

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR SASIRANGAN MELALUI KOMBINASI METODE FILTRASI DAN FITOREMEDIASI SISTEM LAHAN BASAH BUATAN MENGGUNAKAN TUMBUHAN AIR YANG BERBEDA

Untung Santoso¹⁾, Emmy Sri Mahreda²⁾, Fathurrazie Shadiq³⁾, Danang Biyatmoko⁴⁾

¹⁾ Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan

²⁾ Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat

³⁾ Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

⁴⁾ Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat

Keywords: *Constructed Wetlands, Eichornia crassipes (Mart) Solms, filtration, fitoremediation*

Abstract

This study aimed to analyze the effect of a combination of filtration methods and fitoremediasi Constructed wetland systems using different water plants to test the parameters of wastewater treatment sasirangan, analyze the effectiveness and efficiency. The method used is an experimental method. The results showed that the combination of filtration methods and fitoremediasi artificial wetland systems using different water plants able to improve the quality of effluent sasirangan, where the best result is to use water hyacinth plants (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) with effective level and the highest efficiency for each the parameters include the effective Cr concentration 0.147 mg/L and an efficiency of 29.41%, the concentration of Cd metal with the effectiveness of 0.0981 mg/L and an efficiency of 83.07%, with a BOD concentration of the effectiveness of 101.81 mg/L and an efficiency of 59.84%, the concentration of COD with the effectiveness of 4866.99 mg/L and an efficiency of 91.32%, the effectiveness of the TSS concentration 140.62 mg/L and an efficiency of 60.61%.

Pendahuluan

Kain Sasirangan merupakan salah satu kain khas tradisional Suku Banjar dari Provinsi Kalimantan Selatan. Industri sasirangan di Kalimantan Selatan umumnya merupakan industri rumah tangga yang pengolahannya masih bersifat tradisional. Melihat sifat kegiatan industri tersebut, sebagian besar para pengrajin tersebut belum melakukan upaya pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan dan langsung membuang ke badan perairan.

Berdasarkan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.36 Tahun 2008, Standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan, yaitu kandungan logam Kromium (Cr), tidak boleh melebihi 1,0 mg/L. Berdasarkan penelitian Mawaddah (2002) dan Mujaiyanah (2008) mengenai

analisis Cr pada limbah sasirangan diketahui bahwa konsentrasi Cr sebesar 1,54 mg/L, penelitian Maulidia, 2013 mengenai logam Cd didapat 0,027 mg/L, penelitian Andi Mizwar, 2012 konsentrasi BOD sebesar 277 mg/L, penelitian Irawati *et al.*, 2011 terhadap konsentrasi COD sebesar 554 mg/L, nilai TSS sebesar 862 mg/L, dan kekeruhan didapatkan 74,7 NTU.

Mengantisipasi potensi dampak tersebut, maka perlu upaya minimasi limbah sasirangan baik itu dari aspek kebijakan pemerintah dalam rangka menekan jumlah air limbah yang dihasilkan maupun dari aspek ilmu pengetahuan dan teknologi guna mendapatkan berbagai alternatif teknologi pengolahan limbah yang efektif dan efisien. Penelitian sebelumnya umumnya menggunakan

proses pengolahan proses koagulasi, filtrasi dan adsorpsi (Muis, 2011), biomaterial seperti kitosan dan arang aktif (Utami, 2007; Irawati, *at al.*, 2011), serasah tumbuhan galam (Mujaiyanah, 2008) atau pada industri tekstil lain menggunakan metode biologi lumpur aktif (Ginting, 2007; Habibi, 2012; Suharto 2011), dan pemanfaatan tumbuhan air (Puspita, *et al.*, 2011; Setyorini, 2011). Namun penelitian-penelitian tersebut belum menunjukkan hasil yang optimal.

Salah satu alternatif sistem pengolahan limbah cair sasirangan adalah Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*) dengan memanfaatkan tumbuhan air yang dikombinasikan dengan filtrasi. Tumbuhan air yang sering digunakan antara lain adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kayu apu (*Pistia stratiotes*), kiambang (*Salvinia molesta*), (Polprasert, 1996; Setyorini, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan menggunakan tumbuhan air yang berbeda terhadap parameter uji pada pengolahan limbah cair sasirangan, menganalisis tingkat efektifitas dan efisiensi, dan menganalisis pengaruh kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan menggunakan tumbuhan air yang berbeda terhadap waktu retensi.

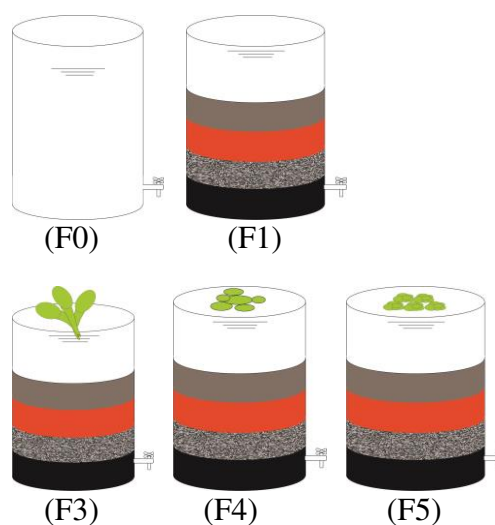
Metode Penelitian

Sampel air limbah cair sasirangan diambil di Kampung Sasirangan Jl. Seberang Mesjid Kelurahan Seberang Mesjid, Kota Banjarmasin. Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Laboratorium Dasar FMIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, sedangkan pemeriksaan sampel air limbah di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Pengendalian Penyakit (BBTKL-PP) Banjarbaru dan Laboratorium Badan Lingkungan Hidup

(BLH) Kabupaten Banjar. Penelitian dilaksanakan mulai Oktober 2013 sampai Februari 2014.

