

Studi Perbandingan Metode Fitoremediasi dan Penggunaan Zeolit Sebagai Alternatif Pengelolaan Air Asam Tambang pada Settling Pond Wara, PT. Adaro Indonesia

(Comparative Study of Phytoremediation Methods and the Use of Zeolite as an Alternative for Acid Mine Water Management at the Wara Settling Pond, PT. Adaro Indonesia)

Nurul Putri Mirani*, Lia Medy Tandi, Bevie M. Nahumury, Felice D. Wopari
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih
nurulpm26@gmail.com

Abstrak

Air asam tambang memiliki karakteristik logam berat yang tinggi antara lain yaitu logam Fe dan Mn. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan air asam tambang diantaranya dengan cara Fitoremediasi dan Penggunaan Zeolite. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi metode fitoremediasi dan zeolite dalam mengurangi logam berat Fe & Mn serta menaikkan pH dalam pengolahan Air Asam Tambang dengan menggunakan analisis AAS. Pengambilan sampel Air asam tambang pada titik sediment Pond SP Wara yang kemudian dilakukan pengujian laboratorium secara fitoremediasi dalam 21 hari dan pengujian menggunakan Zeolite. Hasil penelitian yang didapatkan dari kedua metode tersebut menunjukkan efisiensi fitoremediasi dalam menurunkan kadar logam berat Fe&Mn dalam air berturut turut 73%;13% dan zeolite berturut turut 98%;86% sedangkan kenaikan pH yang terjadi pada kedua metode tersebut sebesar 1.35 untuk Fitoremediasi dan zeolite sebesar 4.76.

Kata Kunci: Air Asam Tambang, Fitoremediasi, Zeolite.

Abstract

Acid mine drainage has high heavy metal characteristics, namely Fe and Mn metals. There are many ways that can be done to overcome the problem of acid mine drainage, including Phytoremediation and the use of Zeolite. This study aims to determine the efficiency of phytoremediation and zeolite methods in reducing heavy metals Fe & Mn and increasing pH in acid mine drainage treatment using AAS analysis. Sampling of acid mine drainage at the sediment point of the SP Wara Pond which was then subjected to phytoremediation laboratory testing in 21 days and testing using Zeolite. The results obtained from the two methods showed that the efficiency of phytoremediation in reducing the levels of heavy metals Fe&Mn in water was 73%; 13% and zeolite 98%; 86% respectively, while the increase in pH that occurred in both methods was 1.35 for phytoremediation and zeolite. by 4.76

Keywords : Acid Mine Drainage, Phytoremediation, Zeolite.

PENDAHULUAN

Air asam tambang adalah salah satu permasalahan lingkungan yang dihasilkan oleh industri pertambangan. Air asam tambang merupakan hasil dari oksidasi batuan yang mengandung mineral sulfida seperti pirit (FeS_2) yang terpapar berada didalam air. Pembentukan Air Asam Tambang terjadi karena pada dasarnya kegiatan penambangan yang diawali dari pembongkaran mineral dari batuan induk kemudian diangkut, diolah dan dimanfaatkan. Sehingga pada saat proses penambangan berlangsung terjadi penyingkapan batuan yang menyebabkan pembentukan Air Asam Tambang. Permasalahan air asam tambang adalah salah satu dampak potensial yang dihadapi industri pertambangan saat ini. Pada Air Asam tambang mengandung logam berat, seperti besi (Fe) dan mangan (Mn) yang mengakibatkan menurunkan derajat keasamaan (pH). Adanya kandungan Logam berat pada perairan yang melewati Baku Mutu Air Limbah dapat menyebabkan dampak berbahaya bagi manusia, hewan, dan lingkungan. Efek yang ditimbulkan pun bisa secara akut atau kronis (Flora et al., 2008).

PT Adaro Indonesia saat ini sedang melakukan penelitian terkait indikasi adanya logam berat Fe & Mn pada beberapa *settling pond* yang memiliki case PH rendah. Ditemukan pada outlet sediment trap SP 4 Wara teridentifikasi adanya logam berat Fe & Mn secara fluktuasi. Sumbernya berasal dari PIT wara yang dimana merupakan bagian *Low Wall*.

