

**KINERJA KOLAM SANITA DALAM PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH RUMAH TANGGA DIPERKANTORAN**  
**Sanitation Pond Performance in Domestic Wastewater Treatment  
in the Office**

**<sup>1</sup>Ida Medawaty, <sup>2</sup>R. Pamekas**

Pusat Litbang Permukiman

Jalan Panyaungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung

<sup>1</sup>Email: dede\_meda@yahoo.com

<sup>2</sup>Email: rpamekas@gmail.com

Diterima : 21 Februari 2011; Disetujui : 22 September 2011

**Abstrak**

*Pengembangan sistem pengelolaan air limbah skala perkotaan, pada umumnya telah mengaplikasikan proses pengolahan secara kimiawi maupun biologi. Namun, sistem tersebut belum mampu menyelesaikan seluruh permasalahan pencemaran air limbah. Pengembangan sistem pengolahan air limbah terpusat memang dapat mengurangi beban pencemaran di suatu kawasan. Penelitian ini ditujukan mengoptimalkan pengolahan akhir air limbah dengan mengambil contoh air limbah perkantoran sebagai obyek penelitian. Metoda dengan penelitian pada kolam Sanita yang dimodifikasi dengan membagi kolam menjadi 2 (dua) unit sistem yang masing-masing unit dibagi lagi menjadi 2 (dua) kolam. Setiap kolam ditanami dengan tanaman air dengan jenis dan kerapatan yang berbeda. Setiap kolam dilengkapi dengan 6 (enam) titik pengambilan contoh air limbah untuk mengukur pengaruh waktu retensi terhadap pola perubahan kualitas air limbah di dalam kolam Sanita. Analisa kualitas dilakukan dengan tabel silang, sedangkan hubungan parameter dengan teknik regresi sederhana, hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa kolam Sanita mampu memperbaiki mutu hasil olahan satu kelas lebih tinggi, dan kinerjanya mencapai angka maksimal ketika air limbah hasil olahan dapat dipakai mengairi tanaman hias. Tetapi pola perbaikan mutu air oleh kolam-1 dan kolam-3 lebih teratur dari pada kolam lainnya.*

**Kata kunci:** Air limbah, kolam Sanita, ekologi, perkantoran, rumah tangga

**Abstract**

*Development of an urban-scale waste water management system has generally applied both chemical and biological processing. However, the system has not been able to solve all problems concerning wastewater pollution. Development of centralized wastewater treatment system shall reduce the pollution load in an area. This research is aimed at optimizing final wastewater management by using office building wastewater as research object. This study employs methods research on the modified Sanitation Pond which is divided into two system units. Each unit is then divided into two sub ponds. Each sub pond is planted with different types and numbers of water plants. Each sub pond is also equipped with six sample points to measure the effect of retention time to the input as well as the output and pattern of wastewater quality improvement within the Sanitation Pond. Quality analysis is performed using the cross table, while the determination of parameters of the relationship uses simple regression techniques. The study concludes that the sanitation pond could improve the wastewater input one level higher, and its performance reaches maximum value when the treated wastewater is used to irrigate flowering plants. However the pattern of improvement of pond-1 and pond-3 are more regular than the other ponds.*

**Key words:** Wastewater, sanitation pond, ecology, office, domesti

**PENDAHULUAN**

Air limbah pada umumnya mengandung unsur-unsur yang hampir sama dengan air bersih di daerah bersangkutan dan ditambah dengan beberapa impuritis lainnya yang berasal dari proses yang menghasilkan limbah tersebut. Pada dasarnya air limbah mengandung solid (baik yang terlarut maupun yang tersuspensi) sekitar 1.000 mg/L, berarti 0,1% dari berat air. Untuk

memperoleh gambaran karakteristik suatu sampel air limbah, maka perlu pengukuran sifat sifat air dan analisis kualitas, dibawah ini karakteristik air limbah rumah tangga.

Berbagai penelitian dan pengembangan yang berhubungan perbaikan kualitas air limbah, akhir akhir ini banyak dilakukan. Hasil-hasilnya juga telah dipublikasikan, misalnya ekoteknologi sebagai pengendali pencemaran air (Ratna Hidayat

& Simon SB, 2007), Sanitasi Taman (SANITA) sebagai alternatif sistem yang dapat memperbaiki kualitas air limbah rumah tangga (Medawaty, 2009), serta aplikasi teknologi hijau untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Nana Terangna Ginting, 2008:129-136). Berdasarkan teori, pengolahan air limbah ditujukan untuk menghilangkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun senyawa anorganik. Di dalam metoda pengolahannya umumnya dilakukan dengan cara pengolahan secara kimia untuk menghilangkan senyawa anorganik, sedangkan untuk penghilangan bahan pencemar organik biasanya dilakukan dengan proses biologis atau biokimia (Metcalf and Eddy, 2002).

**Tabel 1** Tipikal Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga

Karakteristik (mg/l)	Air baku	Pengendapan	Efluen
BOD	300	175	20
COD	700	400	90
TOC	200	90	30
SS	400	200	30
N-ammonia	40	40	5
N-NO3	< 1	< 1	20

