

KAJIAN PERBANDINGAN MODEL ALIRAN AIR LIMBAH DOMESTIK SECARA *UPFLOW* DAN *DOWNFLOW* PADA BIDANG EVAPOTRANSPIRASI

COMPARISON MODEL TO EVAPOTRANSPIRATION BED USING *UPFLOW* AND *DOWNFLOW* OF DOMESTIC WASTE

Aminatuz Zuhriah¹⁾ dan Sarwoko Mangkoediharjo¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS

email: sarwoko@enviro.its.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menggunakan limbah domestik dari effluen Instalasi Pengolahan Limbah Tinja (IPLT), Keputih. Variasi jenis tumbuhan yang digunakan, yaitu bayam cabut (*Amaranthus tricolor*) dan rumput paitan (*Axonopus compressus*). Pada aliran upflow nilai efisiensi penurunan BOD₅ 75,38 - 96,60 %, sedangkan aliran downflow sebesar 71,86 - 91,71 %. Untuk penurunan N-Total efisiensi pada aliran upflow sebesar 69,85 - 95,46 % dan pada aliran downflow sebesar 42,02 - 90,20 %. Sedangkan pada P-Total, efisiensi penurunan pada aliran upflow 87,84 - 96,72 % dan pada aliran downflow 83,92 - 91,78 %. Perbandingan jenis pengaliran dalam menurunkan konsentrasi air limbah menunjukkan bahwa aliran upflow dengan tumbuhan rumput paitan merupakan suatu kriteria desain bidang evapotranspirasi paling efektif dalam pengolahan limbah domestik.

Kata kunci : bidang evapotranspirasi, *downflow*, limbah domestik, *upflow*

Abstract

This research was using domestic waste from effluent of Sewage Treatment Plant (IPLT) Keputih. Variations of the plant for this experiment were spinach (*Amaranthus tricolor*) and grass (*Axonopus compressus*). The results of the research conclude the efficiency of waste water concentration removal for upflow and downflow type respectively. BOD₅ concentration removal efficiency are ranged 75,38 – 96,60 % for upflow and 71,86 – 91,71 % for downflow. Total N removal are 69,85 – 95,64 % and 42,02 – 90,20 % for upflow and downflow respectively, while total P removal are 87,84 – 96,72 % for upflow and 83,92 – 91,78 % for downflow. Comparison between types of flow in waste water concentration removal reveals that upflow reactor with *Axonopus compressus* is the most effective design criteria for domestic waste water treatment.

Keywords : domestic waste, downflow, evapotranspiration bed, upflow

1. PENDAHULUAN

Kehilangan uap air pada tanah terjadi dengan dua cara yaitu evaporasi air pada permukaan tanah dan transpirasi air pada permukaan daun, air tersebut diadsorpsi tumbuhan dan disalurkan ke daun-daun. Gabungan kedua kehilangan oleh dua proses tersebut disebut evapotranspirasi, yang menyebabkan hilangnya sebagian besar air tanah dalam keadaan normal di lapangan (Sutedjo dan Kartasapoetra, 2002).

Sistem evapotranspirasi menawarkan alternatif terhadap pengolahan limbah domestik (Anda dkk, 1999). Sistem evapotranspirasi telah dikembang-

kan di masyarakat, baik sebagai penelitian atau percontohan dan secara detail oleh para arsitek. Dengan menggunakan parit evapotranspirasi, efluen air limbah dapat digunakan kembali untuk revegetasi dan produksi makanan.

Sistem evapotranspirasi dapat didesain untuk pembuangan *blackwater* (air limbah domestik dari toilet dan sumber-sumber lain) atau *greywater* (air limbah domestik dari kamar mandi dan cucian). Untuk sistem yang didesain untuk *blackwater*, airnya harus terlebih dahulu dilewatkan pada 2 tangki septik sebelum dialirkan ke dalam parit evapotranspirasi. Parit evapotranspirasi digunakan untuk menggantikan fungsi saluran lindi, dengan keuntungan tam-

bahan yaitu airnya dapat dipakai untuk menyiram pohon.

