

## AKUMULASI LOGAM CUPPRUM (Cu) DAN ZINCUM (Zn) DI PERAIRAN SUNGAI SIAK DENGAN MENGGUNAKAN BIOAKUMULATOR ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

Suwondo\*, Yuslim Fauziah, Syafrianti, dan Sri Wariyanti  
Laboratorium Biologi Jurusan PMIPA FKIP  
Universitas Riau Pekanbaru 28293

Diterima 5 November 2004, Disetujui 15 Januari 2005

### Abstract

Have been conducted by a research to know the accumulation of metal Zincum (Zn) and Cupprum (Cu) in territorial water of Siak River by using thyroid bioacumulator Water hyasin (*Eichhornia crassipes*) what is conducted at month April–Juni 2004. Method used by that is survey with the technique of intake sampel by purposif random sampling at 5 station. Research parameter is content of metal Cu, Zn in thyroid and Water hyasin, temperature, brightnees, dissolved oxygen, pH, nitrate and pospat. Analyse the data conducted descripresult. The Resulth of research show concentration in territorial water Siak River metal Cu at hight level at range 0.14-0.27 mg/l and metal Zn low level at < 0.001 mg/l. Accumulation of metal Cu and Zn in *Eichhornia crassipes* hight level catagories, while at root 14,5-24,0 mg/l, at bar 8,0-16,0 mg/l and at leaf 25,0-39,5 mg/l. Accumulation of metal Zn at root 74,0-189,5 mg/l, at bar 23,5-165,5 mg/l and at leaf 11,0- 9,0 mg/l.

*Key words* : Metal Cu , Metal Zn, Bioacumulator Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*)

### Pendahuluan

Sungai merupakan salah satu sumber daya perairan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Meningkatnya berbagai aktifitas manusia di sepanjang perairan sungai, dapat meningkatkan resiko terhadap terjadinya degradasi perairan sungai. Salah satunya adalah penurunan kualitas perairan sungai yang disebabkan antara lain limbah industri, limbah rumah tangga dan limbah dari berbagai aktifitas penduduk lainnya.

Sungai Siak dimanfaatkan untuk berbagai aktifitas seperti transportasi, perikanan, rumah tangga, dan bahan baku air minum bagi masyarakat di sekitar sungai Siak. Aktifitas industri yang terdapat di sepanjang DAS Siak antara lain 9 industri plywood, 7 industri pengolahan kelapa sawit, 3 crum rubber serta industri bubur kertas dan industri kimia lainnya. Aktifitas industri ini

menghasilkan buangan berupa limbah yang sebagian akan memasuki perairan sungai. Sehingga kondisi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan kualitas perairan Sungai Siak (Anonimus, 1998).

Limbah yang dihasilkan oleh aktifitas-aktifitas industri yang terdapat di sepanjang perairan Sungai Siak dapat berupa logam, diantaranya adalah logam Cupprum (Cu) dan Zincum (Zn). Dari hasil penelitian tentang Studi Sensitifitas Perairan Sungai Siak diketahui bahwa kandungan logam Cu telah mencapai 0.06 mg/l, sedangkan logam Zn di perairan Sungai Siak berkisar antara 0.302–0.901 mg/l (Anonimus, 2002).

Besarnya kontribusi limbah yang masuk ke perairan Sungai Siak menimbulkan pengaruh terhadap penurunan kualitas lingkungan perairan sungai. Dampak dari masuknya limbah organik dan anorganik yang bersumber dari limbah domestik, industri dan pertanian yang masuk ke perairan sungai menyebabkan perubahan kondisi fisik, kimia dan biologi perairan. Pembuangan limbah yang melebihi kemampuan asimilasi perairan

\* Komunikasi Penulis :  
Program Studi Pendidikan Biologi  
FKIP Universitas Riau

sungai dapat mencemari dan menimbulkan penyuburan yang berlebihan (*eutrofikasi*). Keberadaan senyawa-senyawa organik dan anorganik yang cukup besar di perairan Sungai Siak akan memicu tumbuhan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) tumbuh subur di perairan Sungai Siak.

