

STUDI POTENSI PENYISIHAN NITROGEN PADA EFLUEN IPAL DOMESTIK DENGAN PENGGUNAAN *CONSTRUCTED WETLAND* (Studi Kasus : IPAL Bojongsoang, Bandung)

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur efisiensi pengolahan dan menentukan kondisi operasi optimum dalam pengolahan efluen IPAL Bojongsoang. Penelitian ini dilakukan di laboratorium menggunakan *constructed wetland* menggunakan jenis tanaman *Typha latifolia*. Variasi yang digunakan adalah variasi waktu detensi (1, 3, & 5 hari). Tipe reaktor yang digunakan adalah *constructed wetland* dengan aerasi & tanpa aerasi. Masing-masing reaktor diberikan umpan air limbah efluen IPAL Bojongsoang. Parameter yang diperiksa adalah COD, NTK Nitrat, Nitrit, Amonium, pH, dan temperatur. Pengukuran parameter COD, pH, dan temperatur dilakukan setiap hari, sedangkan parameter NTK dilakukan setelah reaktor dalam kondisi *steady state*. Berdasarkan pengukuran, penyisihan pencemar paling baik terjadi pada waktu detensi 5 hari. Efisiensi penyisihan pencemar nitrit sebesar 96,7%. Efisiensi penyisihan pencemar amonium sebesar 89,1%. Efisiensi penyisihan pencemar NTK sebesar 86,2% Reaktor *constructed wetland* dengan tambahan aerasi dapat menyisihkan parameter nitrogen lebih baik daripada reaktor tanpa tambahan aerasi.

Kata kunci : air limbah domestik, *constructed wetland*, efisiensi penyisihan.

Abstract: The purpose of this research was measuring the treatment efficiency, determining the optimum operating conditions, determining the criteria for water reuse. This research is conducted in the laboratory using a *constructed wetland* with type of plant is *Typha latifolia*. Variations are made in this study are detention time (1day, 3days and 5 days) and type of reactors (*constructed wetland* & aerated *constructed wetland*). Each reactor is given wastewater feed derived from effluent of WWTP Bojongsoang. Parameters examined in this study are COD, NTK, Nitrate, Nitrite, Ammonium, pH, and temperature. Measurement of COD, pH, and temperature are conducted every day, while NTK, Nitrate, Nitrite, and Ammonium are done after the reactor reaching steady state conditions. Based on the measurements, the best pollutant elimination occurs on detention time of 5 days. The Nitrite pollutant removal efficiency is 96.7%. Ammonium pollutant removal efficiency is 89.1%. NTK pollutant removal efficiency is 86.2% . *Constructed wetland* reactor with additional aeration can remove nitrogen parameters better than the reactor without additional aeration.

Key Words: *constructed wetland*, gray water, removal efficiency.

PENDAHULUAN

Wetland didefinisikan (Hammer, 1992) sebagai sistem pengolahan air limbah yang memenuhi tiga faktor, yaitu :

- Area yang tergenang airnya dan mendukung hidupnya tumbuhan air
- Media tempat tumbuhnya tumbuhan air, berupa tanah yang selalu digenangi air
- Media tempat tumbuh tumbuhan air, bisa juga bukan tanah tetapi media yang jenuh dengan air.

Secara garis besar, *wetland* dibedakan atas dua, yaitu *natural wetland* dan *constructed wetland*.

Natural Wetland merupakan pengolahan air yang terjadi secara alami seperti pada rawa-rawa. *Constructed wetland* merupakan sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dibangun dengan

menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi *wetland*, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah. Umumnya *constructed wetland* digunakan sebagai kolam penyimpanan sebelum air limbah dibuang ke badan air sehingga memerlukan unit pengolahan pendahuluan sebelum air limbah diolah oleh unit *wetland*.

Keunggulan *constructed wetland* dibandingkan dengan unit pengolahan limbah konvensional adalah :

- Mempunyai efisiensi tinggi,
- Biaya inventasi, operasi, dan perawatan yang lebih murah,
- Pengoperasian dan perawatan relatif mudah sehingga dapat dilakukan oleh tenaga lokal,
- Cocok dikembangkan di daerah permukiman, daerah pertanian, dan

- daerah pertambangan yang mempunyai lahan yang cukup luas,
- e. Memberikan keuntungan tidak langsung seperti pemanfaatan tanaman yang digunakan pada *constructed wetland*, (dapat digunakan sebagai bahan dasar pakan ternak, pupuk, dan tanaman hias), mendukung fungsi ekologis, dan dapat berfungsi sebagai kawasan hijau.

Constructed wetland seperti teknologi pengolahan limbah lainnya juga memiliki beberapa keterbatasan. Berikut adalah beberapa keterbatasan dari teknologi pengolahan *constructed wetland* (Hammer, 1989).