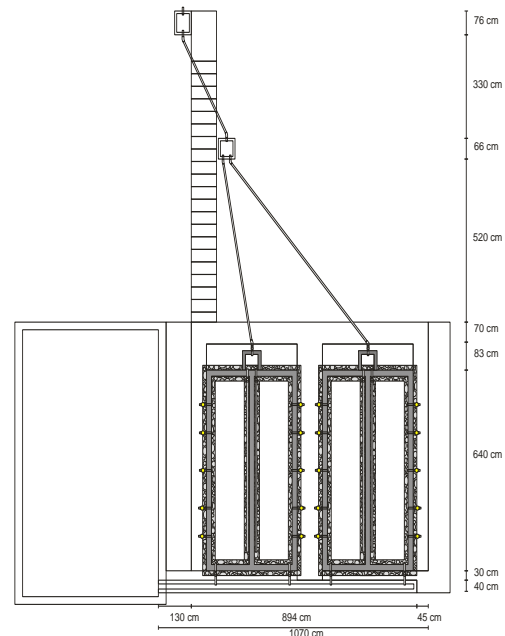
Sumber : Tebbutt, 2001

Pengembangan sistem pengelolaan air limbah skala perkotaan, pada umumnya telah mengaplikasikan proses pengolahan secara kimiawi maupun biologi. Namun, sistem tersebut belum mampu menyelesaikan seluruh permasalahan pencemaran air limbah. Pengembangan sistem pengolahan air limbah terpusat memang dapat mengurangi beban pencemaran di suatu kawasan. Namun, seringkali menimbulkan persoalan baru terhadap kawasan dihilirnya. Sanitasi Ekologis (*Ecological Sanitation*), akhir-akhir ini menjadi alternatif solusi terhadap persoalan tersebut. Sanitasi ekologis adalah suatu sistem sanitasi yang menempatkan air limbah sebagai sumberdaya yang dapat dimanfaatkan. Oleh karena itu, sanitasi ekologis telah dirancang sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan persoalan baru bagi kawasan dihilirnya, bahkan sebaliknya menyediakan manfaat baru dari pendaayagunaan sumberdaya terbarukan (Metcalf and Eddy, 2002). Sanitasi ekologis dapat diterapkan secara luas, jika telah dilakukan pemilihan material organik dengan tidak bercampur dengan limbah padat/sampah kering maka material organik tersebut dapat digunakan sebagai materi yang berguna (*recyclable*). *Grey water* dapat diolah menggunakan sistem biologi seperti *evatransportation bed* dan *constructed wetlands*. Prinsip dasar kolam Sanita mengolah limbah secara biologis ini adalah proses respirasi

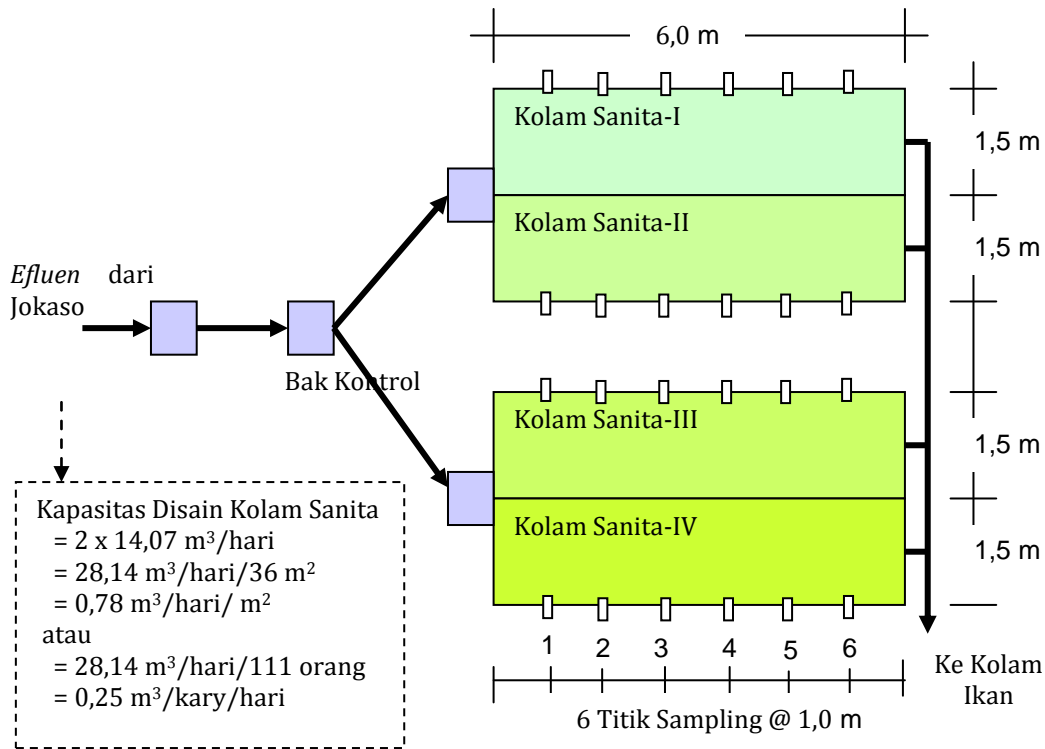
tanaman air (*hydrophyte*) yang mampu menghisap oksigen dari udara melalui daun, batang dan akar kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran tanaman.

Pusat Litbang Permukiman (2009, 2010) telah melakukan uji coba dengan hasil kualitas efluen telah memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan atau badan air. Namun, dari penelitian tersebut belum diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan (waktu detensi) untuk mengolah air limbah secara optimal, sehingga dalam perancangan akan dapat ditentukan dimensi kolam yang tepat dan tidak berlebihan. Selain itu, penelitian yang lalu belum dapat menjawab pertanyaan bagaimana hubungan antara waktu retensi dengan pola reduksi beban cemaran yang masuk ? dan bagaimana pengaruh variasi tanaman air terhadap efisiensi penurunan beban cemaran ? Untuk menjawab pertanyaan pertanyaan tersebut, telah dilakukan penelitian inovatif untuk mendapatkan model kolam Sanita yang optimum sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan teknik dan layak secara ekonomi.

