

PENERAPAN LAHAN BASAH BUATAN UNTUK MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK

Ami A. Meutia
Puslit Limnologi-LIPI
mizuno@idola.net.id

ABSTRAK

Lahan basah buatan adalah teknologi alternatif pengolahan air limbah yang potensial di Indonesia yang mana sangat banyak ditemukan lahan basah alami tetapi jarang dipergunakan. Lahan basah buatan masih kurang mendapat perhatian, sehingga jumlah penelitian mengenai hal ini di Indonesia dan negara-negara berkembang masih sangat sedikit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan lahan basah buatan dalam mengolah air limbah domestik asrama dan untuk mengetahui efisiensi dari sistem lahan basah ini yang dipadukan dengan kolam pembesaran ikan dan pertanian. Air limbah domestik asrama yang berasal dari kamar mandi dan septic tank dialirkan ke dalam kolam pertama yang berisi kerikil dan pasir dan ditanami dengan populasi campuran tumbuhan air seperti Typha sp, kangkung (Ipomea aquatica), eceng gondok (Eichornia crassipes), dan lain lain. Air mengalir dari dasar kolam, keluaran kolam terletak di dekat permukaan kolam. Setelah melalui kolam pertama, air limbah mengalir ke dalam kolam kedua yang berisi substrat yang sama dengan kolam pertama tetapi ditanami tumbuhan terapung Lemna minor dan Hydrilla. Air hasil pengolahan kemudian mengalir menuju klarifer yang memiliki tiga ruang untuk memisahkan sedimen yang halus dan air. Akhirnya air hasil olahan disimpan di dalam kolam yang berisi berbagai macam ikan seperti ikan nila (Tilapia sp.) dan lele (Clarias batrachus). Air dari kolam ikan digunakan untuk menyirami berbagai macam tanaman sayuran. Selama pengoperasian tahun pertama, beberapa macam parameter telah dimonitor untuk mengevaluasi efisiensi dari sistem tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan berdasarkan konsentrasi BOD (Biochemical Oxygen Demand) adalah sekitar 15-95%, COD (Chemical Oxygen Demand) 15-75%, dan TOC (Total Organic Carbon) 34-95%. Penyisihan total nitrogen (T-N) dan total fosfor (T-P) bervariasi masing-masing antara 10-73% dan 10-40%. Ikan tumbuh cukup baik dan hanya memerlukan waktu sekitar tiga sampai empat bulan untuk dipanen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lahan basah buatan cukup baik untuk mengolah air limbah domestik asrama dalam sistem terpadu.

ABSTRACT

Constructed wetland is a highly potential alternative technology in Indonesia where so many natural wetlands are found but constructed wetlands for treating wastewater rarely exist. However, constructed wetland has not had much attention paid to it so far, so the amount of research is quite small both in Indonesia and in other developing countries. The aim of this research is to examine the capability of constructed wetland to treat domestic wastewater and to investigate the efficiency of a wetland use system in which fish rearing and agriculture are integrated. Domestic wastewater from bathrooms and septic tanks flows into the first bed containing gravel and sand planted with a mixed population of aquatic plants such as Typha sp, Water Spinach (Ipomea), Water Hyacinth (Eichornia crassipes), etc. Water flows from the bottom of the bed. The outflow is located near the top of the bed. After the first bed, wastewater flows into a second bed containing the same substrate with the floating plants Lemna minor and Hydrilla. Treated water then flows into a clarifier with three chambers intended to separate the fine sediment and water. Finally, treated water is kept in a pond containing several kinds of fishes such as Tilapia sp., and Clarias batrachus. Water from the fishpond was used for watering several kinds of vegetables. During the first year of operation, several parameters were monitored in order to evaluate the efficiency of the system. The results showed that removal efficiencies based on a concentration of BOD₅ 15-95%, COD 15-75%, and TOC 34-95% were obtained. Total nitrogen (T-N) and phosphorus (T-P) removal varied between 10-73% and 10-40%, respectively. The fishes grew quite quickly and only three to four months passed until the harvest. The results showed that the constructed wetland is sufficiently capable to treat the domestic wastewater in the integrated system.

Kata Kunci: Lahan basah buatan, negara berkembang, air limbah domestik, aliran bawah permukaan, pengolahan air limbah.

