

# STUDI PERTUMBUHAN *PASTIA STRATIOTES L.* TERHADAP BEBERAPA JENIS LOGAM

**Yoga Aji Handoko, Ika Putri Riani, Lusia Laurita,  
Mega Achtari Satiti, dan Febbrilliana Andrya**

Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana  
email: yoga.handoko@staff.uksw.edu

## ABSTRACT

*Pistia stratiotes* as aquatic vegetation has distribution pattern and population quite a lot in the aquatic environment for breeding is quickly. With the abundance of this plant population, then there is a chance to use it as a plant absorbing heavy metals in polluted water environment through phytoremediation process. Random Group used as models to study the response of *P. stratiotes* growth in media containing metal ions Mg, Cu, Fe, and Mn with each composition of 0.1 g/L; 0.5 g/L; and 1 g/L. Based on the observation of morphological structures, such as root length; as well as the length, number, and color of the leaves is known that the growth of *P. stratiotes* good that on medium containing Mg, followed Mn and Fe. *P. stratiotes* in a medium containing Mg 0.1 mg/L showed the best growth.

**Keywords:** Phytoremediation, *Pistia stratiotes*, growth, metals

## PENDAHULUAN

Teknik pengolahan dan pengelolaan limbah menggunakan tanaman untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya, baik yang bersifat organik maupun anorganik dari lingkungan lebih dikenal dengan istilah fitoremediasi. Pemanfaatan dan penggunaan tanaman dalam fitoremediasi dapat mencakup tanaman tahunan, rumput dan juga tanaman air (Suryati & Priyanto, 2003). Fitoremediasi bertujuan agar lahan atau area tercemar dapat dipergunakan kembali secara aman. Penggunaan tanaman dalam fitoremediasi tersebut mencakup pohon-pohonan, rumput-rumputan, serta tanaman *aquatic*/air (Raras, 2015). Pengetahuan bahwa tanaman *aquatic* dan *semiaquatic* seperti *Eichornia crassipes*

(eceng gondok), *Hydrocotyle umbellata*, *Lemna minor* dan *Azolla pinnata*, dapat menyerap logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), besi (Fe) dan merkuri (Hg) dari larutan terkontaminasi telah lama diketahui (Suryati & Priyanto, 2003).

Banyak penelitian yang menggunakan berbagai jenis tanaman sebagai fitoremediasi. Namun demikian, salah satu jenis tanaman air yang masih terbatas informasi dalam peran dan potensinya sebagai agen fitoremediasi yaitu kayu apu atau kiambang (*Pistia stratiotes*). Penelitian pengaruh logam terhadap *P. stratiotes* yang telah dilakukan diantaranya logam kadmium (Suryati & Priyanto, 2003; Zubair, dkk, 2010); timbal (Oktaviani, dkk, 2014); arsenik (Farnese, dkk, 2014); kromium

(Isnaini, dkk, 2015). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tanaman tersebut dapat menjadi agen bioindikator dan fitoremediasi.

*P. stratiotes* termasuk dalam famili Salviniaceae (Marianto, 2002) yang tumbuh mengapung pada permukaan air dengan akar-akarnya yang menggantung terendam di bawah bagian daunnya yang mengambang. Lebar daun tumbuhan ini antara 5–14 cm dan jarak antar nodusnya 0.1–0.5 cm, sehingga membuat susunan daun pada tumbuhan ini terdapat pada tiap bagian rosetnya (Osmond & Johnson, 2006).