Tulisan ini membahas karakteristik baku air limbah yang akan diperbaiki kualitasnya di kolam Sanita, korelasi antar parameter baku air limbah, pola perubahan kualitas air di kolam Sanita berdasarkan perubahan waktu retensi dan efisiensi serta perbaikan kelas mutu efluen kolam Sanita.



**Gambar 1** Denah Kolam Sanita



Gambar 2 Flow Diagram Kolam Sanita

**METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di kampus Pusat Litbang Permukiman di Cileunyi Bandung. Pemilihan lokasi penelitian ini didasarkan atas pertimbangan telah tersedianya benda uji, dan tersedianya laboratorium pengujian kualitas air.

Penelitian ini merupakan penelitian percobaan (*experimental research*) dengan memodifikasi benda uji skala lapangan yang telah ada di kampus Pusat Litbang Permukiman (gambar 1 dan gambar 2). Kolam Sanita yang ada digunakan sebagai benda uji. Kolam Sanita tersebut dibagi dalam 2 (dua) unit sistem pengolahan air limbah, dan setiap unit terdiri dari 2 (dua) kolam, sehingga seluruhnya terdapat 4 (empat) kolam uji. Setiap unit dialiri air limbah yang akan diolah sebesar 14,04 m<sup>3</sup>/hari atau debit pengaliran masing-masing kolam adalah 7,02 m<sup>3</sup>/hari.

Luas permukaan setiap kolam Sanita adalah 1,5 m x 6,0 m = 9 m<sup>2</sup>, sehingga disain beban permukaan benda uji kolam Sanita adalah 7,02 m<sup>3</sup>/hari : 9 m<sup>2</sup> = 1,76 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari.

Pada masing-masing bak dilengkapi dengan 6 (enam) pipa pengambil contoh air limbah hasil olahan.

Dengan enam titik sampling tersebut lama waktu retensi masing-masing titik adalah 1,65 jam, 3,30 jam, 4,95 jam, 6,60 jam, 8,25 jam dan 9,90 jam. Dengan demikian, terdapat 7 (tujuh) ruang permukaan dengan luas masing-masing 1,5 x 1,0 m = 1,5 m<sup>2</sup>.

Pada setiap kolam diisi media berbutir yang berfungsi sebagai media untuk tempat hidup dan berkembang biaknya bakteri. Tinggi atau ketebalan media berbutir yaitu kerikil pada masing-masing kolam adalah 56 cm (Kolam-1), 55 cm (Kolam-2), 58 cm (Kolam-3), dan 57 cm (Kolam-4). Ruang bebas (*free board*) masing-masing bak adalah 10 cm, sehingga kedalaman efektif masing-masing bak adalah 66 cm (Kolam-1), 65 cm (Kolam-2), 68 cm (Kolam-3), dan 67 cm (Kolam-4).

Pada kolam Sanita tersebut ditanami jenis tanaman yang berbeda dan ditanam secara seri. Kolam ke-1 ditanami 3 (tiga) jenis tanaman yaitu (i) Papirus mini, (ii) Melati Air dan (iii) Alicia dengan jumlah masing-masing 8 (delapan) buah. Kolam ke-2 juga ditanami 3 (tiga) jenis tanaman air yaitu (i) Kana Ungu, (ii) Papirus mini dan Alicia, tetapi dengan jumlah masing-masing 5 (lima) buah. Kolam ke-3 ditanami 4 (empat) jenis tanaman air yaitu (i) Kana Kuning, (ii) Soluna, (iii) Papirus Mini, dan (iv) Alicia dengan jumlah masing-masing 4 (empat) buah. Kolam ke-4 ditanami 5 (lima) jenis tanaman air yaitu (i) Kana Ungu, (ii) Bambu Air, (iii) Melati Air, (iv) Pakis Air, dan (v) Alicia, dengan jumlah masing-masing 3 (tiga) buah, secara ringkas pada tabel 2.

Pengambilan contoh air dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali yaitu pada tanggal 4 November 2010, 16 November 2010, dan 2 Desember 2010. Pengambilan contoh dilakukan di 4 (empat) kolam yang masing-masing mempunyai 7 (tujuh) titik sampling termasuk inlet, sehingga Jumlah contoh

air limbah yang diambil adalah 84 (delapan puluh empat) contoh. Parameter air limbah yang diperiksa dari setiap contoh tersebut adalah BOD, COD, TSS, pH, NH4, N, Phospat, Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Dengan demikian data parameter yang terkumpul menjadi 84 x 6 data = 504 data.

**Tabel 2** Data Kolam Sanita

Uraian	K-1	K-2	K-3	K-4
1 Panjang	6 m	6 m	6 m	6 m
2 Lebar	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m
3 Dalam	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m
4 Tinggi media	56 cm	55 cm	58 cm	57 cm
5 Tinggi free board	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
6 Tanaman				
Jenis	2	3	4	5
jumlah	@8bh	@5bh	@ 4 bh	@ 3 bh

Sumber : Penelitian Tim Pusat Litbang Permukiman, 2010

Analisis data kualitas air dilakukan dengan menggunakan tabel silang (*cros tab*) bertujuan untuk mengetahui hubungan antar parameter-parameter kualitas air dengan hasil pengujian serta standar yang ditetapkan, sedangkan hubungan antar parameter yang diamati, dilakukan dengan metode dan teknik regresi sederhana yaitu bertujuan untuk mengetahui hubungan antara 2 (dua) variabel yaitu variabel dependent (variabel yang dipengaruhi) dengan variabel independent (variabel yang mempengaruhi), apakah bersifat positif atau negatif. Perhitungan kuantitatif dilakukan dengan menggunakan paket program Excel MS-Word 2007. Interpretasi data dilakukan dengan mempelajari kesesuaian analisis dengan teori teori yang berhubungan dengan kualitas air. Sintesis dan penarikan kesimpulan dilakukan dengan membandingkan kualitas input air limbah dengan kualitas output hasil olahan yang dinyatakan dengan nilai komposit parameter yang diperiksa. Indeks kualitas yang menjelaskan angka komposit tersebut adalah akar kuadrat dari jumlah nilai hasil lab. Seluruh parameter yang diperiksa.

