

Kajian Metode *Constructed Wetland* Sebagai Alternatif Sistem Pengolahan Lanjut Air Efluen Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)

(Endah Yunari N, Jurusan Teknik Lingkungan, Sekolah Tinggi Teknologi Sapta Taruna)

SUREL : endah.yunari@gmail.com

Abstrak

Keberadaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) sangat penting bagi setiap kota/kabupaten. Teknologi pengolahan yang telah dibangun di banyak IPLT masih mengacu pada baku mutu yang lama, sehingga kualitas air hasil olahan IPLT sampai saat ini belum sepenuhnya memenuhi persyaratan Baku Mutu yang telah ditetapkan. Dengan demikian sebelum air hasil olahan suatu sistem IPLT dibuang ke lingkungan, harus dilakukan perbaikan kualitas terlebih dahulu. Perbaikan kualitas air efluen IPLT dapat dengan melakukan pengolahan lanjutan. Tujuan dari tulisan ini adalah melakukan kajian pemanfaatan metode reaktor lahan basah terkendali (*Constructed Wetland*) sebagai alternatif pengolahan lanjut air efluen IPLT.

Constructed Wetland (CW) adalah sistem pengolahan reaktor lahan basah dengan sistem rekayasa teknik yang telah didisain untuk memenuhi proses alami yang melibatkan peran vegetasi, tanah dan hubungannya dengan kehadiran mikroba yang berperan dalam mengolah air limbah. Sistem CW telah digunakan untuk mengolah berbagai jenis air limbah rumah tangga dan industry. CW adalah teknologi pengolahan air limbah yang mempunyai efisiensi tinggi dari sisi ekonomi dan lingkungan, terutama untuk air limbah rumah tangga di *rural area*. Penelitian untuk meningkatkan kinerja CW telah banyak dilakukan. Banyak data menunjukkan bahwa kinerja lahan basah dalam hal ini CW yang digunakan untuk penjernihan air sangat tergantung pada tingkat pembebanan Hidraulik (*Applied Hydraulic Loading Level*). Pemilihan jenis media sangat penting untuk menentukan hasil pengolahan dari sistem CW.

Dari hasil penelitian Verma R dan Suthar S menunjukkan *Vertical Flow Constructed Wetland* (VFCW) lebih unggul daripada *Horizontal Flow Constructed Wetland* (HFCW) dalam penyisihan $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} , BOD_5 , COD dan logam berat, sedangkan $\text{NO}_3\text{-N}$ dan SO_4^{2-} lebih tinggi tingkat penyisihannya pada HFCW. Oksigen terlarut (DO) adalah salah satu faktor terpenting yang dapat mempengaruhi proses penyisihan polutan di *constructed wetland*. Namun pasokan oksigen tidak mencukup serta distribusi oksigen yang tidak tepat umumnya terjadi di *constructed wetland* tradisional. Liu H, Hu Z, Zhang, et al, 2016, melakukan kajian tentang optimalisasi suplai dan distribusi oksigen terlarut dalam reaktor *constructed wetland*. Penelitian ini menyimpulkan reareasi atmosfer (AR) berpotensi menjanjikan untuk intensifikasi oksigen.

Kata Kunci : *Constructed Wetland*, Air Efluent IPLT, Pengolahan Lanjut

I. PENDAHULUAN

Keberadaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) sangat penting bagi setiap kota/kabupaten. IPLT bertujuan mengolah tinja dari tanki septik, sampai kualitas air hasil olahan layak dibuang langsung ke badan air penerima sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku. Peraturan Pemerintah yang berlaku, mengatur air hasil olahan yang akan dibuang ke badan air penerima harus memenuhi Baku Mutu. Baku Mutu Pengolahan Air Limbah Domestik saat ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P/68 Tahun 2016. Terdapat perbedaan nilai baku mutu yang berlaku saat ini dengan baku mutu sebelumnya, yaitu berdasarkan KEPMEN LH No. 5/2014

Tabel.1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Kadar Maksimum		Unit
	Baru (2016)	Lama (2014)	
pH	6 – 9	6 – 9	-
BOD	30	100	mg/l
COD	100	-	mg/l
TSS	30	100	mg/l
Minyak dan Lemak	5	10	mg/l
Amoniak	10	-	mg/l
Total Coliform	3000	-	jumlah/100ml

