



Analisis Aplikasi *Eco-Enzyme* Terhadap Kandungan Logam Berat Pada Air Lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sumompo

Moh. Risky Sondang^{#a}, Herawaty Riogilang^{#b}, Hendra Riogilang^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^arizkysondang252@gmail.com, ^bhera28115@gmail.com, ^criogilanghendra@unsrat.ac.id

Abstrak

Pengelolaan sampah di TPA Sumompo menggunakan cara open dumping dimana sampah dibuang begitu saja di tempat pembuangan akhir dan dibiarkan terbuka. Salah satu masalah yang ditimbulkan dari penumpukan sampah di TPA adalah timbulnya pencemar berupa lindi. Semakin banyak tumpukan sampah di TPA maka lindi yang dihasilkan akan semakin banyak. Pengelolaan air lindi di TPA Sumompo sendiri tidak adanya pengolahan khusus dan dibiarkan begitu saja. TPA Sumompo secara rutin menyemprotkan *Eco-Enzyme* setiap dua minggu sekali yang menyebabkan berkurangnya bau busuk pada TPA dan juga pada air lindi. Logam Berat yang akan di analisis dalam sampel air lindi yaitu Arsen (As) dan Cadmium (Cd), tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa efektifitas pemakaian *Eco-Enzyme* terhadap penurunan kandungan Logam Berat (As dan Cd) pada air lindi, Berdasarkan analisis kandungan logam berat pada air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sumompo kandungan Arsen (As) dan Cadmium (Cd) masih berada di bawah ambang batas atau baku mutu yang berlaku, kemudian sesudah diberi perlakuan dengan *Eco-Enzyme* air lindi mengalami penurunan kandungan logam berat. Hasil analisis penambahan *Eco-Enzyme* pada kandungan logam berat arsen mengalami penurunan paling efektif pada pemberian *Eco-Enzyme* sebanyak 10% dengan presentase penurunan rata-rata yaitu 59%. Sedangkan pada Cadmium air lindi mengalami penurunan paling efektif pada pemberian *Eco-Enzyme* 10% dengan presentase penurunan rata-rata yaitu 67%.

Kata kunci: Eco-Enzyme, logam berat As, logam berat Cd, air lindi, TPA

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan sisa dari kegiatan manusia yang sudah tidak diinginkan sebab dianggap tidak berguna lagi. Sampah adalah buangan padat merupakan polutan umum yang dapat menyebabkan turunnya nilai estetika lingkungan, membawa berbagai jenis penyakit, menimbulkan polusi, menyumbat saluran air, dan berbagai akibat negative lainnya. TPA Sampah Sumompo merupakan salah satu TPA sampah tertua di kota Manado yang dibangun sejak 1972 atau \pm 50 tahun. TPA ini memiliki luas 13.699 Hektar yang berlokasi di Kelurahan Sumompo, Kecamatan Tuminting dengan menerapkan sistem open dumping, Pengelolaan sampah di TPA Sumompo menggunakan cara open dumping dimana sampah dibuang begitu saja di tempat pembuangan akhir dan dibiarkan terbuka.

Salah satu masalah yang ditimbulkan dari penumpukan sampah di TPA adalah timbulnya pencemar berupa lindi. Semakin banyak tumpukan sampah di TPA maka lindi yang dihasilkan akan semakin banyak. Bahan organik pada sampah yang teronggok akan mengalami dekomposisi bersama air hujan yang menghasilkan leachate (air lindi). Pengelolaan air lindi di TPA Sumompo sendiri tidak adanya pengolahan khusus dan dibiarkan begitu saja. Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado Tahun 2021 TPA Sumompo secara rutin menyemprotkan *Eco-Enzyme* setiap dua minggu sekali yang menyebabkan berkurangnya bau busuk pada TPA dan juga

pada air lindi. *Eco-Enzyme* merupakan sebuah larutan kompleks yang dihasilkan dari hasil fermentasi segar limbah dapur seperti sayuran serta kulit buah. *Eco-Enzyme* merupakan jenis cuka buatan sendiri, dikurangi dari alkohol dengan fermentasi limbah dapur menjadi substrat dengan gula.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kadar Arsen (As) dan Cadmium (Cd) pada air lindi sebelum dan sesudah pemberian *Eco-Enzyme*?
2. Bagaimana efektifitas pemakaian *Eco-Enzyme* dalam menurunkan kadar Logam Berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd) pada air lindi?

