
**POTENSI TUMBUHAN LOKAL SEBAGAI AGEN
FITOREMEDIASI UNTUK MENURUNKAN KADAR LOGAM
MERKURI (Hg) PADA LAHAN BEKAS PENAMBANGAN EMAS
TANPA IZIN DI KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI**

Fatur Rahman¹, Freddy Ilfan¹, Zuli Rodhiyah¹, Mahya Ihsan²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Jambi

²Program Studi Biologi, Universitas Jambi

Email: faturrahmann4@gmail.com

ABSTRAK

Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) merupakan penambangan emas yang dilakukan para penambang yang tidak memiliki izin. Salah satu dampak negatif PETI adalah pencemaran merkuri. Salah satu upaya memperbaiki tanah tercemar merkuri dapat dilakukan fitoremediasi. Tujuan penelitian untuk mengetahui tumbuhan lokal yang berpotensi mengurangi pencemaran merkuri (Hg). Penelitian menggunakan teknik *purposive sampling* dan dilakukan di Desa Monti, Sarolangun, Jambi. Inventarisasi tumbuhan memperoleh 14 spesies yaitu, *Macaranga sp.*, *Paspalum sp.*, *Trema tomentosa*, *Imperata cylndrica*, *Lophatherum sp.*, *Eleusine sp.*, *Molineria sp.*, *Lycopodium sp.*, *Gleichenia linearis*, *Ipomea sp.*, *Scleria sp.*, *Eleocharis interstincta*, *Melastoma sp.*, dan *Phragmites sp.* 14 tumbuhan tersebut, tiga yang mendominasi yaitu, *Phragmites sp.* (37,35%), *Melastoma sp.* (30,64%), dan *Eleocharis interstincta* (25,41%). *Phragmites sp.* memiliki nilai BAC (0,381), BCF (0,606), TF (0,628), *Melastoma sp.* memiliki nilai BAC (0,170), BCF (0,333), TF (0,511), dan *Eleocharis interstincta* memiliki nilai BAC (0,245), BCF (0,441), TF (0,555). Hasil perhitungan BAC, BCF dan TF didapatkanlah *Phragmites sp.* yang memiliki nilai paling tinggi sehingga kemampuan mengakumulasi dan mentranslokasi logam merkuri dari akar ke pucuk lebih efisien dibandingkan tumbuhan lain yang ditemukan pada penelitian ini.

Kata kunci: Tumbuhan Lokal, Fitoremediasi, Merkuri (Hg), PETI

ABSTRACT

Illegal Gold Mining (PETI) is activity of gold mining by gold miners have not license. The negative impacts PETI is mercury contamination. The efforts minimize mercury contamination by phytoremediation. This research aimed to discover local plants have potential reducing mercury (Hg) contamination. This research used purposive sampling technique and conducted in Monti Village, Sarolangun, Jambi. Inventory plants obtained 14 species specifically, Macaranga sp., Paspalum sp., Trema tomentosa, Imperata cylndrica, Lophatherum sp., Eleusine sp., Molineria sp., Lycopodium sp., Gleichenia linearis, Ipomea sp., Scleria sp., Eleocharis interstincta, Melastoma sp., and Phragmites sp. 14 plants, three plants dominated particularly, Phragmites sp. (37.35%), Melastoma sp. (30.64%), and Eleocharis interstincta (25.41%). Phragmites sp. have BAC values (0.381), BCF (0.606), TF (0.628), Melastoma sp. have BAC values (0.170), BCF (0.333), TF (0.511), and Eleocharis interstincta have BAC values (0.245), BCF (0.441), TF (0.555). The calculation result BAC, BCF and TF obtained Phragmites sp. have hight values.

Keyword: Native Plants, Phytoremediation, Mercury (Hg), PETI

PENDAHULUAN

Salah satu dampak negatif dari kegiatan penambangan emas secara ilegal adalah pencemaran merkuri. Penambangan emas tersebut menghasilkan material residu dari proses produksi yang disebut dengan tailing. Limbah *tailing* merupakan ampas dari sisa pengolahan bahan galian penambangan yang mengandung merkuri. Dalam proses penambangan emas, merkuri biasanya digunakan untuk amalgamasi atau pemisahan emas dengan kotoran. Menurut Telmer (2007) setiap gram emas yang dihasilkan, terdapat sekitar 1-3 gram merkuri yang terlepas ke lingkungan. Merkuri dapat menyebabkan terganggunya ekosistem lingkungan sekitar lokasi penambangan emas tanpa izin (PETI) baik air dan juga tanah.