Sumber : PERMEN LHK No.P68 Tahun 2016 tentang “ Baku Mutu Air Limbah”

Teknologi pengolahan yang telah dibangun di banyak IPLT masih mengacu pada baku mutu yang lama, sehingga kualitas air hasil olahan IPLT sampai saat ini belum sepenuhnya memenuhi persyaratan Baku Mutu yang telah ditetapkan. Dengan demikian sebelum air hasil olahan suatu sistem IPLT dibuang ke lingkungan, harus dilakukan perbaikan kualitas terlebih dahulu. Perbaikan kualitas air efluen IPLT dapat dengan melakukan pengolahan lanjutan. Untuk melakukan pengolahan lanjutan air limbah diperlukan dukungan yang lebih intensif tidak hanya untuk memenuhi teknologi yang dibutuhkan namun juga untuk memenuhi pembiayaan investasi pembangunan infrastruktur dan pembiayaan operasional pemeliharaan.

Reaktor Lahan Basah atau sering disebut sebagai *Wetland* didefinisikan sebagai aplikasi pengolahan air buangan yang terkendali oleh lapisan media untuk mencapai derajat pengolahan yang optimal, baik secara fisika, kimia dan biologis pada siklus tanaman-tanah-air. Reaktor lahan basah (*Wetland*) telah diteliti sejak lama dan sedang mendapat perhatian khusus saat ini sebagai pengolahan alternatif dibanding proses pengolahan yang lainnya. Di negara sedang berkembang, dimana masih terdapat lahan yang cukup luas, penggunaan metode lahan basah dapat dipertimbangkan sebagai

metode pengolahan yang tidak mahal, sederhana tetapi tetap optimal.

Sistem lahan basah (*Wetland*) lebih sedikit memerlukan biaya dibandingkan sistem konvensional lain seperti metode lumpur aktif, filter perkolasi, kolam aerasi dan lain-lain. Dalam sistem *wetland* energi diperlukan untuk transportasi dan distribusi air limbah ke dalam lapisan media, tetapi pada sistem pengolahan konvensional energi diperlukan untuk distribusi air limbah, pengadukan, aerasi air limbah dan lumpur, resirkulasi efluen dan penanganan lumpur. Pada sistem *wetland* perlengkapan mekanis yang diperlukan lebih sedikit dibandingkan dengan proses pengolahan secara konvensional, pemeliharaan reaktor lebih mudah dan murah.

Bagaimanapun juga luas tanah, kondisi tanah, dan iklim adalah faktor penting yang mempengaruhi proses pengolahan ini. Pada sistem *wetland* dibutuhkan area tanah yang luas, untuk beberapa daerah terutama di daerah perkotaan penyediaan area yang cukup luas menjadi hal yang mahal dan biasanya jauh dari sumber limbahnya. Kondisi media merupakan faktor penting untuk mekanisme removal zat-zat dalam air limbah, media yang terlalu kasar atau terlalu halus tidak cocok digunakan untuk metode ini. Kondisi iklim dimana besarnya evaporasi dan evapotranspirasi lebih besar dari presipitasi umumnya lebih sesuai untuk metode ini. Diperlukan kajian untuk

optimalisasi sistem *wetland* sehingga dapat dimanfaatkan secara efektif untuk pengolahan lanjutan air limbah baik dari air efluen IPAL atau IPLT yang belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

II. TEKNOLOGI WETLAND

Lahan basah atau sering disebut dengan *Wetland*, telah digunakan untuk mengolah air limbah di berbagai belahan dunia sejak 1950-an. Kekhawatiran lingkungan atas kinerja sistem septik individu yang tidak memadai, serta biaya tinggi yang diperlukan dalam pembangunan sistem penyaluran air limbah dengan pengolahan air limbah terpusat, telah mendorong penelitian terhadap kesesuaian ekosistem lahan basah untuk tujuan ini. Secara umum, lahan basah alami (*Natural Wetland*) maupun yang dibangun (*Constructed Wetland*) telah dicoba dengan beberapa jenis air limbah.