Tanaman ini dikenal sebagai tanaman air yang tumbuh liar di danau, rawa, tepian sungai, dan banyak dijumpai pada area persawahan. Tanaman air ini populasinya cukup banyak di lingkungan perairan dikarenakan perkembangbiakannya yang tergolong cepat. *P. stratiotes* mempunyai toleransi pertumbuhan pada suhu 15°C–35°C, namun demikian suhu pertumbuhan optimumnya berkisar 22°C–3°C (Osmond & Johnson, 2006). *P. stratiotes* mempunyai keunggulan seperti tingkat pertumbuhan yang cepat, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan, dan memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim (Fachrurrozi, 2010). Dengan melimpahnya populasi tanaman ini, maka ada potensi untuk memanfaatkan dan mengelolanya sebagai agen fitoremediasi dalam menyerap ion logam untuk lingkungan perairan yang tercemar dalam kadar diatas ambang normal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan pertumbuhan tanaman *P. stratiotes* dalam medium yang mengandung ion logam Cu, Fe, Mg, dan Mn.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-April 2016 di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian dan Bisnis-Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain *P. stratiotes*; ion tembaga dalam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; ion besi dalam  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , ion magnesium dalam  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; dan ion Mangan dalam  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; akuades, dan wadah/*tray* plastik. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain penggaris, timbangan digital, erlenmeyer, pH meter, dan Palintest.

### Persiapan Bahan Tanaman *P. stratiotes* dan Tempat Pertumbuhan

*P. stratiotes* diambil dari lingkungan persawahan di Jl. Patimura Km.1 Salatiga. Kayu Apu tersebut kemudian dicuci dengan air sumur beberapa kali dan diadaptasikan dalam wadah/*tray* plastik selama 1 minggu untuk menetralsir kandungan logam maupun senyawa kimia lainnya yang terakumulasi dari tempat asalnya.

### Uji Pertumbuhan Tanaman *P. stratiotes*

Setelah 1 minggu, tanaman Kayu Apu dipilih secara seragam dari sisi ukuran dan jumlah daun; serta kondisi akar dan daun masih segar.

Untuk menguji pertumbuhan *P. stratiotes* pada medium yang mengandung ion logam; dibuat model percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok melalui 4 perlakuan dan 1 kontrol dengan ulangan sebanyak 2 kali.

Langkah yang dilakukan yaitu dengan menimbang masing-masing ion logam Cu, Fe,

Mg, dan Mn sebesar 0.05 g; 0.25 g; dan 0,5 g. Kemudian, masing-masing ion logam tersebut dilarutkan dalam wadah/ try yang berisi 500 ml akuades secara terpisah. Selanjutnya, *P. stratiotes* yang telah dipilih tersebut diletakan ke dalam media air yang mengandung ion Cu, Fe, Mg dan Mn. Sebagai kontrol, *P. stratiotes* ditumbuhkan pada media akuades. Setiap perlakuan dan kontrol dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. *P. stratiotes* tersebut kemudian diinkubasi pada tempat terbuka dengan mendapatkan sinar matahari yang cukup.

#### **Pengukuran Pertumbuhan *P. stratiotes***

Parameter pertumbuhan *P. stratiotes* yang diamati meliputi: panjang akar; jumlah, panjang, dan warna daun; pH pada hari ke-0, 2, 4 dan 6 hari. Selain itu dilakukan pengukuran kandungan logam diawal pengamatan pada hari ke-0 dan diakhir pengamatan pada hari ke-6 dengan menggunakan alat Palintest.

#### **Analisis Data**

Hasil pengukuran parameter pertumbuhan *P. stratiotes* tersebut kemudian ditabulasikan dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Data dianalisis secara diskriptif.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setiap tanaman memerlukan ketersediaan unsur makro dan mikro yang seimbang untuk mencapai pertumbuhan optimumnya. Unsur logam Cu atau tembaga merupakan unsur yang diserap tanaman dalam bentuk ion  $\text{Cu}^{++}$  dan dapat diserap dalam bentuk senyawa kompleks organik. Cu berfungsi mengaktifkan enzim sitokrom-oksidadase, askorbit-oksidadase, asam butirrat-fenolase, dan laktase serta berperan dalam metabolisme protein dan karbohidrat. Cu juga berperan terhadap fiksasi N secara

simbiotis. Sedangkan logam Mangan diserap tanaman dalam bentuk ion  $\text{Mn}^{++}$ . Seperti hara mikro lainnya, Mn dapat diserap dalam bentuk kompleks khelat. Dalam metabolisme tanaman, ion Mn tidak dapat bergerak atau beralih tempat dari organ yang satu ke organ lain yang membutuhkan (Rosmarkam, 2002).