- a. Memerlukan lahan yang luas
- b. Kriteria desain dan operasi masih belum jelas
- c. Kompleksitas biologis dan hidrologi belum dipahami dengan baik
- d. Kemungkinan berkembangnya vektor penyakit seperti nyamuk.

Jenis pengolahan air limbah domestik yang cukup baik untuk menyisihkan pencemar nitrogen adalah *single stage constructed wetland*. Beberapa rangkuman efisiensi penyisihan nitrogen dapat dilihat pada **Tabel 1**. Mekanisme penyisihan nitrogen didominasi oleh mekanisme nitrifikasi dan denitrifikasi, sedangkan mekanisme penguapan, dan adsorpsi oleh tanaman hanya berperan sedikit dalam proses penyisihan nitrogen. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kantawanichkul et al. mengatakan bahwa adsorpsi nitrogen oleh tanaman hanya sebesar 4%.

Terdapat dua jenis *constructed wetland* yaitu Vertical Subsurface Flow (VSF) dan Horizontal Subsurface Flow (HSF). Masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. Sistem VSSF memiliki tingkat efisiensi nitrifikasi yang tinggi, sedangkan HSSF tinggi dalam efisiensi denitrifikasi (Tuncsiper, 2009)

Tabel 1. Kemampuan *wetland* dalam menyisihkan NTK

Jenis Limbah Cair	Sistem pengolahan	Konsentrasi Awal (mg/L)	Efisiensi (%)	Keterangan
Domestik	<i>Horizontal Subsurface Flow (HSF)</i>	108	90	Haberl, R. (1997)
Rumah Potong Hewan	HSF	1792	95,31	Sonie (2007)
Domestik	<i>Vertical Subsurface Flow (VSF)</i>	32,2	41	Korkusuz et al., (2004)
Domestik	VSF	73,4	47,1	Stefanakis (2009)
Limbah industri minuman anggur, dan cuka apel	<i>Hybrid (HSF dan VSF)</i>	5,3	83	Justin et al., (2009)
Limbah lindi <i>landfill</i> setelah melalui pretreatment	<i>Free Water Surface Wetland</i>	286	90,3	(Wojciechowska, 2010)

Teknologi *constructed wetland* dapat digunakan untuk mengolah kembali air limbah domestik. *Constructed wetland* dapat mengolah pencemar organik yang berasal dari limbah domestik dengan lebih baik daripada limbah jenis lain (Vymazal, 2008). Pada studi ini digunakan efluen dari kolam maturasi IPAL Bojongsoang, Bandung.

METODOLOGI

Sebagaimana dalam penelitian sebelumnya (Panelin 2016), lokasi yang dipilih sebagai tempat pengambilan sampel adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Bojongsoang. Lokasi ini dipilih dikarenakan instalasi pengolahan limbah domestik satu-satunya yang terdapat di Bandung, dan karakteristik efluen dari kolam maturasi (*maturation pond*) ini beberapa parameternya masih melebihi baku mutu. Diharapkan melalui penelitian ini, dapat menurunkan parameter tersebut secara signifikan.

Tanaman yang dipilih dalam penelitian ini adalah *Typha Latifolia*. Alasan tanaman tersebut dipilih dikarenakan tanaman ini hidup liar sehingga tidak membutuhkan perawatan secara khusus, dan mudah ditemukan di berbagai daerah. Tanaman tersebut diambil di daerah Garut.



Gambar 1. *Typha latifolia*

Tanaman tersebut tumbuh di daerah lahan pertanian dan daerah rawa-rawa. Reaktor ditanam dengan tanaman *Typha latifolia* dengan tinggi tanaman sekitar 70 cm. Setiap reaktor ditanam sebanyak 9 rumpun

tanaman. Setiap rumpun berisi 3 atau 4 batang. Tampak atas reaktor dapat dilihat pada **Gambar 1**.

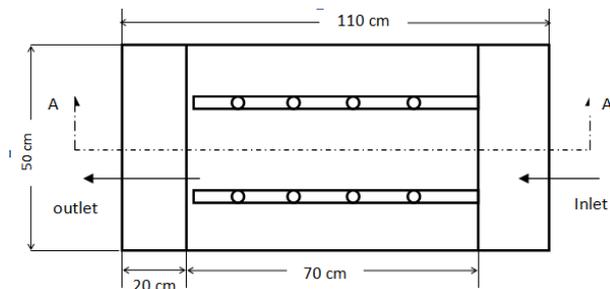
Pada penelitian ini, sesuai Panelin (2016), dilakukan pengukuran konsentrasi pencemar sebelum diolah kedalam reaktor. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari pencemar yang akan diolah oleh reaktor *constructed wetland*.