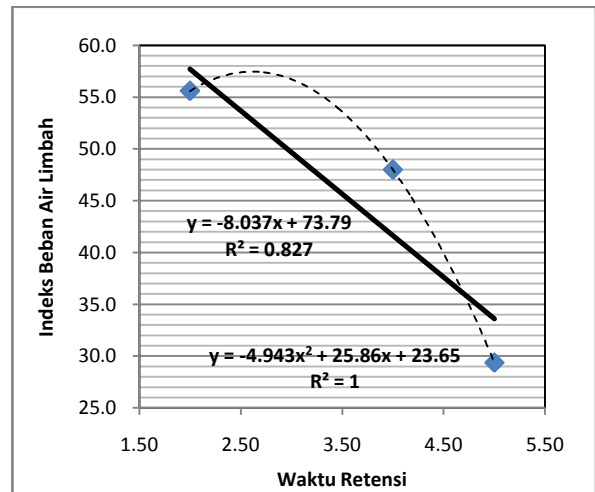
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Karakteristik air limbah yang akan diolah di kolam Sanita, dirangkum pada tabel 3.

Air limbah yang diolah dalam kolam Sanita adalah efluen dari IPAL Johkaso aerobik yang mengolah seluruh air limbah dari kamar mandi dan WC kampus Pusat Litbang Permukiman di Cileunyi Kabupaten Bandung.

Sebagaimana yang tertera pada tabel 2 tersebut, kualitas input air limbah ke kolam Sanita, secara keseluruhan belum memenuhi persyaratan untuk air baku air minum, tetapi sudah memenuhi persyaratan air untuk prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar,

peternakan, dan air untuk mengairi pertamanan. Demikian juga parameter BOD, NH4 dan Phospat belum memenuhi persyaratan untuk seluruh kelas baku mutu air. Parameter COD sudah memenuhi syarat untuk baku mutu kelas-3 dan kelas-4 yaitu untuk budidaya ikan air tawar, peternakan dan mengairi pertamanan. Unsur lainnya yaitu TSS dan N sudah memenuhi persyaratan untuk peruntukan seluruh kelas baku mutu air. Selain itu, efluen IPAL Johkaso yang menjadi input air limbah kolam Sanita berfluktuatif berdasarkan perubahan waktu pengukuran. Pada awal pengukuran beban masuk sebesar 29,37 skala indeks, dan meningkat menjadi 55,60 skala indeks atau meningkat 47,17%, kemudian menurun kembali menjadi 40,00 skala indeks atau penurunan sebesar 13,67%. Dengan fluktuasi demikian, maka selama satu bulan proses pengolahan air limbah (4 November - 02 Desember 2010) terdapat peningkatan beban input sebesar 38,8%. Perubahan beban air limbah tersebut, kemungkinan terkait dengan pola operasional kantor yaitu 5 (lima) hari bekerja dan 2 (dua) hari libur. Sementara itu berdasarkan tanggal pengukuran, waktu tinggal (retensi) air limbah di IPAL Johkaso untuk pengukuran tanggal 4 November adalah 5 (lima) hari, untuk pengukuran tanggal 16 November adalah 2 (dua) hari, dan untuk pengukuran tanggal 2 Desember adalah 4 (empat) hari. Hal tersebut membuktikan adanya hubungan antara waktu retensi dengan perubahan beban input pada kolam Sanita. Pola hubungan tersebut disajikan pada gambar 3.



Sumber : Hasil Analisa, November-Desember 2010

**Gambar 3** Hubungan antara Beban Air Limbah dengan Waktu Retensi  
Rumusan atau model matematis yang menyatakan hubungan linier antara beban air limbah dengan waktu retensi tersebut adalah sebagai berikut :

$$BAL = -8,037 WR + 73,79 \dots\dots\dots 1) \\ (R^2 = 0,827, r = 0,909)$$

$$BAL = -4,943WR^2 + 25,86WR + 25,65 \dots\dots\dots 2)$$

$$(R^2 = 1,000, r = 1,000)$$

Keterangan :

- BAL : Beban air limbah (skala indeks)
- WR : Waktu retensi (hari)
- R<sup>2</sup> : Koefisien determinasi
- r : Koefisien korelasi
- 73,79 : Konstanta model-1 (model regresi sederhana)
- 25,65 : Konstanta model-2 (model kuadrat)

Persamaan ke-1 adalah model regresi sederhana, sedangkan persamaan ke-2 adalah model polinomial atau model kuadrat, dengan catatan bahwa kedua model berlaku untuk waktu retensi antara 2,0 hari sampai dengan 5,0 hari dan beban air limbah antara 29,37 – 55,60 skala indeks.

Koefisien determinasi yang mendekati 1,0 mencerminkan tingkat probabilitas yang tinggi untuk memprediksi besarnya perubahan beban air limbah apabila waktu retensi berubah. Berdasarkan rumus 1 dan 2 tersebut diketahui bahwa setiap satu hari air limbah tinggal di dalam instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Johkaso, terjadi penurunan beban air limbah sebesar 8,037 skala indeks (model-1), dan 4,943 skala indeks (model-2). Ketelitian model-1 yang diukur dari selisih antara nilai observasi dengan nilai prediksi adalah 9,90% sedangkan ketelitian model-1 adalah 0,09% (lihat tabel 4).

