

KAJIAN PENERAPAN TEKNOLOGI BIOFILTER SKALA KOMUNAL UNTUK MEMENUHI STANDAR PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK

Study of Communal Biofilter Technology Application to comply the Standard of Domestic Wastewater Treatment Planning

Elis Hastuti, Ida Medawati dan Sri Darwati

Pusat Litbang Permukiman Badan Litbang PU
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Indonesia
E-mail : elishastuti@yahoo.com

Diterima: 6 Januari 2014, Direvisi: 13 Mei 2014, Disetujui: 9 Juni 2014

Abstrak

Ancaman pencemaran air limbah terhadap sumber air baku air minum dapat terus meningkat apabila upaya peningkatan akses sanitasi tidak diiringi dengan teknologi yang ramah lingkungan. Salah satunya dengan teknologi pengolahan air limbah sistem biofilter, yang dapat diterapkan di kawasan perkotaan dengan keterbatasan lahan, muka air tanah tinggi, volume reaktor kecil serta mudah dalam pengoperasian karena lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Namun teridentifikasi kendala-kendala dalam penerapan teknologi biofilter skala komunal, diantaranya umur pakai yang pendek, gangguan proses pengolahan dan efluen pengolahan belum dapat mencapai baku mutu yang dipersyaratkan. Pada tulisan ini, diuraikan kajian penerapan sistem biofilter skala komunal di beberapa kota, termasuk faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan pengelolaan sistem biofilter. Sampling penerapan biofilter komunal dilakukan secara purposif sesuai variasi sistem biofilter, kondisi lokasi dan pengelola, kemudian metoda deskriptif digunakan untuk evaluasi berdasarkan karakteristik tersebut. Desain unit proses biofilter dikaji berdasarkan penyisihan/penguraian bahan organik sebagai BOD, yang didekati dengan reaksi orde pertama kinetika *plug flow*. Hasil studi menunjukkan faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan sistem adalah desain unit proses, media biofilter, karakteristik influen, konsumsi pemakaian air, kapasitas pengolahan, media biofilter, proses pembentukan biofilm pada tahap pembibitan dan aklimatisasi, bahan dan konstruksi serta pengelolaan. Beberapa penerapan sistem biofilter yang memenuhi kriteria desain serta pengelolaan yang tepat, dapat menghasilkan air olahan sesuai Keputusan Menteri KLH Nomor 112 tahun 2003 atau Perda terkait, serta berpotensi diolah kembali untuk daur ulang tertentu. Didalam penyusunan standar sistem biofilter perlu mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, terutama dalam memenuhi standar Pd. T-04-2005-C tentang Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah, Pd. T-02-2004-C, tentang Pengoperasian dan pemeliharaan instalasi pengolah air limbah rumah tangga dengan Tangki Biofilter serta RSNi tentang tata cara perencanaan pengolahan air limbah setempat.

Kata Kunci: air limbah, pengolahan, biofilter, komunal, standar.

Abstract

The protection of water resources from contamination of wastewater can be achieved by improvement of sanitation access, with the environmental friendly technology. Biofilter system as an option of this wastewater treatment technology in urban area is considered for limited space, level of water table, small volume of reactor and simplicity of operation and maintenance related less sludge produced. The problems of communal biofilter technology application were identified which have short life time, improper management, bad treatment process therefore the effluent can not meet the standard requirements. This paper describes study of factors influenced the sustainability of communal biofilter system application for wastewater treatment which could be inputs for manual of communal wastewater treatment. Purposive sampling is applied according to the variation of biofilter system, location and management, then descriptive method for evaluation these characteristics. Design approaches for evaluation applied plug flow kinetic model in organic reduction presented by BOD. The result shows factors significantly influence successful application of communal biofilter system which include process unit design, media, biofilm formation in the seeding and acclimatization process, influent characteristics, water consumption, treatment capacity, material and construction, and operation-maintenance. Some proper application of biofilter system result effluent which meet standard of ministry decree for the environment number 112/2003 or local regulation and can be source for water reuse. Those factors could be considered as inputs for the review of biofilter system which have regulated in Pd. T-04-2005-C of manual of planning and installation of biofilter tank for wastewater treatment, Pd. T-02-2004-C of operation and maintenance wastewater treatment plant using biofilter tank and RSNi of manual of wastewater treatment planning on site.

Keywords: wastewater, treatment, biofilter, communal, standard.

1. PENDAHULUAN

Keberadaan sumber sumber air baku untuk air minum semakin terancam oleh pembuangan air limbah rumah tangga secara langsung ataupun pembuangan air olahan dari sarana pengolahan air limbah yang belum sesuai persyaratan. Sementara itu sebagian besar kebutuhan air minum dipenuhi dari air tanah, kemudian sisanya dipenuhi dari air permukaan (Dirjen SDA, 2011). Data lingkungan menunjukkan pencemaran badan air oleh air limbah domestik masih menunjukkan lebih dari 70% (Dirjen CK, 2009). Ancaman pencemaran sumber sumber air baku air minum tersebut dapat terus meningkat apabila penyediaan sarana sanitasi tidak diiringi dengan teknologi penanggulangannya. Sementara itu upaya pengendalian pencemaran air dan tanah di lingkungan perkotaan sering terkendala oleh keterbatasan lahan untuk sarana pengolahan air limbah.