Kerusakan tanah akan menjadi masalah yang sangat serius, karena masyarakat yang sebelumnya dapat memanfaatkan tanah untuk kegiatan perkebunan dan pertanian tidak dapat lagi memanfaatkan tanah tersebut seperti sediakala. Semua bentuk merkuri, baik dalam bentuk garam organik, unsur maupun dalam bentuk gas memiliki sifat beracun, jika masuk ke dalam tubuh manusia secara terus menerus akan menyebabkan kerusakan permanen pada otak, hati dan ginjal (Alfian, 2006). Salah satu upaya untuk memperbaiki tanah tercemar merkuri dapat dilakukan dengan fitoremediasi.

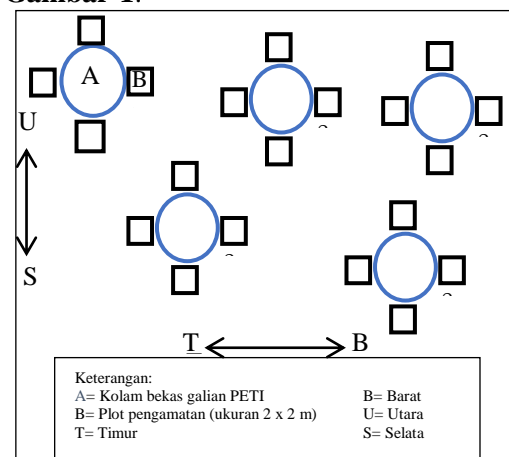
Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan, baik itu tumbuhan lokal (*native*) maupun tumbuhan budidaya untuk mendegradasi, menstabilkan, dan mengambil logam pencemar dari tanah dan air (Juhriah, 2016). Tumbuhan lokal memiliki daya adaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan sehingga memiliki kemampuan lebih tinggi bertahan hidup dan menyerap polutan dibandingkan tumbuhan eksotis. Pemilihan jenis tumbuhan ini dilakukan untuk meningkatkan keberhasilan fitoremediasi (Purnomo, 2015). Keberhasilan fitoremediasi dalam mengakumulasi logam merkuri digambarkan sebagai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC) yaitu rasio konsentrasi logam dalam pucuk tumbuhan dengan konsentrasi logam dalam tanah (Cui et al., 2007). Di samping BAC, mobilitas logam merkuri dari media tercemar ke dalam akar tumbuhan dan kemampuan mentranslokasikan logam dari akar ke pucuk tumbuhan dapat dievaluasi dengan menggunakan *Biological*

Concentration Factor (BCF) dan *Translocation Factor* (TF) (Yoon et al., 2006). Menurut Muddarisna (2013) bahwa dari enam spesies tumbuhan lokal yang dievaluasi untuk potensi fitoremediasi terdapat tiga spesies, yaitu *Lindernia crustacea* (L.) F., *Paspalum conjugatum* L., dan *Cyperus kyllingia* endl.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di kawasan bekas penambangan emas ilegal Desa Moenti, Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi (2°28'48"S dan 102°35'55"E). Pengambilan sampel tumbuhan dan tanah dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan dengan membuat plot berukuran 2 x 2 meter yang ditempatkan secara *purposive*. Setiap wilayah dengan tumbuhan bawah yang dominan dibuatkan 4 plot berukuran 2 x 2 meter. Pengambilan sampel tumbuhan dilakukan dengan mengambil tumbuhan secara utuh mulai dari akar, batang dan daun, kemudian sampel tumbuhan tersebut dicuci dengan air keran dan air deionisasi. Ilustrasi pembuatan plot dapat dilihat pada

Gambar-1.



