pada wilayah Pasca tambang bauksit memiliki pola yang berbeda dengan dengan konsentrai Pb. Kandungan Cr lebih berfluktuasi diantara 0.01 ppm sampai dengan 0.5 ppm. Konsentrasi Cr tertinggi terdapat pada satasiun Simpang Dompok dengan nilai konsentrasi Cr sebesar 0.49 ppm sedangkan daerah pasca tambang bauksit yang berada di Dompok memiliki kandungan Cr sebesar 0.31 ppm, Sei ladi memiliki konsentrasi Cr sebesar 0.17 ppm. Wilayah pasaca tambang bauksit untuk Sei Carang dan Wacopek memiliki konsentrasi yang berbeda dari wilayah lainnya, dimana Cr yang terkandung di wiayah tersebut sangat kecil yaitu sebesar 0.046 ppm dan 0.018 pm untuk wilayah Sei Carang dan Wacopek. Analisa data logam ini menunjukkan bahwa logam Pb dan Cr merupakan berasal dari sumber yang berbeda. Pendugaan bahwa untuk logam Pb berasal dari *antropogenik* yang sangat tinggi sedangkan kosnentrasi Cr merupakan berasal dari faktor *antropogenik* yang tidak terlalu tinggi.

Analisa Faktor Pengayaan (EF) untuk Pb dan Cr

Metode penentuan faktor pengayaan (EF) berdasarkan (Kalaivanan *et al.*, 2017) dibedakan menjadi beberapa klasifikasi ataupun kriteria, dimana jika nilai Faktor Pengayaan (EF) <2 termasuk kategori Kurang – Pengayaan minimal yang menunjukkan bahwa kandungan konsentrasi logam berat tidak menunjukkan saling tidak signifikan yang diartikan bahwa kandungan konsentrasi logam di lokasi tersebut disebabkan oleh sumber alamiah dari elemen tersebut. Faktor Pengayaan



dengan nilai $EF > 5$ menandakan lokasi tersebut sudah terkontaminasi oleh elemen yang bersangkutan dan kemungkinan berasal dari sumber antropogenik (Sutherland, 2000).

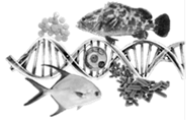


Gambar 3. Faktor Pengayaan (EF) Logam Berat Pb pada lahan bekas tambang Bauksit

Hasil perhitungan nilai Faktor Pengayaan (EF) logam berat untuk Pb pada penelitian ini (Gambar 3) menunjukkan telah terjadi pengayaan logam Pb yang sangat ekstrim tingginya di lahan bekas penambangan bauksit untuk stasiun Simpang Dompok, Dompok dan Wacopek ($EF > 40$), sedangkan lokasi pasca-tambang bauksit untuk stasiun Sei Ladi dan Sei Carang sudah terjadi pengayaan Pb yang Cukup tinggi ($EF < 40$). Hal ini juga mengonfirmasi Pb yang berada pada lahan bekas tambang bauksit juga merupakan berasal dari sumber antropogenik. Menurut Sutherland (2000) bahwa semakin tinggi nilai EF kontribusi sumber antropogenik juga semakin meningkat.



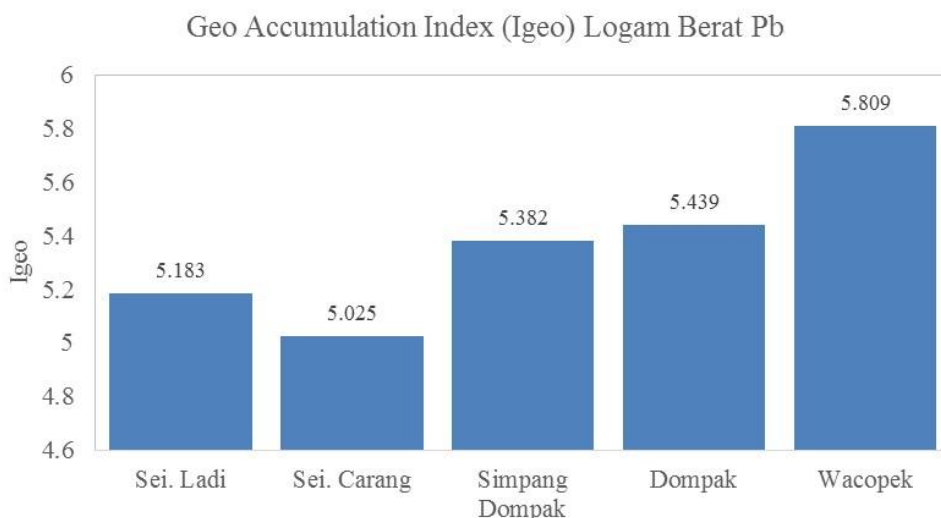
Gambar 4. Faktor Pengayaan (EF) Logam Berat Cr pada lahan bekas tambang Bauksit