1.3. Batasan Masalah

1. Parameter yang akan diuji yaitu Logam Berat (Arsen dan Cadmium)
2. Melaksanakan perlakuan sampel air lindi dengan menambahkan cairan *Eco-Enzyme* untuk mengetahui efektifitas penurunan kadar parameter;
3. Pengujian hanya berfokus pada variasi konsentrasi 10% dan 20% disetiap sampel tanpa melihat perbedaan waktu.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa kadar Arsen (As) dan Cadmium (Cd) pada air lindi sebelum dan sesudah pemberian *Eco-Enzyme*;
2. Menganalisa efektifitas pemakaian *Eco-Enzyme* terhadap penurunan kandungan Logam Berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd) pada air lindi.

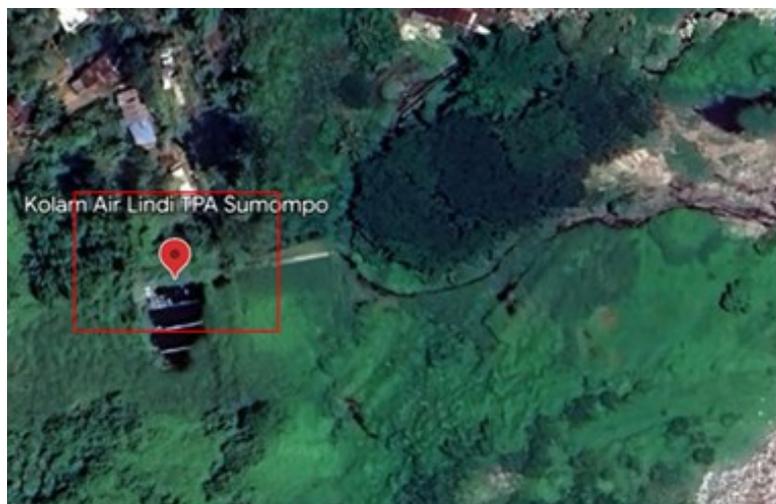
1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian Penelitian ini diharapkan dapat membantu dan memberi masukan kepada pemerintah untuk dapat mengolah air lindi yang dihasilkan dari tempat pembuangan akhir (TPA) untuk menentukan pengolahan air lindi yang tepat.

2. Metode

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di TPA Sumompo bertempat di Kelurahan Sumompo, Kecamatan Tuminting, Kota Manado yang berada pada titik koordinat: (1°31'13.28" LU dan 124°51'43.46" BT), Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian TPA Sumompo

2.2 Metodologi Penelitian

Metodologi yang di gunakan yaitu metode penelitian kuantitatif, Logam Berat yang akan di analisis dalam sampel air lindi yaitu Arsen (As) dan Cadmium (Cd) yang merupakan logam non esensial bagi biologis mahluk hidup. Menurut (SNI 13-6974-2003) logam berat dalam suatu sampel dapat dianalisis dengan metode Atomic Absobtion Spectrophotometer (AAS) system nyala.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah hasil pemeriksaan kandungan air lindi yang terdiri dari Logam Berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd), sebelum dan sesudah perlakuan dengan *Eco- Enzyme* di laboratorium. Data sekunder dari penelitian ini adalah baku mutu air lindi, serta data *Eco-Enzyme* dari peneliti sebelumnya.

2.4 Prosedur Penelitian

a. Metode Sampling

Sebelum pengambilan sampel, wadah berupa botol steril perlu dipersiapkan untuk menyimpan sampel. Langkah selanjutnya:

- a) Pertama botol steril dibilas sebanyak 3 kali dengan sampel.
- b) Kedua sampel diambil pada bak penampungan air lindi.
- c) Ketiga isi botol sampel hingga penuh.
- d) Keempat setelah pengisian sampel, botol steril dimasukkan kedalam *cool box* dengan suhu beku < -18°C.

b. Perlakuan dengan *Eco-Enzyme*

Setelah pengambilan sampel air lindi, sampel dimasukkan pada 9 botol steril berbeda dengan takaran 1000 mL. Kemudian, diberikan perlakuan dengan *Eco-Enzyme* dan pengulangan sebanyak 3 kali. Label dan konsentrasi *Eco-Enzyme* yang digunakan pada setiap botol adalah sebagai berikut:

