

Sabli., T.E, Siregar., Y.I, Anita., S, Zahra., S  
2015:9 (2)

**OPTIMALISASI PENGELOLAAN AIR LIMBAH DETERJEN DENGAN  
SISTEM RAWA BAMBU**

**T. Edy Sabli**

*Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru,  
Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131.Telp 0761-23742.*

**Yusni Ikhwan Siregar**

*Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru,  
Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131.Telp 0761-23742.*

**Sofia Anita**

*Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru,  
Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131.Telp 0761-23742.*

**Siti Zahrah**

*Dosen Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau, Pekanbaru,  
Jl. Kaharuddin Nasution 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru*

*Optimalization of Waste Water Management of Detergent by Bamboo Wetland System*

**ABSTRACT**

*Domestic waste pollution has been among serious problem recently. Detergent contributed significantly lead to eutrophication as well as toxic to the environment. A simple technology could be applied by wetland system, in which bamboo were planted. The objective of the present study were to reduced level of detergent, Methylene Blue Active Substances (MBAS) by the bamboo wetland system. A laboratory experiment were conducted with Completely Randomized Design (CRD) with two factors including initial MBAS concentration, and residence time. Factors operating conditions were performed following Taguchi Methods. It revealed that the system has MBAS reduction efficiency of 85,11%. The residence time significantly reduce the detergent concentration with a regression  $\hat{Y} = 12.22 - 0.4X_2$ , with coefficient determination  $R = 79,46$ , apparently, four factors; initial detergent concentration, residence time, aerobic condition, and soil type (Podzolik Red Yellow) that affect the decreasing of MBAS level, with percentage of 9,11%, 8,34%, 2,68%, and 0,29% respectively.*

*Key words: management, detergent, bamboo*

## PENDAHULUAN

Masalah utama yang dihadapi bangsa Indonesia, bahkan dunia adalah menghadapi krisis air bersih, sedangkan kebutuhan air akan semakin tinggi seiring pertumbuhan penduduk. Rerata pertumbuhan penduduk Indonesia per tahun sebesar 1,49 % atau 3 juta jiwa per tahun, diprediksi pada Tahun 2035 jumlah penduduk Indonesia adalah 305,6 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2013). Menurut Kamil *et al.* (1989), jumlah konsumsi air bersih di Indonesia rerata 138,5 liter per orang per hari. Sekitar 60-80 % dari konsumsi air per orang per hari tersebut menjadi air limbah (Metcalf dan Eddy, 2004).

Limbah cair domestic yang paling tinggi volumenya adalah deterjen. Selain dari permukiman penduduk, deterjen juga digunakan pada usaha pencucian mobil dan kendaraan bermotor, serta usaha binatu (*laundry*) yang terus meningkat. Hal ini seiring dengan produksi deterjen dunia yang mencapai 2,7 juta ton/tahun, dengan kenaikan produksi tahunan mencapai 5 % (Darmono, 2008; Rochman, 2009).

Teknologi yang dipilih untuk mengolah air limbah deterjen yaitu menggunakan sistem lahan basah karena diyakini mampu memulihkan air limbah domestik, pertanian dan sebagian limbah industri, namun sayangnya fungsi lahan basah sebagai “ginjal bumi” untuk mengolah air limbah tersebut tidak banyak diketahui oleh masyarakat. Di samping itu, lahan basah yang ada kurang menarik untuk dipertahankan karena relatif tidak memiliki nilai ekonomis.

Lahan basah sangat rentan terhadap eksploitasi berlebihan karena dianggap sebagai lahan yang tidak produktif atau lahan marjinal. Akibatnya lahan basah selalu menjadi sasaran untuk dijadikan drainase dan konversi. Di sisi lain, lahan basah sudah menjadi korban alih fungsi akibat tekanan pembangunan, diantaranya untuk pembangunan tambak, perkebunan kelapa sawit dan akasia, untuk pembangunan perumahan, sarana transportasi, pasar, pendidikan dan perkantoran (Sabli, 2011).