Peralatan yang digunakan adalah desain Sistem Lahan Basah Buatan terdiri dari 16 buah dan peralatan pendukung lainnya. Bahan yang digunakan adalah sampel limbah cair sasirangan, Tumbuhan eceng gondok, kayu apu, kiambang yang telah diaklimatisasi 2 minggu, media filter berupa karbon aktif, genteng yang dihaluskan, pasir, dan ijuk, dan bahan-bahan lainnya.

Metode penelitian yang digunakan metode eksperimental, dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 3 kelompok. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan pembuatan Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*).



Keterangan :

- F0. Air limbah sasirangan tanpa pengolahan
- F1. Sistem lahan basah buatan dengan filter tanpa tumbuhan
- F2. Sistem lahan basah buatan dengan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)
- F3. Sistem lahan basah buatan dengan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* Linn).
- F4. Sistem lahan basah buatan dengan tumbuhan kiambang (*Salvinia molesta* D.mitch.)

Gambar 1. Desain Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*)

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan Sidik Ragam (Anova). Apabila hasil anova berbeda nyata akan dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah Duncan (DMRT) menurut Steel dan Torrie (1994). Untuk melihat efektifitas sistem lahan basah buatan dengan tumbuhan air pada masing-masing perlakuan diperoleh dengan cara membandingkan hasil perlakuan dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan

dan Surat Keputusan No.51/MENLH/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Hasil Dan Pembahasan

Kromium (Cr)

Hasil pengukuran konsentrasi Kromium, Efektifitas dan Efisiensi pada pengolahan limbah cair sasirangan.

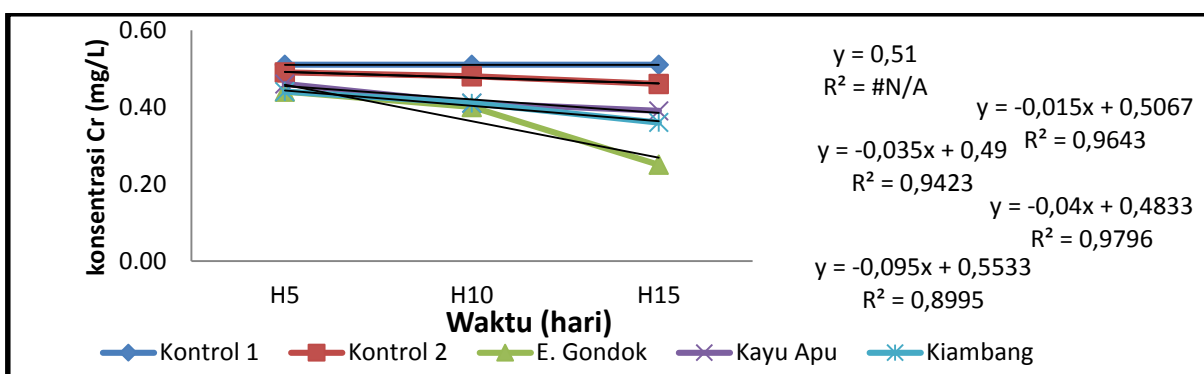
Tabel 2. Konsentrasi Kromium, Efektifitas dan Efisiensi pada sampel air limbah sasirangan Setelah perlakuan

Perlakuan	Kelompok (Retensi Waktu)	Kromium (mg/L)	Efektifitas (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol 1 (F0)	H5	0,51	-	-
	H10	0,51		
	H15	0,51		
	Rerata	0,51 ^c		
Kontrol Filter (F1)	H5	0,49	0,033	6,67
	H10	0,48		
	H15	0,46		
	Rerata	0,47 ^c		
Eceng Gondok (F2)	H5	0,44	0,147	29,41
	H10	0,40		
	H15	0,25		
	Rerata	0,36 ^a		
Kayu Apu (F3)	H5	0,46	0,090	17,65
	H10	0,41		
	H15	0,39		
	Rerata	0,42 ^b		
Kiambang (F4)	H5	0,44	0,107	20,98
	H10	0,41		
	H15	0,36		
	Rerata	0,40 ^b		
Baku Mutu Limbah Industri Tekstil Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008				1,0 mg/L

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0,05$)

Hasil penelitian ini menerima hipotesis H0 dan menolak hipotesis H1, dimana terdapat pengaruh yang sangat nyata pada kombinasi filtrasi dan fitoremediasi terhadap penurunan konsentrasi logam Cr dari air limbah sasirangan. Penurunan konsentrasi logam Cr dengan hasil terbaik terjadi pada perlakuan kombinasi filtrasi dan fitoremediasi tumbuhan eceng gondok (F2), dengan efektifitas penurunan sebesar 0,147

mg/L dan efisiensi sebesar 29,41%, disusul perlakuan dengan tumbuhan kiambang (F4) dengan efektifitas penurunan sebesar 0,107 mg/L dan efisiensi sebesar 20,98%, kayu apu (F3) dengan efektifitas penurunan sebesar 0,090 mg/L dan efisiensi sebesar 17,65% dan terakhir perlakuan Kontrol Filter (F1) dengan efektifitas penurunan sebesar 0,033 mg/L dan efisiensi sebesar 6,67%.