Akses sanitasi secara nasional adalah sebesar 51,2%, sementara target MDG (*Millennium Development Goal*) pada tahun 2015 adalah 62,4% yaitu di perkotaan sebesar 76,8% dan di perdesaan sebesar 55,6%. Adanya peningkatan akses sanitasi tersebut, belum diiringi dengan penurunan pencemaran badan air oleh air limbah domestik, diantaranya karena penerapan teknologi pengolahan air limbah belum sesuai persyaratan. Sebagai contoh, sebagian besar penerapan tangki septik tidak disertai pengolahan lanjutan dan teknologi belum memenuhi SNI 03-2398-2002 tentang Tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan. Beberapa kendala dalam penerapan tangki septik tersebut diantaranya karena keterbatasan lahan, muka air tanah tinggi, penempatan bidang resapan dan penanganan lumpur.

Teknologi pengolahan air limbah dengan sistem biofilter mempunyai keunggulan dari tangki septik karena dapat ditempatkan pada lahan terbatas, lokasi dengan air tanah tinggi, serta mudah dalam pengoperasian karena lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Namun teridentifikasi pula terdapat penerapan teknologi biofilter terutama skala komunal, unit prosesnya belum sesuai standar perencanaan, spesifikasi bahan dan konstruksi pemasangan tidak sesuai karakteristik kondisi air tanah dan lingkungan sekitar. Bahan tangki biofilter yang dipabrikasi diantaranya menggunakan fiber, namun sebagian belum memenuhi SNI 7504:2011 Spesifikasi material *fiber reinforced plastics* (FRP) untuk unit paket instalasi pengolahan air. Selain itu terdapat kendala pengelolaan diantaranya kebiasaan masyarakat yang buruk

dalam membuang sampah ke perpipaan air limbah, penambahan sambungan air limbah yang melebihi kapasitas, kualitas influen air limbah bercampur air limbah industri. Sehingga terdapat kerusakan pada instalasi pengolahan, gangguan proses pengolahan dan efluen pengolahan belum dapat mencapai baku mutu yang dipersyaratkan oleh Keputusan Menteri KLH Nomor 112/2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik atau peraturan daerah terkait.

Berkaitan dengan permasalahan diatas, serta pentingnya peningkatan kinerja proses maupun pengelolaan sistem biofilter, maka perlu dilakukan studi untuk pengkajian penerapan biofilter komunal untuk memenuhi penyusunan standar air limbah, termasuk pengkajian ketentuan ketentuan pada Pd. T-04-2005-C, tentang Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah, Pd T -02-2004-C tentang Pengoperasian dan pemeliharaan instalasi pengolahan air limbah rumah tangga dengan tangki biofilter atau RSNi pengolahan air limbah setempat. Sehingga dapat mencapai keberhasilan dalam pengolahan air limbah skala komunal, yang diindikasikan dengan kehandalan sistem pengolahan baik konsistensi dan kestabilan air olahan, area layanan dan karakteristik air limbah sesuai desain, tersosialisasinya pedoman pengelolaan sesuai standar, kemandirian pengelola dalam penyelesaian kendala, peningkatan produktifitas dan kesehatan masyarakat, berkurangnya pencemaran lingkungan, serta meningkatnya potensi air daur ulang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji faktor faktor yang menentukan keberlanjutan pengelolaan teknologi pengolahan air limbah domestik dengan sistem biofilter skala komunal serta mendapatkan masukan untuk penyusunan standar perencanaan maupun pengoperasian dan pemeliharaan pengolahan air limbah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengolahan air limbah dimaksudkan untuk mengurangi konsentrasi unsur-unsur pencemar didalam air limbah, sehingga aman dibuang ke badan air penerima. Teknologi pengolahan air limbah dengan proses pertumbuhan melekat dapat digolongkan pada trickling filter, *rotating biological contactor* (RBC) dan kombinasi pertumbuhan melekat dan tersuspensi. Sistem pertumbuhan melekat atau biofilter dalam pengolahan air limbah rumah tangga, menggunakan media atau tempat berkembangnya mikroorganisme pengurai polutan air limbah, yang dapat berupa media

alamiah atau media sintesis (Pd. T-04-2005-C). Sistem pertumbuhan melekat atau sistem biofilter dengan kombinasi proses pertumbuhan tersuspensi dan melekat dapat menggunakan media diam terendam (*fixed film packing*) maupun media terfluidisasi. Proses tersebut dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut dan proses anaerobik dilakukan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah (Metcalf dan Eddy, 2003). Teknologi pengolahan sistem biofilter untuk komunitas kecil, baik menggunakan media diam-terendam atau *terfluidisasi*, merupakan salah satu rekomendasi teknologi yang tercantum pada EPA, 1999, tentang *Wastewater treatment manuals*.