PENDAHULUAN

Semua macam air limbah di Indonesia jarang diolah. Salah satu alasan adalah instalasi pengolahan air limbah sangat mahal. Baik air limbah domestik maupun industri dikeluarkan langsung tanpa pengolahan ke dalam badan air seperti sungai atau danau. Hal ini telah menyebabkan kerusakan lingkungan dan kesehatan masyarakat yang nyata. Air limbah domestik telah diolah

dengan baik di negara-negara maju menggunakan instalasi pengolah air limbah. Di Indonesia, instalasi pengolah air limbah perkotaan sangat jarang, dan terlebih lagi dipedesaan, fasilitas ini tidak pernah ditemukan. Walaupun demikian, untuk memulai pengolahan air limbah di kota tidaklah mudah karena keterbatasan lahan. Sedangkan di pedesaan tempat lahan berlimpah, pengolahan air limbah dapat dilaksanakan. Untuk menarik kesadaran masyarakat dan untuk mempersiapkan contoh yang baik bagi penerapan sistem pengolah air limbah yang sederhana, telah dibangun sistem pengolah air limbah domestik asrama Pondok Pesantren Arafah, Kabupaten Bandung.

Lahan basah buatan adalah teknologi alternatif yang potensial di Indonesia tempat banyak ditemukan lahan basah alami, tetapi lahan basah buatan untuk mengolah air limbah jarang ditemukan. Lahan basah buatan adalah teknologi sederhana yang murah, mudah dibangun dan dipelihara. Operasional dan perawatannya mudah (Martin dan Johnson, 1995). Teknologi ini cocok bagi negara berkembang tempat lahan dan sumber daya manusia relatif berlimpah sedangkan modal sedikit. Lahan basah buatan yang menggunakan mikroorganisma dan tanaman menjaga keanekaragaman hayati dan keindahan lahan basah. Walaupun demikian, sejauh ini lahan basah buatan belum mendapat banyak perhatian, sehingga jumlah hasil penelitian sangat sedikit baik di Indonesia maupun di negara-negara berkembang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan lahan basah buatan untuk mengolah air limbah domestik asrama dan untuk mengetahui efisiensi dari sistem lahan basah buatan ini yang dipadukan dengan kolam pembesaran ikan dan pertanian.

METODE

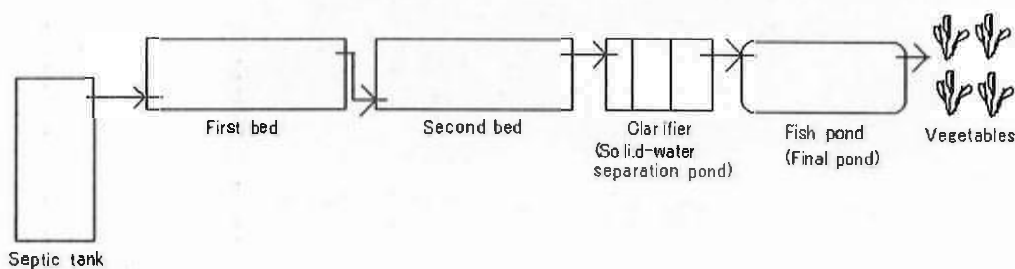
Gambaran Lokasi

Lahan basah buatan terletak di Pesantren Arafah, yang berada di sebuah bukit di Desa Muka Payung Kecamatan Cililin dekat bendungan Saguling, Jawa Barat. Lahan basah buatan mengolah air limbah dari asrama tempat tinggal siswa pesantren. Sumber air untuk memenuhi kebutuhan 200 orang santri diambil dari air tanah pada kedalaman 80 m. Pada musim kemarau, permukaan air tanah menurun sehingga menyulitkan untuk mendapatkan air, sehingga untuk menyeimbangkan air pada musim hujan, air harus di resirkulasi. Air hasil olahan lahan basah buatan kemudian dapat digunakan untuk pertanian.

