

Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

# Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129 |



Artikel Penelitian

## Potensi Tanaman Lokal Sebagai Agen Bioremediasi Merkuri (Hg) Pada Lahan Bekas Tambang Emas Di Sarolangun, Jambi

Mahya Ihsan<sup>1</sup>, Freddy Ilfan<sup>2</sup>, Zuli Rodhiyah,<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, Jl. Lintas Sumatera Jl. Jambi - Muara Bulian No.Km. 15, Mendalo Darat, Jambi 36122

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Jambi, Pondok Meja, Mestong, Muaro Jambi Regency, Jambi, 36361

\*Koresponden: [zulirodhiyahbio@gmail.com](mailto:zulirodhiyahbio@gmail.com)

Diterima: 4 Mei 2020

Diperbaiki: 17 Agustus 2020

Disetujui: 27 Oktober 2020

### A B S T R A C T

Mercury is one of toxic heavy metal and can be accumulated in human and animal's bodies. The sources of mercury pollution are the natural sources and anthropogenic activities, like illegal gold mining. The aim of this study was finding potential indigeneous plants as agents in remediation process of ex-gold mining sites. It was conducted in Limun District, Sarolangun Regency, Jambi. The sampling location was 5-year-old ex-mining sites. It used purposive sampling method. Vegetation analysis was used to find out the dominant plants living in those. The measurement of mercury contamination was conducted in soil and plant using Inductively Coupled Plasma (ICP). Based on the survey results, there were 15 species of plants in the sampling sites. The 3-most dominant species were *Phragmites* sp., *Melastoma* sp., and *Scleria sumatrana*. The INP value were 51,96; 41,78; and 21,93 respectively. Moreover, the value of BAC, TF, and BCF of *Phragmites* sp. were 0,1; 0,194; and 0,516 respectively, whilst those were 0,06; 0,25; and 0,26 for *Melastoma* sp. The same analysis was calculated for *Scleria sumatrana*, with BAC, TF, and BAF value as many as 0,076; 0,755; and 0,100 respectively. According to those, it could be concluded that *Phragmites* sp. had a better ability to remediate ex-gold mining sites compared to the others.

**Keywords:** Bioremediation, mercury, indigenous plants, PETI (Unlicensed Gold Mining)

### A B S T R A K

Mercury adalah salah satu logam berat beracun yang dapat mengakumulasi di tubuh manusia dan hewan. Sumber polusi merkuri berasal dari sumber alami dan aktivitas antropogenik, seperti pertambangan emas ilegal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan tanaman asli potensial sebagai agen dalam proses remediasi situs bekas penambangan emas. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun, Jambi. Lokasi pengambilan sampel adalah situs bekas penambangan emas berumur 5 tahun. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah purposive sampling. Analisis vegetasi digunakan untuk menentukan tanaman dominan yang hidup di area tersebut. Pengukuran kontaminasi merkuri dilakukan pada tanah dan tanaman menggunakan Inductively Coupled Plasma (ICP). Berdasarkan hasil survei, terdapat 15 spesies tanaman di lokasi pengambilan sampel. Tiga spesies yang paling dominan adalah *Phragmites* sp., *Melastoma* sp., dan *Scleria sumatrana*. Nilai INP masing-masing adalah 51,96; 41,78; dan 21,93. Selain itu, nilai BAC, TF, dan BCF dari *Phragmites* sp. adalah 0,1; 0,194; dan 0,516 secara berturut-turut, sedangkan nilai-nilai tersebut adalah 0,06; 0,25; dan 0,26 untuk *Melastoma* sp. Analisis yang sama dihitung untuk *Scleria sumatrana*, dengan nilai BAC, TF, dan BAF sebanyak 0,076; 0,755; dan 0,100 secara berturut-turut. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Phragmites* sp. memiliki kemampuan yang lebih baik dalam remediasi situs bekas penambangan emas dibandingkan dengan tanaman lainnya.

