

**JURNAL**

**AKUMULASI LOGAM BERAT TIMBAL DAN SENGG DALAM  
KIAMBANG DAN AZOLLA MENGGUNAKAN PADA RAKIT APUNG  
AQUATIC PLANT DI SUNGAI SIAK KOTA PEKANBARU**

**OLEH**

**SULASTRI YENITA PUTRI**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN  
UNIVERSITAS RIAU  
PEKANBARU  
2020**

# Akumulasi Logam Berat Timbal dan Seng dalam Kiambang dan Azolla Menggunakan Rakit Apung *Aquatic Plant* Di Sungai Siak Kota Pekanbaru

Oleh :

Sulastri Yenita Putri<sup>1)</sup>, Budijono<sup>2)</sup>, Eko Purwanto<sup>2)</sup>

1. Program Sarjana Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau
2. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

E-mail: [Sulastriyenitaputri03@gmail.com](mailto:Sulastriyenitaputri03@gmail.com)

## Abstract

Aquatic plant such as *Salvinia molesta* and *Azolla microphylla* are able to absorb heavy metals from aquatic environment. As the Senapelan River, a tributary of the Siak River in Pekanbaru is polluted due to anthropogenic activities, the aquatic plant living in that river may absorb heavy metals originated from the pollutant. To understand the Pb and Zn content in *S. molesta* and *A. microphylla* planted in floating raft in that river, a study has been conducted on March-April 2017. There was a wooden raft (2 x 5 m) that was completed with used plastic bottles as buoy. The raft was divided into 10 squares (1 x 1 m). Five squares were used to plant *S. molesta* (500 grams/ square) and the others were used to plant *A. microphylla* (500 grams/ square). The plants were sampled once/ 6 days for a month period. Results shown that the heavy metal content in the water was Pb (0.7255 mg/L) and Zn (0.1779 mg/L). In *S. molesta* Pb and Zn were 7.5181 mg/kg and 5,5390 mg/kg. While the average content of Pb and Zn in *A. microphylla* were 10.6171 mg/kg and 10,7928 mg/kg respectively. The Pb and Zn content in these aquatic plant was relatively high.

Keywords: heavy metal, aquatic plant, phytoremediation, river pollution

---

## PENDAHULUAN

Pencemaran di Sungai Siak disebabkan oleh banyaknya industri yang membuang limbahnya langsung ke Sungai Siak. Selain itu limbah domestik dari kegiatan perkotaan juga sangat berpengaruh terhadap penurunan kualitas lingkungan sungai. Kegiatan pelayaran yang

tinggi juga telah menyebabkan semakin tertekannya Sungai Siak, terutama yang berada dalam wilayah administrasi Kota Pekanbaru yang merupakan wilayah sungai dengan intensitas kegiatan yang sangat tinggi (Agustina *et al.*, 2012).

Konsentrasi logam berat Pb dan Zn pada ruas wilayah Kota

Pekanbaru adalah Pb 0,024 – 0,059 mg/L dan Zn 0,016 - 0,058 mg/L. Sedangkan konsentrasi logam berat Pb dan Zn di Sungai Senapelan adalah 0,364 mg/L dan 0,126 mg/L. Tingkat pencemaran perairan Sungai Siak dan anak Sungai Siak yang tinggi telah menyebabkan kematian berbagai jenis ikan dan biota air (BLH Kota Pekanbaru, 2013).

Pencemaran logam berat yang dibiarkan terus menerus akan mengganggu ekosistem sungai karena logam berat memiliki sifat bioakumulasi dan biomagnifikasi, semakin tinggi trofik level maka semakin tinggi konsentrasi logam berat yang masuk ke dalam sungai.

Berbagai tanaman prospektif dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi limbah perairan. Tanaman air yang dapat menyerap logam berat pada perairan yang tercemar yaitu tanaman air kiambang (*Salvinia molesta*) dan azolla (*Azolla microphylla*). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan di laboratorium oleh Nurhidayah *et al.*, (2014) diketahui bahwa kiambang mampu menurunkan kandungan logam berat Zn sebesar 49%, dan menurunkan kadar TSS sebesar 70%. Kiambang (*S. molesta*), merupakan salah satu tanaman fitoremediator logam berat Pb dan Cr yang terdapat pada limbah cair (Sudibyaningsih, 2005).