Desain Sistem

Air limbah asrama berfluktuasi tergantung pada aktifitas pemakaian (mandi). Puncak aliran air limbah terjadi dua kali sehari antara pukul 5 sampai 7 pada pagi hari dan 4 sampai 6 pada sore hari pada saat santri-santri mandi. Maksimum aliran air limbah adalah 40 m³/hari. Air limbah mengalir pada level minimum tiga kali setahun, yaitu pada saat sekolah libur. Lahan basah buatan asrama terdiri dari *septic tank* berkapasitas 12 m³ sebagai pengolah pertama; kolam tumbuhan pertama yang

berukuran 2,5x3,7x0,8 m³; kolam tumbuhan kedua 2,5x3,1x0,8 m³; klarifer dengan tiga ruangan 0,80x1,85x0,8 m³ (kolam pemisah air dan padatan); dan kolam terakhir (3,1x3,8x1,22 m³), yang digunakan sebagai kolam pembesaran ikan. Tipe lahan basah buatan yang digunakan adalah beraliran bawah permukaan. Air limbah asrama yang berasal dari kamar mandi dan *septic tank* mengalir ke dalam kolam pertama yang berisi kerikil dan pasir dan ditanami dengan populasi campuran tanaman air seperti *Typha* sp., kangkung (*Pomae* sp.), eceng gondok (*Eichornia crassipes*), dan lain lain. (Gambar 1). Air mengalir dari bawah kolam, sedangkan keluaran terletak di bagian atas kolam. Setelah melalui kolam pertama, air limbah mengalir ke dalam Kolam kedua yang berisi substrat yang sama dengan kolam pertama tetapi berisi tanaman terapung *Lemna minor* dan *Hydrilla*. Air hasil pengolahan kemudian mengalir ke dalam klarifer dengan tiga ruangan untuk memisahkan padatan halus dan air. Akhirnya, air hasil olahan disimpan di kolam yang berisi berbagai jenis ikan seperti Nila (*Tilapia* sp.) dan Lele (*Clarias batracus*). Kolam berfungsi sebagai tempat pembesaran ikan-ikan tersebut. Air dari kolam ikan digunakan untuk mengairi beberapa macam tanaman sayuran. Selama tahun pertaman pengoperasian, beberapa parameter telah dimonitor untuk mengevaluasi efisiensi dari sistem.



Gambar 1. Diagram skema lahan basah buatan yang mengolah air limbah pesantren dikombinasikan dengan kolam ikan dan lahan pertanian

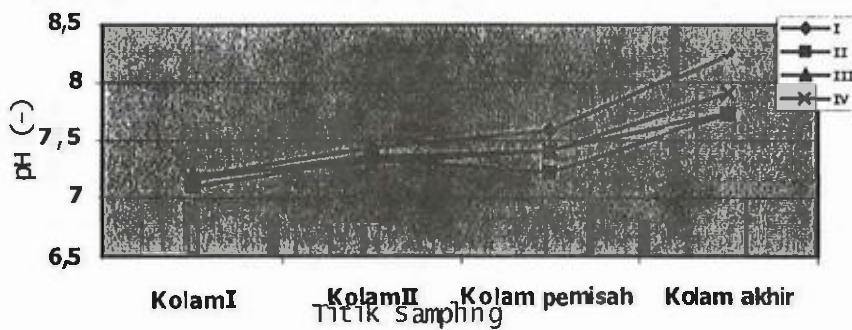
Pengambilan Contoh dan Analisis

Contoh air untuk analisis kualitas air diambil setiap bulan pada outlet kolam pertama dan kedua, kolam pemisah (*clarifier*), dan kolam akhir (kolam ikan). Karena kesulitan teknis, sampel air dari *septic tank* hanya dilakukan sekali saja. Oleh karena itu data dari *septic tank* tidak dimasukkan ke dalam grafik. Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) lima hari, COD (*Chemical Oxygen Demand*), TOC (*Total Organic Carbon*), NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, T-N, T-P, orthophosphate dilakukan sesuai dengan metoda yang tercantum di *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater* (APHA, 1995). Pengukuran lapangan dari parameter fisik seperti pH, suhu, oksigen terlarut (DO), kekeruhan (turbiditas), dan konduktivitas dilakukan setiap pengambilan contoh air, menggunakan *Water Quality Checker* (Horiba). Data yang diperoleh kemudian dirata-ratakan.