Gambar 2. Grafik perubahan konsentrasi Cr pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) mampu menurunkan konsentrasi kromium paling tinggi, yaitu dengan efisiensi 29,41 %. Hal ini dimungkinkan karena penyerapan oleh *Eichornia crassipes* terjadi dalam dua cara, yaitu secara aktif dan secara pasif. Penyerapan secara pasif yaitu dengan bantuan sinar matahari dan secara pasif dengan cara transpirasi. Penyerapan aktif tergantung pada anion dan kation yang terdapat pada tumbuhan. Proses ini melalui senyawa pembawa (zat khelat) agar ion logam terserap (Susilaningih, 1992). *Eichornia crassipes* akan mendepositkan logam berat ke dinding sel dalam vakuola dan berikatan dengan senyawa organik lainnya. Struktur spons yang dimiliki oleh *Eichornia crassipes* juga mampu menyerap unsur-unsur pencemar dalam air limbah.

Kadmium (Cd)

Hasil Pengukuran konsentrasi Kadmium, Efektifitas dan Efisiensi pada pengolahan limbah cair sasirangan.

Tabel 3. Konsentrasi Kromium, Efektifitas dan Efisiensi pada sampel air limbah sasirangan Setelah perlakuan

Perlakuan	Kelompok (Retensi Waktu)	Kadmium (mg/L)	Efektifitas (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol 1 (F0)	H5	0,1181		
	H10	0,1181		
	H15	0,1181		
	Rerata	0,1181 ^d		
Kontrol Filter (F1)	H5	0,09		
	H10	0,07	0,0447	37,93
	H15	0,06		
	Rerata	0,0733 ^c		
Eceng Gondok (F2)	H5	0,03		
	H10	0,02	0,0981	83,07
	H15	0,01		
	Rerata	0,0200 ^a		
Kayu Apu (F3)	H5	0,07		
	H10	0,05		
	H15	0,05	0,0615	52,07
	Rerata	0,0566 ^b		
Kiambang (F4)	H5	0,06		
	H10	0,05		
	H15	0,04	0,0681	57,66
	Rerata	0,0500 ^b		

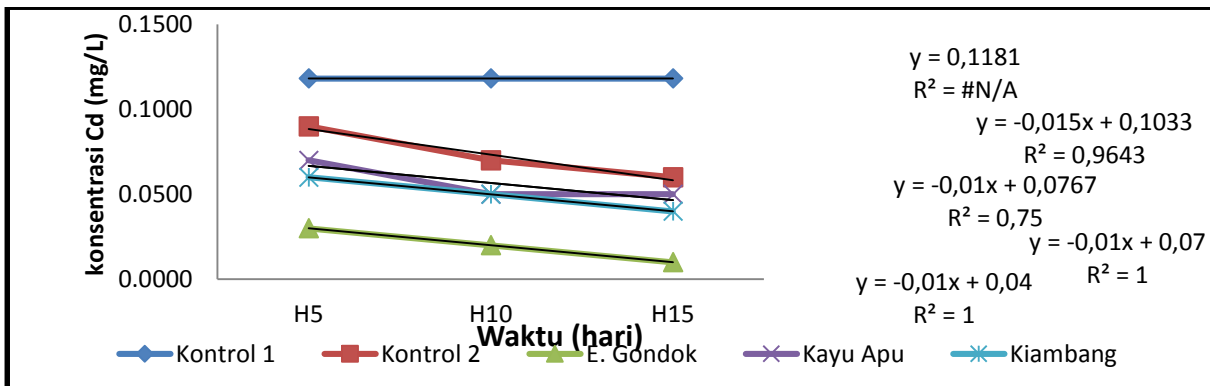
Baku Mutu Limbah Industri Tekstil dalam Surat Keputusan No.51/MENLH/1995 0,05 mg/L

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0,05$)

Setelah dilakukan perlakuan terjadi penurunan terhadap konsentrasi logam Cd air limbah. Pada hari ke 5 (H5) konsentrasi logam Cd air sampel limbah sasirangan pada perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi eceng gondok telah memenuhi Baku, yaitu 0,03 mg/L dari yang

disyaratkan sebesar 0,05 mg/L. Hal ini berarti pada hari ke 3 atau ke 4 perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi

eceng gondok telah mampu memperbaiki kualitas air limbah dan memenuhi baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 3. Grafik perubahan konsentrasi Cr pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

Hasil penelitian ini menerima H₀ dan menolak H₁, dimana perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap penurunan konsentrasi logam Cd dari air limbah sasirangan. Penurunan konsentrasi logam Cd dengan hasil terbaik pada perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi tumbuhan eceng gondok (F₂), dengan efektifitas penurunan sebesar 0,0981 mg/L dan efisiensi sebesar 83,07%, kemudian disusul perlakuan dengan tumbuhan kiambang (F₄) dengan efektifitas penurunan sebesar 0,0681 mg/L dan efisiensi sebesar 57,66%, kayu apu (F₃) dengan efektifitas penurunan sebesar 0,0615 mg/L dan efisiensi sebesar 52,07% dan terakhir perlakuan filtrasi saja (Kontrol Filter) engan efektifitas penurunan sebesar 0,0447 mg/L dan efisiensi sebesar 37,93%.

Biological Oxygen Demand (BOD)

Hasil Pengukuran konsentrasi BOD, Efektifitas dan Efisiensi pada pengolahan limbah cair sasirangan.

Hasil analisis menggunakan Sidik Ragam (Anova) menunjukkan perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap penurunan konsentrasi BOD air limbah sasirangan, sedangkan kelompok, yaitu waktu hari pengambilan sampel air limbah

berpengaruh nyata ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi mampu menurunkan konsentrasi BOD air limbah sasirangan.

