

**PENGOLAHAN EFFLUENT DARI IPAL INDUSTRI FARMASI DENGAN SISTEM LAHAN BASAH  
BUATAN ALIRAN BAWAH PERMUKAAN  
(STUDI KASUS : PT PHAPROS TBK, SEMARANG)**

Mega Anggraeni<sup>1</sup> Henna Rya Sunoko<sup>2</sup>, Hadiyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan UNDIP, Semarang

<sup>2</sup>Dosen Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan UNDIP, Semarang

<sup>3</sup>Dosen Magister Ilmu Lingkungan dan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP Semarang

E-mail : [mega.anggraeni12@gmail.com](mailto:mega.anggraeni12@gmail.com)

### ABSTRAK

Upaya pengelolaan lingkungan terus dilakukan oleh berbagai pihak termasuk PT. Phapros yang merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang farmasi. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya pemanfaatan effluent dari IPAL PT. Phapros yang sudah memenuhi baku mutu untuk industri farmasi agar tidak dibuang begitu saja ke badan air. Salah satu upaya pengolahan yang dapat dilakukan adalah dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetland). Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica*, L. dengan menggunakan dua media tanam yang berbeda yaitu pasir dan kerikil. Parameter kualitas air yang diukur adalah BOD, COD, ammonia, dan nitrit. Jumlah reaktor SSF- wetland yang digunakan sebanyak empat buah yaitu masing-masing berisi tanaman *Cyperus alternifolius* dengan media pasir, tanaman *Cyperus alternifolius* dengan media kerikil, tanaman *Canna indica*, L. dengan media pasir, dan tanaman *Canna indica*, L. dengan media kerikil. Aklimatisasi tanaman dilaksanakan selama tujuh hari dan pelaksanaan penelitian SSF -wetland selama 15 hari. Pengujian parameter kualitas air dilaksanakan selama dua hari sekali. Hasilnya menunjukkan bahwa reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* media kerikil lebih efektif dalam menurunkan parameter BOD, COD, nitrit, dan ammonia dalam penerapan SSF-wetland dibanding dengan ketiga reaktor lainnya. Reaktor SSF-wetland dengan *Cyperus alternifolius* media kerikil memiliki efisiensi penurunan BOD 98,9 %, COD sebesar 9,58 %, ammonia sebesar 86 %, dan nitrit sebesar 97,23%.

**Kata kunci:** SSF-Wetland, *Cyperus alternifolius*, *Canna indica*, L., effluent IPAL, industri farmasi

### PENDAHULUAN

Upaya pengelolaan lingkungan terus dilakukan oleh semua pihak termasuk industri untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup untuk generasi saat ini dan yang akan datang (UU No 32, 2009). Pengelolaan lingkungan hidup terus dilakukan oleh industri termasuk PT Phapros yang merupakan industri yang bergerak di bidang farmasi.

PT Phapros, Tbk adalah salah perusahaan farmasi di Indonesia yang didirikan sejak 21 Juni 1954. Dalam komitmen serta upaya perusahaan dalam pengelolaan lingkungan, perusahaan ini telah mendapatkan sertifikat ISO 14001 pada 2001 (yang telah ditingkatkan menjadi ISO 14001:2004), sertifikat OHSAS 18001:2007 pada 2010, dan proper hijau (PT. Phapros, 2012). Hal tersebut menunjukkan adanya komitmen perusahaan dalam pengelolaan lingkungan.

Dari hasil monitoring menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah, menunjukkan bahwa *effluent* IPAL PT Phapros sudah memenuhi baku mutu, akan tetapi semua *effluent* tersebut hanya dibuang begitu saja ke badan air yaitu Sungai Banjir Kanal Barat. Upaya pemanfaatan *effluent* serta peningkatan kualitas buangan yang dibuang ke badan air perlu dilakukan. Upaya ini dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas *effluent* sehingga dapat dimanfaatkan sebagai air bersih di lingkungan perusahaan. Menurut Khiatuddin (2003), banyak sekali manfaat yang diperoleh dengan pembersihan air limbah. Dengan adanya pembersihan air memungkinkan penggunaan kembali air limbah untuk keperluan penyiraman tanaman dan perikanan. Dengan demikian kita dapat menambah cadangan sumber daya air. Untuk meminimasi dan upaya pemanfaatan *effluent* dari IPAL industri farmasi maka diperlukan suatu alternatif pengelolaan *effluent*



tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan aplikasi sistem lahan basah buatan (*constructed wetland*) sebagai pengolahan lanjutan dari IPAL.