- a) Sampel A1, A2, A3 : Tidak diberi perlakuan atau penambahan *Eco-Enzyme*
- b) Sampel B1, B2, B3 : diberi konsentrasi 10% (100 mL) *Eco-Enzyme* ml pada 1000 ml sampel air lindi
- c) Label C1, C2, C3 : diberi konsentrasi 20% *Eco-Enzyme* sebanyak 200 ml pada 1000 ml sampel air lindi

c. Pengujian Logam Berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd) di laboratorium

Setelah dilakukan prosedur penambahan konsentrasi *Eco-Enzyme*, maka dilakukan pengujian Logam Berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd) di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado. Setelah hasil pengujian Laboratorium diperoleh akan dilakukan perhitungan presentase penurunan Logam Berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd).

2.5 Metode Pengolahan Data

Berdasarkan data primer yang didapat yaitu hasil laboratorium kadar Arsen (As) dan Cadmium (Cd) pada air lindi sebelum dan sesudah perlakuan dengan *Eco-Enzyme*, data dihitung presentase penurunan kadar Arsen (As) dan Cadmium (Cd). Adapun rumus presentase penurunan ini adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{\text{Hasil awal sebelum perlakuan} - \text{Hasil setelah perlakuan}}{\text{Hasil awal sebelum perlakuan}} \times 100\%$$

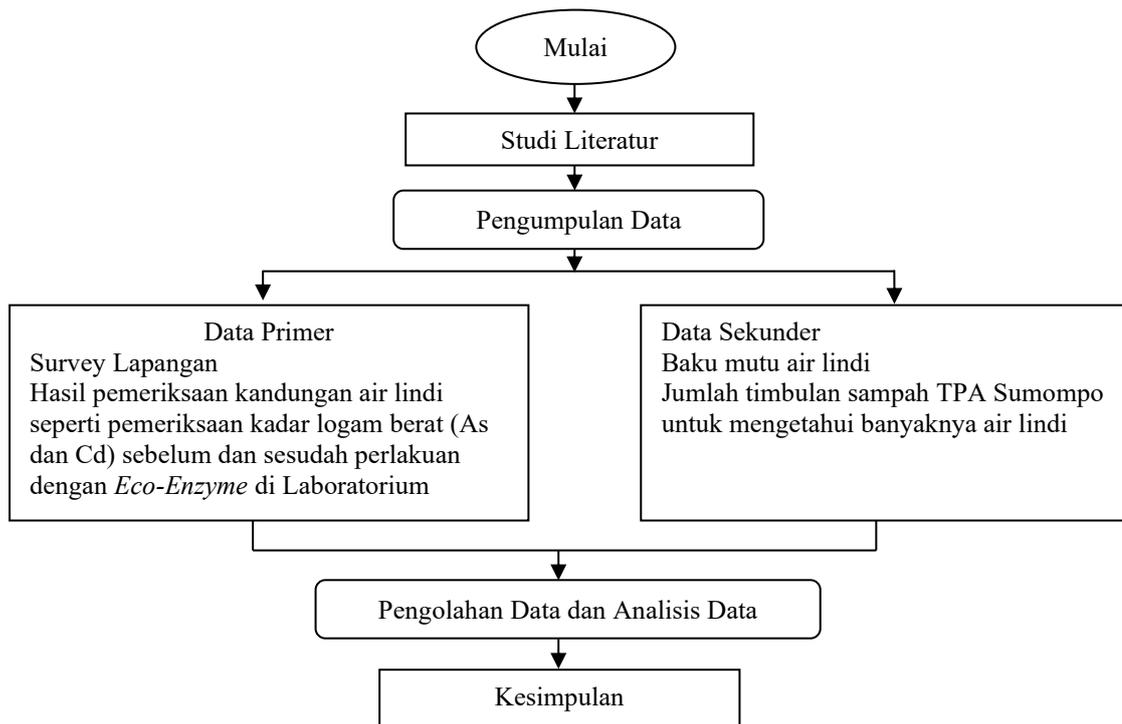
Keterangan :

P = Hasil pengurangan sebelum perlakuan dan hasil setelah perlakuan

Setelah dihitung, dilakukan pembahasan presentase penurunan untuk mengetahui nilai penurunan paling efektif pada setiap sampel, kemudian dilakukan pembahasan hasil uji kadar Arsen (As) dan Cadmium (Cd) dan faktor kenaikan kadar Arsen (As) setelah pemberian *Eco-Enzyme* dengan konsentrasi 20%.

