

# PEMANFAATAN REAKTOR SISTEM ZONA AKAR UNTUK MENYISIHKAN PENCEMAR LIMBAH CAIR DOMESTIK DAN PENGARUHNYA PADA KETAHANAN PADI (*Oryza sativa.L*) TERHADAP PENYAKIT

## APPLICATION OF ROOT ZONE SYSTEM REACTOR TO REMOVING DOMESTIC WASTEWATER POLLUTANT AND ITS EFFECT ON RICE (*Oryza sativa. L*) TO THE BLAST RESISTANCE

Endry Nugroho Prasetyo<sup>1)</sup>, Nieke Karnaningroem<sup>1)</sup> dan Sri Nurhatika<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

<sup>2)</sup>Jurusan Biologi FMIPA-ITS

### Abstrak

Penelitian ini menggunakan sistem lahan basah pada *oryza sativa*. Variasi debit menggunakan 7,5 l/hari, 11,25 l/hari dan 15 l/hari dengan 2 kontrol. Pengukuran yang dilakukan yaitu BOD<sub>5</sub>, N-total, P-total, K-total, bakteri *coliform* dan persentase jumlah daun padi yang terinfeksi jamur tertentu. Influen reaktor menggunakan limbah cair dari *septic tank* rumah tangga. Dari hasil penelitian penurunan BOD<sub>5</sub> sampai 91,04% pada debit 11,25 l/hari (*Hydraulic Loading Rate* = 62,5 l/hari.m<sup>2</sup>) dan kandungan hara limbah untuk N 55,91% debit 11,25 l/hari, P sampai 99,61% pada debit 15 l/hari, K sampai 12,59% pada debit 11,25 l/hari serta bakteri *coliform* sampai 98,51% pada debit 7,5 l/hari.

Kata kunci : NPK, *oryza sativa*, septic tank, sistem lahan basah

### Abstract

This research used constructed wetland system. Flow rate variation used 7,5 l/day, 11,25 l/day and 15 l/day with 2 controls. The measurement was done to the concentration of BOD<sub>5</sub>, N-total, P-total, K-total, coliform and percentage of the rice leaves which were infected. Liquid wastewater from septic tank was used for reactor influent. The results showed decreases BOD<sub>5</sub> concentration 91,04% at flow rate 11,25 l/day (*Hydraulic Loading Rate* = 62,5 l/hari.m<sup>2</sup>) and the wastewater nutrient concentration for N 55,91% at flow rate 11,25 l/day, P 99,61% at flow rate 15 l/day, K 12,59% at flow rate 11,25 l/day and decreases coliform concentration 98,51% at flow rate 7,5 l/day.

Keywords : NPK, *Oryza sativa*, septic tank, constructed wetland

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknik pengolahan limbah cair domestik berlangsung dengan pesat. Penerapan pengolahan limbah cair domestik secara *recycling* belum banyak diterapkan, karena teknik ini rumit dan keuntungan yang diperoleh tidak dapat dilihat secara langsung. Oleh karena itu perlu diteliti pengolahan limbah cair domestik yang tidak rumit, mudah diaplikasikan, memberikan keuntungan dan ramah lingkungan.

*Constructed wetland system* merupakan metoda penyisihan limbah dengan memanfaatkan tanaman dan tanah sebagai penyisih beban organik dalam air limbah. Keuntungan penggunaan lahan untuk mengolah limbah yaitu biaya operasional yang mu-

rah, pengoperasian yang relatif mudah dan tingkat efisiensi penyisihan pencemar yang lebih besar dari 80%. Limbah yang digunakan dapat berfungsi sebagai tambahan hara, sehingga tanaman yang dihasilkan akan tumbuh dengan baik dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit (Mashauri dkk, 2000).

Pemanfaatan tanaman pangan untuk *constructed wetland system* jarang digunakan. Tanaman yang sering digunakan adalah tanaman liar atau tanaman yang tahan terhadap perubahan lingkungan yang besar, misalnya tanaman *Cattail* (*Thypha latifolia*) (Sudardjat, 1998). Semua tanaman air dapat digunakan untuk *constructed wetland system*.