Tumbuhan Eceng gondok merupakan jenis tumbuhan air yang mampu menyerap bahan pencemar seperti logam Cu dan Zn dan mengakumulasi logam pada organ akar, batang dan daun. Tumbuhan Eceng gondok mempunyai potensi sebagai agensia pembersih perairan dari limbah logam dan menurunkan tingkat toksisitas bahan pencemar yang terdapat di dalam limbah tersebut. Kemampuan Eceng gondok untuk menyerap logam, disebabkan Eceng gondok mempunyai akar yang bercabang-cabang halus yang berfungsi sebagai alat untuk menyerap senyawa logam, sehingga toksisitas logam yang terlarut semakin berkurang (Kirkby dan Mengel, 1987).

Pitrawijaya (1992) menyatakan bahwa Eceng gondok ini juga memiliki kemampuan sebagai bioakumulator yakni dapat menyerap anion atau kation yang terdapat di dalam air buangan serta dapat berkembang cukup cepat dan tahan hidup pada kondisi yang buruk.

Bertitik tolak dari uraian diatas, perlu dilakukan penelitian tentang tingkat Akumulasi Logam Cupprum (Cu) dan Zincum (Zn) di Perairan Sungai Siak dengan menggunakan Bioakumulator Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perairan Sungai Siak pada bulan April-Juni 2004. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey, dimana penentuan stasiun pengamatan dilakukan secara purposif random sampling, perkiraan beban pencemar dan keberadaan Eceng gondok menjadi pertimbangan. Untuk sampling, ditetapkan 5 stasiun pengamatan, yaitu stasiun I Palas (Jembatan Siak II), stasiun II Pelabuhan Sungai Duku, stasiun III Perawang, stasiun IV Buatan, stasiun V Siak Sri Indrapura. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kandungan logam Cu dan Zn di air, logam Cu dan Zn di akar,

batang dan daun eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), suhu, kecerahan, oksigen terlarut, dan pospat.

Analisis data dilakukan secara deskriptif. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis logam Cu dan Zn dalam air dan eceng gondok disajikan pada Tabel I. Dari Tabel I terlihat bahwa kandungan logam Cu di perairan sungai Siak tertinggi terdapat di stasiun V yaitu 0.27 mg/l. Tingginya kandungan logam Cu pada stasiun ini diduga disebabkan oleh aktifitas industri pengolahan kayu (PT. Siak Raya Timber), limbah domestik, jalur transportasi yang padat, dan letak stasiun ini di bagian hilir sungai yang kemungkinan menampung limbah dari hulu sungai. Ariandi (1982) dan Palar (1994) menyatakan bahwa logam Cu yang masuk kedalam perairan sungai dapat berasal dari limbah industri perkayuan, limbah rumah tangga, limbah perkotaan, dan cat pengawet lambung kapal.

Kandungan logam Zn dalam air pada setiap stasiun selama penelitian tidak terdeteksi. Rendahnya kandungan logam Zn dalam air diduga disebabkan oleh sifat logam Zn yang mudah mengendap di dasar perairan dan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti terjadinya pengenceran, dispersi dan proses sedimentasi. Menurut Hutagalung (1984), logam yang masuk ke perairan akan mengalami pengenceran, pengendapan dan dispersi.

Rendahnya kandungan logam Zn di perairan kemungkinan disebabkan oleh sifat logam Zn dalam lingkungan perairan dan sangat dipengaruhi oleh bentuk senyawanya. Effendi (2003) menyatakan bahwa logam Zn di perairan umumnya berbentuk persenyawaan sphalerite ( $ZnS$ ), calamine ( $ZnCO_3$ ), oksida seng ( $ZnO$ ) dan milemite ( $Zn_2SiO_4$ ). Kelarutan logam Zn dalam air relatif rendah, logam Zn dengan gugusan klorida dan sulfat mudah terlarut ke dalam sedimen sehingga logam Zn di perairan banyak mengendap di dasar. Menurut Bryan dalam Efendi (2000) bahwa pengendapan logam di perairan terjadi karena adanya anion karbonat, hidroksil dan

Tabel 1. Hasil Pengukuran Logam Cupprum (Cu) dan Zincum (Zn) Dalam Air dan Eceng Gondok (*Elchhornia crassipes*) Di Perairan Sungai Siak.