2.6 Diagram Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dengan mengikuti alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

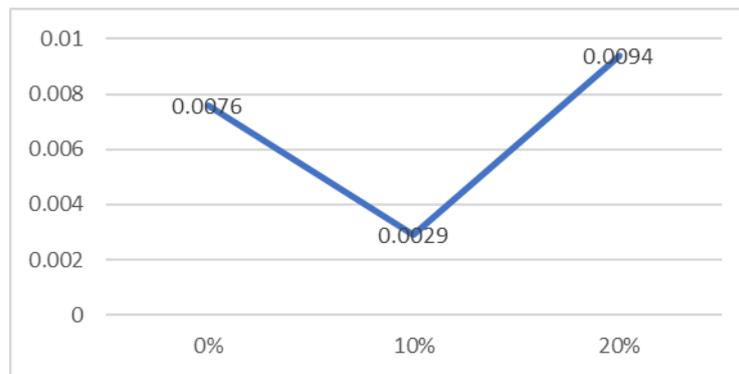
3.1 Data Pengujian Kadar Logam Berat

Sampel dengan perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 0%, 10%, dan 20% dilakukan pengujian logam berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd) pada Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Kota Manado. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah SNI 6989.59 tahun 2008 tentang pengambilan air dan air limbah. Kemudian hasil penelitian yang diperoleh setiap sampelnya dihitung presentase penurunan. Selanjutnya hasil pengujian kadar Arsen (As) pada air lindi dengan perlakuan *Eco-Enzyme* bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian Arsen pada Air Lindi

Sampel	Konsentrasi <i>Eco-Enzyme</i>		
	0%	10%	20%
Pengulangan 1	0,0031	0,0009	0,0033
Pengulangan 2	0,0025	0,0006	0,0023
Pengulangan 3	0,0020	0,0014	0,0038
Rata-rata	0,0076	0,0029	0,0094

Tabel 1 menunjukkan adanya penurunan kadar Arsen (As) sesudah pemberian perlakuan *Eco-Enzyme* dengan konsentrasi 10%, dan 20%. Pada pemberian perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 10%, terdapat kadar Arsen (As) penurunan sebesar 0,0006 mg/L. Sedangkan pada pemberian perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 20% nilai tertinggi kadar Arsen yaitu 0,0038 mg/L dan nilai terendah kadar Arsen (As) yaitu 0,0023 mg/L. Gambar 3 adalah grafik pengaruh kadar Arsen (As) pada air lindi dengan perlakuan *Eco-Enzyme* yaitu 0%, 10%, dan 20%.



Gambar 3. Pengaruh Kadar Arsen pada Air Lindi dengan Perlakuan 0%, 10%, dan 20% menggunakan *Eco-Enzyme*

Berdasarkan Gambar 3, sampel tanpa perlakuan *Eco-Enzyme* memiliki nilai rata – rata pengujian Arsen (As) yaitu 0,0076 mg/L. Setelah diberi perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 10% terlihat penurunan kadar Arsen (As) dengan rata – rata sebesar 0,0029 mg/L. Selanjutnya pada konsentrasi 20% kadar Arsen (As) kembali meningkat dengan rata – rata 0,0094 mg/L. Berdasarkan data tersebut, ditunjukkan bahwa semakin banyak perlakuan *Eco-Enzyme* yang diberikan pada sampel, maka nilai Arsen (As) pada hasil pengujian akan semakin tinggi. Maka dapat disimpulkan penurunan kadar yang paling efektif adalah 10%