Sedangkan azolla segar juga mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat pada konsentrasi yang tinggi. Dari sebuah

penelitian Muhammad *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa azolla dapat menyerap logam berat dan mengakumulasi logam berat Zn sebesar 10,232 mg/L dan Pb 7,643 mg/L.

Kemampuan Azolla dibuktikan dari penelitian Ernawan (2010) yang sebelumnya menyatakan Azolla segar mampu mengabsorpsi logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn pada air yang tercemar masing-masing sekitar 228, 86, 62 dan 48 mg/L kemudian logam tersebut diikat pada bagian jaringan tubuhnya.

Pemilihan kiambang dan azolla sebagai fitoremediator pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa kiambang dan azolla mampu tumbuh pada perairan dengan kadar nutrisi yang rendah.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol plastik bekas, tali tambang, paku dan kayu untuk pembuatan rakit apung, pH meter, coolbox, thermometer, corong, labu ukur, gelas ukur, pipet tetes, botol DO, GPS, kantong plastik, kertas label, spidol, *stopwatch*, termometer raksa, secchi disk, dan *Atomic Absorption Spechtrophotometry* (AAS). Bahan yang digunakan antara lain sampel air dan kiambang (*Salvinia molesta*) serta Azolla (*Azolla microphylla*).

## Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen deskriptif dengan membandingkan kadar logam berat pada air dengan baku mutu air permukaan menurut pp 82 tahun 2001. Penelitian ini menggunakan rakit apung dimana didalamnya terdiri 10 petakan. Setiap petakan diisi dengan tumbuhan air 500 gr/petak dimana 5 petak untuk eceng gondok dan 5 petak lagi untuk kiapu. Analisis logam berat Pb dan Zn pada air dan tumbuhan dilakukan setiap 6 hari sekali selama 1 bulan. Analisis parameter logam berat (Pb dan Zn) pada air dan tumbuhan didistribusi pada laboratorium Terpadu Faperika, untuk analisis logam berat dengan AAS dan pengukuran TSS pada laboratorium Kimia Laut Faperika.

## Analisis Data

Untuk penentuan konsentrasi logam berat Pb dan Zn pada air dan tumbuhan pada AAS didasarkan pada Hukum Lambert-Beer, yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kandungan zat. Persamaan garis antara kandungan zat dengan absorbansi adalah persamaan garis lurus dengan regresi linear sederhana. dengan model matematis (Sudjana, 2002), dengan model matematis.

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = Variabel dependen (Kandungan logam pada sampel)

a = Konstanta regresi

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)  
X = Variabel independen (Kandungan logam pada sampel)

Sedangkan untuk memperoleh nilai kandungan logam berat yang sebenarnya dari sampel didapat dengan rumus (Hutagalung dalam Siregar 2017):

$$K = \frac{a \times b}{c}$$

Dimana:

K = Konsentrasi sebenarnya dari sampel (ppm)

a = konsentrasi yang terbaca pada AAS ( $\mu\text{g/ml}$ )

b = Volume akhir larutan contoh (ml)

c = Berat sampel (g)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Air

Penelitian ini dilakukan di Sungai Siak, Pekanbaru, Provinsi Riau. Kondisi Sungai Siak saat ini termasuk dalam kategori kritis. Hal ini terjadi karena adanya masukan dari beban pencemar masuk ke sungai yang berasal dari aktivitas perkotaan dan aktivitas manusia seperti limbah industri dan limbah dari kegiatan domestik di sepanjang Sungai Siak.

Kandungan logam berat Pb pada air selama 1 bulan berkisar 0.0107 - 0.7980 mg/L dengan rata-rata 0.7255 mg/L. Sedangkan dari waktu yang sama kandungan logam berat Zn berkisar 0.0756 - 0.2913 mg/L dengan rata-rata 0.1779mg/L

Dapat dilihat pada tabel kandungan

Pb dan Zn pada air selama 1 bulan.