Terdapat dua jenis lahan basah buatan (*constructed wetland*) yaitu jenis aliran permukaan (*Surface Flow*) dan aliran bawah permukaan (*Sub Surface Flow*). Sistem Lahan Basah Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*) merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah jenis Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*), dimana prinsip kerja sistem pengolahan limbah tersebut dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme dalam media di sekitar sistem perakaran (*Rhizosphere*) tanaman tersebut. Bahan organik yang terdapat dalam air limbah akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme (Supradata, 2005).

*SSF-wetland* merupakan salah satu alternatif untuk pengolahan air limbah dengan keuntungan biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah (Saeed, Tanveer dan Sun, Guangzhi, 2012). Tanaman yang dapat digunakan untuk *wetland* antara lain adalah *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L.* Tanaman tersebut dapat digunakan sebagai tanaman hias untuk pengolahan air limbah dengan *constructed wetland*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Supradata pada tahun 2005 untuk mengolah limbah domestik, tanaman *Cyperus alternifolius* mampu menurunkan konsentrasi BOD dan COD limbah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tanaman dan media yang lebih efektif dalam upaya pengolahan effluent IPAL industri farmasi untuk kualitas air BOD, COD, ammonia, dan nitrit. Hasil penelitian ini secara umum diharapkan dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk pengolahan lanjutan limbah cair dengan sistem *constructed wetlands* terutama sistem lahan basah buatan aliran bawah permukaan (*SSF-wetland*) serta dapat dijadikan alternatif pengolahan effluent IPAL industri farmasi dalam upaya meminimasi pembuangan limbah ke badan air serta sebagai upaya peningkatan kualitas air dari effluent IPAL untuk air bersih.

## METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dibagi menjadi tiga yaitu tahapan persiapan, pelaksanaan serta tahapan pembahasan dan analisis data. Pada tahap persiapan dilakukan kegiatan studi literatur, persiapan semua alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian serta uji pendahuluan karakteristik effluent IPAL PT Phapros. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik air sesuai dengan PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Dalam Peraturan Pemerintah tersebut terdapat kriteria mutu air berdasarkan kelas air. Dengan adanya uji pendahuluan karakteristik effluent ini, akan dapat diketahui parameter apa saja yang belum memenuhi baku mutu air bersih sesuai PP No 82 Tahun 2001.

Tahapan selanjutnya adalah persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 buah reaktor *SSF-Wetlands* dengan dimensi reaktor yang digunakan p= 120 cm, l= 30 cm, dan t=40 cm. Reaktor terbuat dari rangka kayu yang dilapisi plastik. 2 buah reaktor evaporasi yang berisi masing-masing media kerikil dan pasir dengan dimensi p= 60 cm, l= 30 cm, dan t=40 cm, pipa, selang, kran dan botol plastik ukuran 600 ml. Bahan yang digunakan adalah tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L.* dengan ketinggian tanaman rata-rata 50 cm dengan usia  $\pm$  2 bulan, effluent IPAL PT Phapros serta media pasir dan kerikil. Ukuran pasir yang digunakan berukuran rata-rata antara 1-5 mm (Supradata, 2005) dan kerikil berukuran rata-rata 10-25 mm (Kamarudzaman, Hafiz, Aziz, Jalil, 2011).





