

**PERBEDAAN EFEKTIVITAS CONSTRUCTED WETLANDS  
RECIRCULATING FREE WATER SURFACE DAN SUBSURFACE  
FLOW SYSTEM ECHINODORUS PALAEFOLIUS UNTUK  
MENURUNKAN FOSFAT LIMBAH CAIR RUMAH TANGGA  
(GREYWATER)**

Studi Kasus : Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik,  
Kota Semarang

**Shofa Rakhmatika, Tri Joko, Nurjazuli**

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Diponegoro

Email: [shofa.rakhmatika@gmail.com](mailto:shofa.rakhmatika@gmail.com)

**Abstract** : Domestic wastewater was one source of water pollution potential. Constructed wetlands system is recognized as one of the technologies that can be used in conjunction with traditional wastewater treatment technology as a cost effective waste water management options in both developed and developing countries. The purpose of this study was to determine differences in the effectiveness of constructed wetlands system of continuous type Free Water Surface and Subsurface Flow System to removal levels of phosphate in domestic wastewater (greywater) in the sub Gedawang, Banyumanik subdistrict, Semarang. This research was a quasi experimental research with nonrandomized pretest posttest design. Processing using constructed wetlands with a residence time of 5 days with 16 repetitions. The results showed a decrease in the average efficiency of phosphate to the type of Free Water Surface and Subsurface Flow System, respectively 69.07% and 71.86%. Independent T -Test results different from test obtained p-value 0.876 (p value > 0.05) showed no difference in phosphate levels decrease the effectiveness of domestic wastewater (gray water). It was concluded that the phosphate content is appropriate quality standards, but the method of Free Water Surface and Subsurface Flow System did not show a difference. Further research is needed with a variety of other plant species, variation of media, and variations in residence time.

**Keywords** : constucted wetlands, domestic wastewater, phosphate, *Echinodorus palaeifolius*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Semakin meningkatnya populasi dan adopsi progresif gaya hidup yang berbasis urbanisasi telah meningkatkan jumlah air dan limbah yang dihasilkan. Sehingga aktifitas penduduk yang tinggi akan menimbulkan beban limbah perkotaan yang menjadi salah satu permasalahan lingkungan.

Limbah cair domestik terbagi dalam dua kategori yaitu pertama, air limbah domestik yang berasal dari air cucian (*greywater*) seperti sabun, deterjen, dan minyak. Kedua adalah air limbah yang berasal dari kakus (*blackwater*) seperti sabun, shampo, tinja dan air seni.<sup>1</sup>

Limbah tersebut yang telah dilakukan pengolahan yaitu yang berasal dari *blackwater* sedangkan yang *greywater* belum dilakukan pengolahan dan langsung di buang ke badan air.

Limbah cair rumah tangga mengandung kadar fosfat yang berasal dari penggunaan deterjen dan bahan lainnya yang mengandung STTP (*Sodium triphosphate*). Bahan tersebut dapat dapat memicu terjadinya eutrofikasi dalam badan air.<sup>2</sup> Berdasarkan data hasil pemeriksaan laboratorium dengan sampel effluent limbah cair rumah tangga (*greywater*) di Kelurahan Gedawang, Kota Semarang menunjukkan hasil bahwa kandungan fosfat pada tahun 2016 sebesar 5,57 mg/l. Hal tersebut menurut Peraturan Daerah Jawa Tengah No 5 Tahun 2015 tentang Baku Mutu Air Limbah kadar fosfat limbah cair rumah tangga (*greywater*) di Kelurahan Gedawang, Kota Semarang melebihi baku mutu yaitu sebesar 2 mg/l.<sup>3</sup>

Salah satu upaya pengolahan air limbah yang cukup efektif dan potensial yaitu dengan konsep fitoremediasi dengan metode

*constructed wetlands* yang memanfaatkan media dan tanaman sebagai pereduksi kadar pencemar.<sup>4</sup>

*Constructed wetlands* dibagi menjadi dua jenis yaitu *Free Water Surface* yang memanfaatkan sistem aliran di atas permukaan air dan *Subsurface* yang memanfaatkan sistem aliran di bawah permukaan air. Sedangkan jenis tanaman yang digunakan adalah melati air (*Echinodorus palaefolius*) yang merupakan tanaman hias yang dapat hidup dalam berbagai musim dan sebagai pereduktor kontaminan yang sangat efektif dalam memperluas area mikroorganisme melengkak dan akar membentuk zona rizosfer yang kaya oksigen. Menurut penelitian Sugito (2013) tanaman *Echinodorus palaefolius* dapat menurunkan kandungan fosfat sebesar 93,81%.<sup>5</sup>