Parameter	Kandungan Logam Cu (mg/l)					Kandungan logam Zn (mg/l)						
	Baku Mutu*	Stasiun					Baku Mutu*	Stasiun				
		I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V
Air	0,02	0,14	0,15	0,15	0,20	0,27	0,05	td	td	td	td	td
Akar		14,5	20,5	24,0	20,0	18,5		74,0	183,5	163,0	142,5	78,0
Batang		8,0	13,5	15,5	16,0	15,0		23,5	165,5	134,5	124,5	35,5
Daun		25,0	25,5	39,5	39,0	33,5		11,0	39,0	18,5	14,5	12,0
Jumlah		47,5	59,5	79,0	75,0	67,0		108,5	394,0	316,0	281,5	125,5

Kel: \* PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air  
td: tidak terdeteksi

klorida.

Kandungan logam Cu pada Eceng gondok paling tinggi ditemukan pada stasiun III. Tingginya kandungan logam Cu di stasiun ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor yaitu keberadaan logam dalam air, dan faktor fisika kimia perairan. Kandungan logam Cu di air pada stasiun III yang tidak terlalu tinggi sehingga akar eceng gondok dalam penyerapan lebih mudah, karena kondisi air yang tidak terlalu pekat oleh bahan pencemar. Kondisi ini juga didukung oleh suhu perairan yaitu 29,4°C, tingginya suhu pada stasiun ini berpengaruh terhadap penyerapan unsur logam oleh tanaman. Salisbury & Ross (1995) menyatakan bahwa semakin tinggi suhu lingkungan tanaman semakin tinggi penyerapan oleh tanaman, dimana suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis akan meningkat sehingga penyerapan tanaman akan meningkat juga. Pada proses fotosintesis, logam Cu dibutuhkan sebagai traspor elektron.

Sedangkan pada stasiun I memiliki kandungan logam Cu yang rendah pada eceng gondok. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya kandungan logam Cu di air. Selain itu kondisi pH dan suhu perairan juga mempengaruhi. Abidin (1984) dan Salisbury & Ross (1995) menyatakan bahwa penyerapan oleh tanaman dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya keberadaan unsur di dalam lingkungannya, pH, dan suhu yang tinggi.

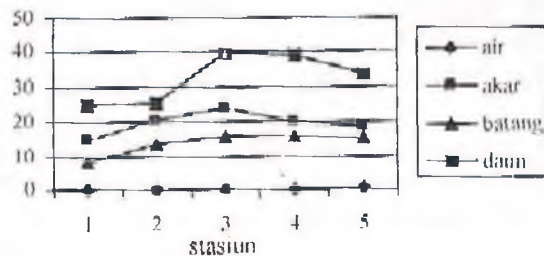
Kandungan logam Zn pada Eceng gondok yang tertinggi terdapat pada stasiun II yaitu 394,0 mg/l. Tingginya kandungan logam Zn pada stasiun II disebabkan oleh tingginya berbagai aktifitas seperti pelabuhan dan transportasi yang memberikan kontribusi bagi keberadaan logam Zn. Selanjutnya aktifitas domestik yang terdapat pada

stasiun ini juga memberikan kontribusi bahan pencemar Zn. Hutagalung (1984) menyatakan bahwa sumber logam Zn di perairan berasal dari material geokimia yang terbawa atau ada pada sungai, bahan baku minyak, besi, cat dan sisa-sisa kaleng bekas.