Air limbah mengalir melalui pori-pori tanah, zat padat yang tersuspensi dipisahkan melalui proses filtrasi. Adapun kedalaman tempat terjadinya pemisahan zat padat tersuspensi tersebut bervariasi tergantung pada ukuran partikel yang terkandung didalamnya, tekstur tanah yang dilalui, dan kecepatan pengalirannya. Semakin besar kecepatan aliran hidrolisnya, semakin kasar teksturnya, semakin besar pula jarak yang dapat ditempuh oleh aliran partikelnya. Untuk zat padat yang berdegradasi besar akan terpisah pada permukaan media tanah dan untuk zat padat yang ukuran gradasinya lebih kecil termasuk bakteri akan terpisah pada ketebalan beberapa cm dari permukaan lapisan tanah. Konsentrasi zat padat tersuspensi yang berlebih dalam air limbah akan dapat menimbulkan penyumbatan pori-pori tanah dan sistem distribusi yang direncanakan.

Akumulasi Na akan mempengaruhi struktur tanah dan kecepatan perkolasi air limbah. Sedangkan P merupakan anion yang tertahan di dalam tanah dengan mekanisme primer merupakan pembentukan presipitat dalam bentuk zat padat terlarut maupun yang tidak terlarut. Adapun hubungan kation-kation utama dalam air limbah seperti Ca, Mg, dan K adalah penting. Saat ini rasio Na terhadap kation-kation lain seperti Ca, Mg sangat tinggi, sehingga Na cenderung mengganti kedudukan ion-ion Ca dan Mg pada partikel tanah tersebut akan berdampak pada terdispersinya partikel-partikel tanah dan mengakibatkan penurunan permeabilitas tanah.

Transformasi di dalam tanah yaitu pengurai zat organik dan asimilasi nutrisi dalam tanah. Transformasi tersebut terjadi secara biologis pada kedalaman beberapa sentimeter dari permukaan lapisan tanah, seperti pada bagian akar tanaman. Disamping itu, kehadiran oksigen di dalam tanah juga memberi pengaruh penting pada kecepatan dan proses degradasi air limbah. Dan tingkatan oksigen dalam tanah merupakan fungsi dari porositas tanah. Oksigen yang terdapat pada permukaan tanah akan terdifusi ke dalam lapisan tanah atau matrik air limbah dan karena pori-pori tanah pada umumnya lebih rendah dan berada dalam bentuk padat maka difusi oksigen ke dalam tanah berlangsung bertahap dengan kecepatan yang terbatas pula.

Sebagai hasil dari peruraian zat organik, elemen-elemen seperti N, P, dan S diubah dari bentuk organik menjadi bentuk anorganik, sedangkan banyaknya nutrisi-nutrisi yang mengandung mineral tersebut ini yang dapat diasimilasi oleh tanaman. Adapun proses nitrifikasi secara biologis di dalam tanah menghasilkan nitrat yang berasal dari N-Ammoniak dan organik dalam kondisi aerobik. Di bawah kondisi aerobik tersebut, senyawa nitrat tersebut kemudian direduksi menjadi gas N_2 (sebagai hasil proses denitrifikasi) dan laju penggunaan N ditentukan dari kesetimbangan N dalam sistem itu sendiri. Penghilangan N karena proses denitrifikasi dapat mencapai 50 % tergantung cara pengaturan reaktor alamnya.

Selain tanaman mempunyai kemampuan mengambil nutrisi yang terkandung dalam air limbah, ujung tanaman yang mempunyai kemampuan untuk mentransfer oksigen ke dalam tanah melalui proses pengambilan oksigen yang berada di atmosfer (kapasitas oksigenasi).

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan cara pengaliran air limbah yang menghasilkan pengolahan (efisiensi) optimum serta menentukan kriteria desain bidang evapotranspirasi dalam pengolahan air limbah domestik.

2. METODOLOGI

Reaktor yang digunakan menggunakan media tanah taman. Tanah yang telah siap ditambah air dengan syarat sedikit tergenang dan dibiarkan selama 24 jam sebelum digunakan. Setelah \pm 24 jam tanah siap ditanami.