Lahan basah yang dibangun juga memiliki lapisan helophyte dan terdiri dari dua jenis utama: (i) lahan basah aliran permukaan, di mana air limbah mengalir secara horizontal di atas sedimen lahan basah; dan (ii) infiltrasi lahan basah, di mana air limbah mengalir secara vertikal melalui sedimen yang sangat permeabel dan dikumpulkan dalam saluran. Air limbah yang digunakan biasanya hanya menerima penyaringan primer dari bahan kasar ada juga beberapa kasus di mana lahan basah

digunakan untuk meningkatkan kualitas efluen dari Instalasi Pengolahan Air Limbah konvensional. (Verhoeven, 1998)

Ekosistem lahan basah (*wetland*) memiliki karakteristik khusus yang membuatnya sangat cocok untuk pemurnian air limbah:

1. *Wetland* adalah sistem semi-akuatik yang biasanya mengandung sejumlah besar air. Banjir disebabkan oleh fitur normal sistem.
2. *Wetland* memiliki sebagian tanah oxic, sebagian anoxic di mana penguraian bahan organik melibatkan akseptor elektron khusus selain oksigen, misal nitrat, sulfat dan zat besi. Akibatnya, dinamika juga sangat berbeda dengan yang ada di ekosistem dataran tinggi.
3. *Wetland* mendukung tumbuh-tumbuhan yang sangat produktif, tumbuh tinggi yang mampu mengambil sejumlah besar nutrisi dan menanggapi diperkaya dengan nutrisi dengan pertumbuhan yang ditingkatkan. Helophytes juga mengaerasi rhizosphere tanah melalui aerenchyma di akar.

Dari sudut pandang praktis, lahan basah yang dibangun (*constructed wetland*) menawarkan peluang yang lebih baik untuk pengolahan air limbah daripada lahan basah alami (*natural wetland*). Mereka dapat dirancang untuk optimal kinerja proses pembuangan BOD, COD dan nutrisi dan untuk kontrol maksimum atas pengelolaan

hidraulik dan vegetasi lahan basah. Penggunaan lahan basah alami juga harus dicegah karena nilai konservasi yang besar dari banyak sistem ini.

III. CONSTRUCTED WETLAND

Constructed wetland (CW) adalah metode lahan basah dengan sistem rekayasa teknik yang telah didisain untuk memenuhi proses alami yang melibatkan peran vegetasi, tanah dan hubungannya dengan kehadiran mikroba yang berperan dalam mengolah air limbah. CW didisain untuk memperoleh keuntungan dari berbagai proses yang sama halnya terjadi pada *natural wetland* tetapi dengan melakukan pengendalian terhadap kondisi lingkungan. CW dibentuk sebagai lingkungan yang teristerial yang sudah dimodifikasi untuk membentuk drainasi tanah dan tanaman wetland dan hewan yang memiliki tujuan penting dalam penyisihan kontaminan atau pencemar dalam air limbah (Vymazal, 2008). CW berperan penting dalam mengolah air limbah yang didisain dan dioperasikan khusus dalam sebuah sistem yang saling mendukung satu sama lain sehingga memiliki nilai fungsi. (Hammer dan Bastian, 1989 dalam Vymazal, 2008).

Constructed wetland dapat dibangun dengan ukuran yang lebih besar dan dilakukan pengendalian terhadap kondisi lingkungan jika dibandingkan dengan *natural wetland* sehingga memungkinkan

proses yang berlangsung dalam pengolahan air berlangsung dengan baik dari sisi substrat yang masuk, jenis tanaman yang tepat, dan laju alirannya. Disisi lain, *constructed wetland* juga memberikan banyak keuntungan jika dibandingkan dengan *natural wetland* yang melingkupi pemilihan lahan, ukuran yang fleksibel, dan yang paling penting adalah kontrol terhadap *hydraulic pathways* dan *retention time* (Briz, 1993)

Prinsip pengolahan pada *constructed wetland* hampir sama dengan *natural wetland*, namun sistem pengolahannya memiliki struktur yang terencana seperti:

1. Debit aliran
2. Beban Organik tertentu
3. Kedalaman media tanah maupun air < 0,6 m
4. Dilakukan pemeliharaan terhadap tumbuhan air selama proses pengolahan berlangsung

Pada pertengahan tahun 1970-an, sudah banyak dilakukan penelitian, pemanfaatan, perencanaan, dan pengontrolan kapasitas kemampuan penguraian dari beberapa *natural wetland* guna mengetahui kualitas air yang tepat. *Constructed wetland* memiliki kemampuan efisiensi yang lebih tinggi jika

dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah. Hal ini karena *constructed wetland* lebih mudah dikontrol dan konstruksinya dapat didesain sesuai dengan fasilitas yang dikehendaki, seperti komposisi substrat, jenis vegetas, kecepatan aliran, dan debit aliran.