Gambar -1: Ilustrasi Pembuatan Plot

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah menggunakan sekop *stainless* dan sarung tangan pada bagian sekitaran tumbuhan dengan kedalaman 10-20cm. Pada saat yang sama pula pengukuran pH tanah dilakukan menggunakan *Soil tester*. Masing-masing sampel dimasukkan ke dalam wadah plastik dan diberi label sesuai lokasi pengambilan sampel. Adapun analisis logam merkuri dilakukan menggunakan alat ICP (*Inductively Coupled Plasma*)

ANALISIS DATA

Data yang didapat dari lapangan akan dianalisis secara tabulasi dan grafis yang bertujuan untuk mengetahui Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keanekaragaman Jenis (H'), Indeks Kelimpahan Jenis (e), dan Indeks Morisita. Menurut Fachrul (2012) Indeks Nilai Penting (INP) diperoleh dari penjumlahan antara kerapatan relatif (KR) dengan frekuensi relatif (FR) yang disajikan dalam persamaan 3. Untuk KR dan FR disajikan dalam persamaan 1 dan 2.

$$KR = \frac{\text{Kerapatan Suatu Jenis (K)}}{\text{Kerapatan Total}} \times 100 \% \quad (1)$$

$$FR = \frac{\text{Frekuensi Suatu Jenis (F)}}{\text{Frekuensi Total}} \times 100 \% \quad (2)$$

$$INP = KR + FR \quad (3)$$

Data yang didapat dari analisis *Inductively Coupled Plasma* (ICP) berupa konsentrasi logam merkuri (Hg) dalam satuan mg/kg. Data tersebut akan digunakan untuk menghitung BAC, BCF, dan TF. *Biological Accumulation Coefficient* (BAC) didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam pada pucuk dengan konsentrasi logam pada tanah yang disajikan dalam persamaan 4 (Sanubari, 2016). *Biological Concentration Factor* (BCF) didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam pada akar dengan konsentrasi logam pada tanah yang disajikan dalam persamaan 5 dan *Translocation Factor* (TF) didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam pada pucuk dengan konsentrasi logam pada akar yang disajikan dalam persamaan 6 (Takarina, 2015).

$$BAC = \frac{[\text{Logam}]_{\text{pucuk}}}{[\text{Logam}]_{\text{tanah}}} \quad (4)$$

$$BCF = \frac{[\text{Logam}]_{\text{akar}}}{[\text{Logam}]_{\text{tanah}}} \quad (5)$$

$$TF = \frac{[\text{Logam}]_{\text{pucuk}}}{[\text{Logam}]_{\text{akar}}} \quad (6)$$

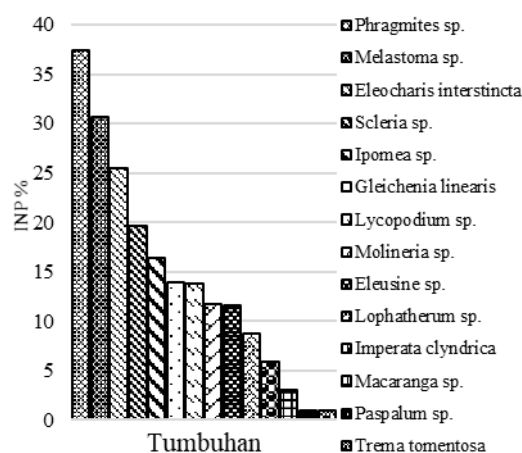
Data yang diolah disajikan dalam bentuk tabel. Data ini berupa data kandungan merkuri pada sampel tumbuhan lokal (*native*) dan sampel tanah yang telah diambil pada kawasan bekas tambang emas ilegal Desa Monto, Limun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Tumbuhan yang memiliki nilai BAC > 1 dapat digunakan untuk fitoekstraksi (Li et al., 2007) dan bisa dikatakan hiperakumulator (Hamzah dan Yuli, 2013) sedangkan tumbuhan yang memiliki nilai BCF > 1 dan TF < 1 berpotensi

digunakan untuk fitostabilisasi (Yoon et al., 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi Tumbuhan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di lapangan diperoleh 14 spesies tumbuhan yaitu *Phragmites sp.*, *Melastoma sp.*, *Eleocharis interstincta*, *Scleria sp.*, *Ipomea sp.*, *Gleichenia linearis*, *Lycopodium sp.*, *Molineria sp.*, *Eleusine sp.*, *Lophatherum sp.*, *Imperata cylndrica*, *Macaranga sp.*, *Paspalum sp.* dan *Trema tomentosa*. Hasil identifikasi tersebut diperoleh Indeks Nilai Penting (INP) pada tiap tumbuhan yang dapat dilihat pada **Gambar-2**.