Sistem pengolahan dengan memanfaatkan tanaman adalah sistem yang menggunakan zona akar tanam-

an yang membantu terciptanya kondisi penguraian aerobik dan anaerobik, karena pada akar terdapat populasi mikroorganisme yang berfungsi menguraikan materi dalam air limbah.

Untuk meneliti efisiensi pengolahan dari sistem reaktor zona akar perlu dilakukan studi yang berkaitan dengan komponen-komponen yang terlibat, yaitu limbah domestik, tanah, tanaman, reaktor dan mekanisme yang terjadi.

Tanaman air memiliki sistem akar rizoma yang mengandung saluran udara tebal tempat ujung akar rambut menggantung dan bercabang yang tumbuh vertikal ke atas dari rizoma. Oksigen dari udara diserap melalui daun diteruskan ke batang sampai ke akar. Akhirnya oksigen terpecah di ujung akar membentuk film tipis dengan ukuran kurang dari 1 mm mengelilingi akar. Penumpukan oksigen di daerah akar membantu pertumbuhan mikroorganisme aerob yang ada di dalam air. Mikroorganisme anaerob terdapat pada daerah yang kurang oksigen, yaitu daerah antara rambut-rambut akar. Simbiosis mutualisme antara tanaman dengan mikroorganisme air membantu proses pengolahan limbah (Nurachman, 1996).

Menurut Sudardjat (1998), untuk mendesain luas permukaan reaktor digunakan Persamaan 1.

$$Ah = 5,2 Q(\ln Co - \ln Ct) \quad (1)$$

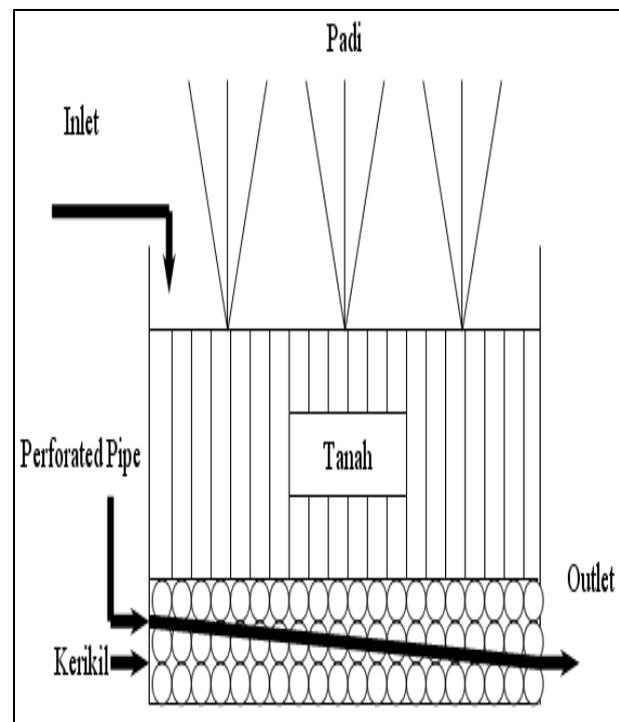
dimana: Ah = luas permukaan alat ( $m^2$ )  
 Q = debit rata-rata harian ( $m^3/detik$ )  
 Co = BOD rata-rata influen (mg/l)  
 Ct = BOD rata-rata efluen (mg/l)

Kedalaman tanah yang direkomendasikan untuk reaktor ini adalah 0,3048 m sampai 0,6096 m dan kemampuan akar padi dapat tumbuh sampai kedalaman 0,3 m. Sifat permeabilitas tanah pada sistem ini rendah, yaitu sekitar  $1,39 \times 10^{-4}$  cm/jam. Hal ini sesuai dengan tujuan utamanya untuk mengolah limbah di bagian atas tanah (Metcalf dan Eddy, 1991).