Berdasarkan aliran air, *constructed wetland* terdiri dari 2 jenis, yaitu aliran permukaan (*Free Water Surface*) dan Aliran Bawah Permukaan (*Subsurface Flow System*). *Constructed wetland* dengan jenis aliran bawah permukaan terdiri dari 2 jenis pola aliran, yaitu aliran horizontal (*Horizontal Subsurface Flow, HSF*) dan aliran vertical (*Vertical Subsurface Flow, VSF*)

Menurut USAID (2006), *SSF* adalah sistem yg lebih disukai untuk sistem setempat, karena sistem *FWS* berpotensi menjadi tempat nyamuk berkembang biak (khususnya jika tidak dipelihara ikan pemakan nyamuk di dalamnya). Sistem *SSF* ditutup dengan pasir atau tanah, sehingga tidak ada resiko langsung terhadap potensi timbulnya nyamuk.

IV. MEKANISME PROSES DALAM *CONSTRUDTED WETLAND*

4.1 Mekanisme Pengolahan Secara Fisik

Selama air limbah mengalir melalui pori-pori media, zat padat tersuspensi dihilangkan melalui proses filtrasi.

Kedalaman tempat terjadinya penghilangan bervariasi menurut ukuran partikel, tekstur media dan kecepatan pengaliran. Semakin besar kecepatan aliran hidrolis, dan semakin kasar tekstur media, semakin besar pula jarak tempuh aliran partikel. Zat-zat padat tersuspensi berukuran besar dihilangkan pada permukaan media dan partikel-partikel yang berukuran lebih kecil, termasuk bakteri dihilangkan pada beberapa sentimeter di bawah permukaan media.

Transformasi kimiawi dan biologis serta penghilangan di dalam media dapat juga mengurangi konsentrasi konstituen-konstituen tertentu. Terjadinya jumlah kehilangan kadar air pada proses penguapan, seperti pada daerah beriklim kering, menyebabkan konsentrasi konstituen-konstituen konservatif seperti garam-garaman meningkat.

Zat-zat padat tersuspensi dalam konsentrasi yang berlebih dapat menimbulkan penyumbatan pada pori-pori media maupun sistem distribusi air limbah. Penyumbatan pada media akan mengurangi kecepatan infiltrasi media. Dekomposisi alami zat-zat padat organik selama tidak ada pengolahan air limbah atau dalam masa istirahat akan meningkatkan kembali infiltrasi.

Laju pengolahan secara hidrolis untuk sistem *constructed wetland* harus dirancang lebih rendah daripada laju infiltrasi media.

Pada kondisi ini penyumbatan pada media yang tersuspensi bukanlah masalah yang berarti.

4.2 Mekanisme Penghilangan Secara Kimiawi

Phosphat adalah satu-satunya anion yang tertahan dalam media. Mekanisme primer merupakan pembentukan presipitat dalam bentuk zat tak terlarut maupun sukar terlarut. Di daerah beriklim kering kecepatan irigasi dari air limbah tidak cukup untuk mencegah akumulasi Na dalam media. Akumulasi ini mempengaruhi struktur media dan pengurangan kecepatan perkolasi air. Hubungan antara kation-kation utama dalam air buangan (Kalsium, Magnesium dan Kalium) adalah penting, saat ini rasio Na terhadap kation-kation lainnya terutama ion-ion Ca dan Mg pada partikel media terutama tanah liat. Dominasi ion-ion Na pada partikel-partikel tanah liat berdampak pada terdispersinya partikel-partikel tanah dan penurunan permeabilitas tanah.

4.3 Mekanisme Penghilangan Biologis

Transformasi biologis yang terjadi dalam media meliputi penguraian zat organik dan asimilasi nutrient dalam media. Transformasi-transformasi seperti ini terjadi secara biologis pada kedalaman beberapa sentimeter di media, seperti pada bagian akar tanaman. Jumlah bakteri sangat banyak

antara 1 juta sampai 3 juta per gram media. Perbedaan yang besar dari organisme awal meningkatkan kemampuan media mendegradasi berbagai senyawa organik alami pada air limbah yang digunakan.

Ada tidaknya oksigen dalam media menimbulkan pengaruh penting pada kecepatan dan produk akhir dari proses degradasi. Tingkatan oksigen media merupakan fungsi dari porositas tanah.