Gambar -2: Indeks Nilai Penting (INP) Tumbuhan

Hasil penelitian pada **Gambar-2** menunjukkan bahwa INP tertinggi terdapat pada tumbuhan *Phragmites sp.* dengan nilai 37,35%, sedangkan INP terendah terdapat pada tumbuhan *Paspalum sp.* dan *Trema tomentosa* sebesar 0,97%. Berdasarkan **Gambar-2** ada tiga tumbuhan yang mendominasi di lahan bekas penambangan emas antara lain *Phragmites sp.* (37,35%), *Melastoma sp.* (30,64%), dan *Eleocharis interstincta* (25,41%). Tiga spesies tumbuhan ini dapat dilihat pada **Gambar-3**.



Gambar -3: (a) *Phragmites sp.*; (b) *Melastoma sp.*; (c) *Eleocharis interstincta*

Menurut Romadhon (2008) Nilai INP menunjukkan dominasi suatu spesies dalam komunitas. Ardiyati (2018) juga menyebutkan bahwa semakin besar nilai INP maka, semakin tinggi kemampuan tumbuhan untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan sekitarnya. Hasil dari nilai INP ini digunakan untuk menentukan jenis tumbuhan yang akan diuji konsentrasi logam berat merkuri. Pengujian konsentrasi logam berat merkuri dilakukan pada tiga bagian masing-masing tumbuhan yaitu pada bagian akar, tanah, dan pucuk. Hasil uji dapat dilihat pada **Tabel-1**.

Tabel -1: Konsentrasi Logam Merkuri (Hg) pada Tanah, Akar, dan Pucuk

Nama Tumbuhan	Konsentrasi Logam Merkuri (Hg) (mg/kg)		
	Tanah	Akar	Pucuk
<i>Phragmites sp.</i>	0,800	0,485	0,305
<i>Melastoma sp.</i>	0,773	0,258	0,132
<i>Eleocharis interstincta</i>	0,860	0,380	0,211

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2019

Menurut PP No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Bahaya dan Beracun, mengenai baku mutu Total Konsentrasi (TK-C) zat pencemar merkuri pada tanah adalah 0,3 mg/kg, sedangkan konsentrasi logam merkuri pada tiga lokasi pengambilan sampel tumbuhan *Eleocharis interstincta*, *Phragmites sp.* dan *Melastoma sp.* sudah melewati baku mutu (0,860 mg/kg), (0,800 mg/kg), dan (0,773 mg/kg). Hal ini menunjukkan bahwa tanah pada tiga lokasi tersebut tercemar oleh logam merkuri. Dapat dilihat pada **Gambar-4**.



Gambar -4: Tempat tumbuh *Eleocharis interstincta* dan *Phragmites sp.*; (b) Tempat tumbuh *Melastoma sp.*.

Hasil dari pengujian konsentrasi logam merkuri pada **Tabel-1** menunjukkan bahwa konsentrasi logam merkuri yang tertinggi pada

bagian akar secara berurutan adalah tumbuhan *Phragmites sp.* sebesar 0,485 mg/kg, *Eleocharis interstincta* sebesar 0,380 mg/kg, dan tumbuhan *Melastoma sp.* sebesar 0,258 mg/kg. Penelitian di lapangan menunjukkan bahwa tumbuhan *Phragmites sp.* dan *Eleocharis interstincta* memiliki sistem perakaran serabut sedangkan tumbuhan *Melastoma sp.* memiliki sistem perakaran tunggang yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar -5: (a) Akar *Phragmites sp.*; (b) Akar *Melastoma sp.*.

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa perakaran serabut banyak memiliki rambut akar, akar yang kurang lebih sama besar, dan semuanya keluar dari pangkal batang, sedangkan perakaran tunggang hanya memiliki satu akar utama dan sedikit bercabang. Menurut Hasnunidah (2019) dengan adanya rambut-rambut akar pada tumbuhan akan lebih memperluas penyerapan unsur hara. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian bahwa konsentrasi logam merkuri pada akar serabut lebih banyak dibandingkan akar tunggang. Marschner (1983) juga menyatakan bahwa perakaran serabut dapat memperluas jangkauan serapan hara.