**Tabel 4** Perbandingan antara Observasi dan Prediksi Beban Air Limbah

Model-1 (linier) BAL = -8,037* WR + 73,79	Reduksi-1	-8.037	-16.074	-24.111	-32.148	-40.185	-48.222
	WR	1	2	3	4	5	6
	BAL (Prediksi)	65.753	57.716	49.679	41.642	33.605	25.568
	BAL (Observasi)		55,6		48	29,37	
	Selisih		3,7%		-3,7%	29,5%	
	Rata-rata					9,9%	
	R2	0,827					
r	0,909						
Model-2 (Polinomial) BAL = -4,943 WR <sup>2</sup> + 25,86 WR + 25,65	Reduksi-2	-4.943	-19.772	33.093	24.352	5.725	
	BAL (Prediksi)	44.557	55.578	56.713	47.962	29.325	0,802
	BAL (Observasi)		55,6		48	29,4	
	Selisih		0,04%		0,08%	0,15%	
	Rata-rata					0,09%	

Indeks beban air limbah (BAL) adalah nilai komposit dari 7 (tujuh) parameter air limbah yang diukur. Nilai indeks tersebut diperoleh dari akar dari jumlah kuadrat parameter-parameter yang diukur, dan merupakan resultan dari seluruh beban yang terkandung pada ketujuh parameter yang diukur. Pola perubahan beban air limbah per satuan waktu untuk masing-masing parameter tidak sama. Kecenderungan perubahan beban air limbah untuk 4 (empat) parameter air limbah yaitu BOD, COD, TSS, dan N adalah sama dengan indek kompositnya (tabel 1). Tiga parameter lainnya yaitu pH, NH<sub>4</sub>, dan Phosphat cenderung berbeda dengan angka kompositnya. Hal tersebut memberi indikasi bahwa kecenderungan pola perubahan beban air limbah per satuan waktu dipengaruhi

oleh parameter-parameter BOD, COD, TSS, dan Nitrogen (N).

**Korelasi Antar Parameter Input Air Limbah**

Nilai beban cemaran masing-masing parameter air limbah yang diukur dan yang menjadi input kolam Sanita tidak sama (tabel-2). Parameter-parameter hubungan (korelasi) diantara parameter input beban air limbah kolam Sanita, dirangkum pada tabel 5.

**Tabel 5** Korelasi Parameter Input Air Limbah

	BOD	COD	TSS	NH <sub>4</sub>	N	PO <sub>4</sub>
BOD		0,9529	0,1095	0,6943	0,5235	0,9482
COD	0,9529		0,1949	0,8792	0,2429	0,8087
TSS	0,1095	0,1949		0,6387	0,9033	0,4183
NH <sub>4</sub>	0,6943	0,8792	0,6387		0,2470	0,4301
N	0,5235	0,2429	0,9033	0,2470		0,7668
PO <sub>4</sub>	0,9482	0,8087	0,4183	0,4301	0,7668	

Sumber : Hasil Analisa November-Desember 2010

Sebagaimana tertera pada tabel 3, parameter-parameter input kolam Sanita seluruhnya mempunyai hubungan (berkorelasi) positif atau menunjukkan arah yang sama. Parameter-parameter yang hubungannya (korelasinya) dinilai cukup kuat adalah parameter-parameter (i) BOD dengan COD, Phosphat dan NH<sub>4</sub> (ii) parameter COD dengan NH<sub>4</sub> dan Phosphat, (iii) TSS dengan NH<sub>4</sub> dan N, dan (iv) N dengan Phosphat. Sementara itu parameter-parameter yang hubungannya (korelasinya) dinilai lemah adalah parameter (i) TSS dengan BOD, COD, Phosphat, (ii) COD dengan N, (iii) NH<sub>4</sub> dengan N, dan (iv) NH<sub>4</sub> dengan N, dan Phosphat. Menurut Santoso, 2002, kekuatan dan kelemahan hubungan (korelasi) dapat dikenali dari besarnya angka korelasi yang nilainya ≥ 0,5 (kuat) dan nilainya < 0,5 (lemah). Hubungan positif tersebut memberi arti bahwa ketika satu parameter meningkat beban cemarannya, maka meningkat pula beban pencemaran parameter-parameter yang berkorelasi. Pada kasus contoh input air limbah kolam Sanita (tabel-1) terlihat bahwa peningkatan konsentrasi BOD pada pengukuran tanggal 16 November 2010 diikuti pula dengan peningkatan konsentrasi COD, Phosphat dan NH<sub>4</sub>. Demikian pula dengan peningkatan konsentrasi COD yang diikuti oleh peningkatan konsentrasi NH<sub>4</sub> dan Phosphat, Peningkatan konsentrasi parameter TSS diikuti peningkatan konsentrasi NH<sub>4</sub> dan N.

Peningkatan konsentrasi N diikuti peningkatan konsentrasi Phosphat. Peningkatan BOD dan COD sebenarnya diikuti pula oleh peningkatan TSS, tetapi nilainya tidak terlalu besar sehingga dikategorikan tidak signifikan.

Dengan mengetahui adanya hubungan tersebut, maka pada pengukuran lanjutan tidak seluruh parameter perlu dianalisis di laboratorium, tetapi hanya parameter-parameter tertentu saja. Parameter lainnya dapat diperkirakan perubahannya dengan memperhatikan kuat atau lemahnya hubungan dengan parameter lain yang diprediksi. Hal tersebut, selain dapat mempercepat pelaksanaan monitoring, juga dapat menghemat

biaya yang diperlukan untuk melakukan monitoring.

**Pola Perubahan Kualitas Air Limbah di Kolam Sanita**

Gambar 3, menyajikan hasil analisis perubahan konsentrasi beban pencemaran di kolam Sanita ke-1 pada setiap perubahan waktu retensi (*retention time atau detention time*).

