

POTENSI *Acrostichum aureum* L. (PTERIDACEAE) SEBAGAI BIOAKUMULATOR LOGAM BERAT MANGAN (Mn) DAN TEMBAGA (Cu)

Meirina Orchidanti Sanubari^{1*}, Agung Sedayu¹, Mieke Miarsyah²

¹Prodi Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta, Indonesia. ²Prodi Pendidikan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

*Email: meirinasanubari@gmail.com

ABSTRACT

Acrostichum aureum L. is a fern from family Pteridaceae, commonly called as swamp fern or mangrove fern and usually found in mangrove, swamp or brackish area. It noted that heavy metal concentration was found in *Acrostichum aureum*, but distinction measure in each organs was unknown. This study was conducted to acquire information about heavy metal concentration in *Acrostichum aureum*, the differential expression of Mn and Cu concentration in each organs, and examine the potential of *Acrostichum aureum* as Mn and Cu bioaccumulator. *Acrostichum aureum* and sediment sample taken from Muara Angke Wildlife Reserve, North Jakarta which contaminated by heavy metal Mn and Cu. As a proponent data, *Acrostichum aureum* and sediment sample also taken from Gunung Kapur Ciseeng that assumed as uncontaminated area. The methods used was descriptive with purposive sampling technique. The result showed that *Acrostichum aureum* was bioaccumulator for Mn with BCF average value 1.06. Organs with the highest Mn and Cu concentration was root. U-Mann Whitney test result showed that Mn and Cu concentration in each lower organs significantly different to the upper organs.

Keywords: Acrostichum aureum, bioaccumulation, heavy metal, Mn, Cu

PENDAHULUAN

Logam berat telah menjadi perhatian di bidang lingkungan karena keberadaannya di lingkungan dapat berbahaya bagi manusia (Nazir, et al., 2011). Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu karena logam berat tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme dan terakumulasi di lingkungan. Untuk mengurangi dampak jangka panjang dari cemaran logam di lingkungan seperti di atas, perlu dilakukan upaya pengembalian fungsi lahan pada lingkungan terkontaminasi.

Salah satu tumbuhan yang diduga berpotensi mengakumulasi logam berat adalah *Acrostichum aureum*. Menurut Sharma dan Irudayaraj (2010), *Acrostichum aureum* memiliki potensi sebagai fitoremediator potensial pada lahan basah terpolusi logam berat. *Acrostichum aureum* merupakan tumbuhan lokal yang biasa ditemukan di habitat estuari yang tercemar. Dalam penelitian sebelumnya, *Acrostichum aureum* tercatat memiliki konsentrasi Mn pada daun lebih tinggi dibanding pada tangkai daun (Badarudeen et al., 2014) dan konsentrasi Cu tinggi pada musim *postmonsoon* (setelah musim hujan) (Prasannakumari et al., 2014), namun belum diketahui potensi bioakumulasinya dan pada organ mana Mn dan Cu terakumulasi paling tinggi. Pada penelitian ini, kami ingin mengetahui organ *Acrostichum aureum* yang paling banyak terakumulasi logam Mn dan Cu yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan di Suaka Margasatwa Muara Angke, Jakarta Utara (sebagai kawasan tercemar) dan Gunung Kapur Ciseeng, Bogor (sebagai kawasan terduga tidak tercemar). Sampel diambil dengan teknik purposive sampling. Sampel akar, tangkai daun, dan daun diambil dari *Acrostichum aureum* dewasa atau individu yang telah memiliki sporangium kecoklatan pada daun fertilnya, terdapat pada area terbuka dan terendam air. Sampel akar yang diambil adalah akar yang terbenam seluruhnya di dalam sedimen, sedangkan untuk sampel tangkai daun dan daun yang diambil adalah pada daun steril. Sebagai data lingkungan dilakukan juga pengukuran logam berat pada sedimen pada kedua lokasi.

Kandungan logam Mn dan Cu dianalisa dengan menggunakan Atom Absorbance Spectrofotometry (AAS) Shimadzu AA 7000. Untuk mengetahui perbedaan kadar logam berat pada tiap organ, dilakukan pengujian statistik menggunakan uji post-hoc U-Mann Whitney dengan software SPSS v.16 untuk masing-masing pasangan organ. Kemampuan bioakumulasi dianalisis dengan menggunakan rumus Biological Accumulation Coefficient (BAC), Biological Transfer Coefficient (BTC), dan Bio-concentration Factor (BCF) sebagai berikut:

$$\text{BAC} = \frac{\text{Logam berat daun (mg/kg)}}{\text{Logam berat sedimen (mg/kg)}}$$

$$\text{BTC} = \frac{\text{Logam berat daun (mg/kg)}}{\text{Logam berat akar (mg/kg)}}$$

$$\text{BCF} = \frac{\text{Logam berat akar (mg/kg)}}{\text{Logam berat sedimen (mg/kg)}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