## 2. METODOLOGI

Sistem pengolahan zona akar didesain untuk pengaliran lambat (*slow rate*), sehingga tanah yang digunakan mempunyai permeabilitas yang cukup. Bak reaktor dibuat sebanyak 5 buah dengan bahan fiber, berukuran panjang 120 cm, lebar 50 cm, tinggi 60 cm dan dibagi menjadi dua kompartemen

yang terdiri dari zona tanah dan zona kerikil. Zona tanah ditanami padi sebanyak enam titik tanam dengan jarak yang sama dan zona kerikil letaknya paling bawah dari reaktor yang berfungsi untuk memudahkan keluarnya air dari reaktor. Pipa perforasi dipasang pada zona kerikil untuk aliran outlet air dari reaktor yang dapat dilihat pada Gambar 1. Tanah yang digunakan adalah tanah sawah di daerah Kelurahan Ketintang, Kodya Surabaya, Jawa Timur. Uji kondisi dan sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, ITS Surabaya. Tanaman yang digunakan adalah tanaman padi (*Oryza sativa. L*) varietas IR-64 dari pembibitan padi di Kecamatan Ketintang Kodya Surabaya. Limbah yang digunakan adalah limbah dari tangki septik rumah tangga di daerah Kelurahan Menanggal Kodya Surabaya. Debit yang digunakan adalah 7,5 l/hari, 11,25 l/hari dan 15 l/hari. Pengaliran dilakukan secara kontinyu dari bak penampung kemudian dialirkan secara gravitasi melalui pipa-pipa yang debitnya telah diatur sebelumnya. Reaktor ditempatkan di dalam rumah tanaman yang diberi atap plastik untuk menghindari masuknya air hujan ke dalam reaktor dan terpenuhinya intensitas cahaya bagi tanaman.



Gambar 1. Model Reaktor Penelitian

Pemeriksaan sifat fisik tanah dilakukan sebelum tanah dimasukkan ke dalam reaktor tanah. Kemudian tanah dimasukkan ke dalam reaktor dan dilakukan

penjenuhan terhadap air selama 14 hari. Keadaan jenuh tercapai bila permukaan air dalam tanah relatif konstan atau penurunan air sangat lambat. Tanaman padi ditanam pada reaktor yang telah jenuh, dengan 6 titik penanaman pada masing-masing reaktor. Masing-masing titik terdiri dari 3 bibit padi yang telah mencapai usia 21 hari. Aklimatisasi padi dalam reaktor dilakukan selama 14 hari sejak penanaman.

Pengambilan sampel dilakukan pada inlet dan outlet setiap hari selama 20 hari untuk setiap kelompok percobaan. Pengambilan sampel pada inlet dilakukan sebelum limbah dituangkan ke dalam reaktor yang telah ditanami padi yang sudah mencapai masa aklimatisasi. Pengambilan sampel pada outlet dilakukan dengan cara membuka kran outlet dari reaktor dan menampungnya dalam botol sampel. Pengamatan penyakit padi secara morfologi daun dilakukan setiap kali pengambilan sampel. Pengisolasian daun yang kemungkinan terkena penyakit dilakukan 2 hari sekali, karena waktu inkubasi jamur atau kapang yang bersifat patogen terhadap daun berlangsung sekitar 2 x 24 jam. Pemeriksaan parameter BOD<sub>5</sub>, kandungan N-total, P-total, konsentrasi *coliform* dan jumlah daun yang terinfeksi dilakukan saat pengambilan sampel pada zona inlet dan outlet.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah yang digunakan adalah limbah septik tank rumah tangga di Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan dengan karakteristik limbah seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik Limbah Awal

Parameter	Nilai
PV (mg/L)	450
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	400
N (mg/L)	158,25
P (mg/L)	0,01
K (mg/L)	127,5
pH	7,5
Temperatur (°C)	28