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran tanah, pasir dan kerikil yang terstratifikasi. Tanah yang digunakan adalah tanah dari Lembang tanpa penambahan pupuk, sehingga tidak mempengaruhi efluen yang akan diperiksa. Alasan penggunaan tanah Lembang karena tanah tersebut subur dan banyak mengandung unsur hara yang baik untuk tanaman. Pasir dan kerikil yang digunakan berasal dari Sungai Cikapundung.

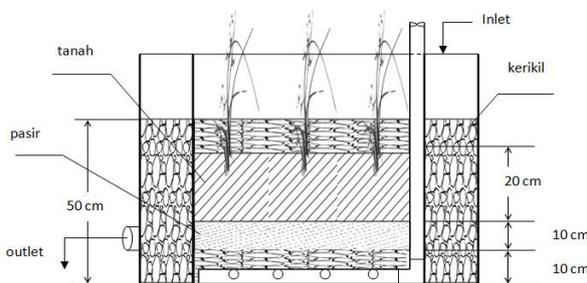
Tahap penjenjuran dilakukan pada awal pengaliran limbah. Pada tahap ini reaktor diisi dengan air keran hingga air menggenangi permukaan lalu dibiarkan hingga pori-pori antar partikel media terisi penuh oleh air, biasanya membutuhkan waktu beberapa hari. Tanah menjadi jenuh apabila tinggi muka air tidak turun lagi, yang disebabkan seluruh air telah mengisi pori-pori tanah. Setelah tanah jenuh dengan air maka, reaktor siap untuk dialirkan limbah.

Sesuai Panelin (2016) Reaktor dibagi menjadi tiga kompartemen yang terdiri dari zona inlet, zona pengolahan dan zona outlet. Panjang zona inlet dan outlet 0,2 m dan panjang zona pengolahan 0,7 m dengan lebar 0,5 m. Antara zona inlet-zona pengolahan-zona outlet diberi sekat berlubang dengan diameter lubang 0,5 cm. Zona inlet dan outlet diisi dengan kerikil yang memiliki ukuran seragam dengan diameter 2 cm. Zona pengolahan diisi dengan media tanah, pasir, kerikil, dan tanaman dengan kedalaman total media 50 cm. Volume dari zona pengolahan yaitu 140 liter. Pada zona outlet dibuat lubang outlet dengan ketinggian 15 cm dari permukaan reaktor. Kemiringan setiap reaktor adalah 0,1%.

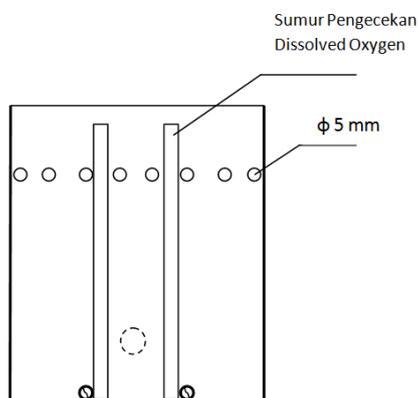
Pada *aerated constructed wetland* ditambahkan suplai udara melalui perpipaan. *Diffuser* udara digunakan agar ukuran gelembung udara cukup kecil agar proses difusi oksigen berjalan optimal. Pada reaktor ditambahkan juga sumur pengecekan oksigen terlarut. Gambar reaktor, potongan melintang dan membujur dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, **Gambar 4**, dan **Gambar 5**.



Gambar 2. Skema reaktor *constructed wetland* (Panelin 2016)



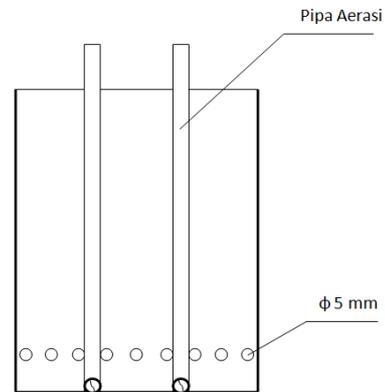
Gambar 3. Potongan A-A reaktor (Panelin 2016)



Gambar 4. Potongan B-B reaktor (Panelin 2016)

Umpan limbah berasal dari efluen IPAL Bojongsong Bandung. Umpan dialirkan secara paralel dari penampung limbah kedalam zona inlet dari masing-masing reaktor menggunakan sebuah pompa

diafragma. Debit pengaliran kedalam zona inlet reaktor disesuaikan sesuai dengan variasi waktu detensi. Untuk waktu detensi 1 hari debit pengalirannya adalah 0,567 ml/detik, untuk waktu detensi 3 hari debit pengalirannya adalah 0,189 ml/detik dan untuk waktu detensi 5 hari debit pengalirannya adalah 0,113 ml/detik.