**Gambar 1. Reaktor SSF-Wetland**  
( Sumber: Hasil Analisis, 2013)

Tahapan selanjutnya dilakukan aklimatisasi tanaman. Aklimatisasi tanaman dilaksanakan selama tujuh hari pada tanggal 12-19 Mei 2013. Aklimatisasi dilaksanakan dengan pengisian air kran ke reaktor. Pada tanggal 20 Mei - 3 Juni 2013, dilaksanakan penelitian SSF-wetland. Pengambilan sampel air dari outlet reaktor dilakukan setiap 2 hari selama 15 hari. Sampel air dimasukkan ke dalam botol plastik untuk kemudian dilakukan analisis kandungan BOD, COD, nitrit dan ammonia dalam air tersebut.

Variabel bebas penelitian ini terdiri dari jenis tanaman yang digunakan yaitu *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L.* *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L.* serta jenis media yang digunakan yaitu media pasir serta media kerikil. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi COD, BOD, nitrit dan ammonia dalam *effluent* reaktor SSF wetlands dengan sistem *batch*. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan analisis kualitas air yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Analisis data dilakukan dengan menggunakan program microsoft excel. *Wetlands* dengan sistem *batch*. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan analisis kualitas air yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Analisis data dilakukan dengan menggunakan program microsoft excel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Uji Konsentrasi Nitrit

Jumlah reaktor SSF-wetland yang digunakan sebanyak empat reaktor dimana:

Reaktor 1 = Reaktor dengan tanaman *Canna indica, L.* dengan media kerikil

Reaktor 2 = Reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* dengan media kerikil

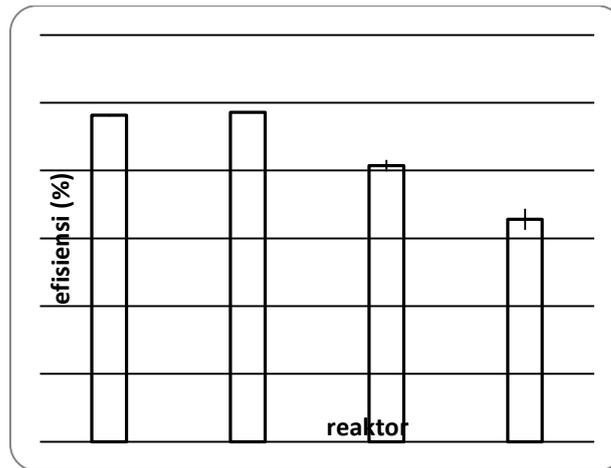
Reaktor 3 = Reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* dengan media pasir, dan

Reaktor 4 = Reaktor dengan tanaman *Canna indica, L.* dengan media pasir.

Volume effluent IPAL PT phapros yang dialirkan ke reaktor berisi kerikil adalah 48 liter / reaktor dan untuk reaktor yang berisi media pasir adalah 20 liter. Perbedaan ini didasarkan pada perbedaan porositas antara media pasir dan kerikil. Berikut merupakan hasil uji konsentrasi nitrit berdasarkan waktu tinggal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi nitrit di keempat reaktor. Konsentrasi awal nitrit pada *influent* merupakan konsentrasi *effluent* IPAL PT. Phapros yaitu sebesar 0,751 mg/L. Menurut PP No. 82 Tahun 2001, baku mutu kualitas air nitrit untuk air kelas I,II, dan III adalah 0,06 mg/L. Dari hasil penelitian yang dilakukan, pada hari ke-15, konsentrasi nitrit pada reaktor 1 adalah 0,028 mg/L, reaktor 2 adalah 0,021 mg/L, reaktor 3 adalah 0,139 mg/L, dan reaktor 4 adalah 0,256 mg/L. Dari hasil tersebut, terdapat dua reaktor yang memiliki konsentrasi nitrit dibawah baku mutu yaitu pada reaktor 1 dan 2.