Kemampuan Sistem Rawa Bambu untuk melakukan pemulihan diri sendiri (*self purification*) tergantung dari kualitas dan kuantitas pencemar. Apabila pencemaran tersebut masih relatif sedikit dan toksisitasnya rendah maka proses pemulihan diri sendiri dapat berlangsung dengan cepat, dan sebaliknya apabila pencemaran yang terjadi sampai pada titik ekstrim, proses itu akan berjalan sangat lambat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau (UIR), Jalan Kaharuddin Nasution nomor 113, Pekanbaru, bahan yang digunakan adalah jenis Bambu Jala (*Schizotachyum zollingeri* Stend) umur 7 bulan, tanah Podzolik Merah Kuning, tanah rawa Saprik, air baku dari Sungai Kampar, Provinsi Riau, dan deterjen merek “Rinso Anti Noda”. Desain lahan basah buatan menggunakan wadah plastik transparan berbentuk empat persegi panjang, dan wadah pot plastik berbentuk bulat berlubang sebagai media tanah tempat tumbuh tanaman bambu, kemudian digenangi air limbah sesuai perlakuan. Menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 4 x 4. Faktor A adalah air limbah deterjen terdiri dari 4 taraf dengan

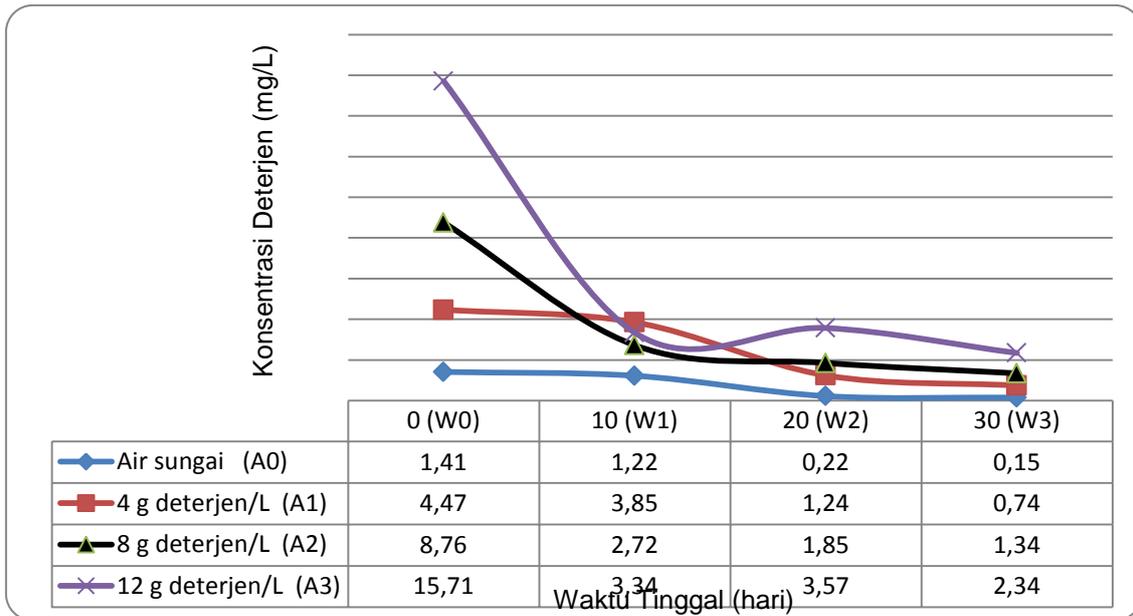
konsentrasi awal yang berbeda yaitu; A0 = air sungai tanpa penambahan deterjen, A1 = air sungai ditambah 4 g deterjen/liter air, A2 = air sungai ditambah 8g deterjen/liter air, dan A3 = air sungai ditambah 12 g deterjen/liter air. Faktor W adalah waktu tinggal terdiri dari 4 taraf yaitu; W0 = 0 hari, W1 = 10 hari, W2= 20 hari, dan W3= 30 hari. Dengan demikian terdapat 16 kombinasi perlakuan masing-masing perlakuan terdiri dan 3 ulangan, sehingga diperoleh 48 unit reaktor Sistem Rawa Bambu.