Gambar 5. Potongan C-C reaktor (Panelin 2016)

Pada penelitian ini digunakan empat reaktor *Horizontal Subsurface Flow System*. Dua reaktor merupakan reaktor *aerated wetland*.

- Reaktor A : tanaman *Typha Latifolia* tanpa penambahan aerator
- Reaktor B : tanaman *Typha Latifolia* dengan penambahan aerator

Pada penelitian ini dilakukan beberapa variasi parameter. Variasi pertama adalah variasi waktu detensi yang didasarkan kepada variasi debit. Waktu detensi yang digunakan adalah 1 hari, 3 hari, dan 5 hari.

Variasi yang kedua adalah jenis dari reaktor yang digunakan, yaitu reaktor *constructed wetland* dan *aerated constructed wetland*.

Parameter COD terlarut dilakukan analisa setiap dua kali sehari yaitu pagi hari dan sore hari untuk mengetahui stabilitas penyisihan pencemar oleh reaktor. Pemilihan waktu pengambilan sampel ini dengan pertimbangan kondisi lingkungan yang tidak jauh berbeda. Walaupun pada siang hari memiliki interval waktu yang lebih pendek, namun aktivitas biologi lebih banyak terjadi pada siang hari. Dilakukan pengukuran influen

dan efluen pada reaktor untuk memperoleh efisiensi pengolahan. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengukuran suhu dan pH. Parameter NTK, Nitrit, Nitrat dan Amonium dianalisa setelah reaktor mencapai kondisi tunak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di awal penelitian dilakukan pengecekan awal dari karakteristik awal limbah yang akan diolah. Data karakteristik tersebut disajikan dalam **Tabel 2**. Efluen IPAL Bojongsoang dapat dikategorikan kedalam kelas lemah, walaupun beberapa parameter berada pada kelas sedang dan kuat, parameter BOD, COD, total fosfat, dan nitrit melewati baku mutu. Parameter NTK memiliki konsentrasi 2,3 – 10,2 mg/L. Parameter nitrit memiliki konsentrasi 0,08 – 1,05 mg/L. Parameter nitrat memiliki konsentrasi 0,2 – 1,58 mg/L. Parameter amonium memiliki konsentrasi 1,4 – 2,5 mg/L. Agar air limbah tersebut dapat digunakan kembali perlu dilakukan suatu pengolahan air limbah. Dalam penelitian ini digunakan *constructed wetland* untuk mengolah air limbah yang berasal dari IPAL Bojongsoang.

Dengan membandingkan antara nilai BOD dan COD akan didapatkan suatu nilai yang menggambarkan angka

biodegradabilitas limbah yang akan diolah. Dari Tabel 2 didapat rasio BOD/COD 0,878. Nilai rasio BOD/COD ini tipikal dari limbah cair rumah tangga. Jika nilai tersebut lebih besar dari 0,5 maka limbah tersebut dapat didegradasi oleh bakteri (Tchobanoglous et al., 2003).

Melihat besarnya jumlah air yang diolah pada saat ini yaitu sekitar 40000 m³/hari, maka potensi ini cukup besar untuk dimanfaatkan kembali, sehingga dapat memberi manfaat bagi lingkungan dan bagi kehidupan manusia. Namun, air limbah hasil olahan tersebut harus kembali disesuaikan karakteristiknya terhadap peraturan yang berlaku untuk pemanfaatan air, yaitu Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001.

Diharapkan melalui penelitian ini, karakteristik efluen yang dihasilkan dapat memenuhi PP no.82 Tahun 2001 kelas 3, yang dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan untuk kegunaan lain dengan persyaratan mutu air yang sama, mengingat mata pencaharian penduduk sekitar IPAL Bojongsoang yang kebanyakan bercocok tanam dan membudidayakan ikan.

Tabel 2. Karakteristik awal umpan reaktor

No	Parameter Karakteristik Awal	Unit	Limbah IPAL Bojongsoang	kelas *			Baku Mutu	
				lemah	sedang	kuat	konsentrasi**	konsentrasi***
1	pH		7.5 - 9,216	-	-	-	6 -9	6 -9
2	Suhu	0C	25.2 - 27,18	-	-	-	-	-
3	Total Solid	mg/L	375 - 567	350	770	1200	1400	-
4	BOD	mg/L	23 - 97	110	220	350	6	-
5	COD	mg/L	77,8 - 154,59	250	500	1000	50	-
6	Total P	mg/L	0,156 - 29,3156	4	8	15	1	-
7	Nitrat	mg/L	1,58 - 0,2041	-	-	-	20	10
8	Nitrit	mg/L	0,0888 - 1,054	-	-	-	0,06	0,06
9	Amonium	mg/L	1,428 - 2,555	12	25	50	-	0,02
10	NTK	mg/L	2,38 - 10,282	20	40	85	-	-
11	Oksigen Terlarut	mg/L	3,01 - 4,90				3	3

Baku Mutu : * Metcalf & Eddy, 2003.