Dari karakteristik limbah yang digunakan dapat disimpulkan bahwa limbah yang digunakan tergolong dalam kategori kuat, yaitu BOD<sub>5</sub>>400 mg/L. Sedangkan pH air limbah berada pada selang pH netral, hal ini disebabkan karena adanya *buffer* air yang umumnya dimiliki oleh air buangan domestik. Air yang mengalir padi di sawah pH nya berkisar antara 7 sampai 7,5. sehingga dengan demikian air limbah tersebut telah memenuhi syarat untuk

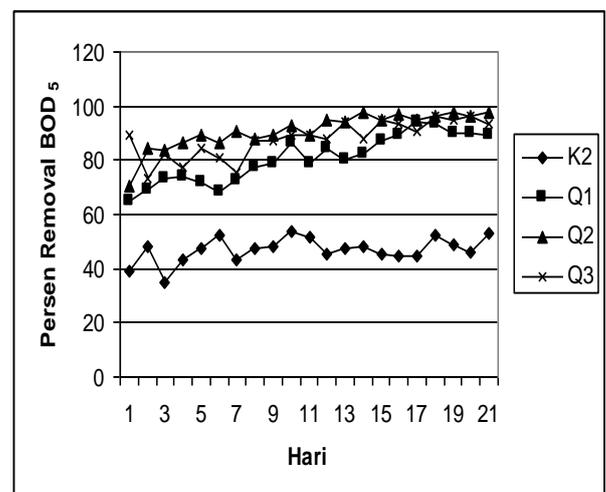
pertumbuhan padi. Demikian juga dengan temperatur 28<sup>0</sup>C, masih dalam batas yang diperbolehkan untuk pertumbuhan tanaman padi.

Pengoperasian reaktor dengan variasi debit 7,5 l/hari, 11,25 l/hari, 15,5 l/hari dan efeknya terhadap removal BOD<sub>5</sub> dapat dilihat dalam Tabel 2 dan Gambar 2. Pada Tabel 1 tampak bahwa pada debit 11,25 l/hari memiliki kemampuan removal BOD<sub>5</sub> terbesar yaitu 91,04% (HLR = 62,5 l/hari.m<sup>2</sup>), diikuti dengan debit 15 l/hari dan 7,5 l/hari. Debit kontrol K<sub>2</sub> memiliki BOD<sub>5</sub> removal terkecil yaitu 46,9%. Pada debit kontrol K<sub>2</sub> tidak memiliki removal yang tinggi karena tidak adanya suplai oksigen dari sistem zona akar. Mayoritas oksigen untuk penyisihan beban organik berasal dari tanaman padi, yang mengakibatkan terjadinya oksidasi zat organik oleh mikroorganisme secara aerob.

**Tabel 2.** Removal BOD<sub>5</sub>

Parameter	Debit (l/hari)			
	7,5	11,25	15	7,5*
Removal BOD <sub>5</sub> (%)	80,8	91,04	87,9	46,9
HLR (l/hari.m <sup>2</sup> )	41,67	62,5	83,33	62,5

\*) kontrol



**Gambar 2.** Removal BOD<sub>5</sub>

Pada Gambar 2 terlihat bahwa terjadi kecenderungan peningkatan removal BOD<sub>5</sub> pada semua variasi debit. Hal ini disebabkan terjadinya akumulasi senyawa organik termasuk mikroba yang membantu percepatan degradasi senyawa organik (Sudradjat, 1998).

Penurunan BOD<sub>5</sub> terjadi melalui proses biologi dan fisik. BOD<sub>5</sub> dalam bentuk padatan yang dapat mengendap dan dapat dihilangkan dengan proses sedimentasi. BOD<sub>5</sub> dalam bentuk koloid terlarut dihi-

langkah dengan proses biologi melalui bantuan aktivitas mikroorganisme, serta reaksi fisika dan kimia dalam sistem zona akar dan tanah.