**Tabel 1.** Kandungan Rata-rata Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Air

Hari	Pb Air (mg/L)	Zn Air (mg/L)
0	0,7980	0,2785
6	0,7690	0,2913
12	0,7010	0,1953
18	0,6650	0,0756
24	0,7310	0,1320
30	0,6890	0,0946
<b>Rata-rata</b>	<b>0,7255</b>	<b>0,1779</b>
<b>Baku Mutu PP No. 82 Tahun 2001</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa logam berat Pb di Sungai Siak lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat Zn. Tingginya kandungan logam berat Pb ini dikarenakan Sungai Siak berlokasi di daerah pemukiman Kota Pekanbaru dan juga karena salah satu masukkan logam berat yang terletak pada drainase dari anak Sungai Senapalan yang di sekitarnya merupakan pemukiman penduduk, adanya restoran/rumah makan dan bengkel-bengkel yang membuang limbah sisa produksi ke sungai. Sedangkan di sekitar Sungai Siak ada industri seperti pabrik karet, kayu dan kertas yang membuang limbahnya ke dalam sungai. Hal ini didukung oleh pernyataan Sumadhiharga (*dalam* Sinaga, 2017), konsentrasi Pb yang masuk ke perairan bersumber dari aktifitas manusia terutama limbah perkotaan dan industri.

Sungai Siak juga berada di sekitar jalan raya yang mana banyak masyarakat memanfaatkan jalan raya untuk berlalu lintas dengan menggunakan kendaraan bermotor, yang mana kendaraan mengeluarkan gas ke udara. Gas yg mengandung logam berat Pb merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi dalam mesin-mesin kendaraan bermotor.

Pencemaran logam berat Pb pada Sungai Siak juga berasal dari tumpahan bahan bakar seperti kapal dan perahu motor. Suhendrayatna (*dalam* Sinaga, 2017) menyatakan bensin mengandung bahan adiktif yang berasal dari komponen gugus alkil timbal. Nursal *et al.* (*dalam* Sinaga, 2017) menambahkan bahwa kurang lebih 75% timbal yang yang ditambahkan pada bahan bakar minyak akan diemisikan kembali ke atmosfer.

Amien (2007) menyatakan bahwa secara alamiah, timbal (Pb)

dapat masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu, korosifikasi dari batuan mineral akibat angin juga merupakan salah satu jalur Pb masuk dalam badan air. Logam Pb yang masuk kedalam perairan sebagai dampak dari aktifitas kehidupan manusia, diantaranya: air limbah dari industri yang berkaitan dengan logam Pb (industri baterai, cat, dan barang-barang elektronik), air buangan dari pertambangan bijih timah hitam.

Logam berat Zn di Sungai Siak lebih rendah dari pada logam berat Pb karena sumber pencemar logam berat Zn diduga lebih sedikit dibandingkan dengan logam berat Pb. Sumber pencemar logam berat Zn berasal dari seperti aktifitas manusia di pinggir sungai pasar dan mempengaruhi keberadaan logam berat Zn di Sungai Siak. Egga *et al.* (dalam Saragih (2018) mengatakan bahwa jumlah logam yang cukup besar disumbangkan ke dalam cairan limbah rumah tangga seperti produk-produk konsumen (misalnya formula detergen yang mengandung Zn). Selain itu, buangan sampah organik atau anorganik juga turut menyumbangkan logam berat Zn ke sungai. Suwondo *et al.* (2005) mengatakan rendahnya kandungan logam Zn dalam air diduga disebabkan oleh sifat Zn yang mudah mengendap di dasar perairan dan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti terjadinya pengenceran dispersi dan proses sedimentasi.

Smith *et al.* (dalam Amien, 2007) menyatakan bahwa pada prinsipnya penyebaran logam berat dalam ekosistem perairan dicirikan oleh adanya keberadaan kandungan logam berat dalam wilayah perairan tertentu karena pengaruh kondisi perairan tersebut. Konsentrasi logam berat yang berbeda dalam ekosistem perairan disebabkan oleh adanya pencampuran berbagai bentuk senyawa kompleks.