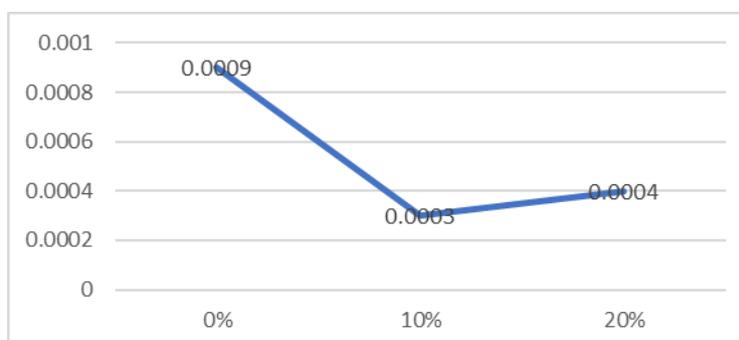
Tabel 2 merupakan hasil pemeriksaan kadar Cadmium (Cd) pada air lindi menggunakan perlakuan *Eco-Enzyme* dengan (AAS).

Tabel 2. Data Pengujian Cadmium (Cd) pada Air Lindi

Sampel	Konsentrasi <i>Eco-Enzyme</i>		
	0%	10%	20%
Pengulangan 1	0,0003	0,0001	0,0001
Pengulangan 2	0,0003	0,0001	0,0001
Pengulangan 3	0,0003	0,0001	0,0002
Rata-rata	0,0009	0,0003	0,0004

Tabel 2 menunjukkan adanya penurunan kadar Cadmium (Cd) sesudah pemberian perlakuan *Eco-Enzyme* dengan konsentrasi 10%, dan 20%. Pada pemberian perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 10%, terdapat kadar Cadmium (Cd) terendah sebesar 0,0001 mg/L. Sedangkan pada pemberian perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 20% nilai terendah kadar Cadmium (Cd) yaitu 0,0001 mg/L.

Gambar 4 adalah grafik pengaruh kadar Cadmium (Cd) dengan perlakuan *Eco-Enzyme* yaitu 0%, 10%, dan 20%.



Gambar 4. Pengaruh Kadar Cadmium (Cd) pada Air Lindi dengan Perlakuan 0%, 10%, dan 20% menggunakan *Eco-Enzyme*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 sampel tanpa perlakuan *Eco-Enzyme* memiliki nilai rata-rata pengujian Cadmium (Cd) yaitu 0,0009 mg/L. Setelah diberi perlakuan *Eco-Enzyme* sebanyak 10% terlihat penurunan kadar Cadmium (Cd) dengan rata – rata sebesar 0,0003 mg/L. Selanjutnya pada konsentrasi 20%, kadar Cadmium (Cd) dengan rata – rata 0,0004 mg/L. Berdasarkan data tersebut, ditunjukkan bahwa semakin banyak perlakuan *Eco-Enzyme* yang diberikan pada sampel, maka nilai Cadmium (Cd) pada hasil pengujian akan semakin tinggi. Maka dapat disimpulkan penurunan kadar yang paling efektif adalah 10%

3.2 Analisis aplikasi *Eco-Enzyme* terhadap kadar Arsen (As)

Analisis aplikasi *Eco-Enzyme* ini dilakukan perhitungan yang dimaksudkan untuk mengetahui berapa persen pemberian *Eco-Enzyme* terhadap penurunan yang terjadi dengan konsentrasi 10% dan 20%. Tabel 3 merupakan hasil presentase kadar Arsen (As) 10%.

Tabel 3. Hasil Rata-rata Presentase Kadar Arsen (As) 10%

Sampel Awal	Sampel setelah perlakuan <i>Eco-Enzyme</i> 10%	Presentase Penurunan kandungan Arsen (%)	Rata – rata (%)
0,0031	0,0009	71%	59%
0,0025	0,0006	76%	
0,0020	0,0014	30%	

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa telah terjadi rata-rata penurunan logam berat Arsen (As) sebesar 59% pada konsentrasi *Eco-Enzyme* 10%. Hasil pengulangan pertama pada konsentrasi 10% menunjukkan hasil penurunan sebesar 71%, sedangkan pada pengulangan kedua penurunan sebesar 76%, dan pada pengulangan ketiga menunjukkan hasil penurunan 30% untuk penggunaan perlakuan dengan *Eco-Enzyme* pada sampel air lindi di TPA. Tabel 4 adalah hasil presentase penurunan kandungan Arsen (As) dan rata-rata penurunan logam berat Arsen (As) 20%.

