PERBANDINGAN KINERJA MEDIA BIOFILTER *ANAEROBIC BIOFILTER* DALAM PENURUNAN TSS, BOD, COD PADA *GREY WATER*

THE PERFORMANCE COMPARATION OF BIOFILTER MEDIA OF ANAEROBIC BIOFILTER IN REMOVING TSS, BOD, COD IN GREY WATER

Arlini Dyah Radityaningrum[1] dan Maritha Nilam Kusuma[2]

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rahman Hakim 100, Surabaya, 60117, Indonesia

E-mail: arlinidr@gmail.com, dyah@itats.ac.id

ABSTRAK

Limbah domestik air bekas cucian (grey water) dari rumah tangga sebagian besar belum diolah, namun dibuang langsung ke badan air penerima. Konsentrasi bahan organik dalam grey water yang terakumulasi dalam badan air penerima berpotensi terhadap pencemaran dan penurunan kualitas badan air penerima. Pengolahan grey water dapat meningkatkan kualitas badan air penerima. Satu dari pengolahan grey water adalah anaerobic biofilter. Penelitian ini bertujuan untuk (i). menentukan efisiensi penurunan Total Suspended Solid (TSS), Biogeochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) dalam grey water dengan pengolahan anaerobic biofilter, (ii). mengidentifikasi jenis media biofilter dalam anaerobic biofilter yang menghasilkan penurunan TSS, BOD, COD paling baik. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan reaktor kontinyu. Variasi yang digunakan adalah jenis media biofilter dalam anaerobic biofilter, yaitu botol yakult dari bahan plastik Poly Stirene (PS) dan botol aqua dari bahan plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan TSS, BOD, COD efluen grey water dengan pengolahan anaerobic biofilter adalah 68%, 64% dan 31% untuk jenis media biofilter botol yakult dan 84%, 79%, 57% untuk media biofilter botol aqua. Jenis media biofilter botol aqua menghasilkan efisiensi penurunan TSS, BOD dan COD lebih baik dari jenis media biofilter botol yakult.

Kata kunci: *grey water*, *anaerobic biofilter,* BOD, TSS, COD.

ABSTRACT

Grey water from several households has not been treated yet and is directly disposed to receiving water bodies. Organic matter of the grey water accumulated to the water bodies is potential to the water pollution, leading to deterioration of the water bodies. Grey water treatment improves the quality of the receiving water bodies. The treatment is able to conduct through anaerobic biofilter. This research aimed to (i) determined the efficiency of TSS, BOD, COD removal from grey water treatment using anaerobic biofilter, (ii) identified the media of biofilter with the best performance removing TSS, BOD, COD. This research was conducted within laboratory scale based using continuous reactor. The plastic derived from Poly Stirene (PS) and Poly Ethylene Terephthalate (PET) were used as media of biofilter. The result showed that the removal efficiency of TSS, BOD, COD from the anaerobic biofilter was 68%, 64% and 31% for media of PS plastic and 84%, 79%, 57% for media of PET plastic. The media of PET plastic resulted to the best performace of TSS, BOD, COD removal compared to the media of PS plastic.

Keywords: grey water, anaerobic biofilter, BOD, TSS, COD.

1. PENDAHULUAN

Limbah cair domestik merupakan buangan cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga berupa mandi, cuci dan kakus (MCK). Aktivitas mandi dan cuci menghasilkan air bekas cucian (*grey water*) dan kegiatan kakus menghasilkan tinja (*black water*). Menurut Erikkson et al. (2002), air bekas cucian merupakan buangan dari kegiatan manusia meliputi mandi, mencuci, dapur yang dilakukan dalam rumah tangga, sekolah, perkantoran, fasilitas kesehatan, fasilitas komersial dan fasilitas umum. Sebagian besar *grey water* yang dihasilkan tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air penerima. Menurut Tika dan Welly (2010), *grey water* memberikan kontribusi terbesar terhadap pencemaran air permukaan. Fulazzaky (2010) menyatakan bahwa pembuangan limbah secara langsung tanpa pengolahan berpotensi terhadap pencemaran badan air penerima, yaitu air permukaan dan air tanah. Konsentrasi bahan organik dalam *grey water* yang terakumulasi dalam air permukaan sebagai badan air penerima berpotensi terhadap timbulnya pencemaran yang menurunkan kualitas air permukaan. Parameter dalam *grey water* yang dominan menimbulkan pencemaran air permukaan adalah TSS, BOD, COD, NH_4-N, Total P dan bakteri koliform (Veneman dan Stuart, 2002).