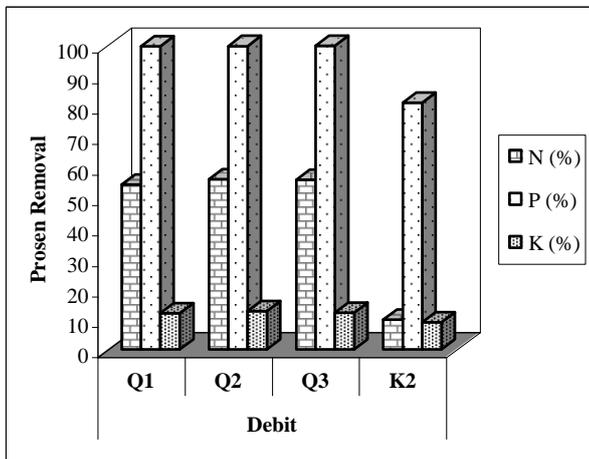
Removal yang lambat terlihat pada kontrol ( $K_2$ ), yang di dalamnya tidak terdapat sistem zona akar sebagai suplier oksigen untuk reaksi aerobik. Reaksi yang terjadi pada kontrol sebagian besar adalah reaksi anaerobik yang berlangsung lama.

Penurunan konsentrasi N, P dan K yang diindikasikan dengan removal unsur N, P dan K dalam air limbah dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3. Pada Tabel 3 tampak bahwa pada debit  $Q_2 = 11,25$  l/hari menunjukkan performa removal yang tertinggi yaitu 55,91 % untuk K, diikuti pada debit  $Q_3 = 15$  l/hari dan  $Q_1 = 7,5$  l/hari. Kelompok kontrol yang tidak memiliki vegetasi padi berada pada removal yang terendah sebagai akibat dari tidak adanya nitrifikasi yang optimal karena suplai oksigen dari akar padi tidak tersedia.

**Tabel 3.** Removal N, P dan K

Rata-Rata Removal	Debit (l/hari)			
	7,5	11,25	15	7,5*
N (%)	54,16	55,91	55,68	9,79
P (%)	99,46	99,57	99,61	81,04
K (%)	11,82	12,59	12,05	8,95

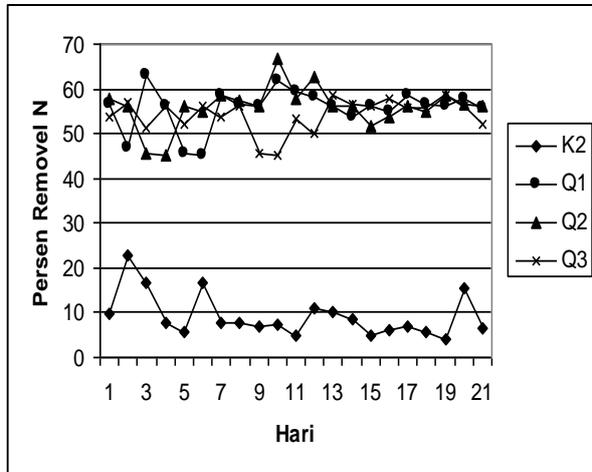
\*) kontrol



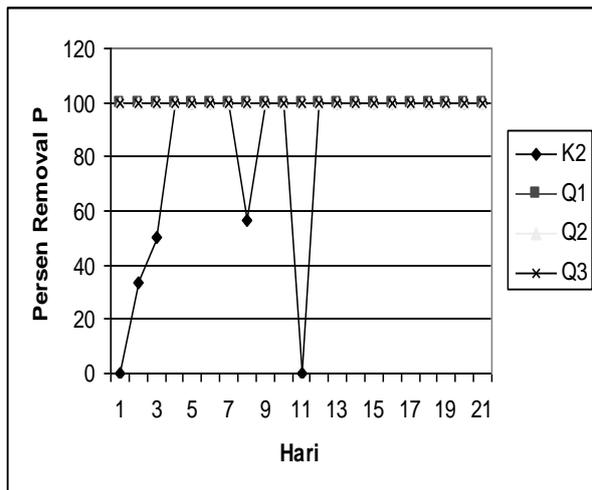
**Gambar 3.** Removal N, P dan K pada Setiap Debit Penelitian