Pengolahan air limbah dengan sistem biofilter mempunyai keunggulan pengoperasiannya mudah, lumpur yang dihasilkan sedikit, dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun tinggi, tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi dan pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil (Said, Idaman, Nusa, 2008). Pemilihan media sistem biofilter harus mempertimbangkan spesifik gravity, kekerasan, ketahanan abrasi, kekasaran permukaan, koefisien keseragaman dan ketersediaan dalam jumlah yang banyak. Media biofilter dapat berfungsi sebagai tempat pertumbuhan biomassa dan menahan padatan. Disamping itu, media juga harus mempunyai kemudahan dalam pencucian dan melepaskan padatan yang terperangkap. Jenis media dapat dikategorikan mineral, plastik yang berstruktur dan random. Pada jenis media mineral, biasanya resistan terhadap beberapa kontaminan dalam air limbah, serta ukuran partikel, bentuk dan distribusi ukurannya harus diperhatikan. Semakin kecil ukuran partikel, semakin luas area permukaan biofilm, akan meningkatkan kinerja pengolahan. Namun semakin kecil ukuran partikel, saluran aliran diantara partikel semakin kecil sehingga dapat meningkatkan kehilangan tekanan yang tinggi. Jika ukuran partikel dan distribusi yang merata, maka void dapat dimaksimalkan untuk akumulasi padatan sehingga periode *backwash* lebih lama. Sedangkan media plastik biasanya terbuat dari bahan *polypropilena*, *polystyrena* atau plastik daur ulang dengan luas permukaan yang dapat didisain lebih besar (WEF, 2010).

Menurut Metcalf dan Eddy, 2003, mekanisme utama yang terjadi pada reaktor biofilter adalah transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrisi dari fasa liquid ke fasa biofilm, adsorpsi mikroorganisme dan

metabolisme dalam lapisan biofilm, serta mekanisme penempelan dan pelepasan biofilm.

Air olahan dari sistem biofilter dapat digunakan sebagai sumber air baku air daur ulang untuk tujuan tertentu, namun masih memerlukan pengolahan lanjutan seperti lahan basah buatan atau filtrasi granular dan desinfeksi. Daur ulang air limbah tersebut diperlukan di kawasan rawan air, untuk peningkatan kualitas lingkungan serta dapat mendukung ketersediaan penyediaan air bersih, dimana pada pengelolaan air perkotaan yang terintegrasi menyarankan inovatif teknologi, yang dipilih berdasarkan evaluasi siklus air yang holistik dan keberlanjutan sistem secara keseluruhan (Philip, Ralp, 2011).

3. METODE PENELITIAN

Kajian penerapan sistem biofilter untuk pengolahan air limbah domestik skala komunal dilakukan berdasarkan pada hasil beberapa penerapan lapangan. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data primer dan sekunder. Penentuan sampel penerapan teknologi dilakukan secara purposif, sesuai variasi sistem biofilter, kondisi lokasi, kapasitas pengolahan dan pengelola.

Metoda kajian penerapan sistem biofilter untuk pengolahan air limbah menggunakan metoda deskriptif untuk mengevaluasi disain unit proses, kinerja proses sistem biofilter, lokasi penerapan, bahan dan konstruksi serta pengelolaan. Disain unit proses biofilter dikaji berdasarkan penyisihan/penguraian bahan organik sebagai BOD, yang didekati dengan reaksi orde pertama kinetika *plug flow*. Kinerja proses sistem biofilter, dievaluasi melalui pengujian kualitas influen dan effluen pada kondisi pengolahan yang sudah stabil, pada rentang waktu pengamatan minimum tiga bulan dengan menggunakan metoda pengambilan dan pengukuran sampel komposit sesuai SNI yang berlaku. Sedangkan pengujian bahan tangki fiber dilakukan di laboratorium melalui uji struktur dan komposisi bahan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian penerapan sistem biofilter untuk pengolahan air limbah rumah tangga, dievaluasi berdasarkan disain unit proses, kinerja unit proses pengolahan, lokasi penerapan, bahan dan konstruksi serta pengelolaan. Faktor-faktor tersebut dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari ketentuan teknis sistem biofilter untuk pengolahan air limbah.