Tingginya kandungan logam Zn pada Eceng gondok di stasiun II juga dipengaruhi faktor fisika kimia perairan seperti suhu, pH dan dukungan unsur hara (nitrat dan pospat). Hasil pengukuran suhu perairan pada stasiun II yaitu 29,0 °C (Tabel 2). Kondisi ini masih mendukung pertumbuhan Eceng gondok dan mempengaruhi terhadap tingginya kandungan logam Zn pada Eceng gondok. Demikian halnya dengan suhu di stasiun III yaitu 29,4 °C dan stasiun IV yaitu 29,2 °C yang memiliki suhu lebih tinggi dan tidak begitu jauh perbedaannya dengan stasiun II juga memiliki kandungan logam Zn yang tinggi pada Eceng gondok. Namun keberadaannya lebih rendah dibandingkan kandungan logam Zn pada Eceng gondok di stasiun II. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh suhu pada stasiun II yang masih dalam kisaran suhu yang baik untuk penyerapan oleh tumbuhan. Menurut Jumin (1992), suhu yang baik untuk penyerapan oleh tumbuhan adalah 29–30°C.

Kandungan logam Zn pada Eceng gondok yang terendah terdapat pada stasiun I yaitu 108,5 mg/l. Rendahnya kandungan logam Zn pada stasiun ini disebabkan sedikitnya aktifitas masyarakat dan aktifitas industri pada stasiun tersebut sehingga menyebabkan rendahnya kandungan logam Zn di perairan. Rendahnya kandungan logam pada Eceng gondok di stasiun I diduga disebabkan oleh rendahnya suhu di stasiun tersebut yaitu 27,6 °C, sehingga menyebabkan Eceng gondok sulit untuk

menyerap unsur-unsur hara beserta logam yang ada di perairan.



Gambar 1. Akumulasi Logam Cu pada air, organ akar, batang dan daun eceng gondok

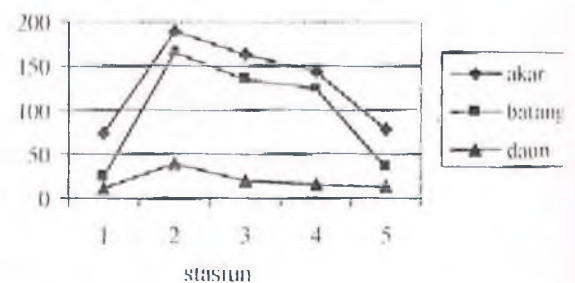
Perbandingan akumulasi logam Cu pada air, organ akar, batang dan daun dapat dilihat pada Gambar 1.

Akumulasi logam Cu tertinggi dari ketiga organ tumbuhan Eceng gondok ditemukan pada organ daun, hal ini dapat disebabkan oleh fungsi fisiologis dari daun yang membutuhkan unsur hara secara bersamaan dengan logam yang diakumulasinya, sehingga kandungan logam lebih tinggi di daun dan juga kemungkinan disebabkan oleh sifat logam yang immobil. Rosmarkam (2001) menyatakan bahwa logam Cu bersifat immobil yang menyebabkan terjadinya akumulasi yang tinggi pada organ daun tanaman. Logam Cu terakumulasi pada kloroplas lebih dari 50% dibandingkan jaringan lain. Agustina (2004) menambahkan bahwa logam Cu dibutuhkan oleh tumbuhan untuk kegiatan metabolisme, diantaranya sebagai transfer elektron pada fotosintesis, kofaktor beberapa enzim dan pembentukan klorofil.

Gambar 1 juga memperlihatkan bahwa konsentrasi logam Cu pada organ tumbuhan eceng gondok lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan di air, dengan demikian tanaman eceng gondok menunjukkan kemampuan mengakumulasi logam Cu. Tandjung (1992) menyatakan bahwa Eceng gondok dapat mengakumulasi logam di perairan secara terus-menerus dan dapat dijadikan bioakumulator perairan sungai, karena dengan menganalisis Eceng gondok dapat menentukan pencemaran logam di dalam perairan dalam jangka waktu panjang.