Upaya untuk mengurangi dampak negatif air asam tambang dapat dilakukan secara *pasive treatment dan active treatment*. pengolahan active treatment adalah melalui penambahan bahan kimia, bersifat alkali seperti kapur, dan larutan NaOH. Pengelolaan air asam tambang dengan sistem ini dinilai efektif dapat menurunkan kadar

logam Fe, logam Mn, menaikkan pH serta Total Suspended Solid (TSS).. Tetapi dengan sistem ini harus dilakukan penambahan bahan kimia secara terus menerus dan juga memerlukan perawatan peralatan operasional dan pemeliharaan serta *cost chemical* yang tinggi.

Menurut Permen LHK No 5 tahun 2022 Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan dalam undang undang tersebut menjelaskan system pengolahan air asam tambang secara *passive treatment* dengan menggunakan media organik dan tanaman. karena dianggap sebagai salah satu *alternative* dalam menangani pengolahan air asam tambang dengan *cost* yang rendah serta dan berkelanjutan.

Cara lain yang diharapkan bisa memberikan keuntungan lebih besar adalah dengan memanfaatkan batuan zeolit alam untuk meningkatkan pH dan mengimobilisasi logam-logam berbahaya. Keuntungan dari batuan zeolit alam ini, yaitu sifatnya sebagai absorben yang bagus karena memiliki pori- pori yang baik, batuan ini juga banyak terdapat di Indonesia dan harganya yang relatif murah Cara lain yang diharapkan bisa memberikan keuntungan lebih besar adalah dengan memanfaatkan batuan zeolit alam untuk meningkatkan pH dan mengimobilisasi logam-logam berbahaya.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-September 202 bertempat di Departemen Mineservice Low Wall SP3 Wara PT. Adaro Indonesia. Sedangkan Analisa logam berat Fe (besi) & Mn (Mangan) dilaksanakan di Laboratorium Geokimia Km 67 PT. Adaro Indonesia.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian fitoremediasi diantaranya Bak fitoremediasi (diameter 50cm, tinggi 22 cm) sebanyak 3buah, Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*), sampel Air Asam Tambang yang diambil pada daerah SP 4 WARA, aquades , timbangan, Alat Atomic Absorption System.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian menggunakan zeolite diantaranya Timbangan Analitik ,batang pengaduk, gelas ukur 50 mL, botol semprot, corong , labu ukur 100 mL, pipet, cawan porselen, , pH meter, saringan membrane 0,45 μm , magnetic stirrer dan shaker , Sampel Air Asam Tambang yang diambil pada daerah SP 4 WARA, NaOH, Aquades, dan Zeolit ,

Prosedur Kerja

1. Metode Fitoremediasi

Persiapan alat dan bahan penelitian. Sampel tanaman kiambang (*Salvinia Molesta*) yang telah diambil, lalu diaklimatisasi dengan akuades selama lima hari Penelitian ini dilakukan dengan sistem statis, yaitu air asam tambang yang ditampung di dalam bak tidak dialirkan, namun hanya diremediasi dengan bahan yang ada di dalam bak penampungan tersebut. Bak memiliki ukuran lebar 50cm dan tinggi 15 cm, dengan kapasitas volume AAT yang tertampung adalah sebesar 8 liter/bak. Pengukuran Logam berat di ukur sebelum dan sesudah melakukan pengujian Sampel air kontaminan di ambil sebanyak 500ml & media fitoremediasi sebanyak 20 gr untuk di lakukan pengukuran kadar (dilakukan pada hari ke 0,7,14,21) lama pengujian mengacu pada penelitian hidayanti (2009) selama 21 hari dengan rentan waktu pengecekan per 7 hari.