Penelitian tahap kedua menggunakan metode Taguchi. Ada 8 kondisi variabel perlakuan, yaitu jumlah tanaman bambu, konsentrasi deterjen awal, bahan organik tanah, jenis tanah, kondisi aerob dan anaerob, ketebalan medium tanah, porositas dan waktu tinggal, masing-masing terdiridari 2 taraf, yaitu level tinggi dan level rendah. Terdapat 16 perlakuan, dengan 3 ulangan, sehingga diperoleh 48 unit reaktor Sistem Rawa Bambu. Parameter kualitas air limbah yang diamati adalah penyisihan deterjen diamati dari pengukuran konsentrasi *Methylene Blue Active Substances* (MBAS).

Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik, aplikasi dengan menggunakan program SPSS. Jika F hitung lebih besar dari F tabel maka dilakukan uji lanjutan dengan Uji *Honestly Significant Difference* (Tukey, HSD) pada taraf 5 % dan uji regresi (Oramahi, 2009).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian MBAS air limbah, diketahui bahwa simulasi pemberian beban polutan kedalam reaktor Sistem Rawa Bambu mulai dari yang terendah, yaitu air sungai tanpa penambahan deterjen (A0) sampai yang tertinggi yaitu penambahan 12 g deterjen per liter air (A3), telah mampu direduksi. Penambahan 12 g deterjen per liter air (A3) didapati mengandung MBAS sebesar 15,71 mg/L, sedangkan air sungai sebelum ditambah deterjen, diketahui juga sudah mengandung kadar deterjen 1,41 mg/L, dimana air baku tersebut berasal dari aliran Sungai Kampar yang juga menampung buangan domestik dan kegiatan yang menggunakan deterjen di sepanjang pinggiran sungai. Berdasarkan hasil penelitian Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2008), karakteristik air limbah domestik atau air limbah perkotaan mengandung deterjen (MBAS) minimum 1,66 mg/L dan maksimum 9,79 mg/L. Dengan demikian, simulasi pemberian 12 g deterjen per liter air, sebenarnya telah melampaui kriteria air limbah domestik dan air limbah perkotaan, namun masih bisa direduksi oleh reaktor dalam Sistem Rawa Bambu ini.



Sumber : Data diolah (2014)

Gambar 1. Rerata Kandungan Deterjen Perlakuan Berbagai Konsentrasi Awal Deterjen dan Waktu Tinggal dalam Sistem Rawa Bambu

Perlakuan konsentrasi awal 4 g deterjen per liter air setara dengan petunjuk takaran pada kemasan “Rinso anti noda”, yaitu sekitar 25 g sampai 50 g per 10 liter air, dengan demikian merupakan konsentrasi yang lazim dilakukan skala rumah tangga dalam mencuci pakaian baik secara manual maupun menggunakan mesin cuci.

Peningkatan penggunaan deterjen sebagai bahan pembersih, baik dalam kegiatan rumah tangga maupun industri, meningkatkan pencemaran badan air oleh bahan aktif permukaan atau surfaktan. Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) adalah salah satu surfaktan anionik yang banyak digunakan sebagai bahan pembuat deterjen, merupakan garam asam sulfonik dengan cincin benzena dan alkil rantai lurus. Meskipun polutan organik tersebut bersifat dapat diuraikan secara biologis (*biodegradable*) namun selalu menjadi penyebab terjadinya eutrofikasi, ditandai dengan tingkat kesuburan perairan yang tinggi sehingga mematikan biota air (Darmono, 2008).

Menurut Soemirat (2011), deterjen memiliki andil besar dalam menurunkan kualitas air. Deterjen juga memberi efek negatif bagi biota air, fosfat dalam deterjen dapat memicu ganggang air tawar untuk melepaskan racun dan menguras oksigen di perairan. Ketika ganggang membusuk, mereka menggunakan oksigen yang tersedia untuk mempertahankan hidupnya.

Hasil penelitian ini menggambarkan peranan rawa alami yang biasanya berada di kawasan yang rendah di sepanjang aliran sungai, danau atau laut adalah pelindung perairan dari pencemaran, karena air kotor akan disaring terlebih dahulu sebelum memasuki perairan. Air yang mengalir di sungai atau air pasang dari laut akan sering keluar masuk kawasan rawa.