Hasil penelitian ini menerima hipotesis H₀ dan menolak H₁, dimana terdapat pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada kombinasi filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan. Penurunan konsentrasi BOD dengan hasil terbaik terjadi pada perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi tumbuhan eceng gondok (F₂) dengan efektifitas penurunan sebesar 101,01 mg/L dan efisiensi sebesar 59,84%, kemudian berikutnya perlakuan dengan tumbuhan kiambang (F₄) dengan efektifitas penurunan sebesar 87,00 mg/L dan efisiensi sebesar 51,54%, kayu apu (F₃) dengan efektifitas penurunan sebesar 64,98 mg/L dan efisiensi sebesar 38,50% dan terakhir perlakuan filtrasi saja dengan efektifitas penurunan sebesar 44,88 mg/L dan efisiensi sebesar 26,59

Tabel 4. Konsentrasi BOD, Efektifitas dan Efisiensi pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

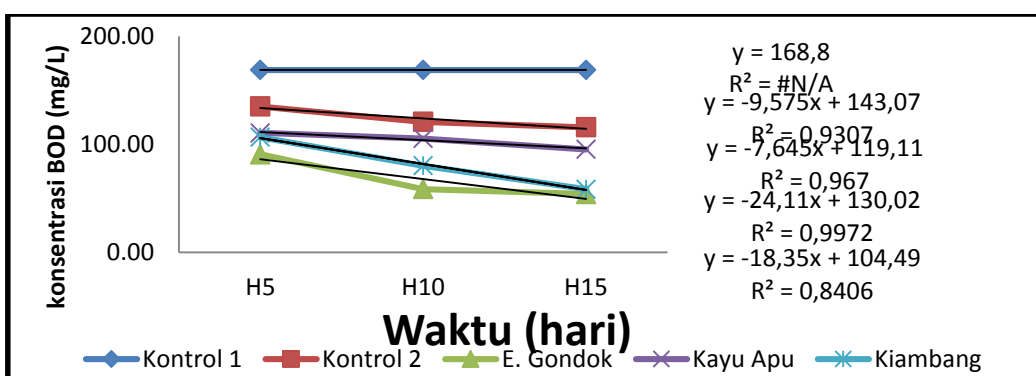
Perlakuan	Kelompok (Retensi Waktu)	BOD (mg/L)	Efektifitas (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol 1 (F0)	H5	168,80		
	H10	168,80		
	H15	168,80	-	-
	Rerata	168,80 ^d		
Kontrol Filter (F1)	H5	135,00		
	H10	120,90		
	H15	115,85	44,88	26,59
	Rerata	123,916 ^c		
Eceng Gondok (F2)	H5	90,75		
	H10	58,56		
	H15	54,05	101,01	59,84
	Rerata	67,786 ^a		
Kayu Apu (F3)	H5	110,65		
	H10	105,45		
	H15	95,36	64,98	38,50
	Rerata	103,820 ^b		
Kiambang (F4)	H5	106,65		
	H10	80,31		
	H15	58,43	87,00	51,54
	Rerata	81,796 ^a		
Baku Mutu Limbah Industri Tekstil Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008			60 mg/L	

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0,05$)

Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil Pengukuran konsentrasi COD, Efektifitas dan Efisiensi pada pengolahan limbah cair sasirangan.

Hasil penelitian ini menerima hipotesis H0 dan menolak hipotesis H1, dimana terdapat pengaruh yang sangat nyata pada kombinasi filtrasi dan fitoremediasi terhadap penurunan konsentrasi COD air limbah sasirangan. Penurunan konsentrasi COD dengan hasil terbaik terjadi pada perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi tumbuhan eceng gondok (F2), dengan efektifitas penurunan sebesar 4866,99 mg/L dan efisiensi sebesar 91,32%, kemudian berikutnya perlakuan dengan tumbuhan kiambang (F4) dengan efektifitas penurunan sebesar 4791,16 mg/L dan efisiensi sebesar 89,90%, kayu apu (F3) dengan efektifitas penurunan sebesar 4540,45 mg/L dan efisiensi sebesar 85,20% dan terakhir perlakuan filtrasi saja Dengan efektifitas penurunan sebesar 3557,36 mg/L dan efisiensi sebesar 66,75%.



Gambar 4. Grafik perubahan konsentrasi BOD pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

Tabel 5. Konsentrasi COD, Efektifitas dan Efisiensi pada sampel air limbah sasirangan Setelah perlakuan

Perlakuan	Kelompok (Retensi Waktu)	COD (mg/L)	Efektifitas (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol (F0)	H5	5329,40		
	H10	5329,40		
	H15	5329,40	-	-
	Rerata	5329,40 ^c		
Kontrol Filter (F1)	H5	2006,79		
	H10	1832,52	3557,36	66,75
	H15	1476,82		
	Rerata	1772,04 ^b		
Eceng Gondok (F2)	H5	890,51		
	H10	357,53	4866,99	91,32
	H15	139,20		
	Rerata	462,41 ^a		
Kayu Apu (F3)	H5	1254,25		
	H10	873,98	4540,45	85,20
	H15	238,61		
	Rerata	788,95 ^a		
Kiambang (F4)	H5	1065,52		
	H10	400,56	4791,16	89,90
	H15	148,64		
	Rerata	538,24 ^a		