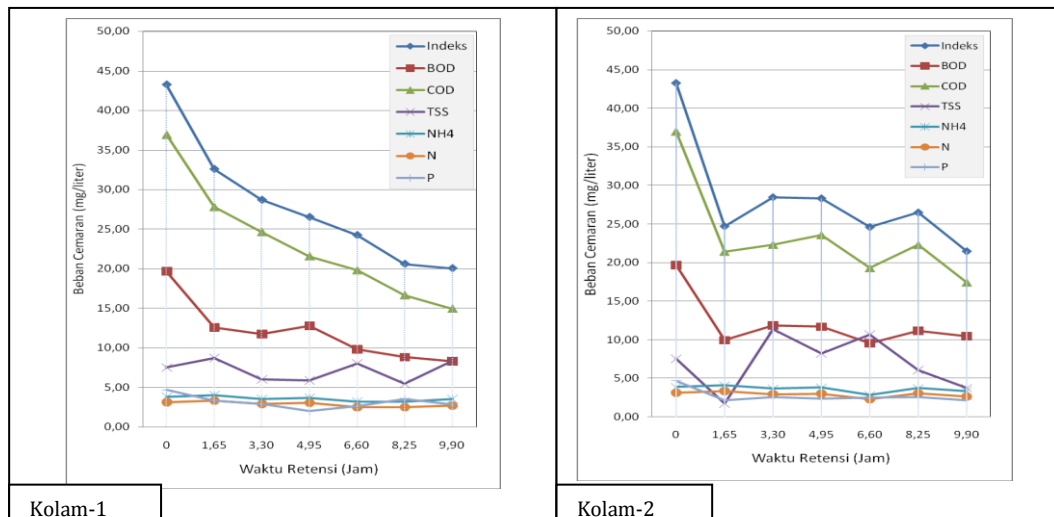
**Tabel 3** Input Beban Air Limbah Kolam Sanita

Tanggal Pengukuran	BOD	COD	TSS	pH	NH4	N	Phosphat	Indeks Beban Air Limbah
04-Nov'10	12,5	22	10	7,3	4	3,1	6,6	29,37
16-Nov'10	26,4	46,56	12	7,2	3,8	3,5	2,02	55,6
02-Des'10	20,1	42,3	0,5	7,7	3,7	2,8	5,4	48
Baku Mutu-1	2	10	50	06-Sep	0,5	10	0,2	52,01
Baku Mutu-2	3	25	50	06-Sep	0,002*)	10	0,2	56,87
Baku Mutu-3	6	50	400	06-Sep	0,002*)	20	1	403,65
Baku Mutu-4	12	100	400	05-Sep	0,002*)	20	5	413

Catatan : Q Air Limbah = 0,1667 liter/detik/Unit = 14,04 m<sup>3</sup>/hari/unit

\*) Untuk perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka <=0,002 mg/liter

Sumber : Hasil Analisa, November-Desember 2010



**Gambar 4** Pola Perubahan Kualitas Air Limbah di Kolam-1 dan Kolam-2 Sanita  
 Sumber : Hasil Analisa Tim Peneliti

Sebagaimana dapat dipelajari dari gambar 4 tersebut, terdapat penurunan beban cemaran air limbah seiring dengan peningkatan waktu retensi, Besarnya perbedaan (*gap*) antara nilai beban cemaran pada input (retensi = 0 jam) dengan output (retensi 9,90 jam) mencerminkan efisiensi kolam Sanita dalam memperbaiki kualitas air limbah yang masuk. Namun, besarnya perubahan pada masing-masing parameter air limbah tidak sama, bahkan pola perubahannya pun tidak sama pula. Pola penurunan BOD, COD, Phosphat dan NH4 pada kolam-1 dan kolam-2 mencerminkan adanya hubungan (korelasi) diantara parameter-parameter tersebut. Hubungan tersebut juga selaras dengan hubungan input air limbah ke

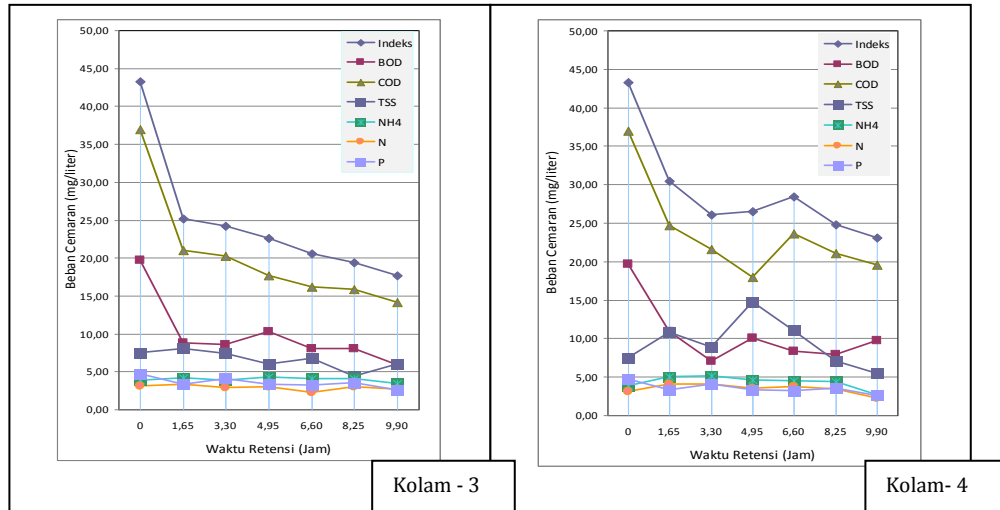
kolam Sanita. Hal itu berarti bahwa korelasi diantara parameter input air limbah ke kolam Sanita berpengaruh pula terhadap pola hubungan parameter selama proses pengolahan di kolam Sanita.