4.1 Disain unit proses

Disain unit proses sistem biofilter meliputi proses pra-pengolahan, pengendapan awal, pengolahan dan pengendapan akhir. Pada sistem biofilter untuk skala individual, unit-unit proses tersebut dapat digabungkan pada satu tangki/bak sedangkan pada skala komunal dapat terdiri dari beberapa tangki/bak. Ketentuan tersebut telah diatur dalam standar Pd. T-04-2005-C tentang Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah atau RSNI tentang Pengolahan air limbah setempat, namun belum dijelaskan secara spesifik pilihan sistem dari pra pengolahan. Tahap pra-pengolahan dapat terdiri dari berbagai proses yaitu pengumpulan air limbah, pemompaan, penyaringan, penghancuran, penyisihan pasir, pra-aerasi, penangkap lemak, pengendapan awal, penambahan kimia atau ekualisasi. Pada sistem komunal, pengendapan awal merupakan bagian yang harus ada sebelum unit pengolahan, yang ditujukan untuk pengendapan padatan dan penyisihan awal organik secara anaerobik (Alley, E. Robert, 2007). Tahap pra pengolahan tersebut juga ditujukan untuk mencegah benda/sampah yang dapat mengganggu proses dan penyumbatan aliran ke unit pengolahan biologi.

Pada beberapa penerapan sistem biofilter skala komunal, tahap pra-pengolahan sebagai pengendapan awal dapat menggunakan bak yang bersekat ataupun bak/tangki imhoff untuk pengendapan padatan dan penyisihan awal organik secara anaerobik. Pada tangki ini terdiri dari kompartemen pengendapan untuk zat organik tersuspensi dan kompartemen penyisihan organik terlarut/koloid. Sementara itu, pada beberapa penerapan sistem biofilter skala komunal oleh Puslitbang Perumahan, di Kota Bandung, Solo dan Kabupaten Sleman, tahap pengolahan awal berupa bak dengan gabungan bak pengendap dan sistem *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). Air limbah yang telah diendapkan di tahap pengolahan awal tersebut kemudian kandungan organik dan anorganik terlarut, tersuspensi dan koloid didegradasi pada tangki biofilter yang dapat terdiri dari satu tangki atau beberapa tangki. Pada Pd. T-04-2005-C tentang Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah maupun RSNI Pengolahan air limbah setempat belum mencantumkan proses perencanaan dalam penentuan kapasitas pengolahan.

Proses perencanaan dapat mengacu pada penyisihan bahan organik sebagai BOD atau COD yang didekati dengan persamaan reaksi orde pertama kinetika *plug flow*. Dimana laju

penyisihan zat organik pada waktu tertentu sebanding dengan jumlah BOD pada waktu tersebut, sesuai persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{C_0} = e^{-k_T t}$$

Dimana :

- C_e : Konsentrasi BOD efluen
- C₀ : Konsentrasi BOD influen
- k_T : Konstanta laju reaksi pada suhu T, hari⁻¹
- t : Waktu tinggal hidraulik, hari

$$k_T = k_{20} \theta^{(T-20)}$$

Dimana :

- k_T : konstanta laju reaksi pada suhu T, hari⁻¹
- θ : Konstanta arrhenius (1,107-0,002T)^{T-25}
- θ : harus linear pada suhu 8-35°C (1,01-1,09)

Waktu tinggal hidraulik, t atau HRT pada sistem biofilter merupakan fungsi luas area spesifik permukaan media (m²/m³), volume filter keseluruhan (m³) dan debit aliran (m³/hari) atau jarak dibagi kecepatan (Mara, Duncan, 2003). Waktu tinggal hidraulik didefinisikan sebagai berikut:

$$t = \frac{\alpha D}{\left(\frac{Q}{A}\right) / x.S.d} \quad \text{maka} \quad C_e = C_0 \cdot e^{-(KVS/Q)}$$

Nilai K adalah laju konstanta yang dimodifikasi (k_T α x d), m/hari. Nilai k_T tergantung pada suhu, maka nilai K juga bervariasi terhadap suhu. Menurut Mara, Duncan, 2003, K_T adalah :

$$K_T = 0,037 (1,08)^{T-15}$$

Dimana:

- t : waktu detensi (hari)
- αD : jarak aliran secara zig zag didalam biofilter pada kedalaman D, α > 1
- A : luas penampang biofilter (m²)
- Q : debit (m³/hari)
- S : luas permukaan per volume biofilter/luas permukaan spesifik (luasan area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media (m²/m³))
- d : kedalaman aliran
- xSd : luas area yang dialiri, x < 1
- K : konstanta laju reaksi modifikasi = k_T. α.x.d, m/hari
- V : biofilter volume = AD, m³

Proses penyisihan organik pada sistem biofilter dapat berlangsung secara anaerob, aerob atau kombinasi anaerob-aerob, dengan menggunakan pertumbuhan biologis melekat pada suatu media sintesis/plastik atau mineral. Efluen pengolahan sistem biofilter dapat dialirkan ke bak akhir yang berfungsi sebagai bak pengendap akhir. Kemudian air olahan dapat dibuang langsung ke badan air atau dapat dilanjutkan ke pengolahan lanjutan untuk didaur ulang sesuai tujuan yang diinginkan. Ketentuan ketentuan daur ulang air limbah dapat mengacu pada pedoman EPA, 2014. Pada panduan sistem biofilter yang ada belum mencantumkan potensi pemanfaatan air olahan dari sistem biofilter secara spesifik untuk daur ulang, dimana pengolahan air limbah yang berorientasi daur ulang menjadi penting seiring dengan meningkatnya kawasan rawan air dan upaya pengendalian pencemaran lingkungan.