Hasil pengukuran kandungan logam Zn pada organ Eceng gondok (Gambar 2) tertinggi dijumpai pada akar dan terendah pada daun. Tingginya akumulasi logam Zn di akar ini disebabkan karena tumbuhan menyerap unsur hara beserta logam yang ada di air melalui akar. Dimana akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara ke bagian yang lain. Sesuai dengan fungsinya, maka akar akan banyak menyerap unsur hara sehingga akumulasi logam akan lebih tinggi di akar dibandingkan dengan batang dan daun. Agustina (2004) menyatakan bahwa fungsi akar bagi tumbuhan sebagai alat pertautan tumbuhan dengan substrat dan berfungsi sebagai penyerap unsur-unsur hara serta mengalirkannya ke batang dan daun.

Kemampuan akar Eceng gondok menyerap senyawa logam Zn yang ada di air ini tidak terlepas dari sistem perakaran yang dimiliki Eceng gondok dan aspek fisiologis tumbuhan tersebut. (Nda, 2002) menyatakan bahwa pada akar Eceng gondok dapat membentuk suatu zat khelat yaitu fitosiderof. Zat inilah yang akan mengikat logam Zn dan kemudian membawanya ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat maka pada membran akar terbentuk molekul reduktase. Dengan adanya pembentukan zat khelat dan molekul reduktase ini akan mempermudah logam Zn melintasi epidermis akar dan masuk ke dalam sel-sel akar, sehingga mengakibatkan logam Zn yang terakumulasi juga tinggi. Terjadinya akumulasi di akar juga disebabkan karena di akar terjadi serapan ion secara aktif, sehingga ion-ion logam tersebut secara aktif terakumulasi di dalam epidermis.



Gambar 2. Akumulasi Logam Zn pada organ akar, batang dan daun eceng gondok

Menurut Sasmitamihardja (1996) dan Agustir (2004) akar tumbuhan air memiliki rongga ak

(kortek) yang besar sehingga menyebabkan proses penyerapan semakin cepat. Penyerapan ion di akar ini terjadi secara aktif dimana ion-ion masuk dari epidermis dan selanjutnya ditransportasikan ke kompleks atau sel-sel jaringan akar melewati epidermis masuk ke protoplas antar sel-sel jaringan akar yaitu kortek, endodermis, perisikel dan xilem. Pada endodermis terdapat adanya pita caspary sehingga menyebabkan akumulasi partikel yang lebih berat di dalam akar. Dengan adanya pita caspary ini menjadi kontrol terhadap penyerapan unsur-unsur oleh akar.

Logam Zn merupakan logam mikroesensial bagi tumbuh-tumbuhan yang sangat dibutuhkan dalam berbagai proses metabolisme untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-sel. Kandungan logam Zn pada setiap organ Eceng gondok ini terkait terhadap fungsi logam Zn pada tumbuhan tersebut. Agustina (2004) menyatakan bahwa logam Zn pada tumbuhan dibutuhkan untuk mensintesis IAA, triptopan dan sebagai enzim *nitrogenase*, sehingga memungkinkan logam Zn lebih banyak dibutuhkan di akar dan batang dibandingkan di daun.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa kandungan logam Zn pada batang juga tinggi, hal ini disebabkan karena batang menyerap unsur hara beserta logam yang berasal dari xilem akar yang diangkut melalui daerah gabungan xilem akar dan batang. Lakitan (1995) menyatakan bahwa air diserap tanaman melalui akar bersama-sama dengan unsur hara yang terlarut di dalamnya kemudian diangkut kebagian atas tanaman melalui pembuluh xilem pada akar, batang dan daun yang merupakan sistem kontinu. Sedangkan rendahnya kandungan logam Zn di daun disebabkan karena unsur hara beserta logam sebelum sampai ke daun sudah tinggi terakumulasi di akar dan batang sehingga mengakibatkan konsentrasi logam Zn yang sampai ke daun semakin sedikit. Agustina (2004) menyatakan bahwa logam Zn di daun digunakan untuk merangsang sintesis sitokrom dalam kloroplas.