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman bayam cabut (*Amaranthus tricolor*) dan tanaman rumput paitan (*Axonopus compressus*). Pemilihan kedua tanaman ini adalah bahwa keduanya sangat mudah didapatkan, penanamannya tidak sulit, membutuhkan banyak air dan sinar matahari yang cukup. Selain itu juga kedua tanaman ini dimaksudkan bahwa tanaman bayam cabut mewakili tanaman budidaya pertanian dan tanaman rumput paitan mewakili tanaman gulma yang dibudidayakan untuk pakan ternak dan pertamanan.

Sebelum dilakukan penelitian uji, dilakukan pembibitan tanaman dengan menyebarkan bibit pada pot penelitian. Kemudian setelah kira-kira tanaman telah mencapai pertumbuhan yang diharap-

kan, dipilih tanaman yang memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif sama dan baik (Kurniawan, 2002), yaitu memiliki ketinggian ± 5 cm, untuk bayam dan 2 tunas untuk rumput paitan. Jumlah bibit untuk masing-masing pot adalah 60 buah untuk bayam dan 40 buah untuk rumput paitan.

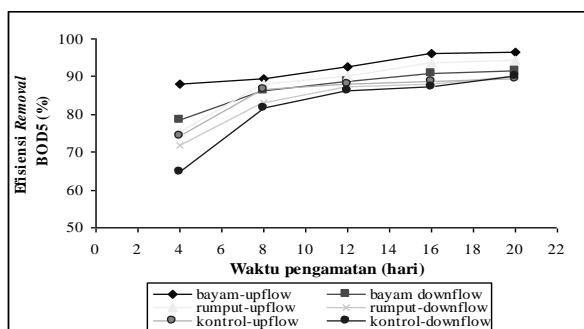
Media evapotranspirasi yang digunakan berjumlah 6 buah dengan 2 macam jenis tanaman dengan 2 variasi model aliran air limbah secara *upflow* dan *downflow*. Reaktor berupa bak plastik berbentuk bulat dengan diameter 45 cm dengan tinggi 25 cm. Influen berupa pipa yang dialirkan dari tandon air limbah yang diatur agar tekanan di masing-masing pipa konstan dan sama. Pengukuran volume effluen dilakukan setiap hari.

Air limbah domestik yang digunakan adalah air limbah yang berasal dari Instalasi Pengolahan Limbah Tinja (IPLT) Keputih. Pemilihan limbah ini didasarkan karena pertimbangan jaraknya yang dekat dengan lokasi penelitian dan ketersediaan volume air limbah dengan jumlah yang cukup besar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui perbaikan kualitas air limbah yang diakibatkan oleh perlakuan cara pengaliran air limbah dalam tanah baik secara *upflow* maupun *downflow* dilakukan analisis laboratorium pada effluen air limbah yang telah melewati bidang evapotranspirasi, kemudian dibandingkan dengan analisis awal kualitas influen air limbah.

Pengukuran parameter BOD₅²⁰ dilakukan untuk mengetahui kandungan bahan organik di dalam air limbah yang dapat dioksidasi oleh bakteri. Reaksi biologis BOD₅ dilakukan pada temperatur 20°C, selama 5 hari, yaitu sebagai oksigen yang digunakan selama oksidasi air limbah. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



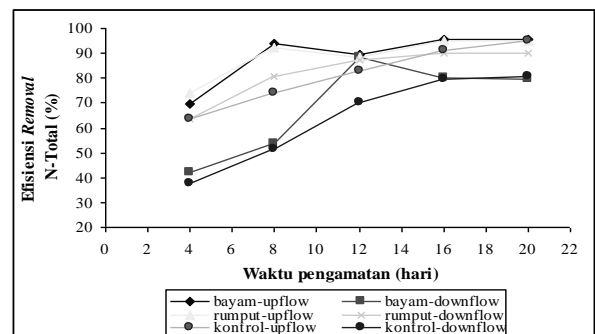
Gambar 1. Efisiensi Penyisihan BOD₅ (%)

Gambar 1 memperlihatkan nilai penurunan konsentrasi BOD₅ pada bayam cabut dengan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada waktu pengamatan hari ke-20, baik pada *upflow* maupun *downflow*, yaitu masing-masing sebesar 96,60% dan 91,71%. Sedangkan pada tanaman rumput paitan, nilai efisiensi tertinggi juga terjadi pada waktu pengamatan hari ke-20, yaitu 94,41% untuk aliran *upflow* dan 90,20% untuk aliran *downflow*.