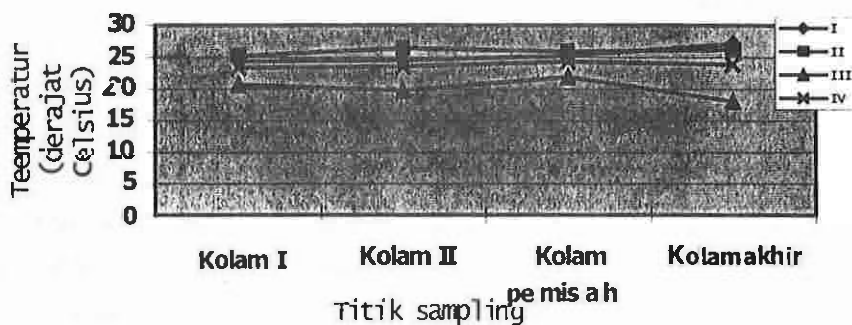
HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter fisik

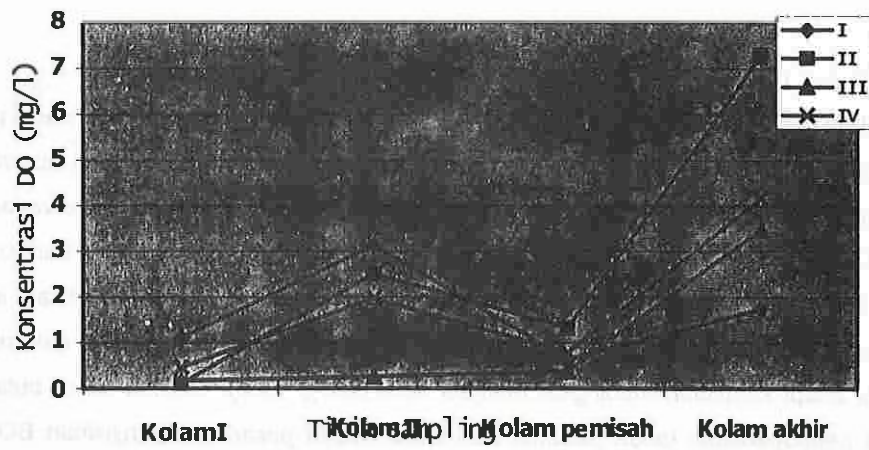
Kondisi pH air bervariasi antara 7,0 dan 8,5 di dalam lahan basah buatan, pH meningkat sesuai dengan aliran air dan terukur sekitar 8 pada kolam ikan (kolam terakhir). Suhu air di dalam kolam-kolam lahan basah berfluktuasi sepanjang tahun antar 18-28 °Celsius. Suhu mendekati 18° Celsius pada musim hujan, dan mendekati 28 °C pada musim kering. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) mendekati nol pada keluaran kolam pertama, berfluktuasi sepanjang lahan basah buatan dan meningkat pada kolam akhir (Gambar 4). Konduktivitas tinggi dikeluarkan kolam pertama (antara 2.5 dan 1.2 mS/cm) dan menurun di keluran kolam ikan menjadi sekitar 1.0 mS/cm (Gambar 5). Turbiditas tinggi (sekitar 60 sampai 360 NTU) terukur di keluaran kolam pertama menurun di dalam kolam pemisah (52~220 NTU) dan meningkat kembali di dalam kolam ikan karena tingginya kepadatan alga yang tumbuh dikolam ikan (52~330 NTU) (Gambar 6). Air yang berlumpur di dalam *septic tank* menjadi jernih di dalam kolam pemisah tetapi menjadi menghijau di kolam ikan.



Gambar 2. Kecenderungan pH pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.



Gambar 3. Kecenderungan temperatur pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.



Gambar 4. Kecenderungan konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.



Gambar 5. Kecenderungan konduktifitas pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren



Gambar 6. Kecenderungan turbiditas pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.