**Kata Kunci:** Bioremediasi, merkuri, tanaman lokal, PETI

## 1. PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemar lingkungan yang telah menjadi perhatian di dunia saat ini, semenjak terjadinya kasus pencemaran Hg di Teluk Minamata. Penelitian-penelitian terdahulu mengidentifikasi sumber Hg dapat berasal dari sumber alamiah dan kegiatan antropogenik, salah satunya pertambangan emas. Prestise dan nilai komoditi emas menyebabkan banyaknya daerah yang berpotensi menghasilkan komoditi tersebut dieksploitasi secara besar-besaran baik secara legal dan ilegal. Sarolangun merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jambi dengan potensi sumber daya alam berupa emas. Di aera tersebut banyak terdapat penambangan emas tanpa izin (PETI). Belum adanya pengolahan Hg pada area PETI tersebut, menyebabkan tercemarnya lahan-lahan terbengkalai bekas PETI. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar Hg pada tanah bekas PETI dan potensi tanaman dominan di area tersebut yang berpotensi sebagai agen bioremediator.

Merkuri dapat berasal dari berbagai sumber yang mencakup sumber alamiah dan antropogenik (Negrete dkk., 2015). Sumber alamiah berupa kondisi geologi yang dipicu oleh gas gunung berapi dan penguapan dari air laut (Putranto, 2011), sementara sumber antropogenik dapat berasal dari sektor perkebunan dan pertanian (pestisida dan pupuk), pertambangan, industri dan tempat pembuangan sampah akhir. United Nations Environment Programme (UNEP) menemukan bahwa di berbagai belahan dunia, banyak ikan yang terpajan Hg dengan tingkat yang dapat membahayakan manusia dan hewan (UNEP, 2002). Hg di perairan umum diubah oleh aktivitas mikroorganisme menjadi komponen methyl merkuri ( $\text{CH}_3\text{-Hg}$ ) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat pada tubuh hewan air (Putranto, 2011). Hg dapat terbioakumulasi di tubuh ikan, hingga masuk ke tubuh manusia dan menyerang sel saraf.

Berbagai penelitian untuk memulihkan tanah yang tercemar Hg sedang mengalami perkembangan, baik di dunia maupun di Indonesia, terutama dengan menggunakan makhluk hidup (bioremediasi). Indonesia yang memiliki keanekaragaman hayati yang sangat banyak merupakan lahan yang sangat baik untuk mengkaji keunggulan dan kelemahan dari tanaman sebagai alat fitoremediasi tanah tercemar logam berat. Juhriar dan Mir Alam (2016) mengkaji pemanfaatan tanaman *Celosia plumosa* (Voss) Burv. untuk menurunkan kadar Hg pada tanah kebun, sawah dan TPA. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa

tanaman tersebut cukup efektif dalam menurunkan kadar Hg pada tanah. Penyebaran dari dan ke tanah sangat penting dalam memahami siklus Hg di tanaman, atmosfer, air tanah, air permukaan, dan lautan (Burns, dkk., 2013).

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dilahan bekas tambang emas ilegal (PETI) berumur 5 tahun pasca tambang yang terletak pada koordinat S :  $02^{\circ}28.805$  dan E:  $102^{\circ}35.916$ . Penentuan lokasi penelitian dilakukan dengan metode purposive sampling yaitu penentuan lokasi yang dianggap mewakili seluruh areal PETI. Dari hasil penentuan lokasi tersebut dipilih empat lokasi penelitian yang dianggap mewakili seluruh lokasi penelitian. Setelah lokasi ditentukan, dilakukan analisis vegetasi untuk melihat dominansi vegetasi yang mampu tumbuh pada daerah bekas tambang tersebut.