Tabel 4. Hasil Rata-rata Presentase Kadar Arsen (As) 20%

Sampel Awal	Sampel setelah perlakuan <i>Eco-Enzyme</i> 20%	Presentase Penurunan kandungan Arsen (%)	Rata – rata (%)
0,0031	0,0033	-7%	3%
0,0025	0,0023	8%	
0,0020	0,0038	-9%	

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa telah terjadi rata-rata kandungan Arsen (As) sebesar -3%. Pada konsentrasi *Eco-Enzyme* 20%. Hasil pengulangan pertama pada konsentrasi 20% menunjukkan hasil kenaikan sebesar -7%, sedangkan pada pengulangan kedua penurunan sebesar 8%, dan pada pengulangan ketiga menunjukkan hasil kenaikan -9% untuk penggunaan perlakuan dengan *Eco-Enzyme* pada sampel air lindi di TPA.

3.3 Analisis aplikasi *Eco-Enzyme* terhadap kadar Cadmium (Cd)

Analisis aplikasi *Eco-Enzyme* ini dilakukan perhitungan yang dimaksudkan untuk mengetahui berapa persen pemberian *Eco-Enzyme* terhadap penurunan yang terjadi dengan konsentrasi 10% dan 20%. Berikut pada tabel 5 merupakan hasil presentase kadar Cadmium (Cd) 10%.

Tabel 5. Hasil Rata-rata Persentase Kadar Cadmium (Cd) 10%

Sampel Awal	Sampel setelah perlakuan <i>Eco-Enzyme</i> 10%	Presentase Penurunan kandungan Cadmium (%)	Rata – rata (%)
0,0003	0,0001	67%	67%
0,0003	0,0001	67%	
0,0003	0,0001	67%	

Pada Tabel 5 diketahui bahwa telah terjadi rata-rata penurunan logam berat Cadmium (Cd) sebesar 67% pada konsentrasi *Eco-Enzyme* 10%. Pada hasil pengulangan sampel pada konsentrasi 10% menunjukkan hasil presentase penurunan sebesar 67% terhadap penurunan kandungan logam berat Cadmium (Cd) pada ketiga sampel untuk penggunaan perlakuan dengan *Eco-Enzyme* pada sampel air lindi yang dilakukan pada konsentrasi 10% sampel air lindi di TPA. Berikut adalah hasil presentase penurunan kadar Cadmium 20% (Cd) dan rata-rata penurunan logam berat Cadmium (Cd) 20% :

Tabel 6. Hasil Rata-rata Persentase Kadar Cadmium (Cd) 20%

Sampel Awal	Sampel setelah perlakuan <i>Eco-Enzyme</i> 10%	Presentase Penurunan kandungan Cadmium (%)	Rata – rata (%)
0,0003	0,0001	67%	55%
0,0003	0,0001	67%	
0,0003	0,0002	30%	

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa telah terjadi rata-rata penurunan logam berat Cadmium (Cd) sebesar 55% pada konsentrasi *Eco-Enzyme* 20%. Pada hasil pengulangan pertama pada konsentrasi 20% menunjukkan hasil penurunan sebesar 67%, sedangkan pada pengulangan kedua penurunan masih sama yaitu sebesar 67%, dan pada pengulangan ketiga menunjukkan hasil penurunan 30% untuk penggunaan perlakuan dengan *Eco-Enzyme* pada sampel air lindi di TPA.

3.4 Pembahasan

Dari hasil pengujian kandungan logam berat arsen (As) dan cadmium (Cd) di TPA masih dibawah ambang batas atau dibawah baku mutu yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2016 tentang baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah sebesar 0,1 mg/L. Namun setelah sampel air lindi diberi perlakuan dengan *Eco-Enzyme* dengan konsentrasi 10% dan 20% sampel air lindi mengalami penurunan atau perbedaan hasil dari sebelum perlakuan. Dari hasil pengujian sampel air lindi juga didapat bahwa konsentrasi yang paling efektif adalah 10% dari kadar logam berat Arsen (As) dan cadmium (Cd). Sedangkan kadar logam berat Arsen (As) dengan konsentrasi 20% mengalami kenaikan dikarenakan ada peningkatan kadar logam berat dalam air lindi setelah penggunaan *Eco-Enzyme*, ada beberapa faktor lain yang mempengaruhinya. Berikut adalah beberapa penyebab peningkatan kadar logam berat dalam air lindi:

- Sumber Logam Berat yang Tidak Terdeteksi: *Eco enzyme* tidak secara aktif menambahkan logam berat ke dalam air lindi. Namun, jika sumber logam berat lainnya hadir dalam air lindi, *Eco-Enzyme* mungkin tidak dapat menguranginya sepenuhnya. Sebagai contoh, jika air lindi mengandung logam berat dari limbah industri atau aktivitas manusia lainnya, *Eco-Enzyme* mungkin tidak efektif dalam menghilangkan logam-logam tersebut.
- Kontaminasi Lingkungan: Sistem pengolahan air lindi atau peralatan yang digunakan dalam penggunaan *Eco-Enzyme* mungkin terkontaminasi dengan logam berat. Ini bisa terjadi jika peralatan tersebut terbuat dari atau terkena logam berat yang kemudian

terlepas ke dalam air lindi. Kontaminasi semacam ini dapat meningkatkan kadar logam berat dalam air lindi meskipun *Eco-Enzyme* sendiri tidak berkontribusi.

- c) **Reaksi Kimia:** Ada kemungkinan bahwa interaksi antara bahan kimia dalam *Eco-Enzyme* dengan logam berat tertentu dapat menyebabkan pelepasan atau peningkatan larutannya. Namun, *Eco-Enzyme* yang digunakan secara normal dan sesuai dengan petunjuknya tidak seharusnya menyebabkan reaksi semacam itu.

Pada kadar logam berat Arsen (As), perlakuan memiliki nilai analisa yang tidak jauh selisihnya, hal ini berarti perbedaan konsentrasi *Eco-Enzyme* yang digunakan belum mampu memberikan perbedaan hasil yang nyata dimana terjadi oksidasi maksimal sehingga kandungan logam berat cenderung tinggi. Faktor curah hujan yang tinggi juga mempengaruhi kandungan logam berat dimana air hujan dapat mencuci logam berat sehingga kandungan logam berat di dalam tanah berkurang (Zainudin, Z., & Kesumaningwati, R, 2022).

Air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dapat mengandung berbagai logam berat yang berasal dari berbagai sumber limbah. Beberapa logam berat yang umum ditemukan dalam air lindi salah satu diantaranya adalah Arsen (As) dan Cadmium (Cd) :

- a) **Arsen (As):** Arsen bisa berasal dari limbah industri, pertambangan, atau penggunaan pestisida yang mengandung arsen. Arsen adalah logam berat yang sangat beracun dan dapat menyebabkan masalah kesehatan serius, termasuk kerusakan sistem saraf dan kanker.
- b) **Cadmium (Cd):** Cadmium biasanya ditemukan dalam limbah baterai, limbah elektronik, industri logam, atau industri pertanian. Cadmium dapat bersifat sangat beracun dan memiliki efek negatif pada organisme hidup.

Pengaruh logam berat dalam air lindi setelah diberi *Eco-Enzyme* dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis *Eco-Enzyme* yang digunakan, dosis yang diterapkan, karakteristik logam berat yang ada dalam air lindi, dan kondisi lingkungan lainnya. Secara umum, ada beberapa kemungkinan pengaruh yang dapat terjadi:

1. **Pengurangan Konsentrasi:** *Eco-Enzyme* dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat dalam air lindi dengan cara mengikat atau mengendapkannya. Hal ini dapat mengurangi ketersediaan logam berat dalam air lindi dan mengurangi paparan terhadap logam berat tersebut.
2. **Pembentukan Senyawa Kompleks:** *Eco-Enzyme* dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam berat dalam air lindi. Senyawa kompleks ini dapat mengubah perilaku atau kelarutan logam berat sehingga dapat mengurangi toksisitasnya.
3. **Penguraian Limbah Organik:** *Eco-Enzyme* dapat mempercepat penguraian limbah organik dalam air lindi. Dalam proses ini, beberapa senyawa organik kompleks yang mengikat logam berat dapat terurai atau diubah menjadi bentuk yang kurang toksik, mengurangi ketersediaan logam berat dalam larutan.
4. **Pengendapan Logam Berat:** *Eco-Enzyme* mungkin dapat memfasilitasi pengendapan logam berat dalam air lindi, membentuk endapan atau partikel yang mengandung logam berat. Endapan ini dapat terpisah dari larutan dan mengurangi konsentrasi logam berat yang terlarut.