Demikian juga Magnesium merupakan unsur penting dalam tanaman sebagai penyusun klorofil, mempunyai peranan terhadap metabolisme nitrogen, mengaktifkan enzim yang berkaitan dengan metabolisme karbohidrat, enzim pernafasan dan bekerja sebagai katalisator. Sementara itu, ion Fe adalah unsur hara mikro yang diserap dalam bentuk ion feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ataupun fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Fungsi Fe antara lain sebagai penyusun klorofil, protein, enzim, dan berperan dalam perkembangan kloroplas. Kekurangan Fe menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil dan akhirnya juga penyusunan protein menjadi tidak sempurna (Rosmarkam, 2002).

Pada lingkungan perairan yang tercemar dapat dijumpai kandungan logam Cu, Mn, Mg dan Fe di atas ambang normal. Kehadiran logam-logam tersebut membuat respon yang berbeda-beda terhadap setiap tanaman. Dari hasil pengamatan panjang akar (Tabel 1.) diketahui bahwa semakin hari panjang akar cenderung semakin berkurang, yang indikatornya adalah terjadinya akar patah, terutama pada medium yang mengandung ion Mn dan Fe. Pada hari ke -4, medium yang mengandung logam Fe dengan konsentrasi 05 g/l dan 1 g/l mengalami kematian. Demikian juga kematian terjadi dalam medium yang mengandung logam Mn dengan konsentrasi 1 g/l pada hari pengamatan ke-6. Namun pada medium yang mengandung ion Mg, pertumbuhan akar dapat

berlangsung hingga akhir pengamatan. Hasil penelitian yang cukup menarik terjadi pada perlakuan dengan menggunakan logam Cu. Meskipun Cu mempunyai peranan dalam mengaktifkan enzim-enzim dalam metalisme tanaman, ternyata logam Cu dengan konsentrasi 1 g/l dapat menyebabkan efek toksisitas pada kayu apu. Pada pengamatan hari kedua menunjukkan bahwa kayu apu mengalami kematian dengan indikator akar patah dan daun menguning disertai pembusukan. Haridjaja, ddk (2016) melaporkan bahwa akar-akar yang mati, selain karena pengaruh kehadiran logam berat juga dapat disebabkan oleh terbatasnya oksigen terlarut maupun kandungan nutrisi dalam media. Defisiensi oksigen dapat mengurangi kemampuan daya akar dalam menyerap nutrisi. Dari hasil ini tampaknya konsentrasi logam yang melebihi ambang batas normal dapat mempengaruhi kemampuan akar dalam proses melakukan penyerapan nutrisi. Dalam kondisi medium dengan konsentrasi tersebut, ada

indikasi bahwa akar juga mengalami toksisitas, sehingga fungsi organ akar sebagai pengambil nutrisi tidak dapat berlangsung. Menurut Priyanto dan Prayitno (2008), terdapat tiga proses penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan antara lain yaitu penyerapan logam berat oleh akar; translokasi logam berat dari akar ke bagian tumbuhan lain; dan lokalisasi logam berat pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme suatu tumbuhan.

Pada variabel pengamatan panjang daun dan jumlah daun tidak terjadi penambahan secara signifikan. Hal ini diduga akibat dari akar yang mengalami patah, sehingga proses penyerapan menjadi terganggu. Selain itu, dari hasil pengamatan diketahui bahwa secara morfologis kondisi daun tanaman *P. stratiotes* menguning, menggulung pada bagian tepi dan beberapa daun patah. Hal lain yang mempengaruhi tidak terjadinya penambahan panjang daun maupun jumlah daun secara signifikan.