Wildeman dan Laudon (1989), menjelaskan peran rawa dalam proses penghilangan bahan pencemar dari air limbah terjadi menurut salah satu proses berikut; 1). Penyaringan bahan suspensi dan koloida yang terdapat dalam air, 2). Asimilasi bahan pencemar ke dalam jaringan akar dan daun tumbuhan hidup, 3). Pengikatan atau pertukaran bahan pencemar dengan tanah rawa, bahan tumbuhan hidup, bahan tumbuhan mati dan bahan alga hidup, 4). Presipitasi (pembentukan partikel) dan netralisasi melalui pembentukan  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{HCO}_3^-$  (bikarbonat) dari penguraian bahan biologis karena kegiatan bakteri, 5). Presipitasi logam di lapisan oksidasi dan reduksi yang dikatalisir oleh aktivitas bakteri. Proses tersebut dapat terjadi secara simultan, atau didominasi oleh satu diantaranya, tergantung dari keadaan fisika, kimia dan biologis yang terdapat di lingkungan rawa.

Tumbuhan yang hidup dalam rawa, membutuhkan unsur hara yang terkandung dalam air. Selain itu, tumbuhan rawa juga berfungsi secara tidak langsung dalam proses pembersihan air, yaitu mendukung kehidupan organisme pengurai limbah, misalnya bakteri, jamur, alga dan protozoa. Pelepasan oksigen oleh akar tumbuhan rawa menyebabkan air atau tanah di sekitar rambut akar memiliki kadar oksigen terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan air atau tanah yang tidak ditumbuhi tumbuhan air, sehingga memungkinkan organisme mikro pengurai seperti bakteri aerob dapat hidup dalam lingkungan rawa yang berkondisi anaerob. Diperkirakan oksigen yang dilepas oleh akar tumbuhan air dalam satu hari berkisar antara 5 hingga 45 mg untuk setiap satu meter persegi luas permukaan akar. Tumbuhan-tumbuhan air mampu memasok oksigen ke dalam tanah di bawah permukaan air dalam kisaran antara  $0,2 > 10 \text{ cm}^3$  oksigen per batang per menit (Reed *et al.*, 1995).

Ketika bambu ditanam di atas tanggul kolam yang dirembesi air limbah, tumbuhan ini akan mengabsorpsi air dalam jumlah banyak beserta sejumlah bahan pencemar yang terlarut di dalam air. Kemampuan bambu dalam membersihkan air limbah didukung oleh struktur perakaran yang mirip dengan akar rerumputan seperti *Typha*. Walaupun diameter akarnya kecil, akar bambu tumbuh sangat banyak dan rapat di bawah tanah, sehingga zona rizosfer yang mampu disediakan oleh bambu sangat luas. Akar tumbuhan bambu yang ditanam di atas tanggul yang dirembesi air limbah, akan menjadi habitat yang cocok bagi organisme mikro yang bertugas mengurai bahan pencemar (Hemenway, 2001).

Berkat sistem akar dan rizoma yang ekstensif dan terus hidup di dalam tanah, eksploitasi bamboo secara terus menerus tidak menyebabkan terjadinya erosi dan kekeringan tanah. Walaupun seluruh batang yang ada di rumpun ditebang tuntas, bamboo akan segera tumbuh kembali ke atas permukaan tanah dengan tunas dan rebung yang baru. Karenanya tumbuhan ini cocok untuk dijadikan sebagai tumbuhan penghijauan, penstabil permukaan tanah yang sering dilanda gempa bumi, terutama di tanah yang miring dan beresiko erosi tinggi seperti di pinggir sungai atau jurang. Kemampuan hidupnya yang tinggi membuatnya sesuai untuk ditanam sebagai tumbuhan pionir di tanah tandus yang ingin direboisasi. Berdasarkan fakta ini bambu sangat potensial untuk digunakan sebagai tumbuhan pembersih limbah dalam rawa buatan (Khatuddin, 2003).