Pola perubahan kualitas air limbah di kolam-1 lebih teratur apabila dibandingkan dengan yang terjadi di kolam ke-2. Hal tersebut tampak jelas dari arah perubahan yang terjadi yang mendekati garis lurus. Sementara itu pada kolam-2 terjadi loncatan atau kenaikan pada beberapa titik pengamatan. Secara teoritis, dengan peningkatan waktu retensi, maka reduksi beban cemaran semakin besar sehingga perubahan kualitas air berlangsung secara konsisten mengikuti lamanya

waktu retensi. Beberapa kemungkinan yang menjadi penyebab tidak teraturnya pola perubahan kualitas air limbah tersebut antara lain adalah :

1) Pengaruh susunan jenis dan kerapatan tanaman yang berbeda di setiap kolam

2) Pengaruh cuaca diluar kolam seperti suhu, curah hujan, angin  
 3) Kesalahan manusia (*human error*) pada saat pengambilan contoh air limbah dari kolam.



Gambar 5 Pola Perubahan Kualitas Air Limbah di Kolam-3 dan Kolam-4 Sanita

Pada penelitian ini, seluruh kolam Sanita sudah ditanami dengan berbagai jenis tanaman, dengan struktur, jenis, dan jumlahnya pada setiap kolam berbeda.

Pola perilaku perubahan kualitas air limbah di kolam ke-3 relatif sama dengan pola perubahan di kolam-1, sedangkan pola perubahan kualitas air di kolam ke-4 relatif sama dengan perubahan di kolam-2 (gambar 5).

Kolam kontrol tanpa tanaman air, diperlukan untuk mengukur pengaruh tanaman terhadap perubahan kualitas air limbah yang terjadi di kolam yang ada tanamannya. Oleh karena itu kolam kontrol tersebut dapat berfungsi sebagai *base line*. Kerapatan tanaman diperkirakan dapat berpengaruh pada pengaliran air di dalam kolam. Kemungkinan adanya turbulensi di sekitar batang tanaman dan dekat dengan titik sampling dapat terjadi. Semakin rapat tanaman, semakin besar turbulensi aliran permukaan. Perubahan cuaca, dari panas ke hujan dan sebaliknya, kemungkinan berpengaruh pula pada pola aliran dan proses pengenceran air limbah didalam kolam. Air hujan yang masuk kedalam kolam dapat memperbesar debit pengaliran, dan bahkan kemungkinan besar dapat berpengaruh kehidupan bakteri yang menempel pada media kerikil. Akhirnya, teknik pengambilan sampel, juga diperkirakan dapat terjadi apabila pengambilan contoh air limbah dilakukan oleh operator, apalagi tidak disertai dengan pengawasan dan pengendalian yang memadai. Jawaban terhadap kemungkinan

kemungkinan tersebut hanya dapat diperoleh dengan melakukan penelitian lanjutan.

**Efisiensi dan Perbaikan Kelas Mutu Efluen Kolam Sanita**

Secara kasat mata, efisiensi pengolahan kolam Sanita, dapat diamati dari grafik pada gambar 4 dan gambar 5. Secara lebih terinci, nilai efisiensi pengolahan kolam Sanita, untuk masing-masing kolam percobaan Sanita dapat dipelajari dari hasil analisis yang dirangkum pada tabel 6.

Secara keseluruhan, efisiensi kolam Sanita ke-3 paling tinggi bila dibandingkan dengan kolam Sanita lainnya yaitu 59,10%. Kemudian, diikuti berturut turut oleh kolam Sanita ke-1 (53,7%), ke-2 (50,40%, dan ke-4 (46,6%). Namun, efisiensi pengolahan masing-masing parameter, tidak sama diantara ke-empat kolam Sanita tersebut. Efisiensi kolam Sanita ke-3 paling tinggi untuk parameter COD dan Phosphat, efisiensinya tetapi paling rendah untuk parameter BOD. Kolam-1 memiliki peringkat efisien ke-2 dalam mengolah seluruh parameter air limbah secara terintegrasi. Efisiensi kolam ke-1 Sanita, paling tinggi untuk menurunkan BOD, tetapi efisiensinya paling rendah dalam menurunkan TSS, NH4, N, dan Phosphat. Kolam ke-2 Sanita memiliki peringkat ke-3 dalam mengolah air limbah secara terintegrasi. Efisiensi kolam Sanita ke-3, paling tinggi untuk mereduksi TSS, dan Phosphat, dan efisiensi reduksi parameter lain tidak ada yang termasuk kategori rendah.

Efisiensi kolam Sanita ke-4 berada pada peringkat terendah dalam mengolah air limbah secara

terintegrasi. Tetapi, kolam Sanita ke-4 ini efisiensinya paling tinggi dalam mereduksi parameter NH<sub>4</sub> dan N. Efisiensi terendah dari kolam-4 Sanita adalah dalam mengolah parameter COD. Atas dasar fakta tersebut, maka masing-masing kolam Sanita memiliki keunggulan. Kolam-1 unggul dalam mereduksi BOD, kolam-2 unggul dalam mereduksi TSS, kolam-3 unggul dalam mereduksi COD, dan kolam-4 unggul dalam mereduksi NH<sub>4</sub> dan N. Fenomena tersebut, perlu diteliti lebih lanjut untuk menggali faktor penentu keunggulan masing-masing kolam dalam mereduksi parameter-parameter tersebut. Dengan efisiensi kolam Sanita antara 28,7% - 61,7%, maka parameter-parameter yang berubah kelas mutunya adalah (i) parameter BOD yang semula belum memenuhi standar semua kelas mutu air limbah menjadi memenuhi standar untuk kelas mutu air limbah ke-3 yaitu untuk kolam Sanita ke-3, dan kelas mutu air limbah ke-4 untuk efluen kolam Sanita ke-1, ke-2, dan ke-4, (ii) parameter COD yang semula telah memenuhi standar kelas mutu