**Tabel 1** Rata-rata Panjang Akar *P. stratiotes* dalam Beberapa Medium Pertumbuhan

Medium Pertumbuhan	Hari ke-							
	0 (cm)		2 (cm)		4 (cm)		6 (cm)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Kontrol	7.2	6.5	7.1	6.0	7.1	5.1	6.3	5.6
Cu 0.1	5.2	4.2	-	-	-	-	-	-
Cu 0.5	8.0	5.0	-	-	-	-	-	-
Cu 1	8.9	7.4	-	-	-	-	-	-
Mg 0.1	5.6	5.1	6.7	6.0	6.8	6.5	8.0	6.5
Mg 0.5	7.0	4.6	7.7	5.0	7.5	5.6	8.3	6.1
Mg 1	7.6	2.6	8.1	4.4	8.5	4.4	9.2	4.2
Mn 0.1	5.0	2.7	4.9	2.9	5.2	2.8	5.0	3.2
Mn 0.5	7.7	3.9	8.1	3.3	7.5	2.5	6.2	2.2
Mn 1	6.3	2.8	5.6	3.7	3.1	1.9	-	-
Fe 0.1	5.0	2.2	5.8	2.3	5.5	3.0	4.2	2.0
Fe 0.5	3.7	2.9	3.7	2.9	-	-	-	-
Fe 1	3.4	2.2	3.6	2.6	-	-	-	-

Keterangan: T1 = ulangan ke-1; T2 = ulangan ke-2; (-) = tanaman *P. stratiotes* mati

**Tabel 2** Rata-rata Panjang Daun *P. stratiotes* dalam Beberapa Medium Pertumbuhan

Medium Pertumbuhan	Hari ke-							
	0 (cm)		2 (cm)		4 (cm)		6 (cm)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Kontrol	4.8	2.7	5.3	3.0	5.4	3.0	5.7	3.2
Cu 0.1	7.3	4.4	-	-	-	-	-	-
Cu 0.5	6.5	4.3	-	-	-	-	-	-
Cu 1	6.1	4.1	-	-	-	-	-	-
Mg 0.1	6.1	3.2	6.2	3.3	6.7	3.4	7.0	3.7
Mg 0.5	5.2	3.1	5.1	3.5	5.4	3.4	5.5	3.7
Mg 1	5.7	2.7	5.9	3.1	6.2	3.6	6.4	3.6
Mn 0.1	5.7	3.0	6.6	3.3	6.7	3.3	7.0	3.4
Mn 0.5	5.5	2.9	5.6	3.3	5.3	3.2	5.1	3.2
Mn 1	5.1	3.4	5.6	2.6	5.1	3.2	-	-
Fe 0.1	5.1	2.7	5.6	3.2	4.9	2.9	4.8	2.9
Fe 0.5	4.9	2.6	5.2	3.1	-	-	-	-
Fe 1	5.2	2.7	5.2	2.8	-	-	-	-

Keterangan: T1 = ulangan ke-1; T2 = ulangan ke-2; (-) = tanaman *P. stratiotes* mati

Demikian juga terjadi perubahan pH medium yang semakin hari semakin cenderung bersifat netral dan mendekati basa. pH yang bersifat basa kurang optimal bagi pertumbuhan tanaman. *P. stratiotes* akan tumbuh optimum pada kisaran pH 5.5–6.0. Pada percobaan yang telah dilakukan, perlakuan dengan konsentrasi Fe sebesar 0.5 dan 1 g/l dan Mn sebesar 1 g/l juga merupakan dosis yang mungkin cukup tinggi bagi *Pistia*. Sehingga pengamatan pada hari ke-4 dan ke-6 memperlihatkan tanaman tidak mampu bertahan hidup.

Efek kehadiran logam Cu ternyata juga menunjukkan bahwa tanaman tersebut mengalami pertumbuhan yang paling buruk, dimana pada hari kedua penanaman sudah menunjukkan gejala kematian. Konsentrasi Cu sebesar 0.1; 0.5; maupun 1 g/L merupakan konsentrasi yang letal bagi pertumbuhan *Pistia*. Gambar 1. merupakan respon tanaman *P. stratiotes* perlakuan dengan menggunakan Cu.