Hasil pengamatan analisis penurunan konsentrasi BOD₅ pada effluen air limbah menunjukkan adanya kecenderungan meningkatnya nilai penurunan konsentrasi selama selang waktu pengamatan. Menurut Karnaningroem dkk (1999), konsentrasi zat organik (BOD₅) yang ada dalam limbah cair berturut-turut mengalami penurunan setelah melewati media tanah. Penurunan ini disebabkan karena proses oksidasi dan penguraian zat organik limbah IPLT, Keputih oleh mikroorganisme yang ada di dalam tanah dengan adanya oksidasi terdifusi didalam tanah (proses oksidasi dapat terjadi apabila terdapat kehadiran bakteri pengurai zat organik dan oksidasi yang cukup didalam tanah).

Tanah mengandung 1 sampai dengan 3 juta bakteri yang dapat menguraikan zat organik atau BOD₅, sedangkan kehadiran oksigen di dalam tanah berasal dari oksigen yang ada di atmosfer yang kemudian terdifusi masuk ke dalam tanah melalui pori-pori tanah.

Dalam air limbah nitrogen dijumpai dalam bentuk senyawa amonia (NH₃), Nitrit (NO₂⁻), dan nitrat (NO₃⁻). Senyawa nitrogen tersebut dalam keadaan terlarut dan tersuspensi. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap nilai N-Total yang dihitung berdasarkan pengamatan warna pada spektrofotometri pada panjang gelombang 410 nm. Gambar 2 menunjukkan efisiensi removal N-Total.



Gambar 2. Efisiensi Penyisihan N-Total (%)

Berdasarkan Gambar 2 tersebut efisiensi penurunan tertinggi untuk aliran *upflow* terjadi pada waktu pengamatan hari ke-20, yaitu sebesar 95,85%. Sedangkan untuk aliran *downflow* efisiensi tertinggi terjadi pada waktu pengamatan hari ke-12, yaitu sebesar 88,41% dan pada hari ke-16 dan ke-20 mengalami peningkatan konsentrasi lagi walaupun nilainya relatif rendah. Nilai efisiensi penurunan konsentrasi N-Total pada rumput paitan. Untuk aliran *upflow* dan *downflow* efisiensi tertinggi terjadi pada hari ke-16, masing-masing sebesar 95,15% dan 90,32%.

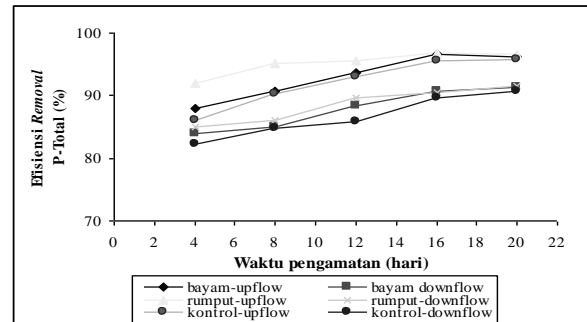
Sedangkan nilai efisiensi penurunan konsentrasi N-Total pada media tanah saja tanpa tumbuhan, efisiensi tertinggi terjadi pada aliran *upflow*, yaitu sebesar 94,82%, yang terjadi pada hari ke-20. sedangkan pada aliran *downflow* nilai efisiensi tertinggi pada hari ke-20 sebesar 80,43%.

Terjadinya kenaikan efisiensi penurunan konsentrasi N dalam effluen air limbah ini diduga disebabkan peningkatan akumulasi N dalam tanah akibat kecepatan akumulasi kandungan N organik dan anorganik lebih tinggi daripada kehilangan N akibat proses denitrifikasi oleh bakteri tanah. Denitrifikasi merupakan reduksi nitrat menjadi gas nitrogen dan lepas dari tanah, yang merupakan satu dari sebagian besar proses yang nyata dalam siklus nitrogen. Proses denitrifikasi ini dilakukan oleh organisme anaerobik fakultatif yang menggunakan nitrat untuk menggantikan oksigen dalam proses respirasi.