Analisis vegetasi dilakukan dengan metode kuadrat dengan cara membuat plot berukuran  $2 \times 2$  m sebanyak 4 plot pada setiap lokasi terpilih sehingga diperoleh jumlah total plot sebanyak 16 plot. Kemudian dicatat semua tumbuhan yang terdapat didalamnya yang meliputi jenis dan jumlah individu. Setelah itu dikoleksi untuk identifikasi di laboratorium.

Data tumbuhan yang didapat dihitung Indeks Nilai Penting (INP) nya (Greigh-Smith, 1983). Tumbuhan dengan INP tertinggi dianggap sebagai tumbuhan yang mampu survive pada lingkungan tersebut. Pengukuran kandungan merkuri pada penelitian ini dibatasi pada tiga jenis tanaman yang memiliki INP tinggi saja ( $\text{INP} > 20\%$ ). Pengukuran konsentrasi logam pada tanaman dan sampel tanah dilakukan untuk menentukan kadar merkuri yang terdapat didalam tanah. Pengukuran konsentrasi logam merkuri dilakukan menggunakan alat Inductively Coupled Plasma (ICP).

Kemampuan tanaman dalam remediasi lahan bekas tambang, akan ditentukan dari hasil analisis Biological Accumulation factor (BAC), Translocation factor (TF) dan Biological Concentration Factor (BCF). Rumus perhitungan BAC, TF, dan BCF dapat dilihat sebagai berikut:

$$BAC = \frac{[\text{logam}]_{\text{pucuk}}}{[\text{logam}]_{\text{tanah}}} \quad (1)$$

$$TF = \frac{[\logam]pucuk}{[\logam]akar} \quad (2)$$

$$BCF = \frac{[\logam]akar}{[\logam]akar} \quad (3)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman umum yang dijumpai pada lokasi penelitian berupa tanaman teratai (herba) perenial yang tersebar pada pinggiran kolam bekas galian tambang. Pada beberapa substrat berbatu ditemukan semak kecil berupa *Melastoma malabathricum*, *Alstonia scholaris*, *Ficus* spp dan *Commersonia bartramia*. Tumbuhan-tumbuhan ini berperawakan berbeda dengan perwakan umum bila mereka tumbuh pada tanah yang tidak terpapar Hg.

Penampilan dari semak-semak ini terlihat kerdil dan telah berbunga sebelum mencapai ukuran dewasanya. *Melastoma malabathricum* misalnya, umum ditemukan berbunga pada lokasi penelitian sedangkan perawakannya masih setinggi 30 cm saja, demikian juga dengan tetumbuhan lainnya yang hidup dilokasi yang sama. Pada lokasi yang dipenuhi timbunan tanah berlumpur ditemukan jenis-jenis herba menahun seperti rumput *Phragmites australis* dan *Scleria sumatrana*. Keberadaan jenis herba dilokasi ini memperlihatkan kemampuan tumbuhnya yang tinggi sekalipun pada daerah yang tercemar.

Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa tumbuhan dengan Indeks Nilai Penting tertinggi ditemukan pada jenis *Phragmites* sp, (Tabel 1). Jenis ini ditemukan hampir di semua lokasi penelitian.

**Tabel 1.** Indeks Nilai Penting Tanaman Pada Lokasi Penelitian

Jenis tumbuhan	INP	H'
<i>Phragmites australis</i>	51,96	1,877
<i>Melastoma malabathricum</i>	41,78	
<i>Scleria sumatrana</i>	21,93	
<i>Molineria</i> sp.	17,60	
<i>Eleusine indica</i>	14,23	
<i>Ipomoea</i> sp.	11,25	
<i>Eleocharis</i> sp.	10,79	
<i>Lycopodium</i> sp.	8,14	
<i>Gleichenia linearis</i>	8,91	
<i>Imperata cylindrica</i>	3,33	
<i>Macaranga hypoleuca</i>	2,82	

Jenis tumbuhan	INP	H'
<i>Alstonia scholaris</i>	2,82	
<i>Trema tomentosa</i>	1,41	
<i>Lopatherum gracile</i>	1,60	
<i>Cyperus rotundus</i> .	1,41	