Pengaruh perlakuan berbagai konsentrasi awal deterjen dan waktu tinggal yang berbeda terhadap kandungan kadar deterjen air limbah dalam Sistem Rawa Bambu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Perlakuan Berbagai Konsentrasi Awal Deterjen dan Waktu Tinggal Terhadap Kandungan Deterjen dalam Sistem Rawa Bambu

Faktor A	Faktor W (Waktu Tinggal)				Rerata A
Air Limbah (mg/L)	W0 0 hari	W1 10 hari	W2 20 hari	W3 30 hari	
A0	1,41 <sup>def</sup>	1,22 <sup>def</sup>	0,22 <sup>f</sup>	0,15 <sup>f</sup>	0,75 <sup>d</sup>
A1	4,47 <sup>c</sup>	3,85 <sup>cd</sup>	0,74 <sup>def</sup>	0,74 <sup>ef</sup>	2,57 <sup>c</sup>
A2	8,76 <sup>b</sup>	2,72 <sup>cdef</sup>	1,24 <sup>cdef</sup>	1,34 <sup>def</sup>	3,67 <sup>b</sup>
A3	15,71 <sup>a</sup>	3,34 <sup>cde</sup>	3,57 <sup>cd</sup>	2,34 <sup>cdef</sup>	6,24 <sup>a</sup>
Rerata W	7,59 <sup>a</sup>	2,78 <sup>b</sup>	1,72 <sup>c</sup>	1,14 <sup>c</sup>	
KK = 27,90 % HSD A/W = 1,02 HSD AW = 2,79					

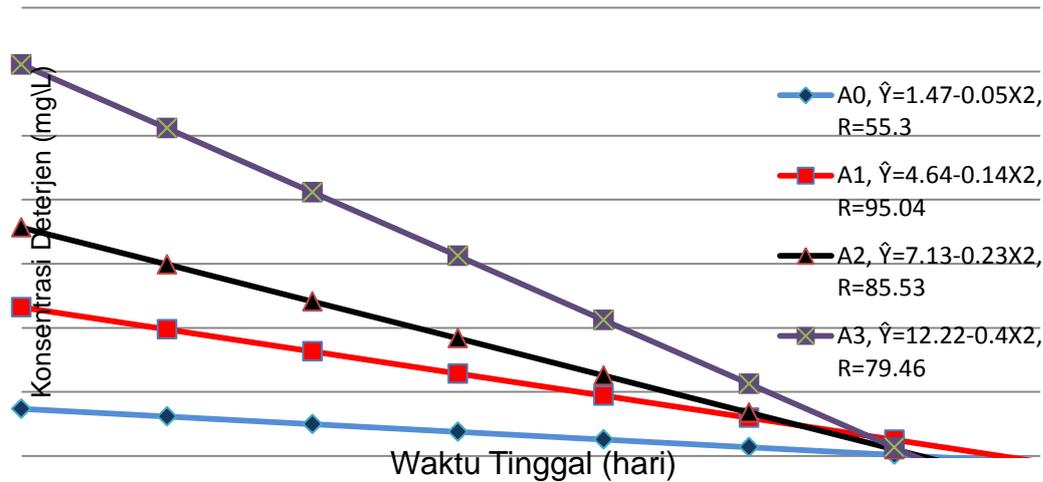
Sumber : Data diolah (2014)

Angka-angka pada baris dan kolom yang diikuti oleh huruf kecil yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata berdasarkan Uji *Honestly Significant Difference* (Tukey, HSD) pada taraf 5 %.

Interaksi perlakuan konsentrasi awal deterjen dan waktu tinggal, memberikan pengaruh yang berbeda dalam menurunkan kadar deterjen. Demikian juga perlakuan utama berbagai konsentrasi awal deterjen dan waktu tinggal, mengakibatkan perubahan kadar deterjen secara nyata.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa semakin lama waktu tinggal air limbah dalam Sistem Rawa Bambu, memberikan hasil yang lebih baik. Sebaliknya kadar beban awal bahan pencemar deterjen yang semakin tinggi akan menyisakan polutan deterjen yang lebih banyak pula dalam Sistem Rawa Bambu

Untuk mencapai tujuan penelitian yaitu mengetahui waktu tinggal yang diperlukan dalam Sistem Rawa Bambu dengan berbagai tingkat beban pencemaran deterjen maka dilakukan analisis regresi. Grafik regresi dapat dilihat dalam Gambar 3.2. Hasil analisis regresi selanjutnya digunakan untuk keperluan prediksi penurunan konsentrasi deterjen awal sebagai variabel bebas (independen) terhadap kadar deterjen dalam air limbah sebagai variabel terikat (dependen).



Gambar 2. Prediksi Penurunan Kandungan Deterjen terhadap Waktu Tinggal dalam Sistem Rawa Bambu.