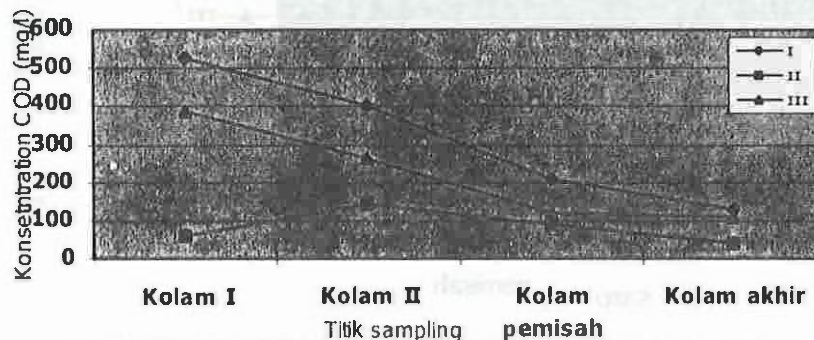
BOD lima hari, COD dan TOC

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi BOD lima hari bervariasi antara 29 dan 518 mg/l di keluaran kolam pertama, dan BOD disisihkan secara nyata pada setiap tahap dari keluaran kolam pertama sampai kolam akhir (Gambar 7). Konsentrasi BOD pada kolam akhir bervariasi sekitar 7 sampai 275 mg/l. Berdasarkan konsentrasi BOD, tingkat efisiensi penyisihannya berkisar antara 15~95%. Dibandingkan dengan hasil di sekolah dasar Lynnvale, hasil penelitian ini menunjukkan efisiensi BOD yang rendah. Di sekolah Lynnvale, dalam tiga bulan pertama, efisiensi penyisihan rendah, tetapi kemudian meningkat menjadi 90% (Terry, 1993). Selama enam bulan pengamatan pada pengoperasian tahun pertama dari lahan basah pesantren, penyisihan BOD masih berfluktuasi.



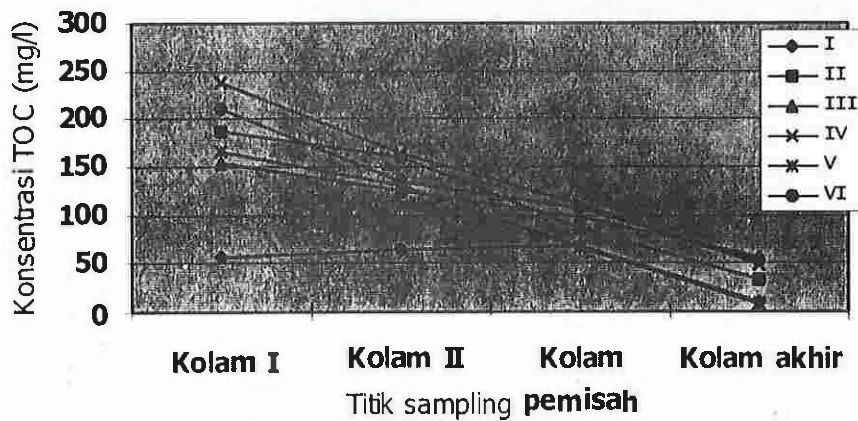
Gambar 7. Penyisihan BOD5 pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *influen* COD di *septic tank* berfluktuasi dari 50 sampai 500 mg/l. Gambar 8 menunjukkan COD menurun sampai kolam pemisah dan meningkat lagi sedikit di kolam ikan. Kenaikan COD menunjukkan bahwa terdapat sisa pakan di dalam kolam ikan. Di kolam akhir/ikan COD berkisar dari 42 sampai 260 mg/l. Keseluruhan efisiensi penyisihan yang diperoleh antara 15 ~75%.



Gambar 8. Penyisihan COD pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.

TOC yang terukur rata-rata 150 mg/l pada keluaran kolam pertama dan 48 mg/l pada kolam akhir. TOC disisihkan secara optimal sepanjang lahan basah buatan (Gambar 9). Efisiensi penyisihan berdasarkan konsentrasi TOC berkisar antara 34 sampai 95%.

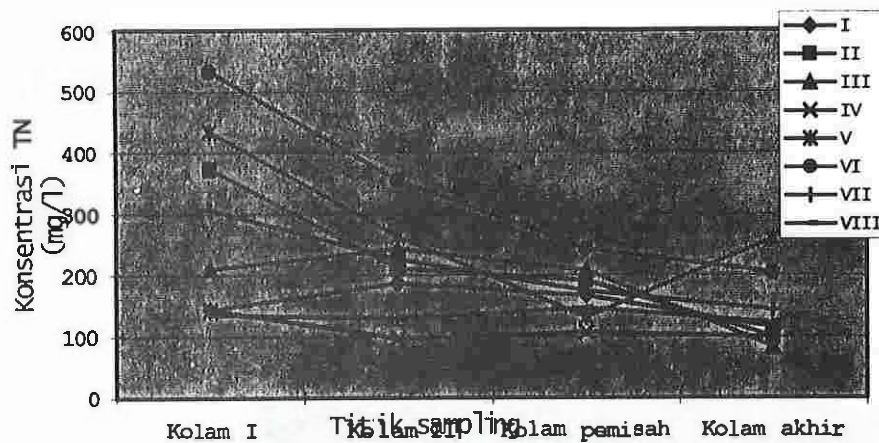


Gambar 9. Penyisihan TOC pada setiap tahapan lahan basah buatan pesantren.