Rumput ini tumbuh dalam jumlah yang sangat banyak dalam kelompok-kelompok besar terutama pada daerah pinggiran kolam sampai beberapa meter ke dalam kolam. Penampilan rumput ini berbeda bila dibandingkan dengan tumbuhan lain, melihat perawakannya yang tinggi dan tumbuh normal (sama bila tumbuh pada tempat lain)(gambar 1). Massacci *et al.* (2001) menyatakan bahwa jenis *Phragmites australis* memiliki biomassa yang tinggi dan berpotensi dijadikan sebagai fitoremediator bahan lahan bekas tambang yang terpapar logam berat. Suatu kewajaran bila jenis ini juga menempati INP tertinggi pada lokasi penelitian ini. Ketahanan jenis ini dibuktikan dengan mampunya membentuk alat reproduksi generatif. Setiap rumpun rumput ini ditemukan berbunga dalam bentuk tandan dengan biji yang banyak.

Tumbuhan berkayu dengan INP tertinggi ditemukan pada jenis *Melastoma malabathricum* (gambar 2). *Melastoma malabathricum* merupakan tumbuhan berperawakan semak yang dikenal dengan nama umum senduduk. Jenis ini umum terdapat pada lahan-lahan yang terbuka hasil suksesi sekunder seperti pembukaan lahan dan penambangan.



**Gambar 1.** *Phragmites* sp.

Semak ini umumnya berperawakan sedang sampai tinggi mencapai setinggi orang dewasa. Pada lokasi penelitian semak ini umumnya ditemukan kerdil (< 1 m) dan telah berbunga. Tumbuhan ini tersebar diantara tumbuhan herba yang lain dan cenderung tidak berkelompok (soliter).



**Gambar 2.** *Melastoma* sp.

Beberapa jenis tumbuhan berpotensi menjadi pohon tampak tumbuh dalam perawakan kerdil dan tidak normal. Ketidaknormalan tersebut kemungkinan disebabkan karena berada dalam cekaman yang tinggi terutama pada kadar Hg yang terdapat di lokasi penelitian. Tumbuhan seperti *Alstonia scholaris* tumbuh sebanyak dua pohon dalam bentuk anakan hanya di dua lokasi penelitian, demikian juga dengan jenis-jenis lain seperti *Trema tomentosa*. Keberadaan Hg pada tanah pada lokasi penelitian menyebabkan fitotoksin pada tumbuhan sehingga dapat menghalangi pertumbuhan tanaman (Muddarisna, 2013).

*Trema tomentosa* dijumpai umum pada hutan-hutan sekunder yang terbuka. Tumbuhan ini berupa perdu dengan tinggi 2-3 meter dan menghasilkan biji yang banyak. Buahnya yang manis merupakan pakan beberapa jenis burung sehingga wajar tumbuhan ini dapat tersebar luas. Namun pada daerah penelitian, jenis ini hanya ditemukan dalam bentuk semak yang telah menghasilkan buah. Cekaman Hg sepertinya memaksa tumbuhan untuk terus hidup dalam batas kritisnya dan masih berkemampuan menghasilkan organ-organ reproduktifnya.

### Konsentrasi Logam Merkuri (Hg)

Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini dilakukan pada lahan bekas tambang emas. Lahan tersebut berumur lima tahun pasca penambangan. Pengukuran konsentrasi logam merkuri dalam tanah akan dibandingkan dengan kriteria konsentrasi merkuri pada tanaman dan tanah oleh Alloway (1995) (tabel 2).

**Tabel 2.** Kisaran Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Tanah dan Tanaman.

Logam berat	Kisaran Normal (ppm)	Konsentrasi kritis (ppm)
Merkuri (Hg)	0,01-0,3	0,3-0,5

Sumber: Alloway (1995)

Lokasi ini memiliki konsentrasi logam yang melebihi nilai konsentrasi kritis pada tanah (0,3-0,5 mg/kg).