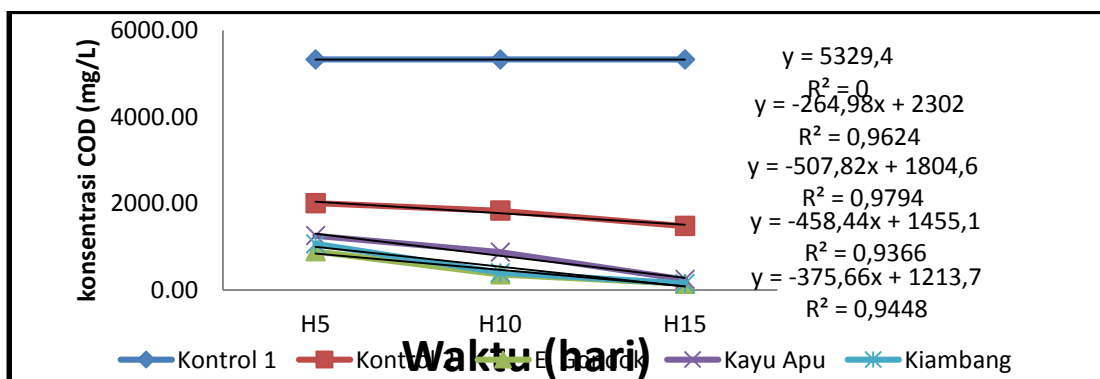
Baku Mutu Limbah Industri Tekstil
Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan 150 mg/L
Nomor 036 Tahun 2008

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata (p<0,05)

Total Suspended Solid (TSS)

Hasil Pengukuran konsentrasi TSS, Efektifitas dan Efisiensi pada pengolahan limbah cair sasirangan.

Hasil penelitian menerima hipotesis H0 dan menolak hipotesis H1, dimana terjadi pengaruh nyata (p<0,05) pada kombinasi filtrasi dan fitoremediasi air limbah sasirangan. Penurunan konsentrasi TSS dengan hasil terbaik terjadi pada perlakuan kombinasi filtrasi dan fitoremediasi tumbuhan eceng gondok (F2), dengan efektifitas penurunan sebesar 140,62 mg/L dan efisiensi sebesar 60,61%, disusul perlakuan dengan tumbuhan kiambang (F4) dengan efektifitas penurunan sebesar 119,30 mg/L dan efisiensi sebesar 51,42%, kayu apu (F3) dengan efektifitas penurunan sebesar 114,86 mg/L dan efisiensi sebesar 49,51% dan terakhir perlakuan filtrasi saja (Kontrol Filter) dengan efektifitas penurunan sebesar 90,02 mg/L dan efisiensi sebesar 38,81%.

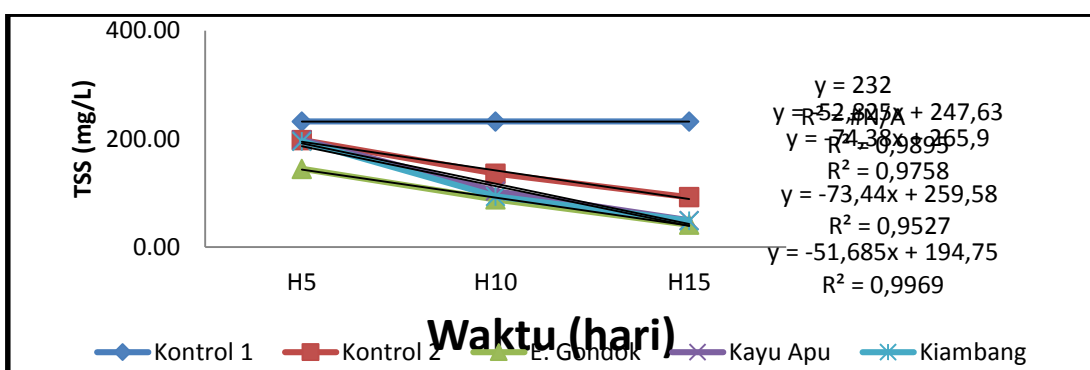


Gambar 5. Grafik perubahan konsentrasi COD pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

Tabel 6. Konsentrasi TSS, Efektifitas dan Efisiensi pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

Perlakuan	Kelompok (Retensi Waktu)	TSS (mg/L)	Efektifitas (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol 1 (F0)	H5	232.00		
	H10	232.00		
	H15	232.00	-	-
	Rerata	232,00 ^b		
Kontrol Filter (F1)	H5	197.95		
	H10	135.68	90,02	38,81
	H15	92.30		
	Rerata	141,97 ^a		
Eceng Gondok (F2)	H5	144.73		
	H10	88.06	140,62	60,61
	H15	41.36		
	Rerata	91,38 ^a		
Kayu Apu (F3)	H5	198.28		
	H10	103.61	114,86	49,51
	H15	49.52		
	Rerata	117,14 ^a		
Kiambang (F4)	H5	195.59		
	H10	93.80	119,30	51,42
	H15	48.71		
	Rerata	112,43 ^a		
Baku Mutu Limbah Industri Tekstil		50 mg/L		
Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan				
Nomor 036 Tahun 2008				

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0,05$)



Gambar 6. Grafik perubahan konsentrasi TSS pada sampel air limbah sasirangan setelah perlakuan

Kesimpulan

Kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan menggunakan tumbuhan air yang berbeda mampu memperbaiki kualitas limbah cair saringan dan memenuhi baku mutu yang ditetapkan sehingga air limbah aman untuk dibuang ke lingkungan.

Kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan terbaik adalah menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) dengan tingkat efektifitas dan efisiensi paling tinggi untuk masing-masing parameter meliputi konsentrasi logam Cr dengan efektifitas 0,147 mg/L dan efisiensi sebesar 29,41%, konsentrasi logam Cd dengan efektifitas 0,0981 mg/L dan efisiensi sebesar 83,07%, konsentrasi BOD dengan efektifitas 101,81 mg/L dan efisiensi sebesar 59,84%, konsentrasi COD dengan efektifitas 4866,99 mg/L dan efisiensi sebesar 91,32%, konsentrasi TSS dengan efektifitas 140,62 mg/L dan efisiensi sebesar 60,61%, dan kekeruhan dengan efektifitas 180,50 ntu dan efisiensi sebesar 85,14%.

Pada pengolahan limbah cair saringan melalui kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan menggunakan tumbuhan air yang berbeda diperoleh waktu retensi terbaik dalam memperbaiki kualitas air limbah, tumbuhan eceng gondok untuk logam Cr hari ke 5, logam Cd hari ke 5, BOD hari ke 10, COD hari ke 15, TSS hari ke 15.

Daftar Pustaka

- Alaert, G., diterjemahkan oleh Santika, S., 1984, " *Metoda penelitian air*", Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- Alamsyah S, 2007. *Merakit sendiri alat penjernih air untuk rumah tangga*. Kawan Pustaka. Jakarta.
- Agusetyadevy, Imbar, Sri Sumiyati dan Endro Sutrisno, 2013. *Fitoremediasi limbah yang mengandung timbal (Pb) dan kromium (Cr) dengan menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*)*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 2. No 2. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Baker, A.J.M, 1999. Metal hyperaccumulator plants: a biological resource for exploitation in the phytoextraction of metal-polluted soils. URL: http://lbewww.epfl.ch/COST837/WG2_abstracts.html
- Barko, J.W., Hardni, D.G., dan Matthews, M.S, 1982. Growth and morphology of submerged macrophytes in relation to light and temperature. *Can. J. Bot.* 60:877-887.
- Batianoff, G.N., R.D. Reeves dan R.L. Specht, 1990. *Stackhousia tryonii* Bailey: A nickel-accumulating serpentine-endemic species of central Queensland. *Aust. J. Bot.* 38:121-130.
- Brown S.L, Chaney RL, Angle JS, Baker JM. 1995a. Zinc and cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution. *Soil Sci Soc Am J* 59:125-133
- Budi, Setiawan, Rosyidin, Nurimaniwathy, 2007. Reduksi warna dan BOD limbah tekstil menggunakan Karbon-TiO₂. *Prosiding PPI - PDIPTN 2007*.
- Chaney, R.L. et al, 1995. Potential use of metal hyperaccumulators. *Mining Environ Manag* 3:9-11.
- Chaney, R.L. et al, 1998. Improving metal hyperaccumulators wild plants to develop commercial phytoextraction system: approaches and progress. Di dalam: *Proc Symp Phytoremediation, Inc Conf Biochemistry of Trace Elements*. Berkly, CA, 23-26 Jun 1997
- Collins, C.D, 1999. Strategies for minimizing environmental contaminants. *Trends Plant Sci.* 4:45.

- Crites, R. dan George Tchobanoglaus, 1998. *Small and decentralized wastewater management systems: Wetlands and aquatic treatment systems*, Mc Graw-Hill, Singapore.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Kalimantan Selatan, 2010. Daftar Sentra dan Potensi Komoditi Industri Kecil dan Menengah Tahun 2005-2008. Banjarmasin.
- Ebbs S, Kochian L, Lasat M, Pence N, Jiang T, 2000. An integrated investigation of the phytoremediation of heavy metal and radionuclide contaminated soils: from laboratory to the field. Di dalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Cotaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 745-769.
- Eddy, Syaiful, 2010. Kemampuan enceng gondok sebagai agen fitoremediasi air tercemar timbal (Pb). *Jurnal Universitas PGRI Palembang*.
- Effendi, H., 2003, Telaah kualitas air : Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan. perairan, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fajar Lubis, Ramadhan, 2013. Krisis air di kota; Masalah dan upaya pemecahannya (perbandingan dengan upaya pemecahannya di Jepang). Pusat Penelitian Geoteknologi. LIPI
- Feller, A.K., 2000. Phytoremediation of soils and waters contaminated with arsenicals from former chemical warfare installations. Di dalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Cotaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 771-786.
- Froelich, E.M., 1978. Control of Syntetic Organic Chemicals by Granular Activated Carbon: Theory, Application and Reactivation Alternatives. Presented at the Seminar on Control of Organic Chemical Contaminants in Drinking Water, Cincinnati, October 10-11.
- Getzen and Ward, 1969. Model for the adsorption of weak electrolytes of solids as a function of pH I. carboxylic acid-charcoal systems. *J Colloid Int. Sci.* 31, 441-453 (1969).
- Gwozdz, E.A., R. Przymusinski, R. Rucinska, and J. Deckert, 1997. Plant cell responses to heavy metals: molecular and physiological aspects. *Acta Physiol. Plant.* 19:459-465.
- Haberl, R., and Langergraber, H., 2002, *Constructed wetlands: a chance to solve wastewater problems in developing countries*. *Wat. Sci. Technol.* 40:11-17
- Habibi, Islam, 2012. Tinjauan instalasi pengolahan air limbah industri tekstil pt. sukun tekstil kudas. *Proyek Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Halverson, Nancy V., 2004, Review of constructed subsurface flow vs. surface flow wetlands, U.S. Department of Energy, Springfield, USA.
- Hammer, M.J., 1986, *Water and wastewater technology si version*, John Wiley & Sons, Singapore.
- Hammer, D.A., dan Bastian, R.K., 1989. Wetlands ecosystems: natural water purifiers? Dalam Hammer, D.A. (Ed). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Municipal, Industrial and Agricultural. Lewis Publishers, Michigan. hlm 5-10.
- Haslam, S.M. 1978. *River Plants*. Cambridge University Press, Cambridge. 396 hlm.
- Hardini, R., Risnawati, I., Fauzi, A., dan Noer Komari. 2009. Pemanfaatan rumput alang-alang (*Imperata cylindrica*) sebagai biosorben Cr (IV) pada limbah industri sasirangan dengan metode teh celup. *Jurnal*