### **Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Tubuh Kiambang dan Azolla**

Kandungan Pb dalam kiambang mengalami peningkatan akumulasi dalam waktu 0 hingga 30 hari dari kandungan awal sebesar 0,15 mg/kg menjadi 11,6364 mg/kg dan azolla dari 0,3615 mg/kg menjadi 17,0479 mg/kg. Sementara Zn dalam kiambang memiliki kandungan awal sebesar 4,2409 mg/kg meningkat menjadi 11,034 mg/kg dalam waktu 6 hari dan setelah waktu tersebut hingga 30 hari terus mengalami penurunan sehingga menunjukkan tidak adanya akumulasi Zn. Hal yang hampir serupa juga terjadi pada azolla dengan kandungan awal Zn sebesar 18,0462 mg/kg dan dalam waktu 30 hari menjadi 6,4286 mg/kg. Hal ini mengindikasikan bahwa Zn sebagai logam berat esensial telah maksimum dalam jaringan tubuh kedua jenis tumbuhan tersebut untuk dimanfaatkan untuk fungsi fisiologis. Oleh sebab itu, hanya kandungan Pb pada kiambang dan azolla yang

ditampilkan dalam Tabel 2, kecuali logam berat Zn karena kandungan Zn telah tinggi di dalam jaringan kedua jenis tumbuhan air tersebut sehingga

tidak menunjukkan adanya peningkatan akumulasi Zn.

**Tabel 2.** Kandungan Logam Berat Pb pada Kiambang dan Azolla

Hari	Kiambang			Azolla		
	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Nilai Laju Akumulasi		Konsentrasi Pb (mg/kg)	Nilai Laju Akumulasi	
		mg/kg	%		mg/kg	%
0	0,15	-	-	0,3615	-	-
6	4,2200	4,0700	2713,3	7,6154	7,2539	2006,61
12	6,6818	2,4618	58,3	9,5769	1,9615	25,76
18	11,3134	4,4253	69,3	14,6333	5,0564	52,80
24	11,1071	0,2063	-1,8	14,4675	-0,1658	-1,13
30	11,6364	0,3230	4,8	17,0479	2,5804	17,84
<b>Rata-rata</b>	<b>7,5181</b>	<b>2,2973</b>	<b>568,78</b>	<b>10,6171</b>	<b>3,3373</b>	<b>421,4560</b>
<b>Rata-rata Laju (mg/kg/hari)</b>		<b>0,3828</b>	<b>94,7967</b>		<b>0,5562</b>	<b>70,276</b>

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata kandungan Pb lebih banyak terakumulasi pada azolla dibandingkan kiambang. Hal ini disebabkan jumlah individu azolla yang lebih banyak dan tiap individu tersebut mampu mengakumulasi Pb dibandingkan individu kiambang.

Tumbuhan azolla yang lebih baik mengakumulasi Pb daripada kiambang. Menurut Juhaeti *et al.* (2005), azolla mampu melakukan bioremediasi dengan baik menyerap Pb. Ganji *et al.* (dalam Mansawan, 2016) menemukan bahwa azolla dapat menghilangkan logam berat besi dan tembaga dari air tercemar. Azolla juga memiliki perkembangan pertumbuhan lebih banyak dari pada kiambang. Selain itu pada azolla

memiliki akar lebih pendek tetapi jumlah akar lebih banyak dari pada kiambang sehingga peluang penyerapan logam lebih banyak mengakumulasi logam berat Pb. Azolla dapat menyerap logam berat yang lebih baik pada perairan tercemar. Menurut Fahma (dalam Arimby *et al.*, 2014), azolla cenderung memiliki kemampuan untuk beradaptasi pada lingkungan dengan bahan pencemar yang tinggi dan azolla lebih cepat menyerap logam di dalam perairan.

Sedangkan pada kiambang, walaupun mengalami penambahan biomassa seperti yang dinyatakan dalam berat segar, kiambang mengalami gejala pertumbuhan yang berbeda dari tanaman normal. Yuliati

dalam Connel dan Miller (dalam Sinaga, 2017) menambahkan bahwa tumbuhan air merupakan pengatur logam yang relatif lemah, khususnya logam jenis non esensial.

Dalam kurun waktu 30 hari dari tanaman kiambang tersebut memperlihatkan warna daun muda menjadi hijau kekuningan. Selain itu, tanaman kiambang juga menunjukkan ukuran daun yang lebih kecil dari ukuran normalnya. Mohanty *et al.* (dalam Kumar, 2013) menyatakan bahwa logam berat dapat terakumulasi dalam jaringan tanaman ke tingkat yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan.