Logam kedua yang dilakukan analisis Faktor Pengayaan (EF) adalah Cr, dimana pada lokasi lahan pasca-tambang bauksit untuk stasiun, Simpang Dompok dan Sei Carang nilai $EF > 5$ menunjukkan adanya kontaminasi dari sumber antropogenik yang signifikan pada daerah tersebut, sedangkan pada lokasi lahan pasca-tambang bauksit untuk stasiun Dompok dengan nilai $EF < 5$ mengindikasikan telah terjadi pengayaan yang sedang (*moderate enrichment*) dari Cr. Kandungan konsentrasi logam di lokasi Sei Ladi dan Wacopek berasal dari sumber alamiah dari elemen tersebut disebabkan Faktor Pengayaan $EF > 2$.

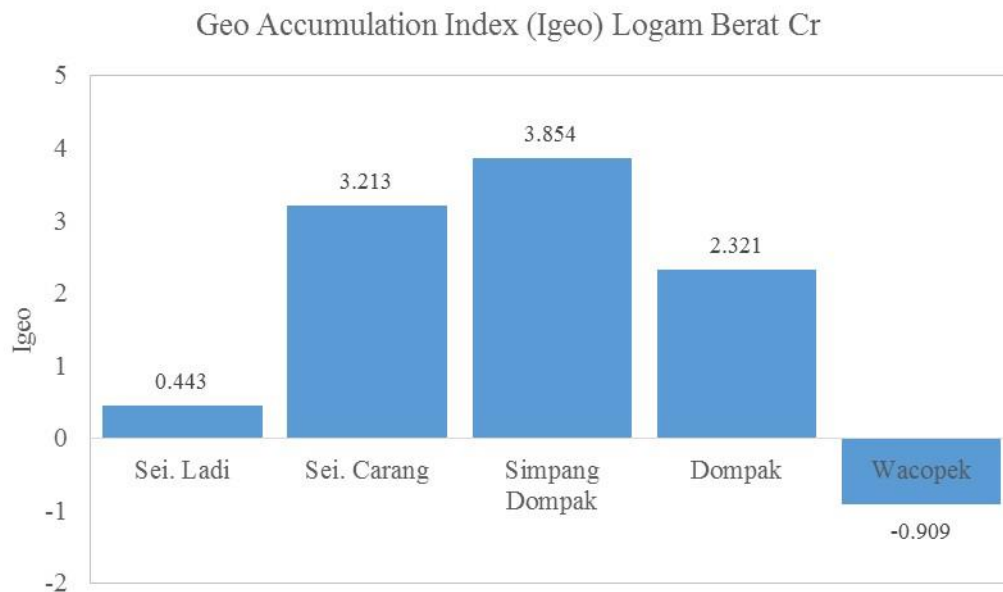
Analisa *Geo-accumulation index* (I_{geo})

Geo-accumulation Index (I_{geo}) logam berat Pb pada lahan bekas tambang bauksit disajikan pada gambar 5. *Geo-accumulation Index* (I_{geo}) merupakan analisa kontaminasi logam berat pada suatu daerah ataupun lokasi yang terdiri dari tujuh tingkatan ataupun kelas dengan nilai $I_{geo} 6$ dapat mengidentifikasi hampir 100 kali lipat nilai pengayaan dari nilai *background* (Muller, 1979). *Geo-accumulation Index* (I_{geo}) secara umum dinyatakan untuk analisa partikel sedimen dalam ukuran butir partikel yang halus karena diasumsikan bahwa kandungan konsentrasi logam pada sedimen berasosiasi dengan ukuran partikel butir yang halus. Penelitian ini menganalisis nilai *Geo-accumulation* lahan pasca-tambang bauksit dengan menggunakan *background value* dari data *global average shale* dari (Turekian & Wadepohl, 1961).