2. Penggunaan Zeolite

zeolite yang digunakan adalah zeolite alami yang di dapatkan dari toko petshop zeolite kemudian di gerus menggunakan mortar dan disaring menggunakan saringan 60 setelah itu zeolite di aktivasi dengan menggunakan NaOH 1 Molar sebanyak 4 gr dan volume air sebanyak 100 ml dan diaduk menggunakan magnetic stirrer zeolite di lakukan pencucian menggunakan aquades dan di endapkan lalu buang airnya zeolite di keringkan pada oven dengan suhu 130^o selama 5 jam zeolite yang telah di oven didinginkan kemudian di haluskan sebelum di gunakan. Pengujian adsorben zeolite di gunakan 1 gr dan menggunakan adsorbat sebanyak 50 ml, 100ml , dan 150 ml dilakukan sebanyak 3 kali ulangan, Sampel di aduk menggunakan shaker selama 1,5 jam setelah itu Sampel di saring menggunakan kertas saring membrane 0,45 μm Sampel air yang telah di lakukan penyaringan di lakukan analisis ASS

Analisis Data

Analisis Pegujian Fitoremediasi dan zeolite dengan mencari efektifitas dari kedua metode tersebut.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{awal-akhir}}{\text{awal}} \times 100\%$$

Awal = Konsentrasi awal parameter air asam tambang (mg/l)

Akhir = Konsentrasi Akhir Parameter air asam tambang (mg/l)

Selain mencari efektifitas dari penurunan logam analisis data juga dengan menggunakan ANOVA (Analisis Of Variance) dengan selang kepercayaan 95%. Uji statistik ANOVA akan dilanjutkan dengan uji Jarak Berganda Duncan untuk mengetahui perbedaan di antara perlakuan (Kusriningrum, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan Kadar Logam Fe & Mn dan Kenaikkan pH Menggunakan Metode Fitoremediasi

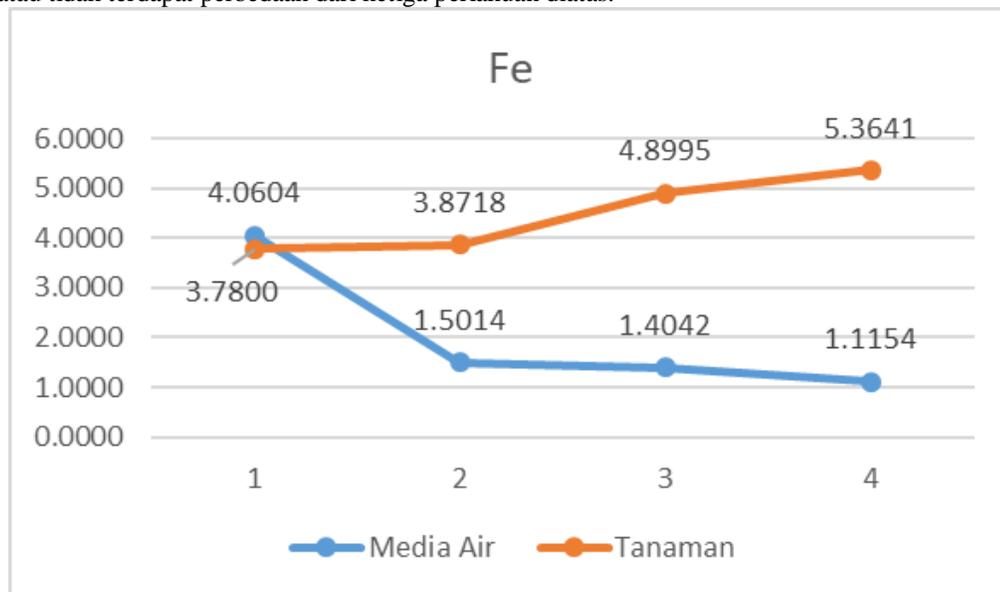
1. Konsentrasi Logam

Berdasarkan data yang di sajikan tabel 1, dapat di interpretasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada penurunan logam. Dilihat dari tabel hasil pengujian yang diajukan menggunakan metode Atomic Absorption System (AAS) yang di lakukan pada Lab Geokimia km 67 PT. Adaro Indonesia seperti tabel dibawah ini:

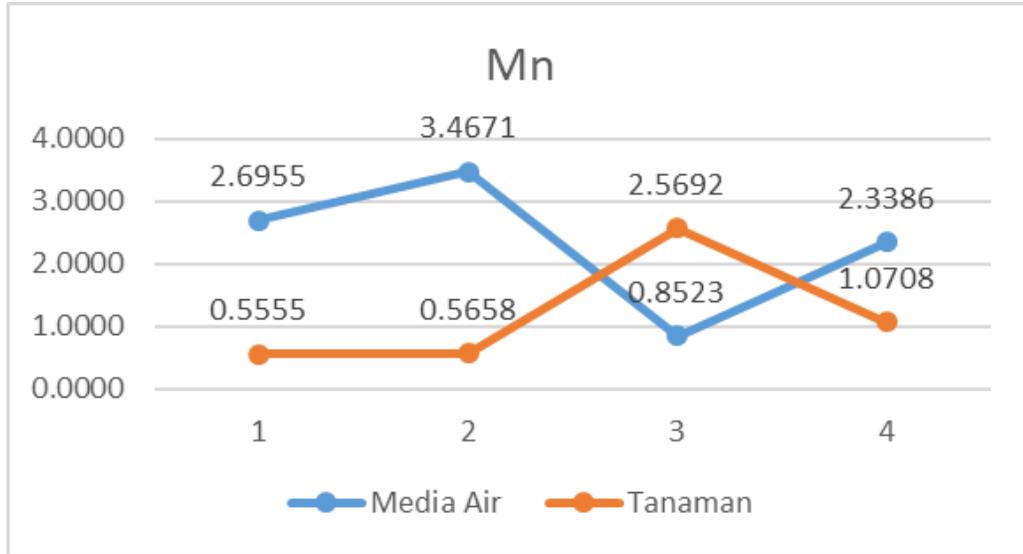
Tabel 1. Hasil Analisis Logam Berat Dengan Metode Fitoremediasi

Periode sampling	Indikator Logam	Media Air			Media Tanaman			rata-rata dalam air	rata-rata dalam tanaman
		Bak 1	Bak 2	Bak 3	Bak 1	Bak 2	Bak 3		
Kondisi Awal	Fe	4.0604	4.0604	4.0604	3.3394	3.6947	4.306	4.0604	3.78
	Mn	2.6955	2.6955	2.6955	0.6848	0.4325	0.5492	2.6955	0.5555
minggu 1	Fe	2.4987	0.8794	1.126	4.1063	5.1181	2.3912	1.5014	3.8718
	Mn	3.1528	3.4942	3.7542	0.5075	0.4938	0.6961	3.4671	0.5658
minggu 2	Fe	2.1932	1.0007	1.0188	4.7205	5.5137	4.4644	1.4042	4.8995
	Mn	0.6852	0.9044	0.9672	2.3286	2.475	2.9041	0.8523	2.5692
minggu 3	Fe	1.7258	0.8281	0.7922	5.1251	5.7073	5.26	1.1154	5.3641
	Mn	2.1075	2.2664	2.642	0.9069	1.1378	1.1679	2.3386	1.0708

Dari hasil konsentrasi logam pada minggu 1-4 yang didapat dari hasil uji analisis menggunakan AAS kemudian dilakukan uji tes analisis of variance Untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata efek treatment / perlakuan yang dilakukan. Dari hasil uji analisis didapat nilai sig >0.05 maka dapat dikatakan data berdistribusi normal atau tidak terdapat perbedaan dari ketiga perlakuan diatas.