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai efektivitas *constructed wetlands recirculating Free Water Surface dan Subsurface Flow System* Tanaman *Echinodorus palaefolius* untuk menurunkan kadar fosfat ( $PO_4$ ) limbah cair rumah tangga di Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang

### METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen semu (*quasi-experimental research*) yang bertujuan untuk memperoleh hasil penelitian dimana tidak memungkinkan untuk mengontrol dan atau memanipulasi semua variabel yang diujikan secara relevan. Desain yang dipilih adalah *nonrandomized pretest posttest group design*.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh limbah cair rumah tangga (*greywater*) yang mengandung fosfat yang berada di yang berada di Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik,

Kota Semarang. Sampel dalam penelitian ini adalah sampel limbah cair rumah tangga jenis *greywater* yang diambil pada proses mencuci dapur dan mencuci pakaian sebelum dibuang ke badan air. Penelitian dirancang dengan dua perlakuan untuk masing-masing menggunakan jenis *constructed wetlands* tipe *Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System*. Dari perhitungan jumlah sampel, sampel diberikan pengulangan sebanyak 16 kali dengan perlakuan 2 jenis dan 8 pretest sehingga total 40 sampel. Analisis yang digunakan deskriptif dan statistik. Uji yang digunakan untuk mengetahui perbedaan efektivitas penurunan kadar fosfat jenis *constructed wetlands* adalah uji beda *Independent T-Test*.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Limbah cair yang digunakan berasal dari kegiatan dapur sebanyak 45 liter per rumah dan cuci pakaian sebanyak 95 liter per rumah yang berasal dari empat effluent limbah cair rumah tangga di Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang. Limbah tersebut berwarna abu-abu kehitaman dengan busa/buih dan berbau busuk.

Penelitian ini menggunakan bak reaktor tipe *Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System* dengan sistem recirculating. Masing-masing unit pengolahan terdiri dari bak ekualisasi dengan diameter 50 cm dan tinggi 70 cm dan bak reaktor berupa ember besar dengan diameter 45 cm dan tinggi 50 cm yang dihubungkan dengan *box container* dengan volume 45 liter dengan dimensi 40 cm x 25 cm x 15 cm, pompa sirkulasi dan kran outlet. Bak reaktor berupa *box container* diisi dengan media kerikil 10 cm dan pasir 5 cm, serta ditanami tanaman

*Echinodorus palaefolius* sebanyak 4 rumpun.

Volume air yang masuk 450 liter dengan waktu tinggal 5 hari dan proses aklimatisasi selama 10 hari. Sedangkan debit air yang digunakan 1,2 liter/hari dengan *HLR* 0,012 m/hari.

Hasil pemeriksaan pH pada *Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System* didapatkan pada *pretest* yaitu 6 dan *posttest* 7. Suhu pada tipe *Free Water Surface* pada *pretest* 26,31°C dan *posttest* 24,66°C sedangkan pada *Subsurface Flow System* pada *pretest* 26,31°C dan *posttest* 24,74°C.

Tabel 1. Kadar Fosfat dengan *Constructed Wetlands Recirculating Free Water Surface (FWS)* tanaman *Echinodorus palaefolius*

Hari	Pengulangan ke -	Fosfat		Selisih (mg/l)	Persentasi (%)
		PreTest (mg/l)	PostTest (mg/l)		
1-5	1	5,57	0,89	4,68	84,02
	2	5,57	1,16	4,41	79,17
6-10	3	2,76	1,16	1,60	57,97
	4	2,76	0,89	1,87	67,75
11-15	5	5,57	1,50	4,07	73,07
	6	5,57	1,97	3,60	64,63
16-20	7	4,31	1,81	2,50	58,00
	8	4,31	1,76	2,55	59,16
21-25	9	5,57	1,16	4,41	79,17
	10	5,57	1,23	4,34	77,92
26-30	11	2,63	2,21	0,42	15,97
	12	5,72	1,65	4,07	71,15
31-35	13	5,46	1,29	4,17	76,37
	14	5,46	1,18	4,28	78,39
36-40	15	8,03	1,34	6,69	83,31
	16	8,03	1,68	6,35	79,08
Rata-Rata		5,18	1,43	3,75	69,07