Gambar 5. *Geo-accumulation Index* (I_{geo}) Logam Berat Pb pada lahan bekas tambang bauksit

Berdasarkan analisa *Geo-accumulation Index* (I_{geo}) Logam Berat Pb pada lahan pasca tambang bauksit untuk semua stasiun sudah terkontaminasi dengan sangat buruk dan masuk dalam katagori *very strongly contaminated* dengan nilai $I_{geo} > 5$. Analisa ini menjelaskan bahwa lahan pasca tambang bauksit telah terkontaminasi logam berat Pb yang sangat tinggi dan sangat tidak baik untuk dilanjutkan didalam kegiatan ataupun aktivitas yang berkaitan dengan aktivitas organisme secara langsung salah satunya adalah kegiatan budidaya.

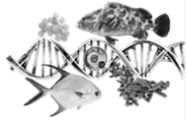


Gambar 6. *Geo-accumulation Index* (I_{geo}) Logam Berat Cr pada lahan bekas tambang bauksit

Berbeda halnya dengan nilai analisa *Geo-accumulation Index* (I_{geo}) logam berat Pb, analisa hasil I_{geo} untuk logam Cr cenderung lebih bervariasi untuk setiap stasiun. Pada lahan pasca tambang bauksit Sei Carang dan Simpang Dompok telah termasuk dalam katagori tercemar sedang dengan nilai $I_{geo} > 3$. Lokasi pasca-tambang Bauksit untuk stasiun Dompok termasuk dalam katagori tidak mengalami polusi logam Cr, sedangkan stasiun Sei Ladi dan Wacopek tidak terkontaminasi logam berat Cr.

Efek dari pencemaran logam berat terhadap kegiatan budidaya

Pemilihan lokasi lahan bauksit yang terkontaminasi logam berat harus sangat diperhatikan dengan sangat baik. Lahan bauksit yang terbentuk kolong air sebelum dialihfungsikan menjadi lokasi untuk kegiatan budidaya harus dapat diperhatikan dari kesesuaian kondisi lingkungan. Pada saat berada di kolom air, logam akan berbentuk partikel dan kecenderungan partikel logam yang berada di kolom air akan terakumulasi oleh ikan budidaya, dan akhirnya akan berdampak terhadap perkembangan ikan budidaya serta dapat terbentuknya *toxic*. Tidak hanya itu, logam berat juga akan secara cepat terserap pada partikel yang berada di kolom air, yang pada akhirnya akan berasosiasi dengan partikel tersuspensi di kolom air dan pada akhirnya terakumulasi di sedimen dasar. Pada saat logam berat di sedimen dapat diakumulasi oleh organisme benthik yang hidup dan mencari makan di sedimen. Organisme benthik, menjadi dasar dari rantai makanan, pada akhirnya bisa menjadi agen transfer logam dari sedimen dasar ke tropik level yang lebih tinggi dan menyebabkan dampak negatif (Stecko & Bendell-Young, 2000a).



Tabel 3. Kualitas Perairan Pasca tambang Bauksit

| Parameter | Nilai rata-rata | | | | |
|-----------|-----------------|------------|----------|---------------------|---------|
| | Sei Ladi | Sei Carang | Dompok 1 | Dompok 2 (Siambang) | Wacopek |
| Ph | 4.94 | 5.56 | 4.45 | 6.36 | 6.13 |
| DO | 6.4 | 6.4 | 7.3 | 6.4 | 5.9 |
| Suhu | 30.2 | 30.4 | 29.7 | 29.1 | 28.7 |