Oksigen pada permukaan media akan terdifusi ke dalam lapisan media atau matrik air limbah. Karena pori-pori media pada umumnya lebih kecil serta memiliki kandungan dalam bentuk padat, difusi oksigen ke dalam media terjadi secara bertahap dalam kecepatan yang terbatas.

Sebagai hasil penguraian zat organik, elemen-elemen seperti N, P, dan S diubah dari bentuk organik menjadi bentuk anorganik. Banyak konstituen yang mengandung mineral ini yang dapat diasimilasikan oleh tanaman.

Proses nitrifikasi secara biologis dalam media menghasilkan nitrat dari N-amoniak dan organik pada kondisi aerobik. Senyawa nitrat dapat direduksi menjadi gas N_2 , dibawah kondisi aerobik sebagai hasil dari denitrifikasi. Laju penggunaan N dapat ditentukan dari kesetimbangan N dalam sistem. Proses-proses penting yang terjadi dalam penghilangan N dari air limbah yang

digunakan pada media meliputi penguapan amonia, pengambilan dan penghilangan oleh tanaman, adsorpsi amonia oleh media, pemisahan fraksi-fraksi organik pada media dan denitrifikasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi denitrifikasi dalam media adalah tingginya kandungan zat organik, tekstur media, kelembaban media, pH untuk kondisi netral hingga alkali, lapisan vegetatif dan temperatur. Penghilangan N yang mengalami denitrifikasi dapat mencapai 50% tergantung pada cara pengaturan reaktor alam ini.

V. KONTRIBUSI TUMBUHAN DALAM CONSTRUCTED WETLAND

Kehadiran tumbuhan yang sesuai pada reaktor constructed wetland mempunyai fungsi antara lain mencegah terjadinya erosi, meningkatkan media pendukung bagi mikroorganisme, serta membantu menghilangkan nutrient pada air limbah

5.1 Kapasitas Pengambilan Nutrient Oleh Tumbuhan

Pemilihan dan penanganan tumbuhan merupakan hal yang penting dalam sistem constructed wetland. Pengambilan unsur N oleh tanaman berkisar 100-400 kg/ha/musim panen, tergantung pada sifat-sifat khas tumbuhan serta teknik

penaganannya. Data kecepatan pengambilan nutrient oleh tumbuhan adalah:

Tabel 2
Kapasitas Pengambilan Nutrient Pada Tumbuhan

Jenis Tanaman	Kecepatan Pengambilan Nutrient (kg/ha/tahun)		
	Nitrogen	Phospor	Potasium
Tanaman Pakan Ternak			
<i>Alfalfa</i>	225-540	23-35	175-225
<i>Bromegrass</i>	130-225	40-55	245
<i>Coastal Bermudagrass</i>	400-675	35-45	225
<i>Kentucky Bluegrass</i>	200-270	45	200
<i>Quackgrass</i>	235-280	30-45	275
<i>Reed Carnarygrass</i>	335-450	40-45	315
<i>Ryegrass</i>	200-280	60-85	270-325
<i>Sweet Clover</i>	175	20	100
<i>Tall Fescue</i>	150-325	30	300
<i>Orchardgrass</i>	250-350	20-50	225-315
Jenis Tanaman	Kecepatan Pengambilan Nutrient (kg/ha/tahun)		
	Nitrogen	Phospor	Potasium
Tanaman Ladang			
<i>Barley</i>	125	15	20
Jagung	175-200	20-30	110
Kapas	75-110	15	40
Grain Sorghum	135	15	40
Tomat	230	20	245-325
Buncis	250	10-20	30-55
Gandum	160	15	20-45

Sumber : Polprasert Chongkrak, 2000

Dari tabel di atas terlihat bahwa tumbuhan untuk makan hewan memiliki kemampuan pengambilan nutrient yang lebih baik dari tanaman yang biasanya ditanam di ladang. Kapasitas terbesar adalah pada tumbuhan alang-alang (*Reed Carnarygrass*)

5.2 Kapasitas Oksigenasi Dari Tumbuhan

Selain mempunyai kemampuan untuk mengambil nutrient dari air limbah, tumbuhan juga mempunyai kemampuan untuk menransfer oksigen ke dalam media, melalui proses pengambilan oksigen di atmosfer pada ujung tumbuhan. Pengambilan oksigen oleh tumbuhan ini digunakan untuk proses respirasi pada tanaman dan sebagian sisanya dilepaskan melalui akar

Sebuah penelitian di Kalo Denmark (April, 2005) menunjukkan, pada tumbuhan alang-alang dengan nama genus *Phragmites Australis*, kesetimbangan massa oksigen adalah dari 2,08 gram/(m².hari) oksigen yang diambil dari atmosfer melalui pucuk tanaman, 2,06 gram/(m².hari) digunakan untuk proses respirasi sedangkan 0.02 gram/(m².hari) dilepas melalui akar.