Perubahan konsentrasi N dalam tanah juga dipengaruhi oleh proses biologis lain, yaitu fiksasi N oleh bakteri tanah. Tetapi proses ini merupakan faktor yang tidak penting atau minor dalam siklus N. Terjadi penurunan kualitas effluen air limbah pada hari ke-12 dan meningkat lagi pada pengamatan hari ke-20 baik pada bayam cabut maupun rumput paitan. Hal ini dapat terjadi akibat kehilangan nitrogen dalam denitrifikasi oleh bakteri tanah.

Penurunan konsentrasi N dalam limbah, setelah melalui proses di dalam media tanah, diduga disamping karena proses penguapan amoniak, proses penyerapan oleh tanaman dan proses adsorpsi, juga adanya kehadiran oksigen dalam tanah. Konsentrasi unsur N dalam limbah cair mengalami penurunan akibat proses nitrifikasi dan menghasilkan nitrat yang kemudian akan direduksi menjadi gas N_2 (hasil dari proses denitrifikasi).

Dalam air limbah domestik, senyawa fosfor berasal dari bahan-bahan detergen dan air buangan penduduk yang berupa tinja dan sisa makanan (Arceivala, 1990). Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap penurunan konsentrasi P-Total yang terjadi pada bidang evapotranspirasi. Pada Gambar 3 menunjukkan efisiensi penurunan nilai kandungan P-Total yang terjadi pada tanaman uji baik secara *upflow* maupun *downflow*.



Gambar 3. Efisiensi Penyisihan P-Total (%)

Berdasarkan Gambar 3 efisiensi penurunan konsentrasi P-Total untuk bayam cabut sangat tinggi, yaitu diatas 85–97% dan relatif stabil. Pada aliran *upflow* dapat diketahui efisiensi penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada hari ke-16, yaitu sebesar 96,73%. Sedangkan untuk aliran *downflow* tingkat efisiensi tertinggi terjadi pada hari ke-20, sebesar 91,65%. Efisiensi nilai P-Total yang diserap oleh tanah, tanpa tumbuhan. Pada aliran *up-flow*, nilai efisiensi berkisar antara 91,43–96,68%. Efisiensi tertinggi terjadi pada hari ke-20. Sedangkan pada aliran *downflow*, nilai efisiensi berkisar antara 85,05–91,65%.

Dalam beberapa kali pengamatan laboratorium terhadap effluen air limbah pada bidang evapotranspirasi, didapatkan nilai konsentrasi P-Total relatif kecil bahkan hampir mendekati nol. Kandungan P yang relatif rendah pada air limbah disamping sifat fosfat yang sukar larut dan cenderung mengendap memungkinkan didapatkan prosentase akumulasi P yang relatif kecil bahkan nol di dalam tanah (Kurniawan, 2002).

Baik untuk bayam cabut maupun rumput paitan terlihat adanya peningkatan angka efisiensi penurunan konsentrasi P pada air limbah. Konsentrasi P pada air limbah mengalami penurunan disamping karena adanya penyerapan oleh tanaman juga dikarenakan P sebagai PO_4^- yang berupa anion ini selama berlangsungnya proses akan tertahan di dalam

lapisan tanah sebagai presipitat baik yang berasal dari terlarut maupun yang tidak terlarut (Mann, 1990, dalam Karnaningroem dkk, 1999).

Dari hasil ini dapat ditentukan kondisi optimum bidang evapotranspirasi dalam mengolah air limbah domestik. Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan penurunan yang nyata antara kedua macam jenis aliran tersebut dilakukan uji statistik dengan menggunakan uji T (T-Test) terhadap sampel bebas untuk menguji apakah rata-rata satu grup sampel berbeda nyata dengan satu grup lain.

Berdasarkan uji statistik terdapat nilai signifikan $< 0,05$, yaitu untuk konsentrasi N-Total sebesar 0,047 dan untuk konsentrasi P-Total sebesar 0,000; sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis aliran *upflow* tidak sama dengan aliran *downflow*. Dan berdasarkan interval kepercayaan, dapat disimpulkan pula jenis aliran *upflow* lebih efisien dalam mengolah limbah daripada jenis aliran *downflow*.