Media biofilter dapat berfungsi sebagai tempat pertumbuhan biomassa dan menahan padatan. Timbulnya lapisan lendir atau biofilm pada media alam/sintesis, merupakan tempat berkembang biaknya mikroorganisma pengurai organik/anorganik dalam air limbah. Sedangkan sistem biofilter dengan penempatan media, terdapat sistem dengan media diam terendam dan media terfluidisasi/mobile (RSNI Tata Cara pengolahan air limbah setempat, 2014). Volume media dipersyaratkan minimum 60% dari volume tangki keseluruhan (WEF, 2010) serta telah sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Puslitbangkim (2012), sementara pada ketentuan yang ada tercantum 55%, hal ini perlu ditingkatkan untuk meningkatkan efisiensi proses.

Sementara ditinjau dari sistem aliran, teridentifikasi sistem biofilter yang banyak diterapkan menggunakan proses anaerob dengan menggunakan sistem aliran:

- Biofilter aliran ke atas/*upflow* yaitu dengan penyisihan dan penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas sehingga mengurangi kecepatan partikel dalam air limbah dan sebagian partikel akan mengendap dibawah media biofilter.
- Biofilter kombinasi aliran ke atas dan aliran ke bawah.

Disain sistem dengan kombinasi aliran tersebut atau kombinasi proses/hybrid, telah dikonseptualisasikan untuk menangani permasalahan air limbah yang memiliki aspek-aspek positif dari reaktor, seperti konsentrasi sel tinggi, pencampuran yang baik dan toleransi untuk pembebanan tinggi (Ayati B. dan Ganjidoust,H, 2006). Demikian pula penelitian sistem biofilter hybrid yang dilakukan oleh Banu

Rajesh, J., Kaliappan, Sudalyandi dan Beck Dieter, 2006 dan menurut WEF, 2010, menyatakan sistem hybrid mempunyai keunggulan dalam peningkatan efisiensi pengolahan, kemudahan dalam operasi dan pemeliharaan. Perencanaan dengan sistem hybrid ini baik dari aspek aliran maupun proses pengolahan, belum dinyatakan pada standar yang ada, sementara sistem hybrid pada skala komunal dapat ditujukan untuk peningkatan efisiensi dan efektifitas proses dan ketahanan fluktuasi beban air limbah.

4.2 Kinerja sistem biofilter

Parameter yang mempengaruhi kinerja pengolahan air limbah untuk menghasilkan sistem yang handal dan konsisten diantaranya adalah karakteristik influen air limbah, pemakaian air bersih, kapasitas pengolahan, media biofilter serta pengelolaan. Hasil studi kinerja sistem biofilter komunal yang disajikan pada Tabel 1, menunjukkan nilai BOD air hasil olahan dari beberapa IPAL komunal telah memenuhi baku mutu efluen untuk dibuang ke badan air sesuai Keputusan Menteri KLH no 112/2003. Sehingga tidak diperlukan pengolahan lanjutan seperti bidang resapan, bahkan hasil pengolahan efluen sistem biofilter dapat dimanfaatkan untuk tujuan daur ulang setelah melalui pengolahan tertentu.

Pada Tabel 1, terdapat pula kualitas efluen sistem biofilter yang tidak memenuhi bakumutu. Air olahan yang belum memenuhi baku mutu dapat disebabkan kapasitas pengolahan melebihi kapasitas disain, penggunaan instalasi pengolahan yang tidak menerapkan proses adaptasi atau aklimatisasi terlebih dahulu ataupun volume media biofilter yang tidak memenuhi persyaratan. Untuk penerapan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal terutama di kawasan padat harus memperhatikan area berdekatan yang tidak dilayani IPAL sehingga perlu penekanan dan monitoring kapasitas maksimum air limbah yang dapat diolah.

Di kawasan permukiman padat, sebagian masyarakat membuat jaringan rumah sendiri serta belum adanya penanganan air limbah industri skala rumah tangga sehingga kemungkinan penyambungan ke instalasi komunal yang ada dapat menyebabkan melebihi kapasitas disain. Hal ini dapat meningkatkan beban pengolahan, waktu tinggal yang pendek dan kualitas air olahan tidak dapat memenuhi baku mutu. Sebagai contoh, salah satu penerapan IPAL biofilter komunal di kawasan padat di pesisir Long Buloa, Kota Makassar, yang awalnya direncanakan melayani maksimum