Pada lokasi tersebut konsentrasi logam merkuri terendah terdapat pada plot 1 (0,145 mg/kg), sedangkan konsentrasi merkuri tertinggi terdapat pada plot 3 dengan nilai 1,159 mg/kg, dengan rerata konsentrasi merkuri secara umum pada lokasi ini sebesar 0,8925 mg/kg (tabel 3).

**Tabel 3.** Konsentrasi Merkuri pada Tanah Lokasi Penelitian

No.	Kode lokasi	Umur lokasi ditinggalkan (tahun)	Kadar logam(mg/kg)	pH tanah
1	L1P1	5	0,145	7
2	L1P2		1,118	6,6
3	L1P3		1,159	6,8
4	L1P4		1,148	7

Berdasarkan nilai AMEG (*ambient multimedia environmental goals*) konsentrasi logam merkuri di tanah yang diperbolehkan adalah 0,002 mg/kg. Jika dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, cekaman merkuri di lahan tersebut cukup tinggi. Hasil pengukuran pH pada lokasi penelitian menunjukkan tingkat kemasaman tanah termasuk pada kategori masam hingga mendekati netral.

Nilai pH terendah terdapat pada plot dua (6,6) dan tertinggi pada plot satu dan empat (7) (tabel 3). Nilai pH tanah menunjukkan tingkat kemasaman tanah, dimana semakin rendah pH, maka kemasaman tanah makin tinggi. pH tanah sangat berpengaruh terhadap aktivitas penyebaran logam dalam tanah. Sebagian besar tanaman tidak dapat bertahan hidup dalam tanah pada kondisi tanah masam (Zulfikah, Basir dan Isrun, 2014). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shofi dan Suharyanto (2014) adanya cekaman logam merkuri dalam suatu lingkungan dapat berdampak pada penurunan panjang akar, panjang stolon, jumlah daun, biomassa, kadar klorofil pada tanaman yang hidup di lingkungan tersebut

### Potensi Tanaman Sebagai Agen Remediasi Lahan Bekas PETI

Berdasarkan hasil analisis vegetasi yang telah dilakukan, didapatkan tiga jenis tanaman yang paling dominan. Tiga tanaman tersebut diasumsikan dapat bertahan pada lahan dengan cekaman merkuri. Tiga jenis tanaman tersebut yaitu *Phragmites australis*, *Melastoma malabathricum* dan *Scleria sumatrana*. Selanjutnya dilakukan analisis konsentrasi logam merkuri pada tiga tanaman tersebut. Diantara tiga jenis

tumbuhan ini *Phragmites australis* merupakan jenis tanaman dengan INP tertinggi. Hasil analisis kandungan Hg pada setiap tubuh tumbuhan tersebut disajikan dalam tabel 4.

**Tabel 4.** Konsentrasi Logam Merkuri Pada Tanaman Dan Tanah.

Tanaman	Kadar logam(mg/kg) tanah	Kadar logam(mg/kg) akar	Kadar logam(mg/kg) pucuk	BAC	TF	BCF
<i>Phragmites australis</i>	0,817	0,421	0,082	0,100	0,194	0,516
<i>Melastoma malabathricum</i>	0,893	0,235	0,060	0,067	0,255	0,263
<i>Scleria sumatrana</i>	0,890	0,089	0,067	0,076	0,755	0,100

Tumbuhan jenis *Phragmites australis* merupakan tumbuhan yang didalam bagian akarnya terdapat kadar Hg tertinggi diikuti oleh jenis *Melastoma malabathricum* dan *Scleria sumatrana*. Ketiga jenis ini memiliki sebaran yang tinggi pada lokasi penelitian. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa beberapa jenis rumput seperti *Phragmites australis* merupakan jenis yang banyak ditemukan pada lokasi yang tercemar Hg demikian juga dengan jenis *Melastoma malabathricum* (Barceló and Poschenrieder, 2003).