Konsentrasi logam merkuri yang tertinggi pada bagian pucuk terdapat pada tumbuhan *Phragmites sp.* sebesar 0,305 mg/kg, sedangkan yang terendah terdapat pada tumbuhan *Melastoma sp.* sebesar 0,132 mg/kg. Hal ini terjadi karena konsentrasi logam merkuri pada tanah tempat tumbuh tumbuhan *Phragmites sp.* lebih tinggi dibandingkan dengan *Melastoma sp.* Berdasarkan pernyataan Merdekawati (2013) bahwa hasil serapan yang diperoleh akar yang berhadapan langsung dengan tanah berupa unsur merkuri akan ditranslokasikan ke bagian organ lain yakni pucuk. Siahaan (2014) juga menyebutkan

bahwa perbedaan konsentrasi logam merkuri pada akar tumbuhan juga mempengaruhi konsentrasi logam merkuri yang ada pada pucuk.

Tingginya konsentrasi logam merkuri pada bagian tanah dibandingkan dengan bagian akar dikarenakan tanah merupakan media, kemudian limbah dari proses penambangan emas yang masih mengandung merkuri langsung dibuang ke tanah sekitar penambangan oleh para penambang sehingga tanah tersebut mengandung merkuri lebih tinggi dibanding akar (Mirdat et al., 2013). Selain itu, tingginya konsentrasi logam merkuri pada bagian akar dibandingkan dengan bagian pucuk disebabkan karena akar merupakan organ tumbuhan yang berfungsi menyerap unsur hara dari tanah dan sekaligus organ yang kontak langsung dengan tanah (Mardekawati et al., 2013).

Konsentrasi logam merkuri pada masing-masing bagian tumbuhan *Phragmites sp.*, *Melastoma sp.* dan *Eleocharis interstincta* selanjutnya digunakan untuk perhitungan *Biological Accumulation Coefficient* (BAC), *Biological Concentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF). Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui potensi dari spesies tumbuhan untuk meremediasi lahan yang terpapar merkuri pada lahan bekas penambangan emas tanpa izin di Desa Monti. Hasil perhitungan nilai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC), *Biological Concentration Factor* (BCF), dan *Translocation Factor* (TF) yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel-2**.

Tabel -2: Nilai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC), *Biological Concentration Factor* (BCF), serta *Translocation Factor* (TF).

Nama Tumbuhan	Nilai		
	BAC	BCF	TF
<i>Phragmites sp.</i>	0,381	0,606	0,628
<i>Melastoma sp.</i>	0,170	0,333	0,511
<i>Eleocharis interstincta</i>	0,245	0,441	0,555

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2019

Biological Accumulation Coefficient (BAC)

Biological Accumulation Coefficient (BAC) merupakan rasio konsentrasi logam pada pucuk tumbuhan dengan konsentrasi

logam pada tanah. Nilai BAC tertinggi terdapat pada tumbuhan *Phragmites sp.* yaitu 0,381 sedangkan nilai BAC terendah terdapat pada tumbuhan *Melastoma sp.* yaitu 0,170. Dari penelitian ini, ketiga tumbuhan memiliki nilai BAC < 1, yang mengindikasikan bahwa tumbuhan tersebut tidak berpotensi sebagai hiperakumulator logam berat merkuri karena tumbuhan yang bisa dikatakan hiperakumulator memiliki syarat nilai BAC > 1 (Hamzah dan Yuli, 2013). Hiperakumulator adalah kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi unsur logam 100 kali lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan non akumulator yang biasa dijumpai dalam pucuk tumbuhan itu sendiri (Baker et al., 2000).

Biological Concentration Factor (BCF)

Biological Concentration Factor (BCF) merupakan rasio konsentrasi logam pada akar tumbuhan dengan konsentrasi logam pada tanah. Nilai BCF paling tinggi terdapat pada tumbuhan *Phragmites sp.* yaitu 0,606 sedangkan nilai BCF paling rendah terdapat pada tumbuhan *Melastoma sp.* yaitu 0,333. Menurut Nazir et al. (2011) tumbuhan yang memiliki nilai *Biological Concentration Factor* (BCF) > 1 memiliki potensi sebagai agen fitoekstraksi.