Sementara itu perbandingan oksigen yang dilepaskan oleh tumbuhan, menurut jenis dan jarak dari ujung akar berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Nama Tumbuhan	Jarak dari Ujung Akar	Konst. O ₂ yang dilepas (10 ⁻⁸ g/cm ² .menit)
<i>Phragmites Australis</i>	Pangkal Akar	< 0
	2 mm	6.3
	5 mm	4.7
	9 mm	4.2
	60 mm	< 0
	Rhizoma	0
<i>Typha Latifolia</i>	10 mm	> 0
	35 mm	0.55
	65	0
<i>Glyceria Maxima</i>	Pangkal akar	< 0
	8 mm	1.3
	40 mm	2.3
<i>Iris pseudocorus</i>	Pangkal akar	< 0
	15 mm	2
	70 mm	> 0
	150 mm	0.62

Tabel 3
Kapasitas Pelepasan Oksigen Dari
Beberepa Jenis Tumbuhan

Dari tabel diatas jelas terlihat bahwa kemampuan pelepasan oksigen oleh *Phragmites Australis* (salah satu jenis alang-alang) adalah yang paling besar.

VI. OPTIMALISASI DESAIN

CONSTRUCTED WETLAND

Kinerja reaktor *constructed wetland* dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi di beberapa parameter kriteria desainnya. Parameter kriteria desain yang dapat dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian atau kajian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

6.1 Metode Aliran

Kajian perbandingan efektifitas metode pengaliran air limbah di Constructed Wetland antara *Horisontal Flow Constructed Wetland* (HFCW) dan *Vertical Flow Constructed Wetland* (VFCW), dilakukan oleh Verma R dan Suthar S, yang dipublikasikan dalam *Ecological Engineering* (2018), 116 dengan judul *Perfomance assessment of horizontal and vertical surface flow constructed wetland system in wastewater treatment using mutivariate principal component analysis*. Kajian ini dilakukan di HFCW dan VFCW IPAL industri susu dan sekaligus memanen biomassa tanamannya

Reaktor dibuat dalam skala laboratorium menggunakan tanaman cattail

(*Typha Angustifolia*) dan penelitian dilakukan selama sembilan bulan, dengan parameter pH, EC, TSS, NO₃-N, NH₄-N, PO₄⁻³, SO₄⁻², Na, K, BOD₅, COD dan logam berat (Fe, Cr dan Ni).

Dari hasil penelitian menunjukkan VFCW lebih unggul daripada HFCW dalam penyisihan NH₄-N, PO₄⁻³, BOD₅, COD dan logam berat, sedangkan NO₃-N dan SO₄⁻² lebih tinggi tingkat penyisihannya pada HFCW. Analisis Komponen Utama (PCA) mengidentifikasi tiga komponen utama dari sembilan variabel utama masing masing 80,05 untuk HFCW dan 86,68 untuk VFCW. Dari uji tingkat variasi menunjukkan kinerja VFCW lebih tinggi daripada HFCW. Dari uji hasil biomassa *Typha* menunjukkan variasi besar antara sistem HFCW dan VFCW, dan relative VFCW menghasilkan lebih banyak biomassan *Typha*. Biomassa *Typha* dapat digunakan sebagai bahan baku potensial untuk energi terbarukan. VFCW dengan menggunakan tanaman *Typha* pada pengolahan air limbah industri susu dapat ditujukan untuk penangkapan nutrisi, restotasi habitat, bionergi, penyeimbang karbon dan peningkatan kualitas air

6.2 Laju Pembebanan

Hidrolik/Hidraulic Loading Rata (HLR)