- Sains dan Terapan Kimia*. Vol 3. No 1. 57-72.
- Herdiansyah, 2003. Adsorpsi Cr(VI) pada air hitam. FMIPA Unlam Banjarbaru. *Indonesian Journal of Chemistry*. 3 (3), 169-175.
- Hidayati, N., 2001. Environmental degradation and biological reclamation of mined land: case of gold mining in Jampang-West Jawa. Dalam *Prosiding Workshop Vegetation Recovery in Degraded land Areas*. Kalgoorlie, Western Australia, 27 Okt-3 Nov 2001. hlm 58-66
- Husain, 1997. Pemanfaatan arang kayu galam sebagai karbon aktif untuk bahan penyerap limbah sasirangan. *Skripsi* P. S. Pend. Kimia. FKIP Unlam. Banjarmasin.
- Irawati, Utami, Umi Baroroh Lili Utami dan Hanifa Muslima, 2011. Pengolahan limbah cair sasirangan menggunakan filter arang aktif cangkang kelapa sawit berlapisan kitosan setelah koagulasi dengan FeSO₄. *Sains dan Terapan Kimia*, Vol.5, No. 1 (Januari 2011), 34 - 44
- Junaidi dan Bima Patria Dwi Hatmanto, 2006. Analisis teknologi pengolahan limbah cair pada industry tekstil (studi kasus pt. Iskandar indah printing textile Surakarta). *Jurnal PRESIPITASI* Vol.1 No.1 September 2006, ISSN 1907-187X.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. No. KEP-51/MENLH/10/1995. 1995. Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Industri. Jakarta.
- Khiji, S dan F.E Baren. 2008. Rhizofiltration of heavy metals from the tannery sludge by the anchored hydrophyte, hydrocotyle umbellata l. *African Journal of Biotechnology* 7 (20) : 3711-3717.
- Leady, B., 1997, Constructed subsurface flow wetlands for wastewater treatment, Purdue University.
- Lusianty, S.W. dan Soerjani, M., 1974. Pertumbuhan massal tumbuhanair dan pengaruhnya terhadap kuantitas dan kualitas air; Tropical Pest Biology Programe. Bogor: BIOTROP.
- Marschner, H. dan V. Romheld, 1994. Strategies of plants for aquisition of iron. *Plant Soil*. 165:261-274.
- Martin, C.D., Moshiri, G.A. dan Miller, C.C., 1993. Mitigation of landfill leachate incorporating in-series constructed wetlands of a closed-loop design. Dalam Moshiri, G.A. (Ed.). *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 533 hlm.
- Mawaddah S., 2002. Analisis kromium (Cr) dalam limbah industri kain sasirangan. *Skripsi*. P.S. Kimia. FKIP UNLAM. Banjarmasin.
- McGrath SP, Shen ZG, Zhao FJ., 1997. Heavy metal uptake and chemical changes in rhizosphere of *Thlaspi caerulescens* and *Thlaspi ochroleucum* grown in contaminated soils. *Plant Soil* 188:153-159.
- Metcalf & Eddy, 1993. *Wastewater engineering treatment disposal reuse*. McGraw-Hill Company.
- Muis, Abdul, 2011. Pengolahan Limbah Cair Kain Sasirangan Dengan Proses Koagulasi, Filtrasi dan dsorpsi. *Tesis*. Program Studi Magister Sistem Teknik. Konsentrasi Teknologi Pengolahan & Pemanfaatan Sampah/Limbah Kota. Fakultas Teknik. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Mujaiyanah, 2008. Biosorpsi Cu (II), Cd (II), Pb (II) dan Cr total pada limbah cair sasirangan menggunakan kolom biomassa serasah tumbuhan galam (*Melaleuca cajuputi powell*) yang teriobilisasi pada silika gel. *Skripsi*. FMIPA KIMIA UNLAM, Banjarbaru.