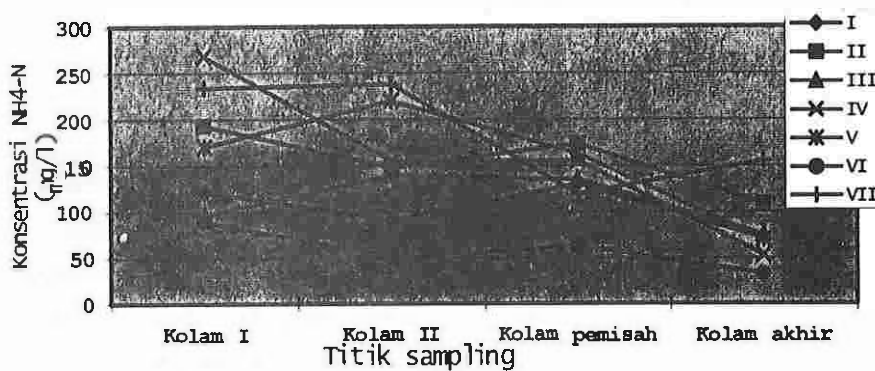
Walaupun BOD, COD, dan TOC disisihkan secara nyata, konsentrasi dari parameter ini pada kolam akhir masih diatas kualitas air baku. Hal ini karena kapasitas lahan basah buatan di pesantren ini masih terlalu kecil dibandingkan beban sehari-hari yang sesungguhnya. Lahan basah buatan di pesantren ini telah didesain untuk maksimum 12 m³/hari, tetapi kenyataannya beban mencapai 40 m³/hari. Rancangan pertama lahan basah buatan ini berdasarkan pengukuran harian dari air limbah yang dikeluarkan, tetapi karena perkembangan sekolah keluaran air limbah meningkat. Oleh karena itu pengembangan dari pengolah air limbah ini sangat diperlukan dengan menambah dua atau tiga kolam lahan basah buatan lagi.

Senyawa Nitrogen

Total Nitrogen (T-N) disisihkan secara nyata sepanjang lahan basah buatan pesantren sampai di kolam akhir (Gambar 10). Konsentrasi NH₄-N meningkat sedikit pada kolam kedua kemudian menurun dengan baik sampai kolam terakhir (Gambar 11). Efisiensi penyisihan berdasarkan konsentrasi untuk T-N dan NH₄-N masing-masing berkisar antara 10~73% dan 10~81%. Kebalikannya, konsentrasi nitrat dan nitrit meningkat dari keluaran kolam pertama sampai kolam ikan terakhir. Walaupun, dibandingkan dengan konsentrasi NH₄-N, konsentrasi ini masih sangat kecil. Kenyataan ini disebabkan oleh transformasi nitrogen yang optimal seperti proses nitrifikasi dan denitrifikasi di dalam lahan basah buatan.



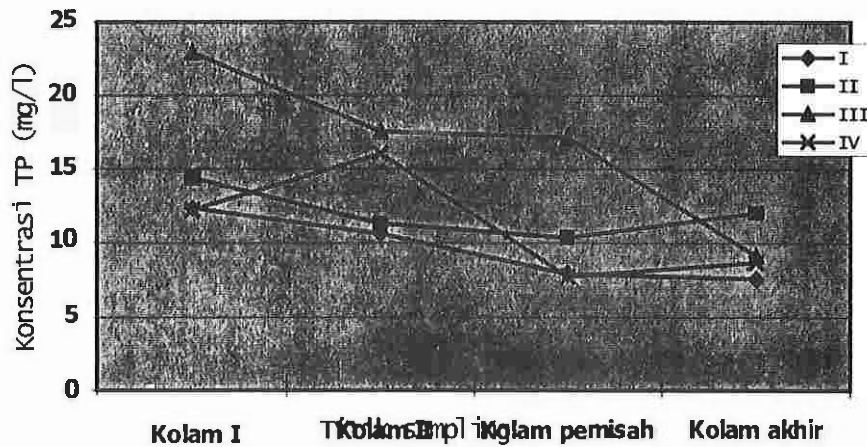
Gambar 10. Penyisihan TN pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.