Kemampuan tumbuhan dalam mendegradasi logam merkuri dapat dilihat dari nilai BAC, TF dan BCF. Nilai BAC menunjukkan kemampuan suatu tanaman dalam mengakumulasi suatu zat dalam tubuh tumbuhan (Dmuchowski dkk, 2014). Tanaman dengan nilai BAC terendah adalah *Melastoma malabathricum* (0,060), sedangkan nilai BAC tertinggi ditemukan pada jenis *Phragmites australis*. (0,100). Sehingga dapat dikatakan bahwa *Phragmites australis* memiliki kemampuan yang lebih besar dalam mengumpulkan merkuri dari tanah ke dalam tubuhnya dibandingkan dengan tanaman lainnya.

*Translocationfactor* (TF) menunjukkan kemampuan tanaman mentranslokasi logam dalam jaringan tubuhnya. Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4, dapat diketahui nilai TF yang tertinggi pada tanaman *Scleria sumatrana* (0,755), sedangkan nilai TF terendah terdapat pada tanaman *Phragmites australis* (0,194). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tanaman *Scleria sumatrana* memiliki kemampuan untuk mentranslokasi logam dengan baik di bagian-bagian tubuhnya. Tanaman yang memiliki

kemampuan translokasi yang baik dapat dimanfaatkan untuk fitoekstraksi (Fu dkk, 2019).

Potensi remediasi pada tanaman juga dapat dilihat dari nilai *Bioconcentrationfactor* (BCF). Berdasarkan Fitz & Wenzel (2002) tanaman dengan nilai BCF kurang dari satu tidak sesuai jika digunakan untuk mekanisme fitoekstraksi. Hasil pada tabel 4 menunjukkan bahwa tanaman yang memiliki nilai BCF tertinggi adalah tanaman *Phragmites australis* (0,516) sedangkan nilai BCF terendah terdapat pada tanaman *Scleria sumatrana* (0,100). Tanaman dengan nilai BCF yang tinggi memiliki potensi untuk mengakumulasi logam merkuri dari tanah menuju bagian akarnya. Konsentrasi logam pada tanah tempat ditemukannya *Phragmites australis* adalah 0,817 mg/kg, sedangkan pada bagian akar sebesar 0,421. Dalam hal ini dapat prediksi bahwa tanaman ini memiliki kemampuan penyerapan merkuri yang tinggi dibandingkan dengan tanaman lainnya

#### 4. KESIMPULAN

Tanah Bekas Tambang Emas Liar yang telah ditinggalkan selama lima tahun masih mengandung kadar Merkuri (Hg) dengan kisaran kandungan 0,145-1,53 mg/Kg yang perlu untuk diremediasi. Kandungan merkuri (Hg) juga terdeteksi terdapat pada tumbuhan liar yang tumbuh di sekitar bekas penambangan tersebut. Merkuri dalam tubuh tumbuhan terakumulasi banyak pada akar tumbuhan dengan kisaran 0,089-0,421 mg/Kg. Rumput *Phragmites sp* merupakan tumbuhan yang dominan tumbuh pada daerah tersebut, berdasarkan hasil analisa nilai BAC, TF, dan BCF tanaman tersebut juga memiliki potensi untuk dijadikan agen bioremediasi dibanding dengan tanaman yang lain. Tumbuhan yang direkomendasikan sebagai agen fitoremediasi berdasarkan dominasinya pada lingkungan dalam penelitian ini adalah jenis *Phragmites sp.*, *Melastoma sp.* dan *Imperata cylindrica*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Jambi atas dana penelitian dengan Surat Perjanjian Kontrak Penelitian No : B/231/UN21.18/PM.01.01/2019 Tanggal 07 Mei 2019.