Gambar 1. Grafik Perubahan Logam Fe Dengan Fitoremediasi

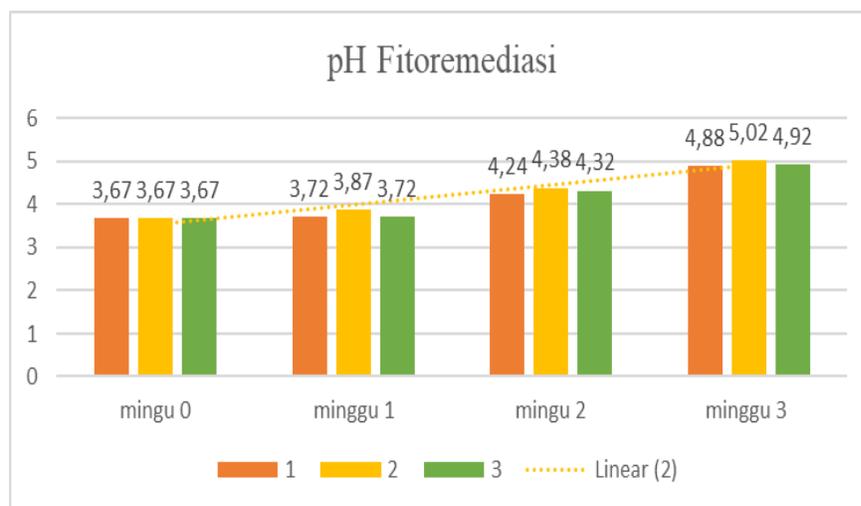


Gambar 2. Grafik Perubahan Logam Mn Dengan Fitoremediasi

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa adanya rata-rata penurunan logam Fe pada media air dan peningkatan kadar logam pada salvina molesta. Untuk mengetahui besaran penyerapan logam yg di alami salvina dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan efektifitas maka di dapat bahwa logam Fe mengalami penurunan di air sebesar 73% dan logam Mn mengalami penurunan di minggu ke 3 sebesar 13% . yang dimana kondisi awal logam Fe dalam air sebesar 4.0604 mg/l turun menjadi 1,1154 mg/l dn Mn Mengalami penurunan dari kondisi awal 2.6955 mg/l menjadi 2.3386 mg/l. Mn mengalami penurunan terendah pada minggu ke 2 sebesar 0.8523 mg/l.

2. Perubahan pH

Dari grafik yang di tunjukkan diatas terlihat bahwa adanya perubahan pH yang terjadi setiap minggunya. Bak ke 2 menunjukkan perubahan pH tertinggi di antara bak 1 dan 3. Bak 1 mengalami total kenaikan pH sebesar 1.21 , bak 2 mengalami totalkenaikan pH sebesar 1,35 dan bak 3 mengalami kenaikan pH sebesar 1,25. Maka ratarata kenaikan pH ketiga bak tersebut sebesar 1,27 jika diasumsikan per hari maka besar kenaikan pH menggunakan metode fitoremediasi hanya sebesar 0,06. . Kenaikan nilai pH dari ketiga perlakuan berdasarkan uji statistik analysis of varians, diketahui bahwa nilai F hitung 0,965 > F tabel 0,05 dengan α 5%, maka H_0 diterima atau rata-rata kenaikan nilai pH pada semua perlakuan tidak berbeda nyata.



Gambar 3. Grafik Perubahan pH Dengan Fitoremediasi

Penurunan Kadar Logam Fe & Mn dan Kenaikkan pH Menggunakan Zeolit

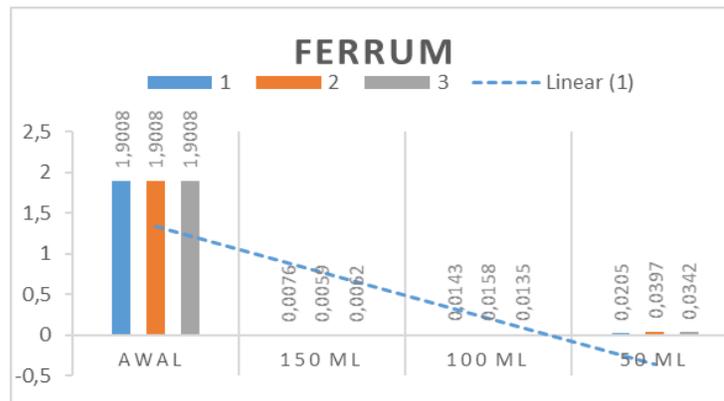
1. Konsentrasi Logam

Tabel dibawah merupakan hasil analisis logam Fe & Mn dengan menggunakan analisis AAS . Pengujian dilakukan dengan menggunakan adsorbat 50ml, 100ml, dan 150 ml dengan 3 kali ulangan.