PERBANDINGAN KADAR LOGAM MN DAN CU PADA *ACROSTICHUM AUREUM* DI KEDUA LOKASI

Berdasarkan hasil pengujian kadar logam Mn dan Cu pada *Acrostichum aureum* Suaka Margasatwa Muara Angke (SMMA) dan Gunung Kapur Ciseeng (GKC), kandungan logam pada sedimen Suaka Margasatwa Muara Angke memiliki kadar relatif lebih tinggi dibanding sedimen Gunung Kapur Ciseeng dengan nilai Mn 210.01 mg/kg dan Cu 64.76 mg/kg. Sedangkan pada sedimen dari Gunung Kapur Ciseeng, kandungan logam yang terdeteksi memiliki nilai lebih kecil yaitu Mn sebesar 130.74 mg/kg dan Cu sebesar 16.32 mg/kg. Perbandingan kadar logam Mn dan Cu pada kedua lokasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Rata-rata Kadar Logam pada *A. aureum* dan Sedimen di SMMA dan GKC

Sampel		Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
SMMA	<i>A.aureum</i>	24.3699	11.1054
	Sedimen	210.0127	64.7659
GKC	<i>A.aureum</i>	21.1812	8.4319
	Sedimen	130.7427	16.3216
Baku Mutu*	Sedimen	30	16

*USEPA Sediment Quality Guidelines (1999)

Kadar kedua logam pada kawasan Suaka Margasatwa Muara Angke jauh melampaui standar baku mutu sedimen USEPA. Ini membuktikan bahwa kawasan Muara Angke merupakan kawasan yang tercemar. Kadar logam Mn pada kawasan Gunung Kapur Ciseeng juga melampaui standar baku mutu sedimen USEPA, sedangkan kadar logam Cu pada kawasan ini masih berkisar pada nilai standar tersebut, yaitu 16.32 mg/kg.

Kadar logam Mn yang melampaui standar baku mutu USEPA ini dapat disebabkan oleh perubahan bentuk Mn pada perairan. Dalam kondisi aerob, Mn dalam perairan terdapat dalam bentuk MnO₂. Sedangkan dalam air yang kekurangan oksigen atau pada dasar perairan, MnO₂ tereduksi menjadi Mn²⁺. Oleh karena itu pada suatu sumber air, sering ditemukan Mn dalam konsentrasi tinggi (Achmad, 2004). Mn dengan konsentrasi tinggi ini dapat mengendap pada dasar perairan dan mengakibatkan tingginya konsentrasi Mn pada sedimen.

Tabel 2. Kadar Logam Mn dan Cu pada *A. aureum* di SMMA

Organ	Logam	Kadar pada sampel (mg/kg)						Rata-rata
		1	2	3	4	5	6	
Akar	Mn	635.23	323.31	178.98	74.91	284.44	60.31	259.53
	Cu	11.55	15.63	12.95	85.09	31.20	17.46	28.98
Tangkai daun	Mn	7.63	2.98	8.60	3.20	2.31	2.98	4.61
	Cu	18.83	16.73	7.93	17.42	17.31	18.68	16.15
Daun	Mn	27.18	23.44	35.30	17.40	23.73	25.04	25.34
	Cu	4.80	7.01	4.95	6.84	9.47	7.734	6.80

Kadar logam yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan kedua logam pada sedimen di kawasan Suaka Margasatwa Muara Angke lebih tinggi dibanding di kawasan Gunung Kapur Ciseeng. Hal ini disebabkan oleh kawasan Muara Angke yang berada di Teluk Jakarta merupakan badan air terakhir yang menampung limbah dari industri-industri dan pembuangan sampah yang ada di Jakarta dan sekitarnya yang membuang limbah secara langsung maupun tidak langsung ke 13 sungai yang bermuara ke kawasan ini. Ketiga belas sungai tersebut yaitu: Kali Mookervaart, Kali Angke, Kali Pesanggrahan Kali Grogol, Kali Krukut, Kali Baru Barat, Sungai Ciliwung, Kali Baru Timur, Kali Cipinang, Kali Sunter, Kali Buaran, Kali Jati Keramat dan Kali Cakung. Sungai-sungai tersebut melalui daerah pemukiman dan industri yang cukup padat di sekitar Jakarta. (Rochyatun & Rozak, 2007).