Fitoekstraksi merupakan proses translokasi kontaminan dari dalam tanah menuju ke permukaan tanah melalui sistem akar tumbuhan (Alkorta, 2004). Keberhasilan dari fitoekstraksi secara alami tergantung pada seberapa besar tumbuhan dapat mengakumulasi unsur logam dalam jumlah yang besar dan kemampuan menghasilkan biomassa dalam jangka waktu yang singkat (Pilon-smits, 2005). Dari penelitian ini, ketiga tumbuhan memiliki nilai BCF < 1, yang mengindikasikan bahwa tumbuhan tersebut tidak berpotensi sebagai agen fitoekstraksi.

Translocation Factor (TF)

Translocation Factor (TF) merupakan rasio konsentrasi logam pada pucuk tumbuhan dengan konsentrasi logam pada akar. Nilai TF tertinggi terdapat pada tumbuhan *Phragmites sp.* yaitu 0,628 sedangkan nilai TF terendah terdapat pada tumbuhan *Melastoma sp.* yaitu 0,511. Nilai *Tranlokasi Factor* yang melebihi dari 1 menunjukkan tingkat mobilitas logam tinggi. Menurut Yoon et al. (2006) tumbuhan

dengan nilai BCF > 1 dan TF < 1 berpotensi sebagai agen fitostabilisasi, sedangkan tumbuhan dengan nilai TF > 1 berpotensi sebagai agen fitoekstraksi. Menurut Singh (2012), fitostabilisasi merupakan kemampuan tumbuhan dalam mengeksekusi (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk menahan logam berat di daerah rizosfer (perakaran). Dari penelitian ini, ketiga tumbuhan memiliki nilai BCF dan TF < 1 yang mengindikasikan bahwa tumbuhan tersebut tidak potensi sebagai agen fitostabilisasi.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC), *Biological Concentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF) dari ketiga tumbuhan adalah < 1. Namun, dari ketiga tumbuhan yang diuji tumbuhan *Phragmites sp.* memiliki nilai BAC, BCF dan TF yang paling tinggi sehingga kemampuan mengakumulasi dan mentranslokasi logam merkuri dari akar menuju pucuk lebih efisien.

KESIMPULAN

1. Inventarisasi tumbuhan di lapangan diperoleh 14 spesies tumbuhan. 14 spesies tumbuhan tersebut yaitu, *Macaranga sp.*, *Paspalum sp.*, *Trema tomentosa*, *Imperata cylindrica*, *Lophatherum sp.*, *Eleusine sp.*, *Molinaria sp.*, *Lycopodium sp.*, *Gleichenia linearis*, *Ipomea sp.*, *Scleria sp.*, *Eleocharis interstincta*, *Melastoma sp.*, dan *Phragmites sp.* Terdapat tiga tumbuhan dari 14 tumbuhan tersebut yang memiliki nilai INP tertinggi yaitu, *Phragmites sp.* (37,35%), *Melastoma sp.* (30,64%), dan *Eleocharis interstincta* (25,41%).
2. Tumbuhan yang memiliki nilai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC) dari yang tertinggi sampai yang terendah yaitu *Phragmites sp.* (0,381), *Eleocharis interstincta* (0,245) dan *Melastoma sp.* (0,170). Nilai *Biological Concentration Factor* (BCF) dari yang tertinggi sampai yang terendah yaitu *Phragmites sp.* (0,606), *Eleocharis interstincta* (0,441) dan *Melastoma sp.* (0,333). Nilai *Translocation Factor* (TF) dari yang tertinggi sampai yang terendah yaitu *Phragmites sp.* (0,628), *Eleocharis interstincta* (0,555) dan *Melastoma sp.* (0,511). Namun dari ketiga jenis tumbuhan tersebut tumbuhan *Phragmites sp.* memiliki nilai tertinggi