** PP 82 Tahun 2001 untuk kelas III

*** Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat No.39 Tahun 200

Pengaruh Waktu Detensi Terhadap pH

Sesuai Panelin (2016) Pengukuran pH dilakukan karena beberapa parameter pencemar, penyisihannya bergantung pada nilai pH. Data tersebut diambil setiap kali dilakukan pengambilan sampel. Untuk reaktor dengan tanaman *Typha latifolia* tanpa perlakuan aerasi rata-rata pH-nya adalah 7,44, sedangkan untuk reaktor dengan tanaman *Typha latifolia* dengan penambahan aerasi rata-rata pH-nya adalah 7,07. Suhu harian rata-rata untuk waktu detensi 1 hari di dalam reaktor adalah 25,1 °C. lama kontak limbah terhadap reaktor tidak berpengaruh pada nilai dari pH. Lebih kecilnya pH pada reaktor dengan tambahan aerasi, dapat disebabkan akibat mikroorganisme aerob yang lebih aktif pada reaktor dengan aerasi. Mikroorganisme aerob selain menghasilkan energi untuk dirinya sendiri, juga menghasilkan CO₂ yang dapat menurunkan pH.

Penyisihan COD

Merujuk Panelin (2016) Sampel dari masing-masing outlet reaktor *constructed wetland* diambil setiap hari pada pukul 09.00 dan 15.00 untuk mengetahui konsentrasi COD terlarut. Parameter COD terlarut dilakukan analisa setiap dua kali sehari yaitu pagi hari dan sore hari untuk mengetahui stabilitas penyisihan pencemar oleh reaktor. Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 1 hari pada reaktor A berkisar antara 11,20-23,07 mg/L (lihat **Gambar 6**). Setelah hari ketiga, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ketiga sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 13,22 mg/L. Efisiensi rata-rata penyisihan COD terlarut pada reaktor A adalah 37,67 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 1 hari pada reaktor B berkisar antara 10,61-19,22 mg/L (lihat **Gambar 6**). Mulai hari ketiga, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ketiga sampai mencapai kondisi *steady*

state, rata-rata 12,18 mg/L. Efisiensi rata-rata penyisihan COD terlarut pada reaktor B adalah 44,67 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 3 hari pada reaktor A (lihat **Gambar 7**) berkisar antara 13,53-29,63 mg/L. Setelah hari keenam, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari keenam sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 16,48 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor A adalah 50,17 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 3 hari pada reaktor B (lihat **Gambar 7**) berkisar antara 4,62-22,95 mg/L. Setelah hari keenam, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari keenam sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 19,37 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor B adalah 58,17 %.

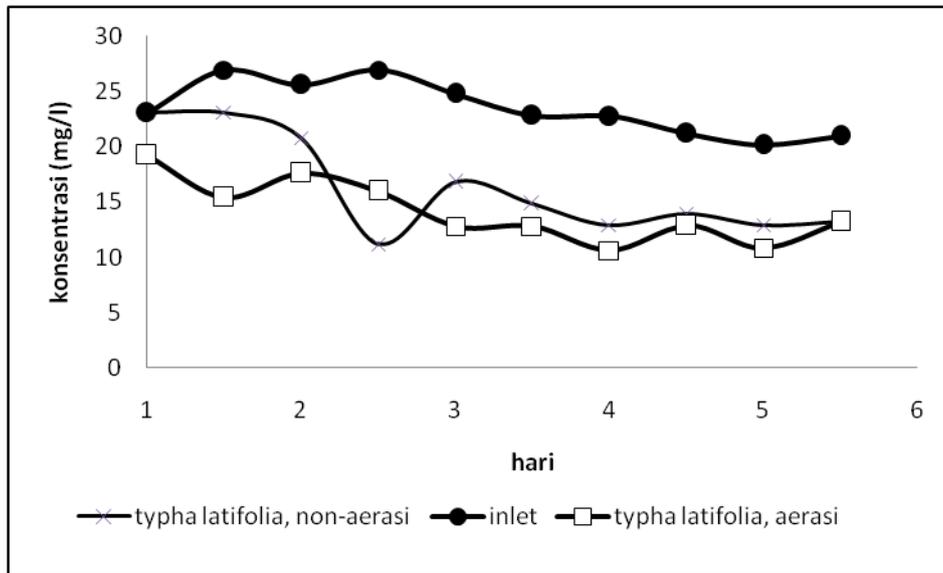
Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 5 hari pada reaktor A (lihat **Gambar 8**) berkisar antara 3,14-19,56 mg/L. Setelah hari ke-11, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ke-11 sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 11,42 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor B adalah 58,18 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 5 hari pada reaktor B (lihat **Gambar 8**) berkisar antara 7,36-16,95 mg/L. Setelah hari ke-13, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ke-13 sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 11,59 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor D adalah 58,16 %.