30 KK, namun saat ini cakupan layanan instalasi pengolahan air limbah lebih dari kapasitas disain (Lembaga Inspeksi Puslitbangkim, 2012). Hal ini dikarenakan banyaknya warga yang menambah jaringan sendiri dikarenakan MCK yang ada cukup jauh jarak tempuhnya. Hal ini dikarenakan banyaknya warga yang menambah jaringan sendiri dikarenakan MCK yang ada cukup jauh jarak tempuhnya. Hal ini terjadi pula di Desa Sekejengkol, Kabupaten Bandung yang merupakan lokasi penerapan IPAL komunal dengan sistem biofilter bermedia alam (Puslitbangkim, 2006). Selain itu perlu diperhatikan pula air limbah industri rumah tangga yang tercampur dengan air limbah rumah tangga, sedangkan air limbah tercampur tersebut dapat mengandung zat-zat toksik yang dapat menghambat proses biologi dalam air limbah, seperti kandungan logam berat. Penanganan kendala kinerja pengolahan tersebut sebagian sudah diatur dalam standar yang ada, namun perlu diperhatikan pada ketentuan teknis rentang

kinerja biofilter seperti kapasitas maksimum, konsentrasi maksimum, jenis zat toksik yang dapat menghambat proses pengolahan serta penyelesaian setiap kendala.

Spesifikasi bahan fiber untuk tangki pengolahan air limbah sistem biofilter belum diatur pada standar yang ada. Pada beberapa produk tangki biofilter belum memenuhi spesifikasi bahan fiber sesuai SNI, sehingga memiliki umur pakai yang pendek ataupun kegagalan konstruksi terutama di kawasan dengan tanah yang tidak stabil. Permasalahan yang sering terjadi pada tangki fiber diantaranya defleksi dinding yang terlalu tipis. Sehingga terjadi defleksi dinding yang melebihi maksimum, selain itu terbentuknya *air pocket* pada dinding fiber dan dapat menyebabkan kebocoran (Soebagio, Bambang, 2013). Oleh karena itu pengujian bahan fiber di laboratorium merupakan persyaratan sebelum diproduksi, terutama uji komposisi serat gelas, uji modulus elastis, kuat tekan dan kuat tarik.

Tabel 1 Hasil evaluasi penerapan IPAL komunal sistem biofilter.

Lokasi IPAL- Biofilter komunal	Kapasitas	Tahun dibangun	Volume Media (%)	BOD mg/L	HRT jam	HRT teoritis, jam	Bakumutu (BOD, mg/L)	
							KLH no.112/2003	Perda
IPAL MCK Sekejengkol, Kab. Bandung (Puslitbangkim, 2006)	100 orang	2007	60	60	8		100	
IPAL MCK supir di kantor Puskim (Puslitbangkim 2011)	30 orang	2012	60	55	12		100	
IPAL Flat Turangga, Kota Bandung (Puslitbangkim, 2011)	80 orang	2009	60	90		6-24	100	100
IPAL Rusun Daya, Kota Makassar (Lembaga Inspeksi Puslitbangkim 2012)	100 KK	2010	40	98	10			75
IPAL Long Buloa, Kota Makassar (Lembaga Inspeksi Puslitbangkim, 2012)	30 KK	2010	40	244	14			75
IPAL Pucang Sawit, Kota Solo (Puslitbangkim, 2012)	50 KK	2012	60	55	13			50-100
IPAL Kepuharjo, Kab. Sleman (Puslitbangkim 2012)	30 KK	2012	65	39	10			50-100

Sumber : perhitungan dan lab. Balai AMPLP, Puslitbangkim, 2013.

4.3 Bahan dan konstruksi IPAL sistem biofilter

Bahan unit instalasi pengolahan air limbah harus mempunyai spesifikasi bahan yang tahan terhadap asam atau reaksi kimia serta konstruksinya mempunyai ketahanan terhadap beban atau tekanan air tanah ataupun pergerakan tanah. IPAL sistem biofilter dapat dibuat dari konstruksi beton, pasangan bata, plastik atau bahan FRP. Saat ini banyak diproduksi tangki biofilter menggunakan bahan

FRP atau suatu plastik dengan penguat dari serat gelas yang diisi dengan filler sehingga membentuk komposit. Adapun spesifikasi tangki FRP dapat mengacu pada SNI 7504: 2011 tentang Spesifikasi material *fiber reinforced plastics* untuk unit paket instalasi pengolahan air.

Demikian pula untuk perpipaan dan asesorisnya harus sesuai standar SNI untuk air limbah domestik, diantaranya jenis pipa yang digunakan adalah pipa tipe "AW" dengan

tekanan kerja < 8 kg/cm².

Salah satu hasil uji sifat mekanis tangki IPAL komunal (Lembaga Inspeksi Puslitbangkim, 2013) dengan bahan fiber, yang mempunyai ketebalan 4 mm dan menggunakan mat 459 g/m², ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil uji kuat lentur pada sampel tangki fiber tersebut belum memenuhi ketentuan SNI sehingga diperlukan perbaikan komposisi *laminat*/struktural lapisan sampai memenuhi persyaratan sifat mekanis.