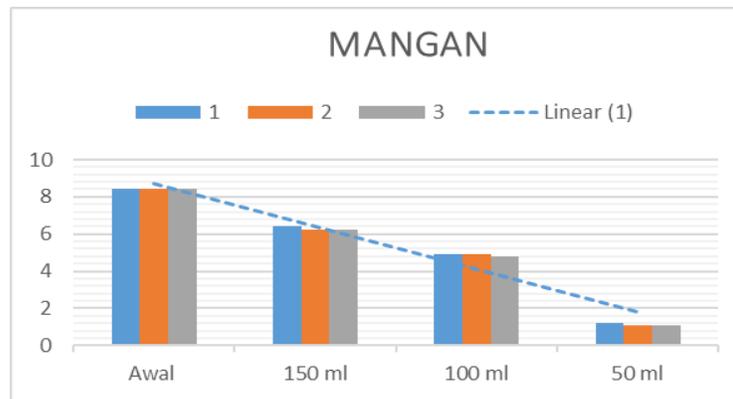
Tabel 2. Hasil Analisis Logam Berat Dengan Zeolit

Adsorbat	pengulangan	Mn Awal (mg/l)	Mn Akhir (mg/l)	Fe Awal (mg/l)	Fe Akhir (mg/l)
50 ml	1	8,451	12,156	19,008	0,0205
	2		11,146		0,0397
	3		11,053		0,0342
100 ml	1		49,299		0,0143
	2		49,371		0,0158
	3		47,671		0,0135
150 ml	1		64,321		0,0076
	2		62,624		0,0059
	3		62,132		0,0062

Dari grrafik diatas terlihat bahwa adanya penurunan kadar logam Fe & Mn yang cukup signifikan . logam Fe yang semula 1,9 mg/l pada konsentrasi adsorbat 50ml menjadi rata-rata 0,0314 mg/l dan Logam Mn mengalami penurunan yang cukup signifikan dari 8,451 menjadi rata-rata sebesar 1,1451 mg/l . dalam mengutahui besaran persenan penurunan digunakan rumus efektifitas.



Gambar 4. Grafik Perubahan Logam Fe Dengan Zeolit



Gambar 5. Grafik Perubahan Logam Mn Dengan Zeolit

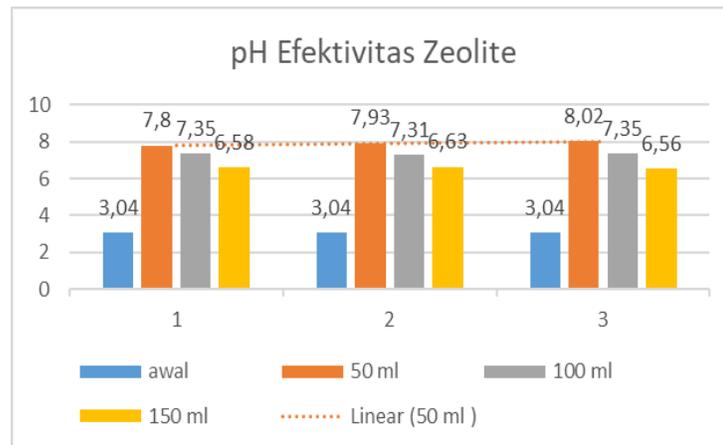
Dalam perhitungan efektivitas penurunan kadar logam digunakan hasil pengujian dengan adsorbat 50 ml dianggap memiliki laju penurunan Fe dan Mn paling stabil. Dari perhitungan menggunakan rumus efektifitas maka didapat kemampuan efektivitas zeolite dalam menurunkan logam berat Mn sebesar 86,38% dan Fe sebesar 98%

2. Perubahan pH

Perubahan pH yang terjadi dengan penggunaan zeolite data dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3. Hasil Perubahan pH dengan Zeolite

Adsorbat	Adsorbent	Waktu	Pengulangan	pH Awal	pH Akhir
50 ml	1 gr	1,5 jam	1	3,04	7,8
			2		7,93
			3		8,02
100 ml			1		7,35
			2		7,31
			3		7,35
150 ml			1		6,58
			2		6,63
			3		6,56