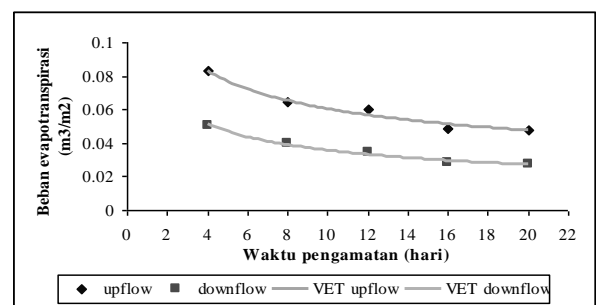
Aliran *upflow* memiliki tingkat penurunan yang lebih besar daripada aliran *downflow*, sehingga dapat diartikan bahwa kemampuan dalam mengolah limbah melalui bidang evapotranspirasi, aliran *upflow* lebih baik daripada aliran *downflow*. Hal ini diduga disebabkan karena aliran *upflow*, yaitu dengan mengalirkan air limbah dari bawah permukaan tanah (aliran ke atas) memiliki waktu yang lebih lama untuk mengalami proses-proses baik fisik, kimia maupun biologis di dalam tanah dan tanaman. Pada aliran *upflow*, partikulat-partikulat yang ada akan mengendap di bagian bawah sehingga memberikan kesempatan air limbah untuk mengalami proses kimiawi dan biologis di dalam tanah dan tumbuhan. Sehingga konsentrasi effluen air limbah yang ada telah tereduksi ketika keluar dari bidang evapotranspirasi.

Sedangkan pada aliran *downflow*, dimana air limbah dialirkan melalui permukaan tanah, kemudian meresap ke dalam dan menghasilkan effluen yang sepertinya hanya mengalami proses penyaringan melalui media tanah, meskipun juga mengalami proses-proses lainnya. Aliran *downflow* lebih memungkinkan terjadi proses fisik lebih banyak daripada proses kimia maupun biologis.

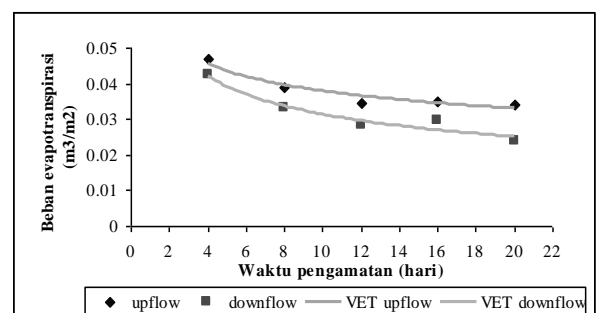
Pada parameter BOD_5 , bayam cabut memiliki kualitas perbaikan konsentrasi air limbah lebih baik daripada rumput paitan, baik untuk jenis aliran *upflow* maupun *downflow*. Sedangkan pada parameter

N-Total dan P-Total rumput paitan relatif lebih baik daripada bayam cabut dalam mengolah air limbah. Hal ini menurut Polprasert (1981), dalam Karnaningroem dkk (1999) menerangkan bahwa tanaman dari jenis yang dapat digunakan sebagai makanan ternak mempunyai kemampuan pengambilan nutrisi yang lebih baik daripada tanaman dari jenis biasa ditanam di ladang, diantaranya seperti jagung, kapas, tomat, dll. Dalam hal ini rumput paitan merupakan jenis tanaman yang dimanfaatkan sebagai makanan ternak, sedangkan bayam cabut adalah tergolong tanaman ladang.

Penelitian ini menggunakan dua media, yaitu tanah dan tumbuhan sebagai bidang evapotranspirasi untuk mengetahui kecepatan evapotranspirasi, yaitu volume air yang berkurang tiap luasan bidang evapotranspirasi ($m^3/m^2 \cdot hr$). Kecepatan evapotranspirasi untuk masing-masing reaktor dapat ditentukan dengan membandingkan beban evapotranspirasi dengan waktu pengamatan yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Perbandingan Beban Evapotranspirasi Dengan Waktu Pengamatan Pada Bayam Cabut



Gambar 5. Perbandingan Beban Evapotranspirasi dengan Waktu Pengamatan pada Rumput Paitan

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 dihasilkan kecepatan evapotranspirasi ($V_{ET} = m^3/m^2 \cdot hr$). Hasil pengamatan kecepatan evapotranspirasi pada me-

dia tanah dan tumbuhan yang terpapar air limbah menunjukkan adanya kecenderungan penurunan relatif kecepatan evapotranspirasi air limbah selama selang waktu pengamatan. Hal ini dimungkinkan karena adanya bahan organik serta beberapa senyawa garam anorganik yang terkandung dalam air limbah, yang merupakan bahan pengikat/perekat kemantapan agregat tanah (Rosiyana, 1997).