Hasil pengukuran faktor fisika dan kimia perairan Sungai Siak pada saat penelitian disajikan pada tabel 2. Hasil pengukuran menunjukkan suhu perairan Sungai Siak berkisar antara 27.6–29.4°C, dimana suhu tertinggi terdapat pada stasiun III yaitu 29.4°C dan suhu terendah terdapat pada

stasiun I yaitu 27.6°C. Kondisi ini menggambarkan bahwa suhu air di Sungai Siak masih bersifat alamiah/normal dan masih mendukung kehidupan Eceng gondok. Menurut Socmarwoto dalam Handoko (2002) bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan Eceng gondok adalah 25-30°C.

Kecerahan air penting artinya bagi kehidupan organisme perairan. Kecerahan merupakan ukuran untuk mengetahui daya penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan. Hasil pengukuran kecerahan pada setiap stasiun pengamatan berkisar antara 63–68 cm, ini berarti perairan Sungai Siak tingkat kecerahannya masih tergolong baik. Tingkat kecerahan yang baik berkisar antara 30–65 cm yang mendukung untuk produktifitas organisme akuatik (Boyd dan Lichtkoppler, 1979).

Hasil pengukuran oksigen terlarut pada setiap stasiun pengamatan berkisar antara 2.8-4.6 mg/l. Kandungan oksigen terlarut tertinggi pada stasiun I yaitu 4.6 mg/l dan terendah pada stasiun II yaitu 2.8 mg/l. Tingginya kandungan oksigen terlarut di stasiun I disebabkan karena stasiun tersebut terletak di bagian hulu sungai dengan aktifitas industri dan domestik masih sedikit, sehingga beban pencemar yang masuk ke perairan belum terlalu tinggi. Sedangkan penyebab rendahnya oksigen terlarut di empat stasiun yang lain disebabkan karena telah banyaknya aktifitas manusia di sekitar stasiun seperti pelabuhan, industri-industri dan aktifitas domestik yang menghasilkan limbah.

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran dalam kandungan ion H<sup>+</sup> yang menunjukkan suatu perairan asam atau basa. Dari hasil pengukuran selama penelitian, pH perairan sungai Siak berkisar antara 5.4–5.6. Kondisi ini menunjukkan bahwa perairan Sungai Siak tergolong asam.

Hasil pengukuran nitrat untuk setiap stasiun pengamatan berkisar antara 0.114–0.117 mg/l. Kandungan nitrat tertinggi terdapat pada stasiun I yaitu 0.117 mg/l dan kandungan terendah pada stasiun IV yaitu 0.114 mg/l. Stasiun I memiliki kandungan nitrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun yang lain, hal ini disebabkan oleh limbah domestik dan limpasan air dari tanah pertanian penduduk serta daun-daun vegetasi yang jatuh ke sungai. Daun-daun yang jatuh ke sungai akan mengalami pelapukan dan penguraian yang kemungkinan terjadinya penumpukan bahan-bahan

Tabel 2. Hasil Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia Perairan Sungai Siak

Parameter	Stasiun					Baku Mutu*
	I	II	III	IV	V	
Suhu (°C)	27,6	29,0	29,4	29,2	28,2	-
Kececerahan (cm)	65	67	68	66	63	-
O <sub>2</sub> terlarut (mg/l)	4,6	2,8	2,9	3,1	3,4	4
pH	5,6	5,4	5,5	5,4	5,5	6 - 9
Nitrat (mg/l)	0,117	0,115	0,115	0,114	0,115	10
Pospat (mg/l)	0,014	0,048	0,042	0,037	0,051	0,2