Gambar 6. Grafik Perubahan pH Dengan Zeolite

Jika dilihat dari grafik perubahan pH yang terjadi kenaikan tertinggi berada pada penggunaan adsorbet sebesar 50ml dimana kenaikan pH tertinggi yaitu mencapai 8,02. Penggunaan zeolite pada adsorbat 100ml dan 150ml sudah mencapai BML rata-rata berturut mencapai 7,35 dan 6,5. Namun apabila merujuk pada penurunan logam yang terjadi maka penggunaan adsorbat terbaik pada 50ml.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Untuk Metode Fitoremediasi kondisi awal logam Fe dalam air sebesar 4,0604 mg/l turun menjadi 1,1154 mg/l terjadi penurunan sebesar logam Fe sebesar 73% dalam 21 hari
2. Mn Mengalami penurunan dari kondisi awal 2,6955 mg/l menjadi 2,3386 mg/l. Mn mengalami penurunan terendah pada minggu ke 2 sebesar 0,8523 mg/l. efektifitas Mn diakhir sebesar 13%
3. Kenaikan pH tertinggi menggunakan metode Fitoremediasi sebesar 1,35 yang semulanya 3,67 menjadi 5,02

4. Untuk Metode Zeolite logam Fe yang semula 1,9 mg/l pada konsentrasi adsorbat 50ml menjadi rata-rata 0,03146 mg/l dan dengan efektifitas sebesar 98% dan Logam Mn mengalami penurunan yang cukup signifikan dari 8,451 menjadi rata-rata sebesar 1,1451 mg/l dengan efektifitas sebesar 86%
5. Kenaikkan pH pada Metode Zeolit pada ketiga percobaan adsorbat 50ml, 100ml, dan 150ml mencapai rata-rata berturut-turut 7,9 ; 7,3 dan 6,5

Saran

1. Perlunya kombinasi tanaman hyperaccumulator dan bahan substrat organik dalam pengimplementasiannya
2. Waktu retensi, volume kolam, dan debit perlu di perhitungkan sesuai pedoman Permen LHK No 5 thn 2022
3. Penggunaan zeolite dalam skala lapangan perlu di perhitungkan dengan baik , hingga terkait pengangan residu yang akan dihasilkan
4. Perhitungan penggunaan biaya secara rinci dilapangan dapat diperhitungkan sesuai volume air yang di kelola dengan mengkonversi kedalam penggunaan zeolite yang sudah di perhitungkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaney, R. L., Brown, S. L., Daniels, W. L., Henry, C. L., Li, Y. M., Siebielec, G., ... & Compton, H. (2000). Risk assessment and remediation of soils contaminated by mining and smelting of lead, zinc and cadmium. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 16(4), 175-192.
- Connel, D. W., & Miller, G. J. (1995). *Kimia dan Otoksikologi Pencemaran*. Cetakan Pertama. Jakarta: Universitas Indonesia, 2(1), 93.
- Muryani, E., & Widiarti, I. W. (2018, October). Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Air dalam Menurunkan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Lindi. In *Prosiding Seminar Nasional Tahun Ke-4 Call For Paper Dan Pameran Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kemenristekdikti Ri* (pp. 131-139).
- Permatasari, A. A. (2009). *Fitoremediasi Logam Berat Cd Menggunakan Ki Ambang (Salvinia Molesta) Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo*. Skripsi, Biologi FMIPA-ITS.
- Saputra, R. A., & Tangahu, B. V. (2021). Studi Literatur Kemampuan Tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* Terhadap Penyerapan Fe dan Mn pada Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), F191-F196.
- Sari, D. K., Kusniawati, E., & Srimardani, R. (2020). Peningkatan Kualitas Air Asam Tambang Menggunakan Zeolit Dan Bakteri Sebagai Media Adsorpsi Dengan Metode Sedimentasi Secara Anaerob Di Pt Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 11(01), 13-20.
- Shiny, K. J., Remani, K. N., Jalaja, T. K., & Sasidharan, V. K. (2004). Removal of chromium by two aquatic pteridophytes. *Journal of Environmental Science & Engineering*, 46(3), 249-251.
- Suhermono, S., Mursyid, A., Mahreda, E. S., & Chairuddin, G. (2014). Analisis Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn), dan Ph Air Tanah Hasil Pemboran Geoteknik di Tambang Batubara PT Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong dan Balangan Provinsi Kalimantan Selatan. *Enviroscientiae*, 10(2), 103-111.
- Sumarni, S., Hindryawati, N., & Alimuddin, A. (2018). Aktivasi Dan Karakterisasi Of Natural Zeolite Using NaOH. *Jurnal Atomik*, 3(2), 106-110.