air limbah ke-3, meningkat menjadi kelas mutu air limbah ke-2 untuk semua kolam Sanitasi percobaan. Tetapi kelas mutu air limbah untuk parameter Phosphat masih tetap sama yaitu kelas-4 meskipun beban pencemarannya telah berkurang dari 2,02-6,60 mg/liter menjadi 2,20-2,8 mg/liter. Parameter TSS, NH<sub>4</sub> dan N yang telah berada pada kelas mutu ke-1, masing-masing telah mengalami perbaikan beban pencemaran yaitu :

- 1) NH<sub>4</sub> dari sekitar 3,7-4,00 mg/liter menjadi 2,7-3,53 mg/liter,
- 2) N dari 2,8-3,1 mg/liter menjadi 2,23-2,73 mg/liter,
- 3) TSS dari 0,50-10,0 mg/liter menjadi 3,7-8,33 mg/liter. Adanya perubahan kelas mutu air limbah tersebut, maka efluen kolam Sanita, minimal dapat digunakan untuk mengairi pertamanan, budidaya ikan air tawar, prasarana dan sarana rekreasi air, bahkan untuk keperluan baku air minum, khususnya parameter TSS, NH<sub>4</sub>, dan N.

**Tabel 6** Efisiensi Pengolahan Kolam Sanita

Kolam	Indeks	BOD	COD	TSS	NH <sub>4</sub>	N	Phosphat
I	53,70%	<b>57,80%</b>	59,60%	-11,10%	7,80%	12,80%	40,10%
II	50,40%	46,90%	52,80%	<b>50,70%</b>	13,00%	16,00%	52,90%
III	<b>59,10%</b>	16,90%	<b>61,70%</b>	19,60%	16,00%	16,00%	<b>52,90%</b>
IV	46,60%	50,50%	47,10%	0,28	<b>28,70%</b>	<b>28,70%</b>	45,80%
Maks	59,10%	57,80%	61,70%	50,70%	28,70%	28,70%	52,90%
Min	46,60%	16,90%	47,10%	-11,10%	7,80%	12,80%	40,10%

Sumber : Hasil Perhitungan

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat dirumuskan dari hasil percobaan optimalisasi kolam Sanita untuk pengolahan akhir air limbah perkantoran adalah sebagai berikut :

1. Kolam Sanita mampu memperbaiki kualitas input air limbah yang semula tidak memenuhi standar semua kelas mutu air limbah Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 82 Tahun 2001; BOD = 12 mg/L, COD = 100 mg/L, TSS = 400 mg/L, NH<sub>3</sub>-N = 20 mg/L menjadi memenuhi standar mutu kelas -3 dan kelas -4.
2. Pola perbaikan kualitas air limbah berdasarkan perubahan waktu retensi di kolam ke-1 membutuhkan waktu retensi (td) minimal 9,98 ~ 10 jam; di kolam -2 membutuhkan waktu retensi (td) minimal 7 jam; di kolam - 3 membutuhkan waktu retensi (td) minimal 6,65 jam; di kolam - 4 membutuhkan waktu retensi (td) minimal 3,33 jam.

3. Optimalisasi kolam Sanita dalam pengolahan akhir air limbah domestik, tercapai ketika nutrient yang terdapat pada input kolam Sanita dipakai mengairi tanaman Kana Kuning, Soluna, Papyrus Mini, dan Alicia pada waktu retensi selama 9,90 jam. Hal tersebut terbukti dari peningkatan status mutu limbah olahan dari semula belum memenuhi syarat baku mutu menjadi memenuhi syarat untuk dikembalikan ke media lingkungan hidup.

## SARAN

1. Karena penelitian ini difokuskan pada pengaruh waktu retensi, maka kontribusi tanaman terhadap peningkatan efisiensi kolam Sanita belum dapat diukur. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengukur besarnya pengaruh tanaman terhadap perbaikan kualitas air limbah berdasarkan jenis, dan kerapatan tanaman.
2. Dalam upaya penanganan penyehatan lingkungan permukiman dengan berbagai alternatif pengolahan air limbah rumah tangga



perlu dikembangkan lebih lanjut agar diperoleh suatu model yang lebih efisien, murah dan mudah dalam pengoperasiannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anonim, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air.

Eriatno, 2003. Ilmu Sistem, Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen. Jilid Satu. IPB Press. 2003.

Ginting Nana T., 2008. Mitigasi dan Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Melalui Penerapan Teknologi Hijau. *Jurnal Permukiman Volume 3. Juli 2008 (129-136)*.

Hidayat R., Brahmana Simon, 2007. *Mengenal Lebih Dekat: Ekoteknologi sebagai Pengendali Pencemaran Air*. Badan Litbang PU. Jakarta.

[KLH], Kementerian Lingkungan Hidup, 2004. Himpunan Peraturan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Penegakan Hukum Lingkungan.

Medawaty Ida, 2009. Sanitasi Taman Salah Satu Alternatif Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Permukiman Volume 4 Nomor 1. 2009 (1-9)*.

Santoso S., 2002. Mengolah Data Statistik secara Profesional. PT Alex Media Komputindo. Jakarta.

Metcalf and Eddy, 2002. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition International Edition Mc Graw Hill. Boston-USA*.

AMPL, Maret 2010. *Pencemaran Sumber Air Tanah di Kota-kota Besar Indonesia*.