Ket: Baku Mutu Air Limbah Perda Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 kadar Fosfat 2 mg/l

Tabel 2. Kadar Fosfat dengan *Constructed Wetlands Recirculating Subsurface Flow System (SFS)* tanaman *Echinodorus palaefolius*

Hari	Pengulangan ke -	Fosfat		Selisih (mg/l)	Persentasi (%)
		PreTest (mg/l)	PostTest (mg/l)		
1-5	1	5,57	0,89	4,68	84,02
	2	5,57	1,08	4,49	80,61
6-10	3	2,76	1,50	1,26	45,65
	4	2,76	1,05	1,71	61,96
11-15	5	5,57	1,76	3,81	68,40
	6	5,57	1,73	3,84	68,94
16-20	7	4,31	1,68	2,63	61,02
	8	4,31	1,72	2,59	60,09
21-25	9	5,57	1,08	4,49	80,61
	10	5,57	1,02	4,55	81,69
26-30	11	5,72	1,60	4,12	72,03
	12	5,72	1,73	3,99	69,76
31-35	13	5,46	1,13	4,33	79,30
	14	5,46	1,23	4,23	77,47
36-40	15	8,03	1,44	6,59	82,07
	16	8,03	1,92	6,11	76,09
Rata-Rata		5,37	1,41	3,96	71,86

Ket: Baku Mutu Air Limbah Perda Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 kadar Fosfat 2 mg/l

Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan perlakuan *Free Water Surface recirculating* nilai rata-rata *pretest* 5,18 dan nilai *posttest* 1,43 dengan rata-rata selisih 3,75

(69,07%). Sedangkan pada tabel 2 menunjukkan dengan perlakuan *Subsurface Flow System recirculating* nilai rata-rata *pretest* 5,37 dan nilai *posttest* 1,41 dengan



rata-rata selisih 3,96 (71,86%). Kadar fosfat limbah cair rumah tangga (*greywater*) telah memenuhi baku mutu Peraturan Daerah Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 yaitu 2 mg/l.

Hasil pemeriksaan kadar fosfat menunjukkan adanya penurunan setelah dilakukan perlakuan *Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System*. Uji *Independent T-Test* menunjukkan tidak ada perbedaan efektivitas penurunan kadar fosfat limbah cair rumah tangga (*greywater*) di Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang dengan pengolahan metode *Constructed Wetlands recirculating Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System* menggunakan tanaman *Echinodorus palaefolius* ( $p\text{-value} = 0,876$ ).

Limbah cair rumah tangga yang mengandung fosfat yang berasal dari STPP deterjen sebagai builder yang mempunyai kemampuan menonaktifkan mineral kesadahan sehingga kerja surfaktan dalam menaikkan tegangan permukaan dapat optimal.

Kandungan fosfat yang dibuang terus menerus ke badan air dapat mencemari lingkungan. Hal tersebut juga dapat menyebabkan pertumbuhan mikroalga dan lumut sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi.<sup>6</sup>

Penggunaan sistem *Free Water Surface* dengan memanfaatkan aliran di permukaan air dengan adanya proses pengolahan yang terjadi melalui interaksi antara vegetasi dan ikatan biofilm di dalam fase air melalui degradasi mikroba, filtrasi dan sedimentasi.<sup>7,8</sup> Sedangkan pada sistem *Subsurface Flow System* dengan mengalirkan air limbah secara horizontal melalui media

granular dan melewati kontak dengan jaringan aerobik, aoxic, dan zona anaerobik di permukaan.<sup>8</sup>

Penurunan kadar fosfat terjadi karena adanya penyerapan unsur hara yang dilakukan oleh akar tanaman. Proses ini diawali dengan penguraian fosfat anorganik oleh mikroorganisme pengurai fosfat diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana yang kemudian diserap oleh akar tanaman. Hasil penguraian tersebut kemudian didifusikan ke dalam sel tumbuhan sebagai bahan makanan. Fosfat pada tanaman berfungsi sebagai nutrisi selama proses pertumbuhan tanaman.<sup>9</sup>

Proses filtrasi dilakukan oleh media dan akar tanaman yang terdapat dalam reaktor, dimana proses tersebut terjadi karena kemampuan partikel media maupun sistem perakaran membentuk filter yang dapat menahan partikel solid yang terdapat dalam air limbah.<sup>10</sup> Partikel yang tersaring melalui media dan tanaman menetap di dalam bak reaktor yang kemudian diuraikan oleh mikroorganisme. Hasil penguraian tersebut berupa unsur hara sederhana fosfat yang dapat diserap dan berguna bagi tumbuhan.