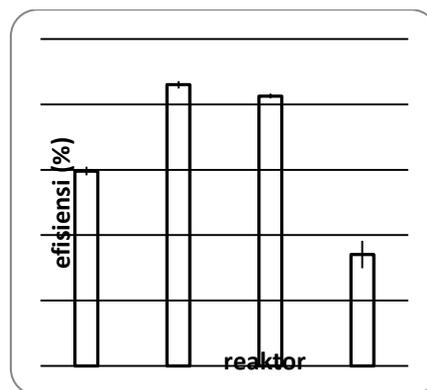


Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Nitrit  
( Sumber: Hasil Analisis, 2013)

Gambar 2 di atas menunjukkan prosentase penurunan konsentrasi nitrit di keempat reaktor selama kegiatan penelitian yaitu selama 15 hari. Prosentase dilihat berdasarkan konsentrasi nitrit pada *influent* dan *effluent* SSF-Wetland pada hari ke-15. Hasilnya menunjukkan bahwa prosentase penurunan konsentrasi nitrit tertinggi adalah pada reaktor 2 dengan efisiensi 97,23%, kemudian pada reaktor 1 dengan 96,31%, serta reaktor 3 dan 4 sebesar 81,54% dan 65,85%.

#### B. Hasil Uji Konsentrasi Ammonia

Berikut merupakan gambar yang menunjukkan efisiensi penurunan konsentrasi ammonia di SSF-wetland. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi pada hari ketiga sampai hari ke 12 dan peningkatan konsentrasi ammonia pada hari ke-15 untuk reaktor 1, 2, dan 4. Sedang pada reaktor 2 terjadi penurunan konsentrasi hingga hari ke 15. Konsentrasi ammonia masing-masing reaktor pada hari ke 15 adalah 1,329 mg/L, 0,461 mg/L, 0, 575 mg/L, dan 2,166 mg/L. Jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas air pada PP No. 82 Tahun 2001, hanya konsentrasi ammonia pada reaktor 2 yang memenuhi baku mutu air kelas I yaitu sebesar 0,5 mg/L. konsentrasi ammonia pada inlet adalah 3,292 mg/L.

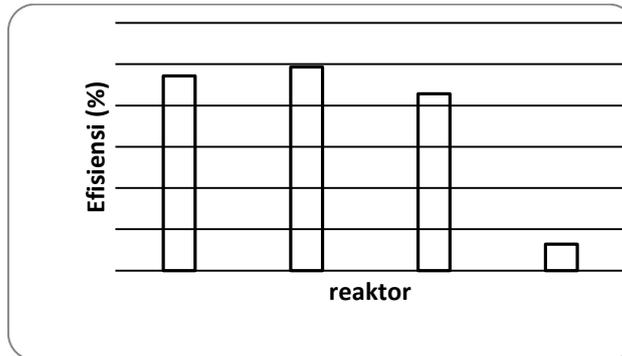


Gambar 3. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Ammonia  
( Sumber: Hasil Analisis, 2013)

Diagram batang di atas menunjukkan efisiensi penurunan konsentrasi ammonia tertinggi adalah pada reaktor 2 yaitu sebesar 86 %, kemudian pada reaktor 3,1, dan 4 masing-masing dengan efisiensi penurunan konsentrasi ammonia sebesar 82,54% ; 59,63% ; dan 34,21%. Dari data diatas dapat dilihat bahwa reaktor yang memiliki penurunan konsentrasi diatas 80% adalah reaktor 2 dan 3. Reaktor tersebut berisi tanaman *Cyperus alternifolius* dengan media yang berbeda yaitu kerikil dan pasir.

### C. Hasil Uji Konsentrasi COD

Berikut merupakan Gambar 4 yang menunjukkan efisiensi penurunan konsentrasi COD di SSF-wetland. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi COD untuk masing-masing reaktor. Konsentrasi COD awal *influent* adalah 75,258 mg/L. Sementara itu konsentrasi COD pada *effluent* SSF-wetland pada hari ke-15 adalah 4,29 mg/L untuk reaktor 1; 1,062 pada reaktor 2; 10,742 pada reaktor 3; dan 65,581 pada reaktor 4. Jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas air menurut PP No. 82 Tahun 2001, reaktor 1 dan 2 memenuhi baku mutu kelas I, reaktor 3 kelas II, dan reaktor 4 untuk kelas IV.