Tabel 3. Nilai BCF, BAC dan BTC *A. aureum*

Sampel	BCF		BAC		BTC	
	Mn	Cu	Mn	Cu	Mn	Cu
1	3.03	0.16	0.13	0.06	0.04	0.41
2	0.63	0.22	0.04	0.10	0.07	0.45
3	1.25	0.14	0.25	0.05	0.20	0.36
4	0.30	0.93	0.07	0.07	0.23	0.07
5	1.02	0.97	0.08	0.07	0.08	0.29
6	0.17	0.32	0.07	0.29	0.41	0.42
Rata-rata	1.07	0.46	0.10	0.11	0.17	0.33

Sedangkan, kandungan kedua logam di Gunung Kapur Ciseeng relatif lebih kecil karena kegiatan manusia di kawasan ini cenderung lebih sedikit dan tidak mendapat akumulasi cemaran dari aliran sungai dibandingkan dengan kegiatan manusia di Muara Angke. Meski Gunung Kapur Ciseeng merupakan objek wisata lokal yang banyak dikunjungi wisatawan dan juga berpotensi tercemar, namun cemaran di kawasan ini hanya berasal dari sampah domestik.

PERBEDAAN KADAR LOGAM MN DAN CU PADA ORGAN *ACROSTICHUM AUREUM*

Berdasarkan hasil pengukuran kandungan logam berat Mn pada masing-masing organ *Acrostichum aureum*, didapat kadar tertinggi pada akar dengan nilai 635.23 mg/kg dan kadar terendah berada pada tangkai daun dengan

nilai 2.37 mg/kg. Sedangkan untuk kadar tertinggi logam berat Cu terdapat pada akar dengan nilai 85.09 mg/kg dan yang terendah terdapat pada daun dengan nilai 4.80 mg/kg (Tabel 2). tertinggi berturut-turut adalah akar, tangkai daun, kemudian daun. Pola yang sama tercatat pada penelitian Badarudeen et al (2014), di mana daun *Acrostichum aureum* menyimpan logam Mn lebih banyak dibandingkan tangkai daun dengan kandungan rata-rata Mn pada daun *Acrostichum aureum* sebesar 906.5 mg/kg dan pada tangkai daun sebesar 246.5 mg/kg dan logam Cu pada daun *Acrostichum aureum* memiliki rata-rata sebesar 39.5 mg/kg dan pada tangkai daun sebesar 159 mg/kg.

Bioakumulasi logam Mn dan Cu pada *Acrostichum aureum* juga lebih tinggi pada akar dibanding pada daun. Ini membuktikan bahwa translokasi logam dari akar ke daun menjadi faktor pembatas untuk terkonsentrasinya logam ini pada daun. Hasil menunjukkan kadar Cu pada daun memiliki nilai terendah pada penelitian ini. Ini membuktikan bahwa distribusi Cu sedikit berbeda dengan Mn. Oleh Chaney dan Giordano, logam Mn diklasifikasikan sebagai salah satu logam yang mudah ditranslokasi dari akar ke daun tumbuhan, sedangkan Cu merupakan salah satu logam yang lebih sulit ditranslokasi (Alloway, 1995 dalam Zitka et al., 2013).

Potensi *Acrostichum aureum* sebagai bioakumulator logam Mn dan Cu

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Bio-Concentration Factor (BCF) didapat bahwa BCF tertinggi untuk logam Mn sebesar 3.03 dan untuk logam Cu sebesar 0.96. Biological Accumulation Coefficient (BAC) untuk logam Mn yang tertinggi sebesar 0.24 dan untuk logam Cu sebesar 0.28. Sedangkan Biological Transfer Coefficient (BTC) yang tertinggi untuk logam Mn sebesar 0.41 dan untuk logam Cu sebesar 0.45. Potensi akumulasi *Acrostichum aureum* dapat diketahui dengan nilai BCF, BAC dan BTC seperti pada Tabel 3. Berdasarkan penggolongan akumulator oleh Zayed et al. (1998), diketahui *Acrostichum aureum* merupakan bioakumulator untuk logam Mn dengan nilai BCF tertinggi sebesar 3.03, dan rata-rata nilai BCF >1 yaitu sebesar 1.0681. Sedangkan nilai BAC dan BTC < 1 pada logam Mn menunjukkan bahwa logam ini tidak terkonsentrasi di daun dengan baik karena tidak tertranslokasi dengan baik pula.