#### DAFTAR PUSTAKA

Alloway, B.J and D.C Ayres. 1995. Chemical Principle of Environmental Pollution, 2nd

- Edition, Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, London
- Burns DA, Woodruff LG, Bradley PM, Cannon WF (2014) Mercury in the Soil of Two Contrasting Watersheds in the Eastern United States. *PLoS ONE* 9(2):e86855. doi:10.1371/journal.pone.0086855
- Barceló, J. and Poschenrieder, C. (2003) 'Phytoremediation :principles and perspectives', 2(3), pp. 333–344.
- Dmurchowski W, Gozdowski D, Bragoszewska P, Baczewska AH, Suwara I (2014) Phytoremediation of zinc contaminated soils using silver birch (*Betula pendula* Roth). *Ecol Eng* 71:32–35
- Domagalski, Joseph (2001) Mercury and methylmercury in water and sediment of the Sacramento River Basin, California. *Applied Geochemistry* 16 (2001) 1677–1691
- Fitz, W. J. and W.W. Wenzel. (2002). 'Arsenic Transformation in The Soil Rhizosphere-Plant System, Fundamental and Potential Application of Phytoremediation', *Biotechnology*, 99: 259-78
- Fu, S., Wei, C., Xiao, Y., Li, L. and Wu, D. (2019) 'Heavy Metals Uptake and Transport by Native Wild Plants: Implications for Phytoremediation and Restoration', 78 (103), pp. 1-10.
- Greigh-Smith, P. (1983) 'Quantitative Plant Ecology', 9.
- Malik, R. N., Husain, S. Z. and Nazir, I. (2010) 'Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan', *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), pp. 291–301.
- Massacci A, Pietrini F and Iannelli MA (2001) Remediation of wetlands by *Phragmites australis*. The biological basis. *Minerva Biotechnologica*.
- Mkumbo S., Mwegoha W. and Renman G. (2012) 'Assessment of the phytoremediation potential for Pb, Zn and Cu of indigenous plants growing in a gold mining area in Tanzania', *International Journal of Environmental Sciences*, 2(4), pp. 2425–2434. doi: 10.6088/ijes.00202030123.
- Muddarisna, N. *et al.* (2013) 'Phytoremediation of Mercury-Contaminated Soil Using Three Wild Plant Species and Its Effect on Maize Growth', *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 1(3), pp. 27–32. doi: 10.12691/aees-1-3-1.
- Nahlunnisa, H., Zuhud, E.A.M., and Santosa, Y. (2016) 'keanekaragaman Spesies Tumbuhan Di Areal Nilai Konservasi Tinggi (Nkt) Perkebunan Kelapa Sawit Provinsi Riau', *Media Konservasi*, 21(1), pp.91-98
- Nazir, A. *et al.* (2011) 'Hyperaccumulators of heavy metals of industrial areas of Islamabad and Rawalpindi', *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), pp. 1925–1933.
- Shofi, M and Suharyanto. (2104) 'Respon Fisiologis Tanaman Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forssk.) Pada Cekaman Logam Merkuri' seminar nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS, pp. 81-86
- Yanqun, Z. *et al.* (2005) 'Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China', *Environment International*, 31(5), pp. 755–762. doi:0.1016/j.envint.2005.02.004.
- Zulfikah, Basir, M., Isrun. (2014) 'Konsentrasi Merkuri (Hg) dalam Tanah dan Jaringan Tanaman Kangkung (*Ipomeareptans*) yang Diberi Bokashi Kirinyu (*Chromolaenaodorata* L.) Pada Limbah Tailing Penambangan Emas Poboya Kota Palu. e-J. Agrotekbis 2(6), pp. 587-595

## NOMENKLATUR

Nomenklatur disertai arti dari semua persamaan matematika ataupun nomenklatur lain di alam artikel:

BAC : *Biological Accumulation factor*

TF : *Translocation factor*

BCF : *Biological Concentration Factor*

INP : Indeks Nilai Penting

H' : Indeks tingkat keanekaragaman Shannon-weinner

L : Lokasi

P : Plot