**Gambar 1** Morfologi *P. stratiotes* dengan Perlakuan Cu Konsentrasi 0,1 g/l

Kehadiran logam Cu tampak memperlihatkan efek fitotoksisitas. Indikator fitotoksisitas tersebut terlihat pada daun yang tampak menguning, sebagian lainnya daun membusuk, serta patahnya akar. Kematian tanaman kayu apu ini terjadi dalam dua hari kultivasi pada semua konsentrasi. Dengan kondisi tersebut, maka pengamatan perlakuan ini tidak dilanjutkan pada hari ke-empat dan keenam.

Pertambahan daun merupakan salah satu indikator kunci pertumbuhan *P. stratiotes*. Pertambahan jumlah daun adalah parameter kritikal perkembangan vegetatif tanaman kayu apu ini. Tabel 3. menunjukkan bahwa kayu apu dalam medium yang mengandung ion Mg cenderung mengalami pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan perlakuan menggunakan logam Mn, Cu, maupun Fe. Pertumbuhan tanaman kayu dalam medium yang mengandung ion logam Mg dapat menunjukkan kemampuan penyerapan, metabolisme, dan ketahanan tanaman. Melalui hasil ini membuktikan bahwa kehadiran ion magnesium sangat penting dan esensial bagi tanaman karena perannya sebagai penyusun klorofil, mempunyai peranan terhadap metabolisme nitrogen, mengaktifkan enzim yang berkaitan dengan metabolisme karbohidrat, enzim pernafasan dan bekerja sebagai katalisator. Tanpa magnesium, klorofil sebagai molekul yang berperan dalam konversi energi dan katalisator pembentukan bahan bagi tumbuhan tidak akan terbentuk. Pertambahan jumlah daun pada medium yang mengandung

magnesium 0,1 g/l dan 0,5 g/l menunjukkan nilai pertambahan yang optimum (Tabel 4.). Demikian juga pertambahan jumlah daun pada kontrol menunjukkan pola yang hampir sama dengan medium yang mengandung magnesium. Meskipun ketiadaan logam Mg, *P. stratiotes* dalam kontrol masih mampu melakukan proses metabolisme dan respon pertumbuhan yang cukup stabil hingga akhir pengamatan. Sedangkan medium yang mengandung Mg dengan konsentrasi 1 g/l dan Mn dengan konsentrasi 0,1 g/l serta Mn dengan konsentrasi 0,5 dan Fe dengan konsentrasi 0,1 g/l menunjukkan pola yang sama. Respon pertumbuhan melalui ekspresi penambahan jumlah daun yang sama ini menunjukkan bahwa *P. stratiotes* mempunyai kemampuan menyerap ion logam dengan konsentrasi tertentu.

Sebagai representasi kemampuan *P. stratiotes* dalam menyerap logam, maka pengukuran akumulasi logam diukur dengan alat Palintest. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa *P. stratiotes* mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi keberadaan logam Mn,

**Tabel 3** Rata-rata Jumlah Daun *P. stratiotes* dalam Beberapa Medium Pertumbuhan

Medium Pertumbuhan	Hari ke-							
	0 (helai)		2 (helai)		4 (helai)		6 (helai)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Kontrol	7	4	8	5	10	5	14	7
Mg 0.1	5	4	8	6	8	6	12	7
Mg 0.5	7	5	8	7	8	7	12	9
Mg 1	6	5	7	6	7	6	8	6
Mn 0.1	4	5	5	6	5	6	7	7
Mn 0.5	5	5	6	6	7	5	7	4
Mn 1	5	4	7	5	5	5	-	-
Fe 0.1	6	4	7	5	8	5	8	6
Fe 0.5	5	4	6	5	-	-	-	-
Fe 1	5	4	6	4	-	-	-	-

Keterangan: T1 = ulangan ke-1; T2 = ulangan ke-2; (-) = tanaman *P. stratiotes* mati

Fe, dan Mg. Akumulasi tersebut dapat terdeposit pada jaringan tertentu maupun untuk keperluan metabolisme tanaman, seperti proses fotosintesis. Oktaviani, dkk (2014) menyatakan bahwa pemberian logam berat dapat merangsang kemampuannya untuk bertahan pada tingkat yang lebih toksik. Tumbuhan air melakukan penyerapan logam berat timbal dari lingkungan dengan melibatkan unsur dan mekanisme yang kompleks, diantaranya ketersediaan unsur hara lingkungan, faktor fisik kimia lingkungan terutama intensitas cahaya, suhu, pH, konsentrasi timbal dalam air, serta adanya faktor pengkhelat.