Berdasarkan analisis dari grafik *Time Series* yang ditunjukkan dalam Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 terjadi kecenderungan peningkatan removal berdasarkan waktu dalam semua unsur hara N, P dan K limbah pada ketiga macam debit (7,5; 11,25; 15 l/hari). Hal ini disebabkan penyerapan oleh tumbuhan terhadap unsur hara semakin besar berdasarkan waktu, sebagai akibat pertumbuhan dari

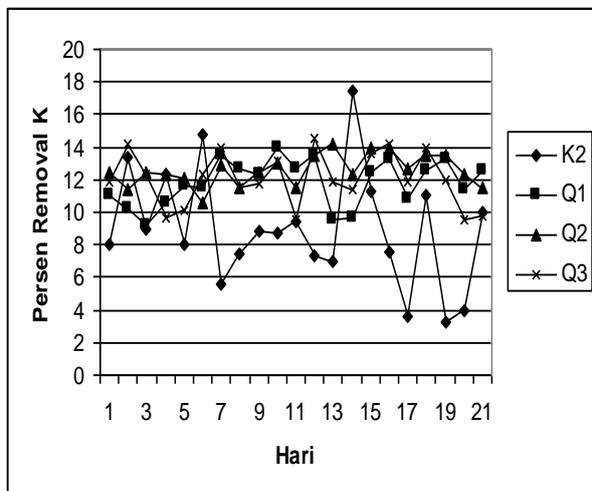
tanaman padi (Salisbury dan Ross, 1992). Semakin besar pertumbuhan yang terjadi maka kebutuhan akan unsur hara juga semakin besar.



**Gambar 4.** Removal N



**Gambar 5.** Removal P



**Gambar 6.** Removal K

Pada kontrol ( $K_2$ ) tidak terlihat adanya kecenderungan peningkatan removal, karena pada kontrol tersebut tidak ada tanaman padi yang berfungsi menyerap unsur hara. Perubahan N, P dan K menjadi senyawa lain pada kontrol ( $K_2$ ) ini hanya disebabkan faktor-faktor fisik yaitu temperatur, karakteristik komponen tanah, pH, perbandingan tanah dengan larutan dan kondisi reduksi oksidasi.

Nilai pH efluen berada pada selang netral yaitu 7,6, menunjukkan bahwa adanya aktivitas bakteri aerob dalam mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat, sehingga dapat diketahui bahwa suplai oksigen pada reaktor terpenuhi dengan baik (Polprasert, 1989). Suplai oksigen yang cukup tersebut salah satunya berasal dari aktivitas fotosintesis tanaman padi yang menghasilkan oksigen yang ditranspor melalui pembuluh batang padi yang kemudian didifusikan keluar melalui akar padi (Salisbury dan Ross, 1992).

Suhu efluen lebih rendah daripada suhu influen disebabkan permukaan reaktor terdedah secara langsung oleh radiasi sinar matahari sehingga suhu permukaan reaktor menjadi lebih tinggi daripada suhu di bawah reaktor.

Penurunan konsentrasi *coliform* pada air limbah diinterpretasikan dengan removal dari konsentrasi bakteri *coliform*, terlihat di Tabel 4.