Nilai kualitas parameter perairan di daerah pasca tambang bauksit menunjukkan hal yang baik, walaupun kadar keasaman air di daerah tersebut cenderung asam dengan pH 4.45 sampai dengan 6.63. Kualitas air untuk kandungan oksigen terlarut (DO) berkisar antara 5.9 sampai dengan 7.3 dan suhu berkisar antara 28.7 sampai dengan 30.2 menunjukkan hal positif bahwa kondisi air di daerah tersebut dapat digunakan untuk kegiatan budidaya. Daerah pasca tambang bauksit walaupun memiliki tingkatan level I_{geo} Pb yang tinggi pada sedimen yang termasuk dan terkategori tercemar berat tetapi memiliki kualitas air yang cukup baik (dilihat dari DO dan Suhu). Kegiatan pasca tambang bauksit dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan pasca tambang tersebut dengan memperhatikan substrat yang ada dan diperlukannya teknik budidaya yang tepat agar dapat dimanfaatkan dan diperdagunakan lahan tersebut.

KESIMPULAN

Kondisi lahan pasca tambang bauksit menunjukkan telah terjadi pengayaan logam Pb yang sangat tinggi dan sangat ekstrim dan juga menunjukkan kontaminasi Pb yang sangat tinggi. Logam Cr memiliki karakteristik yang cukup berbeda dari Pb, dimana konsentrasi logam berat pada Cr lebih berfluktuasi pada stasiun pengamatan yang menjelaskan bahwa logam Pb dan Cr pada lokasi pascatambang bauksit berasal dari faktor *antropogenik* yang berbeda. Analisa kualitas perairan menunjukkan hal yang positif terhadap kondisi kualitas air pada daerah pasca tambang Bauksit.

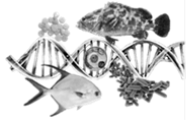
Secara umum, daerah pasca tambang bauksit masih memiliki potensi untuk kegiatan budidaya, walaupun ada kontaminasi Pb yang tinggi pada substrat tetapi kualitas air pada daerah tersebut dapat dimanfaatkan untuk organisme dinamis seperti ikan. Perlu adanya teknik budi daya yang tepat untuk mengelola lahan tersebut agar dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

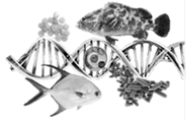
- Abdallah, M. A. M. 2017. Chemical speciation and contamination assessment of Pb and V by sequential extraction in surface sediment off Nile Delta, Egypt. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(1), 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.06.001>
- Abraham, G. M. S., Parker, R. J. 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136(1–3), 227–238. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9678-2>



- Al-Mur, B. A., Quicksall, A. N., Al-Ansari, A. M. A. 2017. Spatial and temporal distribution of heavy metals in coastal core sediments from the Red Sea, Saudi Arabia. *Oceanologia*, 59(3), 262–270. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.03.003>
- Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., Rahman, M. Z. 2016. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.002>
- Ayorinde, A. O. 2011. Mineralogy and Geochemistry of the Bauxite Deposits (Cretaceous), Wilkinson County.
- Badr, N. B. E., El-Fiky, A. A., Mostafa, A. R., Al-Mur, B. A. 2009. Metal pollution records in core sediments of some Red Sea coastal areas, Kingdom of Saudi Arabia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155(1–4), 509–526. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0452-x>
- Barbieri, M. 2016. The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. *Journal of Geology & Geophysics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.4172/2381-8719.1000237>
- Cablík, V. 2007. Characterization and applications of red mud from bauxite processing. *The British Library “the World’s Knowledge”* 27–38.
- Desert, W., Mohamaden, M. I. I., Khalil, M. K., Draz, S. E. O., Hamoda, A. Z. M. 2017. Ecological risk assessment and spatial distribution of some heavy metals in surface sediments of New. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(1), 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2016.12.001>
- Dodoo-Arhin, D., Konadu, D. S., Annan, E., Buabeng, F. P., Yaya, A. 2013. Fabrication and Characterisation of Ghanaian Bauxite Red Mud-Clay Composite Bricks for Construction Applications. *American Journal of Material Science*, 3(5), 110–119. <https://doi.org/10.5923/j.materials.20130305.02>
- Dodoo-Arhin, D., Nuamah, R. A., Agyei-Tuffour, B., Obada, D. O., Yaya, A. 2017. Awaso bauxite red mud-cement based composites: Characterisation for pavement applications. *Case Studies in Construction Materials*, 7(June), 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.05.003>
- El-amier, Y. A., Elnaggar, A. A., El-alfy, M. A. 2017. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences Evaluation and mapping spatial distribution of bottom sediment heavy metal contamination in Burullus Lake, Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(1), 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2016.09.005>
- Folk, R. L., Ward, W. C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1), 3–26.