Berdasarkan kriteria Fitter dan Hay (1991), mekanisme akumulasi Mn pada *Acrostichum aureum* lebih mendekati mekanisme ameliorasi dengan pendekatan lokalisasi pada akar. Hal ini dapat dilihat dari terkonsentrasinya logam Mn dalam jumlah besar pada akar dibanding pada organ lain dan belum diketahuinya mekanisme adaptasi lain *Acrostichum aureum* terhadap Mn. Mekanisme lain dapat diketahui dengan studi lanjutan mengenai reaksi fisiologis dan biokimia seperti kelasi dan mekanisme toleransi lainnya.

Data untuk logam Cu menunjukkan bahwa *Acrostichum aureum* bukan bioakumulator untuk logam ini karena baik nilai BCF, BAC, maupun BTC *Acrostichum aureum* untuk Cu < 1. Hal ini mendukung teori bahwa logam Cu merupakan salah satu logam yang sulit ditranslokasi tumbuhan dari akar ke organ tumbuhan lain yang lebih tinggi (Alloway dalam Zitka et al., 2013).

Sampai saat ini hiperakumulasi oleh paku yang tertinggi dilakukan oleh *Pteris vittata*, yang dapat bertahan hidup dan mengakumulasi arsenik (As) dengan kadar sekitar 3280 – 23000 mg/kg. *P. vittata* dapat tumbuh pada sedimen dengan kadar arsenik sebesar 1500 mg/kg, sedangkan tumbuhan lain umumnya tidak dapat bertahan pada kadar sedimen 50 mg/kg (Ma et al., 2001). Tumbuhan paku lain yang tercatat dapat mengakumulasi logam di antaranya *Pteris cretica*, *Azolla pinnata*, dan *Equisetum* sp. (Mehltreter, 2010).

Dibandingkan dengan kemampuan hiperakumulator *P. vittata* untuk logam As, *Acrostichum aureum* hanya memiliki kemampuan sebagai bioakumulator (bukan hiperakumulator) untuk logam Mn. Namun demikian, *Acrostichum aureum* tetap dapat dimanfaatkan untuk mengakumulasi cemaran logam Mn pada kawasan perairan

dengan logam Mn yang relatif tinggi seperti di sekitar kawasan industri, pabrik tekstil, elektronik, dan galvanis.

KESIMPULAN

Acrostichum aureum merupakan bioakumulator untuk logam Mn namun bukan bioakumulator untuk logam Cu, sehingga potensinya dapat dimanfaatkan dalam pengendalian cemaran logam Mn di lingkungan perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Badarudeen, A., K. Sajan, R. Srinivas, K. Maya dan D. Padmalal. 2014. Environmental Significance of Heavy Metals in Leaves and Stems of Kerala Mangroves, SW Coast of India. *Indian J Mar Sci.* 43(6) 1021-1029.
- Fitter, A.H. dan R.K.M. Hay. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ma, L.Q., K.M. Komar, C. Tu dan W.A. Zhang. 2001. A Fern That Hyperaccumulates Arsenic. *Nature* 411: 409-579.
- Mehltreter, K., L.R. Walker, J.M. Sharpe (ed). 2010. Fern Ecology. Cambridge University Press.
- Nazir, A., R.N. Malik, M. Ajaib, Nasrullah K. dan M.F. Siddiqui. 2011. Hyperaccumulators of Heavy Metals of Industrial Areas of Islamabad and Rawalpindi. *Pak. J. Bot.* 43(4) 1925-1933.
- Prasanakumari, A.A., Gangadevi T. dan Jayaraman P.R. 2014. Absorption Potential for Heavy Metals by Selected Ferns Associated with Neyyar River (Kerala), South India. *Intl. J. Env. Sci.* 5(2): 270-276.
- Rochyatun, E., dan A. Rozak. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains.* 11(1):28-36.
- Sharma, C.L., dan V. Irudayaraj. 2010. Studies on Heavy Metal (Arsenic) Tolerance in a Mangrove Fern *Acrostichum aureum* L. (Pteridaceae). *J. of Basic App. Biol.*, 4(3):143-152.
- USEPA. 1999. US Environmental Protection Agency: Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities. Appendix E: Toxicity Reference Values. Vol. 3.
- Zayed, A., Gowthaman, S. dan N. Terry. 1998. Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: Duckweed. *J. Environ. Qual.*, 27: 715- 721.
- Zitka, O., Krystofova, O., Hynek, D., Sobrova, P., Kaiser, J., Sochor, J., Zehnalek, J., Babula, P., Ferrol, N., Kizek, R. dan V. Adam 2013. Metal Transporters in Plants. In: d. K. Gupta, C. F. J & J. M. Palma, eds. *Heavy Metal Stress in Plants*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1:19-42.