sehingga kemampuan mengakumulasi dan mentranslokasi logam merkuri dari akar ke pucuk lebih efisien dibandingkan tumbuhan lain yang ditemukan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Z. (2006). Antara Manfaat dan Efek Penggunannya bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Naskah Pidato Pengukuhan Guru Besar, 1–11.
- Alkorta, I., Hernandez-Allicia, J., Beceeril, J. M., Amezaga, I., Albizu, L., & Garbisu, C. (2004). Recent Findings on the Phytoremediation of Soils Contaminated With Environmentally Toxic Heavy Metals and Metalloids Such as Zinc, Cadmium, Lead, and Arsenic. *Reviews in Environmental Science and Bio Technology*, 3, 71–90.
- Ardiyati. (2018). Struktur dan Komposisi Jenis Tumbuhan Berkayu Penyusun Wana Di Dusun Pancuran, Desa Terong, Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul.
- Baker, A. J. M., McGrath, S. P., Reeves, R. D., and Smith, J. A. C. (2000). Metal Hyperaccumulator Plants: A Review of the Ecology and Physiology of a Biological Resource for Phytoremediation of Metal-Polluted Soils. *Phytoremediation of Contaminated Soils and Waters*, 85–107.
- Cui, S., Zhou, Q., & Chao, L. (2007). Potential Hyperaccumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in Endurant Plants Distributed in an Old Smeltery, Northeast China. *Environmental Geology*, 51(6), 1043–1048.
- Fachrul, M. F. (2012). Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta.
- Hamzah F, dan Pancawati Y. (2013). Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ilmu Kelautan*, 18(4), 203-212.
- Hasnunidah, N., Wiono, J. W. (2019). Botani Tumbuhan Tinggi. *Graha Ilmu*. Bandar Lampung.
- Juhriah, dan Alam, M. (2016). Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Tanah dengan Tumbuhan *Celosia Plumosa* (Voss) Burv. *Biologi Makassar (Bioma)*, 1(1), 1–8.
- Li, M. ., Luo, Y. ., dan Su, Z. (2007). Heavy Metal Concentrations in Soils and Plant Accumulation in a Restored Manganese

- Mineland in Guangxi, South China. *Environmental Pollution*, 147(1), 168–175.
- Marschner, H. (1986). Mineral Nutrition in Higher Plant. *Academic Press Inc.* London.
- Merdekawati, L., Hanudin, B., Iswan, D. (2013). Kemampuan Empat Jenis Tumbuhan Dalam Menyerap Cemar Merkuri Di Media Tailing. *Jurnal Hutan Lestari*, 1(2), 52-60.
- Mirdat, Patadungan, Y. S., Isrun. (2013). Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas. *Agtotekbis*, 1(2), 127-134.
- Muddarisna, N. Krisnayanti, B. D. Utami, S. R. Handayanto, E. (2013). The Potential of Wild Plants for Phytoremediation of Soil Contaminated with Mercury of Gold Cyanidation Tailings. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 4(1), 15-19.
- Nazir, A., Malik, R. N., Ajajib, M., Khan, N., & Siddiqui, M. F. 2011. Hyperaccumulator Of Heavy Metals of Industrial Areas of Islamabad and Rawalpindi. *Pakistan journal botani* 43(4), 1925 – 1933.
- Pemerintah Indonesia. (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Bahaya dan Beraacun.
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 15 – 39.
- Purnomo, D. W. Magandhi, M. Helmanto, H. Witono, J. R. (2015). Jenis-jenis Tumbuhan Reklamasi Potensial untuk Fitoremediasi Kawasan Bekas Tambang. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(3), 496-500.
- Romadhon, A. (2008). Kajian Nilai Ekologi Melalui Inventarisasi dan Nilai Indeks Penting (INP) Mangrove Terhadap Perlindungan Lingkungan Kepulauan Kangean. *Embryo*, 5(1), 82-97.
- Sanubari, M. O. Sedayu, A. Miarsyah, M. (2016). Potensi Acrostichum Aureum L. (PTERIDACEAE) Sebagai Bioakumulator Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu). *Bioma*, 12(2), 1-5.
- Siahaan, B. C., Utami, S. R., Handayanto, E. (2014). Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri Menggunakan Lindernia crustacea, Digitaria radicosaa, dan Cyperus rotundus serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tumbuhan Jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(2), 35-51.
- Singh, S. (2012). Phytoremediation: A Sustainable Alternative for Environmental Challenges. *International Journal of Green and Herbal Chemistry*, 1(2), 133–139.
- Takarina, N.D., Pin, T. G. (2015). Bioconcentration Factor (BCF) and Translocation Factor (TF) of Heavy Metals in Mangrove Trees of Blanakan Fish Farm. *Makara Journal of Science*, 77-81.
- Telmer, K. 2007. Mercury and Small Scale Gold Mining-Magnitude and Challenges Worldwide. *GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project*. University of Victoria. Canada.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *Science of the Total Environment*, 368, 456 – 464.