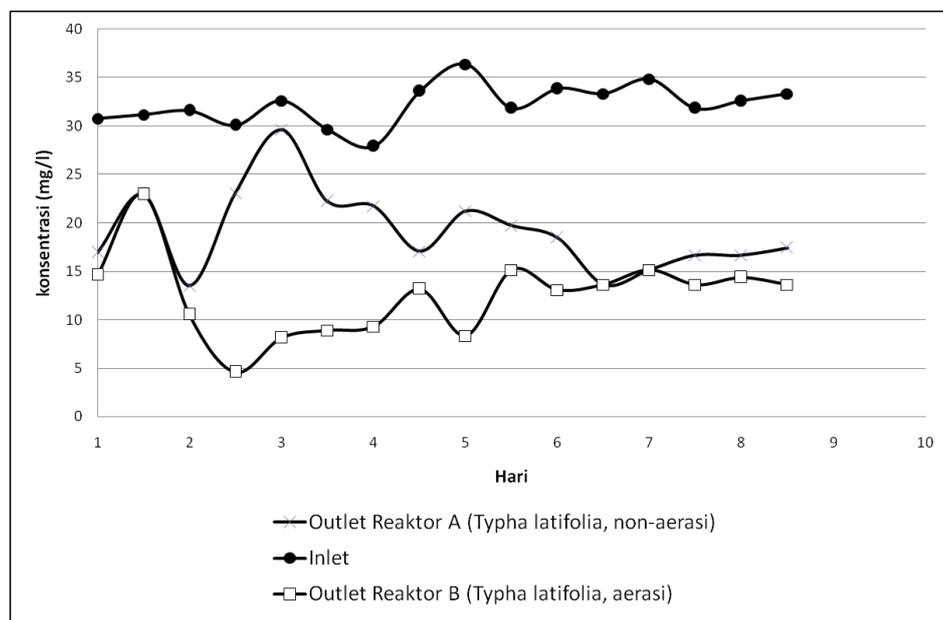
Terlihat dengan waktu detensi 1 hari cukup untuk memenuhi baku mutu PP No.82 Tahun 2001 kelas 3, sehingga *aerated wetland* dengan waktu detensi 1 hari dapat menyisihkan organik (parameter COD) sesuai baku mutu. Hal ini dapat mereduksi lahan yang digunakan, jika

dibandingkan dengan reaktor tanpa penambahan aerasi, yang dapat memenuhi

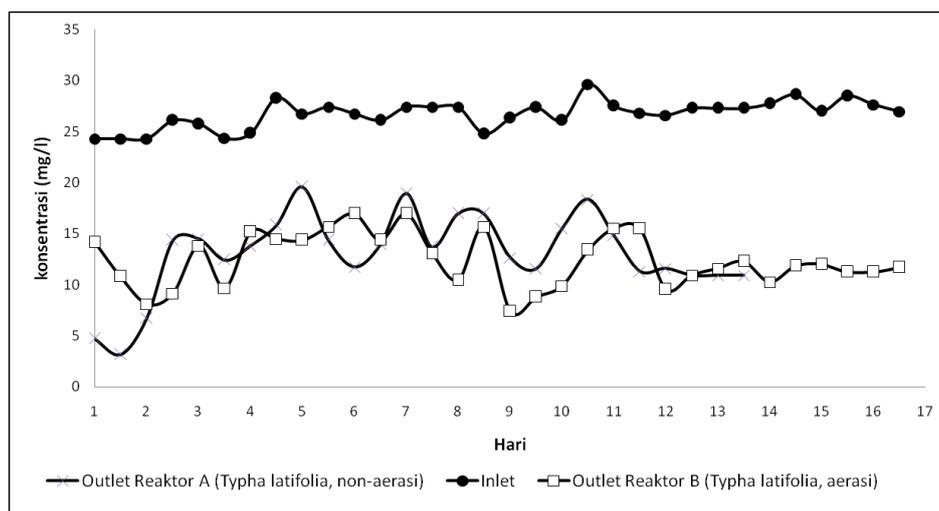
baku mutu kelas tiga, pada waktu detensi 3 hari.



Gambar 6. Hasil Pengamatan COD terlarut harian pada waktu detensi 1 hari



Gambar 7. Hasil Pengamatan COD terlarut harian pada waktu detensi 3 hari



Gambar 8. Hasil Pengamatan COD terlarut harian pada waktu detensi 5 hari

Penyisihan Nitrogen

Penyerapan nitrogen oleh tanaman pada *constructed wetland* hanya berkisar 10-16%, dari senyawa nitrogen yang terlarut di dalam air. (Gersberg,1983). Sebagian besar penghilangan senyawa nitrogen dilakukan oleh bakteri melalui proses amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi.