Untuk mengetahui apakah variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen maka dilakukan berdasarkan uji F dengan derajat signifikansi yang digunakan adalah 0,05 ( $\alpha=0,05$ ). Apabila nilai signifikan lebih kecil dari derajat kepercayaan maka hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa suatu variabel independen secara parsial mempengaruhi variabel dependen dapat diterima. Dari hasil analisis regresi, air sungai ditambah 12 g deterjen/liter air (A3) didapat persamaan  $\hat{Y} = 12.22 - 0.4X^2$ , dengan koefisien determinasi  $R = 79.46$ .

Berbagai tingkat beban pencemaran deterjen yang diberikan dalam penelitian ini telah mampu direduksi oleh Sistem Rawa Bambu, berdasarkan hasil analisis regresi diprediksi dengan waktu tinggal kurang dari 35 hari, air limbah tidak lagi mengandung kadar deterjen. Beban tertinggi yang diberikan dalam penelitian ini adalah perlakuan air sungai yang ditambahkan 12 g deterjen/liter atau setara dengan tingkat polutan deterjen sebagai MBAS 15,71 mg/L, jauh melebihi karakteristik air limbah domestik dan air limbah kota menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2008) yaitu rerata hanya 5,725 mg/L.

Hasil analisa terhadap faktor-faktor kondisi operasional yang berpengaruh terhadap efisiensi penurunan konsentrasi deterjen dalam air limbah pada Sistem Rawa Bambu seperti dicantumkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Deterjen (%) Berdasarkan Kondisi Operasional Taraf Tinggi dan Taraf Rendah dalam Sistem Rawa Bambu.

No.	Faktor Percobaan	Taraf Tinggi	Taraf Rendah	Pengaruh
1	Tanaman bambu (A)	69.81	72.13	-2.32
2	Konsentrasi deterjen awal (B)	75.52	66.41	9.11
3	Interaksi A dan B	71.42	70.51	0.91
4	Bahan organik tanah (C)	69.99	71.94	-1.95
5	Interaksi A dan C	73.07	68.12	5.70
6	Interaksi B dan C	73.82	68.12	5.70
7	Jenis tanah (D)	71.11	70.82	0.29
8	Kondisi aerob-anaerob (E)	72.31	69.63	2.68
9	Interaksi C dan D	71.56	70.37	1.19
10	Interaksi D dan E	74.09	67.84	6.25
11	Ketebalan medium tanah (F)	68.93	73.01	-4.08
12	Interaksi E dan F	76.92	65.01	11.92
13	Porositas (G)	69.55	72.38	-2.83
14	Waktu tinggal (H)	75.14	66.80	8.34
15	Interaksi G dan H	73.89	68.04	5.85

Sumber : Data diolah (2014).

Dari Tabel 2, diketahui terdapat 4 faktor kondisi operasional yang bernilai positif, artinya memberikan pengaruh nyata, yaitu konsentrasi awal deterjen (9,11 %), waktu tinggal (8,34 %), kondisi aerob-anaerob (2,68 %), dan jenis tanah (0,29 %).

### Pengembangan Model Sistem Rawa Bambu

Luas Sistem Rawa Bambu yang akan dibangun harus disesuaikan dengan volume air limbah yang akan ditampung dan harus juga disesuaikan dengan ketersediaan tanah. Untuk daerah pemukiman yang terdiri dari 200 individu memerlukan lahan stabilisasi seluas 0,4 hektar (Weblife, 2004).

Salah satu pedoman umum untuk menghitung luas rawa buatan yang diperlukan untuk membersihkan bahan pencemar BOD (seperti umumnya air limbah dari rumah tangga), digunakan rumus berikut (Cooper dan Hobson, 1989) :

$$A_h = 5,2 Q_d (\ln C_o - \ln C_t) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$A_h$  = luas rawa buatan, m<sup>2</sup>

$Q_d$  = aliran air limbah rata-rata harian, m<sup>3</sup>/hari

$C_o$  = kadar BOD rata-rata harian dalam air limbah yang masuk rawa, mg/L

$C_t$  = kadar BOD rata-rata yang diinginkan ketika air keluar dari rawa, mg/L

Biaya konstruksi rerata per hektar rawa buatan berdasarkan pengalaman pembangunan 15 buah rawa buatan di Amerika Serikat, diperoleh persamaan regresi (Mitsch dan Gosselink, 2000) :

$$Y = 196.336X^{-0,511} (r^2 = 0,785) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : Y = biaya konstruksi dan X = ukuran rawa buatan dalam hektar.