- Nichols, D.S., 1983. Capacity of natural wetlands to remove nutrients from wastewater. *J. Water Pollut. Control Fed.* 55:495-505.
- Palar, H ., 1994. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Rineka Cipta. Bandung
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 4 Tahun 2007. Tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan. Banjarmasin
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 37 Tahun 2008. Tentang Perubahan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 4 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Limbah Cair. (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan. Banjarmasin.
- Puspita, Upit Ratna., Asrul Sahri Siregar dan Nuning Vita Hidayati, 2011. Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromium (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*, Februari 2011. Vol. 39. No.1, ISSN 0126 – 4265.
- Putra, M.R.A., 2011. Analisis peranan industri kain sasirangan terhadap perekonomian kota banjarmasin dan strategi pengembangannya. *Tesis*. Departemen Ilmu Ekonomi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahmansyah, Maman, 2009. *Tumbuhan akumulator untuk fitoremediasi lingkungan Tercemar merkuri dan sianida penambangan emas*. Jakarta : LIPI Press
- Reddy, K.R., dan De Busk, W.F., 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *J. Environ. Qual.* 14:459-462
- Reeves, R.D., 1992. The hyperaccumulation of nickel by serpentine plants. Di dalam: Baker
- AJM, Proctor J, Reeves RD (ed). The vegetation of ultramafic (serpentine) soils. Hampshire: Intercept Ltd. hlm 253-277.
- Reuther, C., 1998. Growing cleaner. Phytoremediation goes commercial, but many question remain. URL: <http://sapphire.acnatsci.org/erd/ea/phyto.html>.
- Sandy, Nurma Juwita, 2010. Profil protein tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) yang dikulturkan pada media modifikasi air lumpur sidoarjo. Surabaya : ITS
- Sanim, Bunasor, 2011. *Sumberdaya air dan kesejahteraan publik. suatu tinjauan teoritis dan kajian praktis*. IPB Press. Bogor.
- Sanjaya I.I., 2008. Peningkatan nilai pH air gambut menggunakan alat pengolah air “Biomassa Filter” di Desa Guntung Ujung Kecamatan Gambut Kabupaten Banjar. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Salisbury, F.B dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi tanaman*. UGM Press. Yogyakarta.
- Salt, D.E., R.C. Prince, I.J. Pickering, I. Raskin, 1995. Mechanism of cadmium mobility and accumulation in Indian mustard. *Plant Physiol.* 109:1427-1433. (Abstrak)
- Sastrapradja, S. dan R. Bimantoro, 1981. *Tumbuhan Air*. LIPI. Bogor.
- Setyorini, Dyah, 2011. Integrasi Pengolahan Limbah Industri Benang dan Tekstil Melalui proses ABR dan Wetland Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Thesis of Environment Engineering*. ITS. Surabaya.
- Siregar, S.A., 2005, *Instalasi pengolahan air limbah*, Kanisius, Yogyakarta.
- Siswoyo, E. 2006. Fitoremediasi logam berat krom (Cr) menggunakan tanaman air kiapu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus 1* : 291-300.

- Soerjani M., 2008. *Lingkungan: Sumberdaya alam dan kependudukan dalam pembangunan*. UI-Press. Jakarta.
- Shutes, R.B., Ellis, J.B., Revitt, D.M. dan Zhang, T.T., 1993. The use of *Thypha latifolia* for heavy metal pollution control in urban wetlands. Dalam Moshiri, G.A. (Ed.). *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 533 hlm.
- Sparling, J.H. 1966. Studies on the relationship between water movement and water chemistry in mires. *Can. J. Bot.* 4:747-758
- Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie, 1993. Prinsip dan prosedur statistika (pendekatan biometrik) penerjemah b. sumantri. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Susilaningsih, D. 1992. Pemanfaatan Tumbuhan hydrilla verticillata dan eichornia crassipes sebagai salah satu usaha pengendalian pencemaran logam kromium (cr) dari limbah pelapisan logam. *Skripsi*. Fakultas Biologi. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. 75 hal.
- Surrency, D., 1993. Evaluation of aquatic plants for constructed wetlands. Dalam Moshiri, G.A. (Ed.). *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 533 hlm.
- Suwondo., Fauziah, Y., Syafrianti., Wariyanti, S. 2005. Akumulasi logam Cu (Cuprum) dan Zn (Zincum) di perairan sungai siak dengan menggunakan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) *Jurnal Biogenesis* Vol.1(2): 51005. http://biologifkip.unri.ac.id/karya_tulis/wondo%2051-56.pdf.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar pengelolaan air limbah*, UI-PRESS, Jakarta.
- Sumiyati, Sri, Mochtar Hadiwidodo, 2007. Pemanfaatan eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms.) dalam penyisihan logam berat chrom (Cr) pada limbah electroplating. *Jurnal TEKNIK – Vol. 28 No. 1 Tahun 2007*, ISSN 0852-1697.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A., 2001. Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem Constructed Wetland, *Jurnal Purifikasi*, Volume 2 Nomor 3, ITS – Surabaya.
- Tchobanoglous, G., 1991. *Teknik sumber daya air*, Erlangga, Jakarta.
- Tjitrosoepomo, Gembong, 2000. *Taksonomi tumbuhan (spermatophyta)*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Utami, Umi Baroroh Lili dan Radna Nurmasari, 2007. Pengolahan limbah cair sasirangan secara filtasi melalui pemanfaatan arang kayu ulin sebagai adsorben.
- Viobet, Bunga Rulita, Sri Sumiyati, dan Endro Sutrisno, 2012. Fitoremediasi limbah mengandung timbal (Pb) dan nikel (Ni) menggunakan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*). Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Watini, 2009. pengaruh waktu kontak eceng gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap penurunan kadar Cd dan Cr Pada air limbah industri batik (home industry batik di desa sokaraja lor). kota purwokerto. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. 63 hal.
- Wolverton, B.C. and M.M. Mcknown. 1975. Water hyacinth for removal of phenol from polluted water. *Journal Aquatic Botany* (10): 72721.

- Zhu, Y.L., E.A.H. Pilon-Smits, L. Jouanin dan N. Terry. 1999. Overexpression of glutathione synthetase in Indian mustard enhances cadmium accumulation and tolerance. *Plant Physiol.* 119:73-79.
- Zimmels, Y., Kirzhner, F.A., and Malkovskaja, 2005, "Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel", *Journal of Environmental Management* 81, 420-428.