Logam ini mengganggu fungsi metabolisme dalam tanaman termasuk proses fisiologi dan biokimia, penghambatan fotosintesis dan respirasi, degenerasi organel sel utama, yang meliputi pertumbuhan terhambat, klorosis, mengurangi hasil panen, tertunda perkecambahan, penuaan dini, gugur daun, lesi biokimia, hilangnya aktifitas enzim, bahkan menyebabkan kematian tanaman.

Penyerapan logam berat Zn pada kiambang dan azolla terjadi penurunan kandungan logam berat Zn. Kandungan logam berat Zn pada tumbuhan kiambang dan azolla di hari ke-0 masing-masing adalah 11,0340 mg/kg dan 18,0462 mg/kg kemudian menurun pada hari ke-30 adalah 3,4531 mg/kg dan 6,4286 mg/kg. Penurunan ini disebabkan

karena kandungan logam Zn pada jaringan tumbuhan sudah cukup tinggi ketika kiambang dan azolla diambil dari lokasi alimiahnya (Sungai Tratak Buluh dan kolam di Desa Kubang). Ternyata aklimatisasi selama dua minggu sebelum digunakan belum dapat menurunkan Zn lebih besar sehingga kedua tumbuhan menggunakan Zn yang telah terakumulasi dalam tubuhnya. Karimi *et al.* (2013) menyatakan bahwa hal ini diduga terjadi karena tidak seimbang nutrisinya yang tersedia menyebabkan unsur logam berat lebih terakumulasi pada jaringan tumbuhan sehingga kemampuan tumbuhan untuk menyerap nutrisi berkurang.

Yuliani *et al.* (2013) menyatakan setiap tanaman memiliki kemampuan yang berbeda-beda untuk menyerap dan mentranslokasikan ion-ion logam. Tanaman memiliki batas maksimal penyerapan unsur-unsur hara yang berbeda, sehingga ketika daya serap tanaman terhadap unsur hara telah mencapai batas maksimal, seberapa banyak pun unsur hara (ion logam) yang ada didalam media tanam, maka tanaman tidak akan menyerap lagi unsur hara tersebut.

Suhu perairan di dalam penelitian ini memiliki rata-rata 27,6 °C. Suhu perairan Sungai Siak ini tergolong baik untuk pertumbuhan kiambang dan azolla. Suhu yang paling baik untuk pertumbuhan azolla adalah 20 °C-35 °C, suhu yang tinggi akan menurunkan produksi

biomassa (Arifin *dalam* Purniawati, 2009). Sementara untuk pH perairan Sungai Siak memiliki nilai rata-rata pH 5,87. Untuk pertumbuhan kiambang dan azolla yang baik pH berkisar 5-8. Berdasarkan hasil penelitian rata-rata nilai derajat keasaman (pH) perairan Sungai Siak Kota Pekanbaru adalah 5,5-6,44 rata-rata 5,87. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaaan suatu perairan.

Nilai DO berkisar 4,081 mg/L–4,098 mg/L dengan rata-rata 4,087 mg/L. Berdasarkan data yang berhubungan dengan kesesuaian air bagi perairan, menunjukkan nilai kisaran DO masih berada pada kisaran yang sesuai dengan PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk Kelas II yaitu bernilai 4 mg/L.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa logam berat Pb dan Zn yang mencemari Sungai Siak. Tumbuhan azolla dan kiambang mampu mengakumulasi logam berat Pb dengan akumulasi tertinggi oleh azolla.

### **Saran**

Dalam penelitian ini kandungan logam berat yang terdapat pada tumbuhan yang diambil pada Sungai Teratak Buluh dan kolam di Desa Kubang sudah cukup tinggi

sehingga untuk penelitian selanjutnya diharapkan mengambil tumbuhan air yang terdapat pada sungai atau kolam yang tidak ada kandungan logam beratnya. Selain itu perlu dilakukan juga penelitian lebih lanjut mengenai fitoremediasi kandungan logam berat yang berbeda seperti Hg, Ag, Cu, Ni, As, Cr, Sn dan lain-lain.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Agustina. Y., Amin. B., Thamrin. 2012. Analisis Beban Dan Indeks Pencemar Di Tinjau Dari Parameter Logam Berat Di Sungai Siak Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.6(2):1-11 hal.