Dari persamaan tersebut terlihat adanya skala ekonomis yang berarti bahwa dalam pembangunan rawa buatan, semakin luas lahan rawa yang akan dibangun, biaya rata-rata semakin menurun.

### KESIMPULAN

Sistem Rawa Bambu mampu mengolah air limbah hingga 12 g deterjen/liter air (setara 15,71 mg/L MBAS) dengan waktu tinggal 30 hari. Interaksi dan perlakuan utama berbagai konsentrasi awal deterjen dan waktu tinggal memberi pengaruh nyata terhadap penurunan kandungan deterjen, efisiensi reduksi MBAS 85,11 %. Persamaan regresi penurunan kandungan deterjen terhadap waktu tinggal  $\hat{Y} = 12.22 - 0.4X^2$ , nilai R = 79.46. Faktor-faktor kondisi operasional dalam Sistem Rawa Bambu yang berpengaruh adalah faktor konsentrasi awal deterjen (9,11 %), waktu tinggal (8,34 %), kondisi aerob (2,68 %), dan jenis tanah Podzolik Merah Kuning (0,29 %). Model pengembangan Sistem Rawa Bambu dapat diaplikasikan sebagai taman pengolah limbah, reboisasi di bantaran sungai, pematang kolam dan bendungan serta di lahan basah lainnya. Sistem Rawa Bambu adalah teknologi murah dan mudah diaplikasikan masyarakat, dan diharapkan dapat memberi nilai tambah baik dari aspek ekologi, maupun sosial, dan ekonomi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam melaksanakan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2008. Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta. Jakarta.
- BPS. 2013. Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035. Jakarta.
- Cooper, P.F., dan Hobson, J.A. 1989. *Sewage Treatment by Reed Bed System: The Present Situation in The United Kingdom, dalam Hammer, D.A., (ed.), Lewis. Michigan.*
- Darmono. 2008. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hemenway, D. 2001. *Bamboo for Wastewater Treatment/ Energy, Permaculture*, www.permaculture.net. Diakses 9 Januari 2002.
- Kamil, Idris M. dan Soemirat J. 1989. Kajian Konsumsi Air Bersih untuk Perkotaan Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum.

- Khiatuddin, M. 2003. Melestarikan Sumberdaya Air dengan Teknologi Rawa Buatan. Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Metcalf dan Eddy. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Fourth Edition, Mc Graw Hill International*. New York.
- Mitsch, W.J., dan Gosselink, J.G. 2000. *Wetlands*, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley & Sons, New York.
- Oramahi, H.A. 2009. Perancangan Percobaan Aplikasi dengan SPSS dan SAS. Gava Media. Yogyakarta.
- Reed, S.C., Middlebrooks, E.J., dan Crites, R.W. 1995. *Natural Systems for Waste Management and Treatment*. MacGraw-Hill, New York.
- Rochman, F. 2009. Pembuatan IPAL Mini untuk Limbah Deterjen Domestik, *Jurnal Penelitian Media Eksakta* 8 (2): 134-142.
- Rosariawari, F. 2008. Penurunan Konsentrasi Limbah Deterjen Menggunakan *Furnace Bottom Ash (FBA)*, *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 4 (3) : 1-12.
- Sabli, T. E. 2011. *Optimizing The Management of Domestic Waste Water by Artificial Swamp Technology, The 2<sup>nd</sup> International Workshop on South South Cooperation (SCC) for Sustainable Development in The Three Major Tropical Humid Regions in The Word*. 4-8 October 2011, Pekanbaru.
- Soemirat, J. 2011. Kesehatan Lingkungan. Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Weblife. 2004. *Waste Stabilization Pond*. <http://www.weblife.org>. Diakses 6 Oktober 2005.
- Wildeman, T.R., dan Laudon, L.S. 1989. *Use of Wetlands for Treatment of Environmental Problems in Mining: Non-Coal-Mining Application dalam Hammer (ed.)*.