Ket : \* PP No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air

organik. Bahan-bahan ini akan diuraikan oleh bakteri aerob menjadi nitrit, selanjutnya dinitrifikasi menjadi nitrat (Anonimus, 2002). Selain nitrat, pospat juga merupakan unsur hara makro nutrien dalam mendukung pertumbuhan Eceng gondok. Hasil pengukuran pospat pada setiap stasiun pengamatan berkisar antara 0,014–0,051mg/l. Kandungan pospat tertinggi terdapat pada stasiun V yaitu 0,051 mg/l dan yang terendah terdapat pada stasiun I yaitu 0,014 mg/l. Tingginya kandungan unsur hara pospat pada stasiun V ini disebabkan adanya aktifitas pemukiman penduduk dan aktifitas industri Plywood yang memberikan sumbangan limbah organik.

### Kesimpulan

Dari data dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kandungan logam Cu di perairan sungai Siak tergolong tinggi dengan kisaran nilai 0,14-0,27 mg/l, sedangkan kandungan logam Zn rendah dengan nilai < 0,001 mg/l. Akumulasi logam Cu dan Zn pada Eceng gondok menunjukkan nilai yang tinggi, pada daun 25,0-39,5 mg/l, batang 8,0-16,0 mg/l, akar 14,5–24,0 mg/l. Sedangkan akumulasi Zn pada akar 74,0–189,5 mg/l, batang 23,5–165,5 mg/l, daun berkisar antara 11,0–39,0 mg/l.

### Daftar Pustaka

Agustina, L. 2004. *Dasar Nutrisi tanaman*. Rineka Cipta, Jakarta.  
 Anonimus. 1998. *Studi Analisis Kualitas Perairan Siak di Kotamadya Pekanbaru Propinsi Riau*. PPLH-Universitas Riau, Pekanbaru.  
 Anonimus, 2000. *Studi Analisis Kualitas Perairan Sungai di Kotamadya Pekanbaru Propinsi Riau*. BAPEDALDA Tingkat I Riau, Pekanbaru.

Anonimus 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tanggal 14 Desember 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air Wilayah Sumatera*. Jakarta.  
 Anonimus. 2002. *Studi Sensitivitas Perairan Sungai Siak*. PPLH Universitas Riau, Pekanbaru.  
 Ariandi, O.H. 1982. *Pengaruh Kegiatan Manusia Terhadap Ekologi Akuatik di Pesisir*. *Pewarta Oceana VIII*(1):5-10  
 Boyd dan Lycopper. 1979. *Water Quality Management In Pound Fish culture Aquacultural Exsperiment Station*. Auburn University, Alabama.  
 Efendi, M. 2000. *Kandungan Logam Berat Di Perairan Sungai Masjid Dumai*. Skripsi Fakultas Perikanan Universitas Riau Pekanbaru  
 Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta.  
 Handoko, J. 2002. *Pemurnan Konsentrasi Fenol Dengan Memanfaatkan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Pada Limbah Cair PT. Siak Raya Timber*. Skripsi Fakultas Perikanan Universitas Riau, Pekanbaru  
 Hutagalung. 1984. *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat*. LON – LIPI, Jakarta.  
 Jumin, H. 1992. *Ekologi Tanaman: Pendekatan Terhadap Fisiologi*. Rajawali Pres, Jakarta.  
 Kirkby dan K. Mengel. 1987. *Principles of Land Nutrition*. International Potash Institute, Swithzerland.  
 Lakitan. 1995. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.  
 Nda. 2002. *Menyerap Logam Berat Dengan Tanaman Air*. www.mediaindo.co.id.  
 Pitrawijaya 1992. *Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Penyerapan Sulfida, Sulfat dan Klorida Dalam Limbah Cair PT.Indah Kiat*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, Pekanbaru.  
 Razak. 1987. *Penunjuk Cara Pengambilan Contoh Dan Metoda Analisis Logam Berat*. LON-LIPI, Jakarta.