**Tabel 4** Tabel Pertambahan Jumlah Daun *P. stratiotes*

Medium	Helai Daun pada Hari Ke..			
	0	2	4	6
Kontrol	0	1	3	7
Mg 0.1	0	3	3	7
Mg 0.5	0	2	2	5
Mg 1	0	1	1	2
Mn 0.1	0	1	1	2
Mn 0.5	0	1	2	2
Fe 0.1	0	1	2	2

## KESIMPULAN

Tanaman *P. stratiotes* dapat tumbuh dan menyerap logam-logam Mg, Mn, dan Fe pada konsentrasi tertentu. Pertumbuhan *P. stratiotes* yang optimum terjadi dalam medium yang mengandung Magnesium, dengan konsentrasi 0,1 mg/l merupakan pertumbuhan terbaiknya melalui parameter panjang akar serta panjang dan jumlah daun.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Trias Budi Rahayu, SP. yang telah membantu dalam persiapan teknis dan analisis dengan alat *Palintest*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Farnese, FS, Oliveira, JA, Lima, FS, Leão, GA, Gusman, GS, Silva, SC. 2014. Evaluation of the potential of *Pistia stratiotes* L. (water lettuce) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic. *Braz. J. Biol.*, 74 (3): p. S103-S112. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.01113>
- Haridjaja, O., Purwakusuma, W., Safitri, R. 2016. [http://diploma.ipb.ac.id/uploads/jurnal/file/122481dcd98aad580f82b826767614f7\\_Paper\\_Jurnal\\_DrOteng-A5.pdf](http://diploma.ipb.ac.id/uploads/jurnal/file/122481dcd98aad580f82b826767614f7_Paper_Jurnal_DrOteng-A5.pdf).
- Isnaini A, Rohman F, Tuarita H. 2015. Pengaruh Jenis Gulma Air terhadap Penurunan Kadar Kromium (Cr) dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Kota Malang. Laporan Penelitian. Program Studi Biologi, Universitas Negeri Malang. Malang.
- Mariato, L.A. 2002. Memanfaatkan Rumah dan Pekarangan: Tanaman Air. Jakarta: Agro Media
- Osmond R, Johnson S. 2006. Water lettuce. Department of Primary Industries. State of New South Wales. <http://www.dpi.nsw.gov.au>
- Oktaviani R, Rachmadiarti F, Wisanti. 2014. Potensi *Pistia stratiotes* dan *Spirogyra* Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan. *LenteraBio* 3 (3): hal 276–181
- Priyanto B, dan Prayitno, 2008. *Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, khususnya Logam Berat*. <http://www.ltl.bppt.tripod.com/sublab/floral1/html>.

- Raras D. P., Bohari Yusuf dan Alimuddin. 2015. Analisis Kandungan Ion Logam Berat (Fe, Cd, Cu dan Pb) pada Tanaman Apu-Apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan menggunakan Variasi Waktu. Prosiding Seminar Tugas Akhir FMIPA UNMUL 2015 Periode Juni 2015, Samarinda.
- Rosmarkam, A., Nasih, W. Y. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius: Yogyakarta.
- Suryati T., Priyanto B, 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air. *Jurnal Tek. Ling*, 4 (3): hal 143-147.
- Zubair A, Arsyad A, Rosmiati. 2015. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dengan Aliran Batch. Laporan Penelitian. Teknik Sipil, Universitas Hasannudin. Makasar.