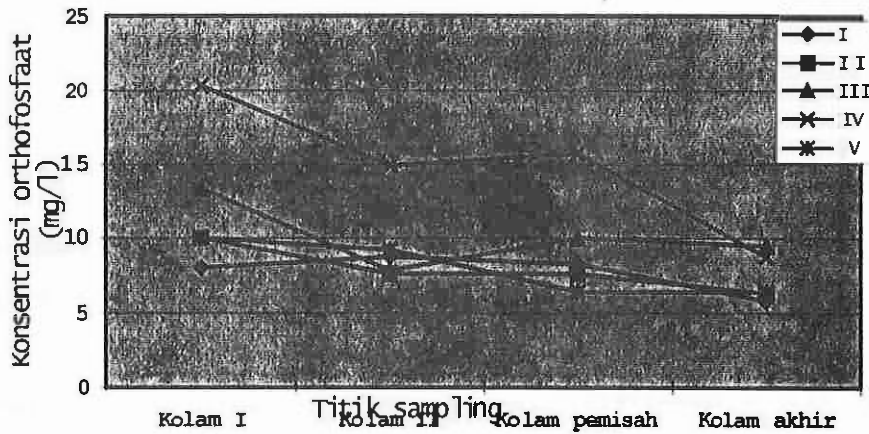
Gambar 11. Penyisihan NH4-N pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.

Fosfor

Konsentrasi total fosfor (T-P) dan orthofosfat menurun sedikit di lahan basah pesantren (Gambar 12 & 13). Efisiensi penyisihan senyawa fosfor rendah dibawah 50%, yaitu penyisihan T-P antara 10~40% dan 27~44% untuk orthofosfat. Penyisihan fosfor berlangsung melalui pengambilan oleh tanaman, immobilisasi, dan penyerapan oleh tanah (Hunt dan Poach, 2000). Tampaknya senyawa fosfor hampir semua disisihkan oleh sedimentasi di dalam media lahan basah. Karena ketidakcukupan luas permukaan lahan basah ini, maka penahanan senyawa fosfor juga terbatas.



Gambar 12. Penyisihan TP pada setiap tahap lahan basah buatan pesantren.



Gambar 13. Penyisihan orthofosfat pada setiap lahan basah buatan pesantren.

Sistem Kombinasi Lahan Basah Buatan

Hampir semua efisiensi penyisihan dari semua parameter sangat bervariasi di dalam lahan basah buatan. Karena perkembangan pesantren, beban air limbah meningkat dari 12 m³/hari menjadi 40 m³/hari. Hal ini berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan karena penyisihan dari parameter kualitas air bergantung pada konsentrasi dan waktu penahanan di dalam lahan basah. Walaupun hasil menunjukkan bahwa lahan basah buatan dapat mengolah air limbah pesantren dengan sistem terintegrasi, hasil akhir belum memenuhi standar kualitas air. Oleh karena itu lahan basah buatan perlu diperluas agar kualitas air memenuhi standar.

Pada kolam ikan akhir, semua ikan tumbuh cukup baik. Diperlukan waktu sekitar empat bulan untuk panen ikan. Walaupun demikian kita harus hati-hati untuk tidak memberi makan ikan secara berlebihan. Tanaman sayuran yang disiram dengan air kolam ikan tumbuh dengan baik. Siswa-siswi pesantren dapat mengkonsumsi hasil pertanian dan ikan yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan basah buatan dapat mengolah air limbah pesantren dalam sistem terintegrasi. Walaupun demikian, perluasan dari lahan basah disarankan untuk mendapatkan kualitas air yang baku. Efisiensi penyisihan dari semua parameter bervariasi sangat luas selama pengoperasian di tahun pertama.

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Syarif Mahmud dan Doding atas kerjasama dan bantuannya di lapangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada T. Suryono, E. Mulyana, dan Bajoeri untuk bantuannya di lapangan, serta kepada Y. Mardiyati, Sugiarti dan Nina untuk analisa kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 19th edn, American Public Health Ass./American Water Works Association/Water Environment Fed., Washington DC, USA.
- Martin C. D. and Johnson K. D. (1995). The use of extended aeration and in-series surface flow wetlands for landfill leachate treatment. *Wat. Sci. Tech.*, 32(3), 119-128.
- Terry, T. B. (1993). Constructed wetlands wastewater quality improvement at Lynnvale Elementary School. *Constructed wetlands for water quality improvement* (G. A. Moshiri ed.), Lewis Publishers, 535-540.
- Hunt, P. G. and M. E. Poach, 2000. State of the art for animal wastewater treatment in constructed wetlands. *Proc. 7th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control*, 29-36.