**Tabel 4.** Removal Konsentrasi Bakteri *Coliform*

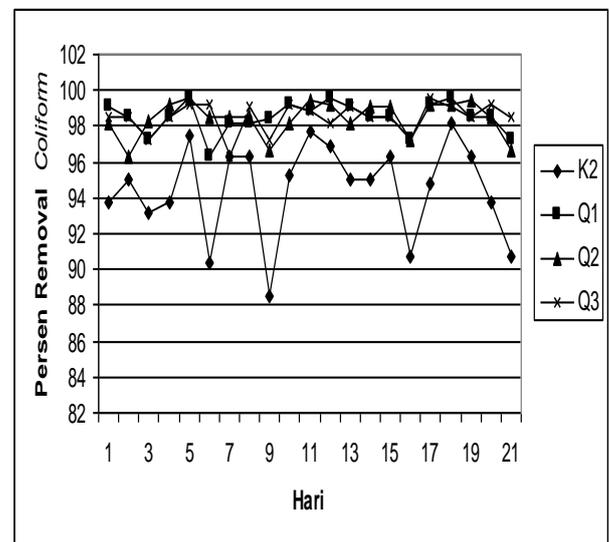
Rata-Rata Removal	Debit (l/hari)			
	7,5	11,25	15	7,5*
<i>Coliform</i> (%)	98,51	98,37	98,47	98,53

\*) kontrol

Pada Tabel 4 dapat diamati bahwa pada debit 7,5 l/detik memiliki removal terhadap konsentrasi bakteri *coliform* tertinggi (98,51%), tetapi perbedaan dengan debit lain tidak terlalu besar. Hal ini disebabkan proses penyisihan bakteri *coliform* dilakukan melalui proses dekomposisi secara kimiawi oleh radiasi sinar UV serta proses oksidasi dan reduksi. Selain itu, proses kematian alami, baik secara kompetisi maupun karena ketidaksesuaian dengan lingkungan mengakibatkan removal terhadap bakteri *coliform* menjadi tinggi. Proses penyisihan sekunder dilakukan sejalan dengan kebutuhan tanaman akan zat organik untuk metabolisme atau karena tanaman mengeluarkan hasil metabolisme yang toksik bagi perkembangan bakteri tersebut (Sudradjat, 1998).

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pada kontrol ( $K_2$ ) memiliki removal terendah yaitu 94,53 %. Hal ini sangat wajar karena penyisihan bakteri *coliform* pada kontrol ( $K_2$ ) hanya mengandalkan proses fisika tanah berupa filtrasi butiran tanah serta proses dekomposisi secara kimiawi.

Kecenderungan performa reaktor berdasarkan waktu dari proses penyisihan bakteri *coliform* dapat diamati pada Gambar 7. Pada Gambar 7 tampak bahwa penyisihan bakteri *coliform* berdasarkan waktu cenderung tetap untuk semua kelompok percobaan. Hal ini dikarenakan proses tersebut dapat bertambah performanya bila faktor fisiknya ditambah, misalnya media berbutirnya diganti dengan ukuran yang lebih kecil (Sudradjat, 1998).



**Gambar 7.** Removal *Coliform*

Jamur patogen yang berhasil ditemukan pada daun padi terdiri dari dua jenis yaitu *Pyricularia oryzae* dan *Helminthosporium oryzae*. Hal ini ditandai dengan penampakan morfologi daun yang berbentuk masing-masing adalah bentuk belah ketupat dan bercak-bercak berwarna coklat. Kedua jamur ini diduga berasal dari bibit persemaian, sebab menurut Harahap dan Tjahyono (2000) jamur ini menginfeksi sejak padi masih berada dalam masa persemaian.

Kedua jamur ini dapat menyerang tanaman padi apabila tanah yang digunakan kekurangan unsur N dan K. Disamping itu kedua jamur di atas sangat mudah menyerang tanaman padi yang berdekatan dalam jangka waktu yang sangat cepat, sebab sporanya sangat kuat. Apabila infeksi oleh jamur *Pyricularia oryzae* dan *Helminthosporium oryzae* se-

makin parah akan menyebabkan kebusukan pada batang, yang akhirnya dapat membunuh padi yang terinfeksi.

Pengaruh pemberian limbah pada ketahanan padi terhadap penyakit tertera di Tabel 5.