Pada Pd-T-04-2005-C tentang Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah, memuat tentang tata cara pemasangan namun belum memperhatikan kondisi tanah. Pemasangan tangki biofilter dengan bahan fiber, harus dipasang pada tanah

yang keras dan stabil. Dasar tanah harus dilapisi urugan pasir setebal 20 cm, kemudian sekeliling tangki dilapisi dengan urugan pasir setebal minimal 20 cm. Apabila tangki biofilter yang diletakkan pada kondisi air tanah tinggi atau tanah tidak stabil, disarankan dibuat landasan dari beton di dasar dan pemasangan bata/beton disekeliling tangki. Setelah peletakkan tangki, kemudian diisi air setengah dari kedalaman tangki secara bersamaan/seimbang melalui lubang pemeriksaan ke masing masing kompartemen. Penimbunan dilakukan dengan urugan tanah terpilih (tidak ada kerikil/batuan). Jika permukaan atas akan dibebani (di bawah jalan raya/garasi), maka diperlukan penutup dari beton bertulang.

Tabel 2 Uji struktur dan komposisi fiber pada tangki IPAL.

Uji	Hasil Uji	SNI 7504:2011 tentang Spesifikasi material <i>fiber reinforced plastics</i> untuk unit paket instalasi pengolahan air
Kuat tarik	103,64 MPa	62 M/Pa
Kuat tekan	159,51 MPa	110 MPa
Kuat lentur	7,92 MPa	110 MPa
Kandungan glass	36,55 %	28-33 %

Sumber : Lembaga Inspeksi, Puslitbang Permukiman, 2013

4.4 Pengoperasian dan pemeliharaan instalasi pengolahan air limbah sistem biofilter

Sebelum pengoperasian sistem biofilter, penting untuk melakukan tahap pembibitan/pembenihan, yang dapat dilakukan secara alami yaitu dengan penambahan tanah dari buangan resapan tangki septik atau lumpur dari tangki septik ataupun penambahan bakteri khusus. Pembiakan/pembenihan ini dapat berlangsung sekitar satu bulan, dimaksudkan untuk menumbuhkan bakteri pada media biofilter yang berbentuk lapisan lendir/biofilm.

Selama waktu tersebut tidak boleh ada aliran yang keluar (efluen). Untuk sementara aliran air limbah yang masuk dapat di *bypass* ke saluran terdekat yang direncanakan. Kemudian dilakukan adaptasi/aklimatisasi (penyesuaian) bakteri dengan air limbah domestik. Setelah waktu tersebut pengoperasian rutin dapat dilaksanakan dimana air limbah dapat dialirkan secara kontinu dan efluen dapat dibuang ke saluran drainase atau badan air. Selama operasional sistem biofilter, perlu dilakukan pemeriksaan kualitas efluen untuk mengetahui efisiensi penyisihan kontaminan air limbah dan pencapaian kondisi stabil. Tahapan pembibitan dan aklimatisasi tersebut perlu diuraikan secara rinci pada standar sistem biofilter, agar proses pembentukan biofilm pada media serta proses

penyisihan polutan dapat berlangsung secara efektif.

Selama pengoperasian, pemeriksaan jaringan perpipaan di setiap bak kontrol dan pembersihan lemak atau padatan terapung di bak penampung awal perlu dilakukan secara rutin. Sehingga pembinaan pengelolaan IPAL yang umumnya oleh kelompok masyarakat sangat penting, untuk menghasilkan kinerja pengolahan air limbah yang sesuai dengan bakumutu dan berkelanjutan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian penerapan sistem biofilter skala komunal untuk pengolahan air limbah, maka dapat diuraikan bahwa pengolahan air limbah dengan sistem biofilter skala komunal dapat dipertimbangkan sebagai alternatif teknologi yang ramah lingkungan, tidak membutuhkan lahan yang luas serta kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan. Faktor yang mempengaruhi kinerja pengolahan air limbah untuk menghasilkan sistem pengolahan air limbah yang stabil dan konsisten diantaranya adalah desain unit proses, media biofilter, karakteristik influen air limbah, konsumsi pemakaian air, kapasitas pengolahan, media

biofilter, proses pembentukan biofilm, bahan dan konstruksi serta pengelolaan.

Sistem biofilter yang memenuhi kriteria desain dan pengelolaan yang tepat dapat menghasilkan air olahan sesuai Keputusan menteri KLH Nomor 112 tahun 2003 atau Perda terkait, serta berpotensi diolah kembali untuk dimanfaatkan sesuai tujuan daur ulang tertentu. Dalam penyusunan standar terkait perencanaan sistem biofilter skala komunal, perlu untuk memperhatikan beberapa hal yaitu kapasitas pengolahan air limbah maksimum yang berkaitan dengan kualitas influen dan pemakaian air, alternatif desain unit proses, spesifikasi bahan unit pengolahan air limbah yang meliputi unit pengolahan, komponen sistem, perpipaian, dll. Ketentuan bahan tangki fiber, perlu memperhatikan ketebalan, komposisi fiber, kuat lentur, kuat tarik dan kuat tekan, kriteria media biofilter (bahan media, rasio rongga, luas permukaan spesifik, dll) dan tata cara pemasangan tangki biofilter pada kondisi tanah keras (stabil), kondisi air tanah tinggi atau kawasan pesisir.