Arimby, C., W. Lestari dan Y. Azis. 2014. Pemanfaatan *Azolla pinnata* R. Br dalam Penyerapan Zn Dari Limbah Cair Pabrik Karet Sebagai Fitoremediator. *JOM FMIPA*. 1(2): 1-8.

Amien, M. 2007. Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Air, Sedimen dan Makrozoobentos di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat. Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. 180 hal. <https://docplayer.info/45605694-Kajian-kandungan-logam-berat-timbalpb-dan-seng-zn-pada-air-sedimen-dan-makrozoobentos-di-perairan-waduk-cirata-provinsi-jawa-barat.html>. Diakses 3 Desember 2019.

- Badan Lingkungan Hidup Provinsi Riau 2013. Laporan Pemantauan Kualitas Air Sungai Siak Tahun 2013. BLH Provinsi Riau, Pekanbaru
- Ernawan, 2010. Pengaruh Penggenangan Dan Konsentrasi Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan Dan Serapan Pb *Azolla microphylla* Pada Tanah Berkarakter Kimia Berada. Skripsi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 54 Hal. [www.http//Eprints.Uns.Ac.Id/View/Divisions/'Fakultas'5f pertanian/2010html](http://Eprints.Uns.Ac.Id/View/Divisions/'Fakultas'5f pertanian/2010html) . Diakses Tanggal 08 Februari 2017.
- Juhaeti, T., F. Syarif, N. Hidayat. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Hipertoleran Tailing Limbah Pengolahan Emas PT. Antam Pongkor. Biodiversitas. Jurnal 6(1):31-33
- Karimi, R. S., M. Chorom., S. Solhi., M. Solhi dan A. Safe. 2013. Effect of Cd, Pb and Ni on Growth and Macronutrient Contents of *vicia faba* L and *Brassica arvensis* L. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4(4): 739-744.
- Kumar, D. M. C. 2013. Biotechnological Advances In Bioremediation of Heavy Metalscontaminated Ecosystems: An Overview with Special Referenceto Phytoremediation. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 11: 843-872.
- Mansawan, L, B, S. 2016. Fitoremediasi Logam Berat (Mn, Pb, Zn) Dari Limbah Cair Laboratorium Kimia Universitas Kristen Satya Wacana Oleh Kayu Apu Dadak (*Azolla Pinnata R.Br*). Skripsi. Fakultas Sains Dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga. 1-28 Hal.
- Nurhidayah., D. Sofarini dan Yunandar. 2014. Fitoremediasi Tumbuhan Air Kiambang (*Salvinia molesta*) Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan Perupuk (*Phragmites karka*) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbanh Cair Karet. *Jurnal Enviro Scienteeae*. 10(1): 18-26.
- Purniawati, E. 2009. Serapan dan Ketahanan *Azolla* Terhadap Logam Kromium pada Tanah Vertisol Jatikuwung dan Entisol Colomadu dengan Berbagai Tinggi Genangan Air. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 6(2): 99-104.
- Saragih, R. D. 2018. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) oleh *Eceng gondok* dan *Kiapu* dalam Rakit Apung *Aquatic Plant* di Sungai Siak. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 77 hal. (Tidak Diterbitkan)

Sinaga, B. 2019. Akumulasi logam berat Pb dan Zn pada *Ceratophyllum demersum* dan *Hydrilla verticillata* Menggunakan Rakit Apung Aquatic Plant di Sungai Siak. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Riau. 77 hal. (Tidak Diterbitkan)

Suwondo, Yuslim. F, Syafrianti, Sri, W. 2005. Akumulasi Logam Cupprum(Cu) dan Zincum(Zn) di erairan Sungai Siak Dengan Menggunakan Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Jurnal Biogenesis Vol 1(2): ISSN :1829-5460.51-56 hal.

Yuliani, D. E, S. Sitorus, T. Wirawan., 2013. Analisis Kemampuan Kiambang (*Salviniamolesta*) Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (II) Pada Media Tumbuh Air. Jurnal kimia mulawarman. 10(2):1-6.