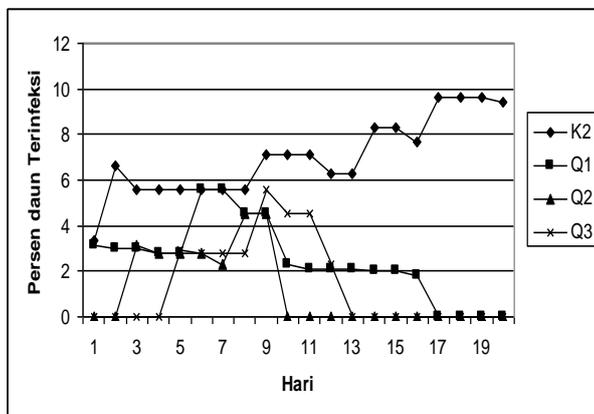
**Tabel 5.** Rata-Rata Jumlah Daun Terinfeksi

Rata- Rata Daun Terinfeksi	Debit (l/hari)			
	7,5	11,25	15	7,5*
Jumlah (%)	2,34	1,08	1,34	7,11

\*) kontrol

Pada Tabel 5 tampak bahwa persentase terkecil untuk jumlah daun terinfeksi terdapat pada debit 11,25 l/hari, berarti pada debit 11,25 l/hari paling tahan terhadap hama, dan berturut-turut pada debit 15 l/hari yaitu terinfeksi sebesar 1,34%, 7,5 l/hari yaitu terinfeksi sebesar 2,34%. Pada kontrol (K<sub>1</sub>) daun terinfeksi mencapai 7,11%. Daun terinfeksi yang kecil berkorelasi dengan penyerapan unsur hara yang cukup bagi padi. Kontrol tidak diberikan tambahan hara berupa limbah, sehingga menyebabkan defisiensi awal terhadap unsur hara yang berakibat tanaman padi mudah terserang penyakit.

Gambar 8 menunjukkan prosentase daun yang terinfeksi untuk tiap-tiap debit variasi.



**Gambar 8.** Daun yang Terinfeksi

Gambar 8 terlihat kecenderungan penambahan limbah terus menerus pada masa pertumbuhan aktif dari padi menyebabkan ketahanan padi semakin baik, sehingga pada hari ke 15 telah terjadi pengurangan infeksi jamur patogen.

Fenomena lain dari reaktor adalah ditemukannya populasi hewan invertebrata (*Achatina, sp*) yang hidup pada reaktor. Hal ini kemungkinan disebabkan telur hewan yang terbawa oleh akar padi pada saat persemaian.

#### 4. KESIMPULAN

*Hydraulic Loading Rate* yang terbaik pada sistem reaktor zona akar padi adalah sebesar 62,5 l/hari-m<sup>2</sup>, dibuktikan dengan removal yang terbesar pada seluruh parameter yaitu BOD<sub>5</sub>, N, P dan K. Reaktor sistem zona akar dapat mengurangi jumlah bakteri patogen pada limbah, sebagai akibat proses fisis yang terjadi dalam reaktor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, I.S. dan Tjahyono, B. (2000). **Pengendalian Hama Penyakit Padi**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Mashauri, D.A., Abdulhussein, B.S. dan Mulungu, D.A.A. (2000). **Constructed Wetland at The University of Dar Es Salaam**. *Water Research*. Vol. 4. hal. 1135 – 1144.
- Metcalf dan Eddy. (1991). **Wastewater Engineering Treatment**. Mc Graw Hill Book Corporation. Singapore.
- Nurachman. (1996). **Mencuci Limbah dengan Gulma**. Artikel Kompas. Edisi 7 Maret 1996. hal. 18. Jakarta.
- Polprasert, C. (1989). **Organic Waste Recycling**. John Willey dan Sons Ltd. hal. 273 – 320.
- Salisbury, F.B. dan Ross, C.W. (1992). **Plant Physiology**. Wadsworth Publishing. UK.
- Sudardjat, I. (1998). **Pemanfaatan Sistem Zona Akar *Typha latifolia* Untuk Menyisihkan COD, BOD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P-Total Dan *Fecal coliform* Dalam Pengolahan Limbah Domestik**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITB. Bandung.