Dalam penyusunan standar terkait pengoperasian dan pemeliharaan sistem biofilter komunal, perlu untuk memperhatikan beberapa hal seperti tahapan proses adaptasi/aklimatisasi (penyesuaian) bakteri dengan air limbah domestik, ketentuan pemeriksaan kualitas air olahan baik pada tahap adaptasi maupun stabil dan ketentuan pemeliharaan di setiap unit biofilter komunal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Puslitbang Permukiman yang telah membiayai penelitian ini dan semua pihak yang telah mendukung tersusunnya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alley, E. Robert. (2007). *Water Quality Handbook*, 2nd Edition. Mc Graw Hill, New York.
- Ayati, B., Ganjidoust, H. (2006). Comparing the efficiency of UAFF and UASB with hybrid reactor in treating wood fiber wastewater". *Iran J. Environmental Health Science Eng*, 3 no.1, 39-44.
- Badan Standardisasi Nasional (2002). SNI 03-2398-2002, Tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan. Jakarta: BSN.

- Badan Standardisasi Nasional (2011). SNI 7504:2011, Spesifikasi material *fiber reinforced plastics* untuk unit paket instalasi pengolahan air. Jakarta: BSN.
- Banu, Rajesh, J., Kaliappan, Sudalyandi and Beck Dieter. (2006). Treatment of sago wastewater using hybrid anaerobic reactor. *Water Qual Res., J. Canada*. 41, no. 1. 56-62.
- Dirjen SDA, Kementerian Pekerjaan Umum, (2011). Percepatan Pengembangan Sektor Air Minum dalam Mencapai Target *Millennium Development Goal's* Tahun 2015. Jakarta: IWWEF.
- Dirjen Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum (2009). *Hidup Sehat dan Sejahtera dengan Air Minum dan Sanitasi Berkualitas*.
- EPA. Environmental Protection Agency (1999). *Wastewater treatment manuals-Treatment systems for small communities, business, leisure centres and hotels*, Ireland.
- EPA. Environmental Protection Agency (2004). *Guidelines for Water Reuse*, Washington.
- Kepmen LH (2003) no.112, Bakumutu air limbah domestik.
- Mara, Duncan (2003). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*, London, UK: Earthscan.
- Metcalf dan Eddy (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. Hongkong : Mc Graw Hill Co.
- Lembaga Inspeksi Puslitbang Permukiman (2012). *Laporan Akhir Inspeksi Teknis Unit Paket Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Fiber Kapasitas 100 KK PT. Biofilter Sanitasi Indonesia*. Bandung: Puslitbang Permukiman, Kementerian PU.
- Lembaga Inspeksi Pusat Litbang Permukiman (2013). *Laporan Akhir Inspeksi Unit Paket IPAL, Kapasitas 180 Jiwa PT. SUSTI*.
- Pd.T-04-2005-C, Tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter pengolahan air limbah.
- Pd.T-02-2004-C, Pengoperasian dan pemeliharaan instalasi pengolah air limbah rumah tangga dengan tangki biofilter.
- Philip, Ralp. (2011). *SWITCH Training kit Integrated Urban Water Management in the City of the Future*, Module 5 Wastewater-Exploring the options, ICLE European Secretariat GmbH, Freiburg. Germany.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2011). *Laporan Akhir Model*

- Daur Ulang Air Limbah di Kawasan Permukiman. Bandung.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2012). Laporan Akhir Inovasi Model Pengolahan Air Limbah Jasa Perawatan Kendaraan dengan Sistem Hibrid. Bandung.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2012). Laporan Akhir Penerapan Teknologi Air dan Sanitasi Lingkungan Permukiman di Kawasan DAS. Bandung.
- Said, Idaman, Nusa (2008). *Teknologi Pengolahan Air Minum, Teori dan Pengalaman Praktis*. Jakarta : BPPT.
- Soebagio, Bambang, 2013, Laporan Advis Teknis : Perbaikan IPA FRP menggunakan panel sandwich, Jakarta: PuslitbangKim.
- WEF, Water Environment Federation (2010). *WEF manual of practices no.3, Biofilm Reactors*. Alexandria, USA.
- RSNI, *Tata cara perencanaan pengolahan air limbah setempat (2014)*, Pusat Litbang Permukiman, Kementerian PU.
- SNI 03-2398-2002 tentang Tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan.
- SNI 7504: 2011 tentang Spesifikasi material *fiber reinforced plastics* untuk unit paket instalasi pengolahan air.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2006). Laporan Akhir Pengembangan Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Ekologi Sanitasi (ekosan).