Penggunaan *constructed wetlands* ini dapat digunakan sebagai alternatif penurunan kadar fosfat pada rumah tangga tetapi masih diperlukan berbagai inovasi baru untuk menciptakan sistem *constructed wetlands* yang lebih efektif untuk menurunkan kadar beban pencemar lainnya.

*Subsurface Flow System* mempunyai kelebihan dan lebih efektif tetapi tidak signifikan jika dibandingkan dengan *Free Water Surface*. *Subsurface Flow System* dalam pengolahannya

melewati bawah media sehingga penyaringan limbah lebih optimal, dan dapat digunakan untuk pengoperasian sekunder/tersier, dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem lebih murah, dan tidak menghasilkan residu biosolid atau lumpur dan tidak menimbulkan bau.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Pengolahan tipe *Free Water Surface* sistem *recirculating* menghasilkan nilai fosfat pada *pretest* sebesar 5,18 mg/l dan *posttest* sebesar 1,43 mg/l. Selisih rata-rata kadar fosfat sebesar 3,75 mg/l.
2. Pengolahan tipe *Subsurface Flow System* sistem *recirculating* menghasilkan nilai fosfat pada *pretest* sebesar 5,37 mg/l dan *posttest* sebesar 1,41 mg/l. Selisih rata-rata kadar fosfat sebesar 3,96 mg/l.
3. Perlakuan sistem *recirculating Subsurface Flow System* lebih efektif dari pada *Free Water Surface* dalam penurunan kadar fosfat. Pada *Free Water Surface* mengalami penurunan sebesar 69,07% dan pada *Subsurface Flow System* mengalami penurunan sebesar 71,86%.
4. Hasil uji beda *Independent T-Test* fosfat didapatkan nilai probabilitas *p-value* fosfat sebesar 0,876 (*p-value* > 0,05) maka tidak ada perbedaan efektivitas penurunan kadar fosfat limbah cair rumah tangga (*greywater*) antara pengolahan metode *constructed wetlands recirculating Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System* menggunakan tanaman *Echinodorus palaefolius* di

Kelurahan Gedawang,  
Kecamatan Banyumanik, Kota  
Semarang.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Fakhrizal. *Mewaspada Bahaya Limbah Domestik di Kali Mas*. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. 2004.
2. Ravindhranath, et.al. *Removal of Phosphate from Polluted Waters Using Bio-Adsorbents*. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology Vol. 2: Issue-4: Oct-Des 2011.
3. Anonim. *Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Semarang*. 2012.
4. Metcalf, Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. New York: Mc Graw Hill Inc; 2003.
5. Desak MS, Sugito. *Penurunan TSS dan Phospat Air Limbah Puskesmas Janti Kota Malang Dengan Wetland*. Jurnal Teknik Waktu. Volume 11 Nomor 01 Januari 2013 (ISSN: 1412-1867).
6. Meutia AA. *Treatment of Laboratory Wastewater in a Tropical Constructed Wetlands Comparing Surface and Subsurface Flow*. Water Science Technology 2001;Vol. 44 No 11-12 p:499-506.
7. Yocum, Dayna. *Design Manual: Greywater Biofiltration Constructed Wetland System*. Santa Barbara: Bren School of Environmental Science and Management, University of California.
8. Kadlec, R.H.et.al. *Constructed Wetlands for Water Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation*. Scientific and

- Technical Report No. 8. IWA, London. 2000.
9. Vymazal, J. and Kröpfelová, L. *Removal of Organics in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow: A Review Of The Field Experience. Science of the total environment*, 407(13), 2009: 3911-3922.
10. Sasono, Endro, Pungut. *Penurunan Kadar BOD dan COD Air Limbah UPT Puskesmas Janti Kota Malang dengan Metode Constructed Wetland.* (online) (<http://digilib.unipasby.ac.id/files/disk1/12/gdlhub-endrosason-574-1-penuruna-d.pdf>, diakses 7 Maret 2016).