Namun, efektivitas *Eco-Enzyme* dalam mengurangi logam berat dalam air lindi dapat bervariasi tergantung pada kondisi spesifik dan karakteristik logam berat yang ada. Penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut dan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut sebelum mengandalkan *Eco-Enzyme* sebagai metode pengurangan logam berat dalam air lindi. Selain itu, pemantauan terus-menerus dan pemrosesan limbah yang tepat juga penting untuk meminimalkan paparan logam berat dan mengelola limbah dengan baik.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis kadar logam berat pada air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sumompo kadar Arsen (As) dan Cadmium (Cd) masih berada di bawah ambang batas atau baku mutu yang berlaku, kemudian sesudah diberi perlakuan dengan *Eco-Enzyme* air lindi mengalami penurunan kadar logam berat.
2. Berdasarkan hasil analisis penambahan *Eco-Enzyme* pada kadar logam berat arsen mengalami penurunan paling efektif pada pemberian *Eco-Enzyme* sebanyak 10% dengan presentase

penurunan rata-rata yaitu 59%. Sedangkan pada Cadmium air lindi mengalami penurunan paling efektif pada pemberian *Eco-Enzyme* 10% dengan presentase penurunan rata-rata yaitu 67%.

Referensi

- Akbar, F. (2020). Analisis Kandungan Logam Berat Di Dalam Tanah Tpa Gunung Tugel Banyumas (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- ALAERTS, G. dan SS Santika. 1984. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya, 2003.
- Anam, M. M., Kurniati, E., & Suharto, B. (2013). Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dan Zeolit (In Press, JKPTB Vol 1 No 2). Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, 1(2).
- Fachrudin, A. 1989. Pengaruh Sampah di Tempat Pembuangan Akhir Dago Kotamadya Bandung Terhadap Kualitas Air Tanah Bebas di Sekitarnya. Tesis, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haumahu, S. A. Q., Riogilang, Herawaty., & Mangangka, I. R. (2021). Perancangan Instalasi Pengolahan Lindi Dengan Proses Kombinasi Kolam Anaerobik, Fakultatif, dan Maturasi di TPA Sumompo. *TEKNO*, 19(79).
- Kosakoy, M. N., Wallah, S. E., & Riogilang, Herawaty. (2022). Analisis Pemilihan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Kabupaten Minahasa Tenggara. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(1), 57-72.
- Larasati, D., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Uji organoleptik produk eco-enzyme dari limbah kulit buah (studi kasus di Kota Semarang). *EDUSAINTEK*,
- Riogilang, Herawaty. (2021). Model peningkatan partisipasi masyarakat dan penguatan sinergi dalam pengelolaan sampah perkotaan di kelurahan Sumompo kecamatan Tuminting kota Manado. *Media Matrasain*, 17(2), 64-69.
- Riogilang, Hendra. (2021). Seminar Pengendalian Pencemaran Dan Penyebaran Air Lindi Dari Rembesan Kolam Lindi Tpa Sumompo Manado. *Media Matrasain*, 18(2), 67-74.
- Toreh, C. A., Riogilang, Hendra., & Rondonuwu, S. G. (2023). Evaluasi Kapasitas Pengolahan Air Lindi TPA Tobelo Marahai Di Desa Gosoma Kecamatan Tobelo Kabupaten Halmahera Utara. *TEKNO*, 21(85), 991-1001.
- Wijaya, S. A., Riogilang, Hendra., & Sompie, O. B. A. (2022). Analisis Kapasitas Pengolahan Air Lindi Di TPA Aertembaga Kota Bitung. *TEKNO*, 20(82), 1031-1039.
- Zainudin, Z., & Kesumaningwati, R. (2022). PENGARUH ECO ENZYME TERHADAP KANDUNGAN LOGAM BERAT LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA. *ZIRAA'AH MAJALAH ILMIAH PERTANIAN*, 47(2), 154-161.
- Zhu, G., Cheng, D., Liu, X., Nie, P., Zuo, R., Zhang, H., & Wang, X. (2020, April). Effects of garbage enzyme on the heavy metal contents and the growth of castor undermine tailing. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 474, No. 2, p. 022010). IOP Publishing.