Berdasarkan pengukuran didapatkan, efisiensi penyisihan NTK pada reaktor A dengan waktu detensi 1 hari 75,21%, dan pada reaktor B adalah 86,23%. Efisiensi penyisihan NTK pada reaktor A dengan waktu detensi 3 hari 90,91%, dan pada reaktor D adalah 85,24%. Efisiensi penyisihan NTK pada reaktor A dengan waktu detensi 5 hari adalah 95,64%, pada reaktor D adalah 90,99%. Penyisihan NTK untuk jenis reaktor dengan penambahan aerasi, paling baik terjadi pada waktu detensi 5 hari, begitu juga untuk jenis reaktor tanpa penambahan aerasi. Dapat terlihat bahwa waktu detensi mempengaruhi penyisihan NTK. Efisiensi tertinggi didapat pada waktu detensi 5 hari yaitu 95,64 % pada reaktor A.

Amonium merupakan salah satu senyawa mineral nitrogen dalam siklus nitrogen yang terjadi pada *wetland*. Amonium berasal dari nitrogen, yang diubah oleh bakteri amonifikasi. Konsentrasi akhir amonium setelah reaktor stabil pada waktu detensi 1 hari di reaktor

A adalah 0,39 mg/L, pada reaktor B adalah 0,36 mg/L. Konsentrasi akhir amonium pada waktu detensi 3 hari di reaktor A adalah 0,34 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,53 mg/L. Konsentrasi akhir amonium pada waktu detensi 5 hari di reaktor A adalah 0,38 mg/L, dan pada reaktor D adalah 0,35 mg/L. Berdasarkan peraturan PP No.82 Tahun 2001, konsentrasi amonium yang diperbolehkan untuk kelas 3 adalah 0,02 mg/l, sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter amonium masih melebihi standar baku mutu.

Berdasarkan pengukuran didapatkan konsentrasi akhir nitrat pada waktu detensi 1 hari di reaktor A adalah 9,35 mg/L, dan pada reaktor B adalah 18,79 mg/L. Konsentrasi akhir nitrat pada waktu detensi 3 hari di reaktor A adalah 6,77 mg/L, dan pada reaktor B adalah 23,37 mg/L. Konsentrasi akhir nitrat pada waktu detensi 5 hari di reaktor A adalah 5 mg/L, dan pada reaktor B adalah 31,8 mg/L. Konsentrasi akhir dari nitrat, paling besar terjadi pada waktu detensi 5 hari, untuk *aerated wetland*.

Berdasarkan pengukuran didapatkan konsentrasi akhir nitrit pada waktu detensi 1 hari di reaktor A adalah 0,04 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,04 mg/L. Konsentrasi akhir nitrit pada waktu detensi 3 hari di reaktor A adalah 0,02 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,01

mg/L. Konsentrasi akhir nitrit pada waktu detensi 5 hari di reaktor A adalah 0,004 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,012 mg/L. Terlihat bahwa hampir seluruh efluen yang dihasilkan oleh reaktor pada semua waktu detensi memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001.

Proses reduksi senyawa nitrogen pada *constructed wetland* tidak hanya terjadi secara biologis namun juga melalui volatilisasi ion ammonium menjadi gas NH₃, bila pH lebih besar dari 8, serta melalui proses sedimentasi dan penyaringan partikel padat yang mengandung nitrogen, proses adsorpsi ion ammonium ke dalam sedimen organik dan anorganik melalui pertukaran ion (Liehr, et al., 2000)

Nitrifikasi merupakan bio-oksidasi ammonium menjadi nitrat, konversi tersebut terjadi pada dua tahap yang dilakukan oleh dua kelompok bakteri yang sejenis yang memperoleh karbon dari karbondioksida dan energi dari oksidasi senyawa anorganik, dalam hal ini ammonia dan nitrat. Bakteri tersebut adalah Nitrosomonas yang mengoksidasi ammonia menjadi nitrit, dan Nitrobacter yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Reaksi tersebut berlangsung pada kondisi aerob.

Tanaman *wetland* akan mengasimilasi nitrogen sebagai elemen yang penting untuk metabolisme tanaman. Nitrogen anorganik akan direduksi oleh tanaman menjadi senyawa nitrogen organik yang digunakan untuk tanaman. Pada masa pertumbuhan pengambilan nitrogen dari air dan sedimen oleh tanaman sangat tinggi. Diperkirakan pengambilan nitrogen oleh tanaman pada *wetland* bervariasi dari 0,5 – 3,3 gN/m²/tahun (Burgoon et al., 1991).