Penelitian selama dua dekade terakhir telah mengumpulkan banyak informasi

kuantitatif tentang kinerja sistem ini. Basis data penting yang semakin banyak digunakan dalam literatur adalah Basis Data Amerika Utara (NADB) yang berisi data dari lebih dari 100 lahan basah air limbah yang disusun untuk US-EPA oleh Knight et al. (1992). Basis data ini menunjukkan bahwa kinerja lahan basah yang digunakan untuk penjernihan air sangat bergantung pada laju pembebanan (air limbah per area per waktu) dan pada karakteristik hidrologi dan ekologi spesifik lahan basah tersebut. Persentase penyisihan umumnya tinggi untuk COD, BOD dan bakteri (80% -99% removal dalam kebanyakan kasus). Tingkat penghapusan untuk P dan N lebih rendah dan lebih bervariasi. Penghapusan N lebih tinggi dari 50% dalam kebanyakan kasus, penghapusan P sebagian besar lebih rendah dan tunduk pada saturasi setelah pemuatan berkepanjangan. Laju pembuangan unsur hara dapat dioptimalkan dengan memilih laju pemuatan yang tepat (yaitu pencegahan kelebihan sistem), dengan memasang rezim level air yang berfluktuasi dan dengan menambahkan bahan penyerap ke sedimen lahan basah.

Recep Cair dan Ulviye Cebi, Desember 2015, dalam publikasinya di Journal of Environmental Management, Vol 164 dengan judul *A Study on the effects of different hydraulic loading rates (HLR) on pollutant removal efficiency of subsurface horizontal-flow constructed wetlands used*

for treatment of domestic wastewater, melakukan penelitian di pengolahan air limbah domestik di daerah Buyukdolluk di propinsi Edirne. Penelitian dilakukan selama 3 tahun, menggunakan 3 buah kolam dengan ukuran masing masing 300 m² dan ditanami dengan *Phragmites australis*. Masing masing kolam mengolah limbah domestik, dengan HLR masing masing 0 m³/hari/m², 0,075 m³/hari/m² dan 0,125 m³/hari/m². Dengan input BOD selama 3 tahun rata rata adalah 324,5 mg/liter, COD 484,0 mg/liter, TSS 147,3 mg/liter dan minyak dan lemak 0,123 mg/liter. Menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan sangat tergantung pada tingkat pembebanan Hidraulik (*Applied Hydraulic Loading Level*).

- Pada HL 0,050m³/hari/m², BOD₅ 64,9%, COD 62,5%, TSS 86,3%, dan minyak lemak 80,34%.
- Pada HL 0,075 m³/hari/m², BOD₅ 57,9%, COD 55,5%, TSS 81,4%, dan minyak lemak 74,5%.
- Pada HL 0,125 m³/hari/m², BOD₅ 49,1%, COD 47,8%, TSS 70,9%, dan minyak lemak 62,1%.

6.3 . Laju Pembebanan Organik (*Organik Loading Rate*)

BOD yang masuk atau laju pembebanan Organik agar dibatasi jangan sampai terjadi kekurangan oksigen untuk proses. Kadar oksigen rata – rata yang dapat disediakan dengan metode ini adalah sekitar

20 gram/m².hari. Oksigen dipasok melalui daun, batang dan akar tanaman. Untuk sistem SFS, dimana akar terendam air yang mengalir, maka oksigen yang diberikan melalui akar akan digunakan oleh kehidupan mikroorganisme yang melekat pada akar dan digunakan untuk menguraikan zat organik air limbah yang diolah. Sedangkan pada sistem FWS oksigen yang dipasok ke dalam aliran air sangat terbatas jumlahnya apabila dibandingkan dengan sistem SFS, karena akar tanaman berada di bawah aliran air, sehingga oksigen tidak sampai kedalam air limbah. Masuknya oksigen melalui tiupan angin terhadap permukaan air, juga terbatas sifatnya, karena permukaan air tertutup tanaman yang rimbun, sehingga konsentrasi BOD yang masuk kedalam sistem FWS harus dibatasi

6.4 Jenis Media Pengisi

Media pengisi di adalah faktor penting dalam proses pengolahan air limbah di Constructed Wetland. Berdasarkan kondisi tidak efektif nya operasi dan pengolahan di wetland tradisional, Shibau Lu, Liang Pei dalam *Journal of Cleaner Production*, Volume 127, 20 July 2016, meneliti tentang *Impacts of Different Media on constructed wetlands for rural household sewage treatment*.