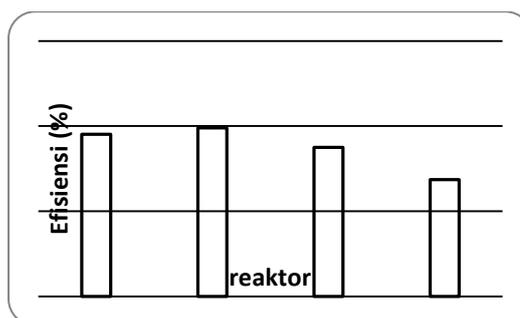


Gambar 4. Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD  
( Sumber: Hasil Analisis, 2013)

Berdasarkan diagram batang diatas, efisiensi penurunan konsentrasi COD tertinggi adalah pada reaktor 2 yaitu sebesar 98,58%. Kemudian dilanjutkan dengan reaktor 1 sebesar 94,30%, reaktor 3 sebesar 85,73%, dan reaktor 4 sebesar 12,86%.

### D. Hasil Uji Konsentrasi BOD

Berikut merupakan gambar 5 yang menunjukkan efisiensi penurunan konsentrasi ammonia di SSF-wetland. Terjadi penurunan konsentrasi BOD untuk masing-masing reaktor pada hari ke-15. Konsentrasi BOD awal pada *influent* SSF-wetland adalah 44,160 mg/l. Konsentrasi *effluent* SSF-wetland pada reaktor 2 merupakan konsentrasi terendah yaitu 0,48 mg/L. selanjutnya pada reaktor 1 sebesar 2,16 mg/L, reaktor 3 sebesar 5,52%, dan reaktor 4 sebesar 13,920.

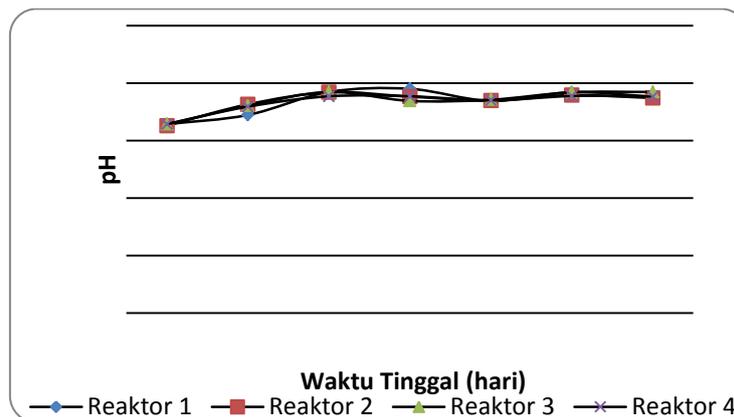


Gambar 5. Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD  
( Sumber: Hasil Analisis, 2013)

Diagram batang di atas menunjukkan efisiensi penurunan konsentrasi BOD terbesar pada SSF-wetland di reaktor 2 sebesar 98,9%, dilanjutkan pada reaktor 1 sebesar 95,11%, reaktor 3 sebesar 87,5%, dan reaktor 4 sebesar 68,47%. Hasil prosentase efisiensi penurunan nitrit, COD, dan BOD memiliki tren yang sama yaitu dengan efisiensi terbesar di reaktor 2, kemudian dilanjutkan pada reaktor 1,3, dan 4. Sementara itu untuk efisiensi penurunan konsentrasi ammonia, efisiensi terbesar adalah pada reaktor 2, dilanjutkan dengan reaktor 3,1, kemudian 4.



Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi nitrit, nitrat, COD, dan BOD terbesar adalah pada reaktor 2 yang berisi tanaman *Cyperus alternifolius* dengan media kerikil. Menurut penelitian yang dilaksanakan oleh Wibisono dan Masrevanah (2008), media yang memiliki porositas lebih tinggi akan lebih efektif dalam meningkatkan kualitas air. Dalam penelitian ini, kerikil memiliki porositas yang lebih tinggi dibanding pasir. Menurut Wood dalam Supradata (2001), penurunan konsentrasi bahan organik dalam sistem *wetlands* terjadi karena adanya mekanisme aktivitas mikroorganisme dan tanaman, melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh disekitar rhizosphere tanaman maupun kehadiran bakteri heterotrof didalam air limbah. Sehingga, ketika porositas media yang digunakan memiliki porositas yang tinggi, jumlah oksigen di dalam reaktor akan lebih tinggi dan proses degradasi air limbah berlangsung lebih efektif. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan pH di masing-masing reaktor.



Gambar 6. pH Berdasarkan Waktu Tinggal (td)  
( Sumber: Hasil Analisis, 2013)

Secara keseluruhan, pH air pada masing-masing reaktor memenuhi baku mutu kualitas air menurut PP No. 82 Tahun 2001 yaitu pada pH 6-9. pH pada reaktor berkisar antara 6,57 – 7,69.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* media kerikil lebih efektif dalam menurunkan parameter BOD, COD, nitrit, dan ammonia dalam penerapan *SSF-wetland* dibanding dengan ketiga reaktor lainnya. Reaktor *SSF-wetland* dengan *Cyperus alternifolius* media kerikil memiliki efisiensi penurunan BOD 98,9 %, COD sebesar 9,58 %, ammonia sebesar 86 %, dan nitrit sebesar 97,23%. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* media kerikil lebih efektif dalam menurunkan parameter BOD, COD, nitrit, dan ammonia dalam penerapan *SSF-wetland* dibanding dengan ketiga reaktor lainnya. Reaktor *SSF-wetland* dengan *Cyperus alternifolius* media kerikil memiliki efisiensi penurunan BOD 98,9 %, COD sebesar 9,58 %, ammonia sebesar 86 %, dan nitrit sebesar 97,23%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kamarudzaman, Nihla; Hafiz Abd; Abdul, Roslaili dan Faizal, Mohd. 2011. *Study Accumulation of Nutrients and Heavy Metals in the Plant Tissue of Limnocharis flava Planted in Both Vertical and Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland*. Singapore : IACSIT Press
- Khiatuddin, Maulida. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Yogyakarta.: Gadjah Mada University Pres
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Saeed, Tanveer dan Sun, Guangzhi. 2012. *A Review on Nitrogen and Organics Removal Mechanisms*



*in Subsurface Flow Constructed Wetlands: Dependency on Environmental Parameters, Operating Conditions and Supporting Media*. www. Elsevier.com/locate/jenvman  
Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang  
Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan hidup  
Wibisono, Gunawan dan Masrevaniah, Aniek. 2008. Penampilan Taman Tumbuhan Air dalam Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Agritek* Vol. 16 No 11 ISSN. 0852-5426. Diakses pada tanggal 22 Januari 2013

## **DISKUSI**

**Penanya1 ( Purwanti, Universitas Siliwangi)**

**Pertanyaan:**

1. Mengapa digunakan cyperus dan kerikil? Apa hal yang dilihat hingga akhir ?
2. Apakah ada treatment khusus untuk tanaman?

**Jawaban:**

1. Karena adanya penguraian bahan organik oleh tanaman serta mikroorganisme di dalam reactor. Kerikil memiliki prioritas yang lebih tinggi dibanding pasir sehingga sirkulasi oksigen di dalam reactor lebih banyak dan penguraian zat organik lebih efektif
2. Tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L* tetap hidup dan tumbuh semakin besar

Penanya 2 (Maulana , Banjarmasin)

**Pertanyaan:**

1. Mengapa harus kerikil dan pasir?
2. Mengapa menggunakan *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L*?

**Jawaban**

1. Kerikil dan pasir karena berdasarkan studi literature media yang digunakan di dalam *wetland*

*Cyperus alternifolius* dan *Canna indica, L* diperoleh berdasarkan studi literatur yang saya lakukan dan ketersediaan tanaman yang ada