- Galitskaya, I. V., Mohan, K. R., Krishna, A. K., Batrak, G. I., Eremina, O. N., Putilina, V. S., Yuganova, T. I. 2017. Assessment of soil and Groundwater Contamination by Heavy Metals and Metalloids in Russian and Indian Megacities. *Procedia Earth and Planetary Science*, 17, 674–677. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2016.12.180>
- Grigg, A. H. 2017. Hydrological response to bauxite mining and rehabilitation in the jarrah forest in south west Australia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 12(May), 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.05.008>
- Hao, X., Leung, K., Wang, R., Sun, W., & Li, Y. 2010. The geomicrobiology of bauxite deposits. *Geoscience Frontiers*, 1(1), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2010.06.001>
- Hossain, M., Bhattacharya, P., Frappe, S. K., Jacks, G., Islam, M. M., Rahman, M. M., Matin, K. 2014. Science of the Total Environment Sediment color tool for targeting arsenic-safe aquifers for the installation of shallow drinking water tubewells Redox status. *Science of the Total Environment*, The, 493, 615–625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.064>
- Kalaivanan, R., Jayaprakash, M., Nethaji, S., Arya, V., Giridharan, L. 2017. Earth Science & Climatic Change Geochemistry of Core Sediments from Tropical Mangrove Region of Tamil Nadu: Implications on Trace Metals, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000385>
- Lockwood, C. L., Mortimer, R. J. G., Stewart, D. I., Mayes, W. M., Peacock, C. L., Polya, D. A., Burke, I. T. 2014. Mobilisation of arsenic from bauxite residue (red mud) affected soils: Effect of pH and redox conditions. *Applied Geochemistry*, 51, 268–277. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.10.009>
- Nilin, J., Moreira, L. B., Aguiar, J. E., Marins, R., Moledo de Souza Abessa, D., Monteiro da Cruz Lotufo, T., Costa-Lotufo, L. V. 2013. Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of Cear?? River, Northeastern Brazil. *Marine Environmental Research*, 91, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.009>
- Oliveira, V. M. G. de, Ribeiro, L. F. T., Silva, M. C. R. da. 2014. Hydrogeologic characterization of the abandoned mining site of castelejo, portugal by VLF-EM & RMT-R geophysical surveying. *Geofisica Internacional*, 53(2), 135–151. [https://doi.org/10.1016/S0016-7169\(14\)71496-5](https://doi.org/10.1016/S0016-7169(14)71496-5)
- Olszewska, J. P., Heal, K. V., Winfield, I. J., Eades, L. J., Spears, B. M. 2017. Assessing the role of bed sediments in the persistence of red mud pollution in a shallow lake (Kinghorn Loch, UK). *Water Research*, 123, 569–577. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.009>
- Pradit, S., Pattarathomrong, M. S., Panutrakul, S. 2013. Arsenic Cadmium and Lead Concentrations in Sediment and Biota from Songkhla Lake: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 91, 573–580. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.456>



- Sembiring, S. 2008. Sifat Kimia dan Fisik Tanah pada Area (Sastra Sembiring). *Info Hutan Vol. V No.2: 123-134*, (2001), 123–134.
- Sutherland, R.A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology* 39 (6): 611-627 USEPA. 1996. Method 3050B - Acid digestion of sediments, sludges, and soils. 1996, 2(December), 12. <https://doi.org/10.1117/12.528651>
- Yi, Q., Dou, X. D., Huang, Q. R., Zhao, X. Q. 2012. Pollution Characteristics of Pb, Zn, As, Cd in the Bijiang River. *Procedia Environmental Sciences*, 13(2011), 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01>