Sesuai penelitian Panelin (2016), dilakukan pengecekan konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oksigen*) pada reaktor dengan membuat beberapa sumur pengecekan disalah satu reaktor aerasi dan reaktor non aerasi (pada **Gambar 4**). Setelah dilakukan pengukuran didapatkan

hasil bahwa rata-rata konsentrasi oksigen terlarut pada reaktor aerasi adalah 5,31 mg/l sedangkan untuk reaktor non-aerasi adalah 3,68 mg/l. Terlihat bahwa benar terjadi aerasi pada reaktor aerasi.

KESIMPULAN

Pengolahan limbah cair menggunakan *constructed wetland* dapat menyisihkan pencemar nitrit sebesar 96,7%. Efisiensi penyisihan pencemar ammonium sebesar 89,1%. Efisiensi penyisihan pencemar NTK sebesar 86,2%. Konsentrasi oksigen terlarut pada reaktor aerasi adalah 5,31 mg/l sedangkan untuk reaktor non-aerasi adalah 3,68 mg/l. Reaktor *constructed wetland* dengan tambahan aerasi dapat menyisihkan parameter nitrogen lebih baik daripada reaktor tanpa tambahan aerasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA DIKTI 2010. Kepada Ibu Prayatni Soewondo dan Ibu Marisa Handajani yang telah memberikan arahan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Burgoon, P.S., Reddy, K.R., DeBusk, T.A., Koopmann, B., 1991. *Vegetated submerged beds with artificial substrates: N and P removal*. J. Environ. Eng. 117 (4), 408–424.
- Gersberg, R.M., B.V. Elkins, dan C.R. Goldman. (1983). *Nitrogen Removal in Artificial Wetlands*. Control Board, Sacramento, USA : Water Res. 17:1009-1014, Progress Report. Project No. C-06-2270, State Water Resources.
- Haberl, R. 1998. *Wetland Systems for Water Pollution Control: Constructed Wetland, A Change to Solve Wastewater Problems in Developing Countries*. Pergamon: Oxford.
- Hammer, D.A. 1989. *Constructed Wetland for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Chelsea : Lewis Publisher.
- Justin, Maja Zupancić, Danijel Vrhovšek, Arnold Stuhlbacher, Tjaša Griessler Bulc. 2009. *Treatment of wastewater in Hybrid Constructed Wetland from the Production of Vinegar and Packaging of Detergents*. Desalination 24 : 100–109.
- Kantawanichkul, S. Somprasert, U. Aekasin and R.B.E. Shutes. (2003). *Treatment of*

- agricultural wastewater in two experimental combined constructed wetland systems in a tropical climate.* Water Sci. Technol., 48(5) 199–205.
- Korkusuz, E. Asuman, Meryem Bekloglu, dan Göksele N. Demirel. 2004. *Treatment Efficiencies of the Vertical Flow Pilot-Scale Constructed Wetlands for Domestic Wastewater Treatment.* Turkish J. Eng. Env. Sci. 28 : 333-344.
- Liehr, S. K., Kozub, D. D., Rash, J. K., Sloop, G. M.; Doll, B.; Rubin, A. R., House, C. H., Hawes, S., dan Burks, D. 2000. *Constructed Wetlands Treatment of High Nitrogen Landfill Leachate.* Virginia (AS) : Water Environment Research Foundation.
- Panelin, Y.2016. *Studi Potensi Penyisihan Organik pada Effluen IPAL Domestik dengan Penggunaan Constructed Wetland.* Journal of Environmental Engineering and Waste Management Vo. 1. No 1 : 25-34
- Sonie, Rakhmi.(2007). *Pengolahan Efluen ABR (Anaerobic Buffled Reactor) Dengan Rekayasa Aliran Pada Constructed Wetland.* Tugas Akhir S1, Prodi Teknik Lingkungan, ITB, Bandung.
- Stefanakis, A.I., dan V.A. Tsihrintzis. (2009). *Performance Of Pilot-Scale Vertical Flow Constructed Wetlands Treating Simulated Municipal Wastewater: Effect Of Various Design Parameters.* Desalination 248: 753–770.
- Tchobanoglous, G., & Burton, F.L. 2003. *Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse*, 4th edition. New York: Metcalf & Eddy Inc./McGraw-Hill.
- Tunc, siper, B. (2009). *Nitrogen removal in a combined vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetland system.* Desalination 247 : 466–475.
- Vymazal, Jan. (2009). *Removal of Organics in Constructed Wetlands With Horizontal Sub-Surface Flow: A Review of The field Experience.* Science of The Total Environment 407: 3911-3922.
- Wojciechowska, Ewa., Gajewska, Magdalena., Obarska-Pempkowiak, Hanna. (2010). *Treatment of Landfill Leachate by Constructed Wetlands: Three Case Studies.* Polish J. of Environ. Stud Vol. 19, No. 3: 643-650.