Kandungan limbah membantu penggumpalan partikel-partikel tanah. Agregat tanah yang mantap akan memperkecil pori tanah dan akan memperlambat pergerakan air dalam tanah. Sehingga kemampuan penyerapan air dan evapotranspirasi sebagai bentuk keseimbangan massa air akan berkurang akibat terhambatnya pergerakan air dalam media tanah.

Penyerapan nutrisi atau unsur hara oleh tumbuhan dari limbah domestik akan memperkaya unsur hara yang dibutuhkan. Hal ini mengakibatkan tanaman mengalami pertumbuhan dengan ditunjukkan adanya pertumbuhan tinggi tanaman. Tinggi tanaman seringkali digunakan sebagai parameter ukuran pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan (Sitompul dan Guritno, 1995).

4. KESIMPULAN

Jenis aliran air limbah berpengaruh terhadap efisiensi penurunan konsentrasi air limbah. Untuk pengolahan air limbah domestik ditemukan bahwa jenis pengaliran air limbah secara *upflow* lebih baik daripada secara *downflow* pada bidang evapotranspirasi. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD₅²⁰, N-Total dan P-Total untuk aliran *upflow* pada bayam cabut berturut-turut yaitu 87,94–96,60%, 69,85–95,46% dan 87,94–96,53%. Untuk rumput paitan berturut-turut yaitu 75,38–94,41%, 74,12–94,93% dan 91,93–96,72%. Sedangkan untuk tanpa tanaman berturut-turut yaitu 74,16–89,45%, 63,43–94,82% dan 86,10–95,69%. Sedangkan untuk aliran *downflow* efisiensi penurunan konsentrasi BOD₅²⁰, N-Total dan P-Total pada bayam cabut berturut-turut yaitu 78,67–91,71%, 42,02–79,41%, 83,92–91,78%. Untuk rumput paitan berturut-turut yaitu 71,86–90,20%, 63,43–90,20%, 85,05–91,64%. Sedangkan tanpa tanaman berturut-turut yaitu 64,82–90,20%, 37,73–80,43%, 82,26–90,67%.

Kriteria desain bidang evapotranspirasi yang ditentukan untuk mengolah karakteristik limbah pada penelitian ini yaitu jenis aliran *upflow* dan jenis tumbuhan rumput paitan (*Axonopus compressus*)

DAFTAR PUSTAKA

- Anda, M., Ho, G. dan Harris, C. (1999). **Evapotranspiration Systems for Domestic Wastewater Reuse In Remote Aboriginal Communities.** *Water Science & Technology*. Vol. 44. (6). Hal. 1–10.
- Arceivala, J. S. (1990). **Wastewater Treatment for Pollution Control.** Tata Mc GrawHill. New Delhi
- Karnaningroem, N., Slamet, A. Dan Boedisantoso, R. (1999). **Studi Pengaruh Penambahan Unsur Hara Terhadap Laju Pengurangan Kandungan Organik dari Limbah Industri Rumah Tangga Secara Biologis pada Tanaman Ladang.** Lembaga Penelitian ITS, Surabaya
- Kurniawan, M.A. (2002). **Pengaruh Konsentrasi Air Limbah Hotel Sheraton Surabaya Terhadap Pertumbuhan Relatif Daun Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor*) dan Mekanisme Reduksi Akibat Proses Evapotranspirasi.** Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Rosiyana, I. (1997). **Penentuan Media Tanah Sebagai Evapotranspirasi Beds dengan Tanaman Kana (*Canna sp*) dan Pacar Air (*Impatiens balsamina*) Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik.** Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Sitompul, S.M. dan Guritno, B. (1995). **Analisa Pertumbuhan Tanaman.** Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sutedjo, M.M dan Kartasapoetra A.G. (2002). **Pengantar Ilmu Tanah : Terbentuknya Tanah dan Tanah Pertanian.** Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.