Dengan menggunakan jenis tanaman yang sama, dan dengan empat jenis media yang berbeda (*maifanite, steel slage, bamboo charcoal dan limestone*) menunjukkan hasil efisiensi penyisihan yang bagus. Secara teori kapasitas maksimum adsorpsi dari keempat media tsb adalah maifanite > steel slag > bamboo charcoal > limestone. Kualitas effluent semua memenuhi standar pertama kelas A dan memenuhi baku mutu polutan untuk IPAL domestik (GB181918-2002). Pemilihan jenis media sangat penting untuk menentukan hasil pengolahan dari sistem *Constructed Wetland*.

6.5 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut (DO) adalah salah satu faktor terpenting yang dapat mempengaruhi proses penyisihan polutan di *constructed wetland*. Namun pasokan oksigen tidak mencukup serta distribusi oksigen yang tidak tepat umumnya terjadi di *constructed wetland* tradisional. Liu H, Hu Z, Zhang, et al, 2016, melakukan kajian tentang optimalisasi suplai dan disktribusi oksigen terlarut dalam reaktor *constructed wetland*. Kajian ini melakukan analisis terperinci pasokan DO dan karakteristik distribusi oksigen diberbagai jenis *Constructed Wetland*. Penelitian ini menyimpulkan reareasi atmosfer (AR) berpotensi menjanjikan untuk intensifikasi oksigen

PENUTUP

Metode pengolahan dengan lahan basah terkontrol atau sering disebut dengan *Constructed Wetland*, telah banyak digunakan untuk mengolah berbagai jenis air limbah. Metode *constructed wetland* dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan lanjut air efluen IPLT, sehingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Kinerja *constructed wetland* dipengaruhi oleh tingkat pembebanan hidraulik (*Hydraulic Loading Level*), laju pembebanan organik (*Organic Loading Rate*), pemilihan jenis media, konsentrasi oksigen terlarut dan metode pengaliran

DAFTAR PUSTAKA

- Brix, H. 1996. *Wetland Systems for Water Pollution Control: Do Macrophytes Play a Role in Constructed Treatment Wetland*, Pergamon: Oxford
- Cair Recep, Ulviye Cebi, 2015, *A Study on the effects of different hydraulic loading rates (HLR) on pollutant removal efficiency of subsurface horizontal-flow constructed wetlands used for treatment of domestic wastewater*, Journal of Environmental Management, Vol 164, 1 Desember 2015, pg 121 -128
- H Liu, Hu Z, Zhang, et al., 2016, *Optimizations on supply and distribution of dissolved oxygen in constructed wetland : A review*, Bioresource Technology, 2016, Volume 214, august 2016, pg 797-805
- Kadlec, R.H., Knight, R.L. 1996. *Treatment Wetlands*. Boca Raton: CRC, Lewis. 893pp
- Lu Shibau, Liang Pei, 2016, *Impacts of Different Media on constructed wetlands for rural household sewage treatment*, Journal of Cleaner Production, Volume 127, 20 July 2016, pg 325 -330
- Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 Tahun 2016
- Polprasert Chongkrak. 2000. *Organik Waste Recycling*. John Wiley and Sons.
- R Verma, Suthar S, 2018, *Performance assessment of horizontal and vertical surface flow constructed wetland system in wastewater treatment using multivariate principal component analysis.*, Ecological Engineering (2018), 116 pg 121-126
- Tazkiaturruzki, 2012. Thesis, *Penyisihan Nitrogen dan Fosfat pada Efluen IPAL Bojongsoang Menggunakan Constructed Wetland Tipe Subsurface Horizontal Flow Dengan Sistem Umpan Menerus*. Bandung. Program Studi Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.

Yunari Nugraheni, Endah. 2006.

Pemanfaatan Alang – Alang Dalam Reaktor Tanah Sebagai Alternatif Pengolahan Air Buangan Domestik.
Jakarta: Jurusan Teknik Lingkungan
STT Teknologi Sapta Taruna

Verhoeven T.A. Jos, Arthur

F.M.Meuleman, 1999. *Wetland for Wastewater Treatment : Opportunities and limitations,*
Ecological Engineering,12 pg 5-12

Vymazal, J. 2008. *Fractionation,*

Biodegradability and Particle-Size Distribution of Organic Matter in Horizontal Subsurface-Flow Constructed Wetlands, Journal of Springer Science

Vymazal, J. Kropfelova,L.2008.

Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, Springer : Czech Republic