Pengolahan *grey water* secara biologi dapat dilakukan dengan atau tanpa oksigen. Proses aerob dalam pengolahan *grey water* menggunakan oksigen dalam proses degradasi bahan organik, sedangkan secara anaerob tidak memerlukan oksigen. Prinsip sistem pengolahan *grey water* secara aerob maupun anaerob dapat dilakukan menggunakan pertumbuhan terlekat (*attached growth*) maupun pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*). Pemilihan teknologi pengolahan yang sesuai dilakukan berdasarkan pertimbangan aspek teknis, sosial dan budaya, ekonomi serta lingkungan. Setiap teknologi pengolahan memiliki keunggulan dan kelemahan. Pengolahan limbah secara anaerob memiliki beberapa keunggulan dibandingkan secara aerob, ditinjau dari penggunaan energi, efisiensi penyisihan bahan organik dengan konsentrasi tinggi, tingkat kemudahan serta biaya dalam operasional dan perawatan. Menurut Inamori et al., (1986), pengolahan secara aerobik memerlukan energi yang besar dari pemakaian aerator penghasil oksigen, sedangkan pengolahan secara anaerobik tidak memerlukan kebutuhan energi. Selain itu, dalam operasional dan perawatan, pengolahan secara anaerobik memerlukan biaya operasional dan perawatan yang rendah karena tidak membutuhkan energi yang besar serta mudah dalam operasional dan perawatan (Kayombo, et al., 2000). Penelitian Razif dan Hamid (2014) menyimpulkan bahwa pengolahan limbah domestik dari pusat perbelanjaan menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) menghasilkan penurunan BOD 94,62% dan COD 92,4%, sedangkan dengan *anaerobic biofilter* mampu menurunkan BOD 89,67% dan COD 88,3%. Menurut penelitian Sawajneh et al. (2010), efisiensi penurunan COD terlarut dan COD tersuspensi dari pengolahan *anaerobic biofilter* dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) secara seri mampu mencapai 58% dan 81%.

Anaerobic biofilter merupakan satu alternatif pengolahan *grey water* yang dilakukan melalui proses anaerobik dengan media terlekat menggunakan biofilter. Pengolahan *anaerobic biofilter* ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada biofilter. Biofilm ini merupakan biomassa yang tumbuh dalam *anaerobic biofilter*. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, jenis media biofilter menentukan keberhasilan proses pengolahan dalam *anaerobic biofilter.* Pertumbuhan biomassa pada biofilter dalam *anaerobic biofilter* merupakan indikasi dari keberhasilan proses adaptasi mikroorganisme terhadap limbah yang diolah (Chaudhary et al., 2003). Mikroorganisme dalam *anaerobic biofilter* menggunakan bahan organik yang terkandung dalam limbah untuk proses metabolisme, sehingga menghasilkan pertumbuhan mikroorganisme yang optimum. Pertumbuhan biomassa dalam *anaerobic biofilter* menghasilkan penebalan biofilm pada biofilter dan mampu

mengurangi konsentrasi bahan organik dalam limbah. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan biomassa dalam pengolahan limbah menggunakan *anaerobic biofilter* meliputi konsentrasi bahan organik, suhu, tingkat keasaman, waktu detensi, jenis media biofilter (Inamori et al., 1986). Menurut Dahab (1982), beberapa jenis media biofilter yang digunakan terbuat dari plastik, keramik atau batuan *quartzite* (ukuran diameter batuan 25-38 mm). Show dan Tay (1999) menyatakan bahwa faktor-faktor pada media biofilter yang mempengaruhi pertumbuhan biomassa adalah karakteristik partikel pada bahan media, bentuk media, kekasaran media, luas permukaan media. Karakteristik partikel pada bahan media seperti *spesific gravity*, ukuran partikel, porositas, kekerasan, ketahanan abrasi, keseragaman partikel dari bahan media biofilter mempengaruhi pertumbuhan biomassa (Hastuti et al., 2014). Pemilihan media biofilter yang tepat merupakan satu faktor penentu keberhasilan proses pengolahan limbah dengan *anaerobic biofilter*. Penelitian ini bertujuan untuk (i). menentukan efisiensi penurunan TSS, BOD dan COD dalam grey water dengan pengolahan *anaerobic biofilter*, (ii). mengidentifikasi jenis media biofilter dalam *anaerobic biofilter* yang menghasilkan penurunan TSS, BOD, COD paling baik.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan; uji karakteristik awal TSS, BOD, COD dari influen *grey water*; *start up* (*seeding* dan aklimatisasi) pada reaktor *anaerobic* biofilter; *running* (pengolahan *grey water*) dengan *anaerobic* biofilter; uji karakteristik TSS, BOD, COD dari efluen. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan 2 reaktor *anaerobic biofilter* yang beroperasi secara kontinyu. Media biofilter yang digunakan pada reaktor ke-1 (R1) adalah botol yakult dari bahan *Poly Stirene (PS)* dan reaktor ke- 2 (R2) yaitu botol aqua dari bahan plastik *Poly Ethylene Terephthalate (PET)*. Botol yakult dirangkai dengan bentuk sarang tawon dan botol aqua dirangkai dengan bentuk bunga.

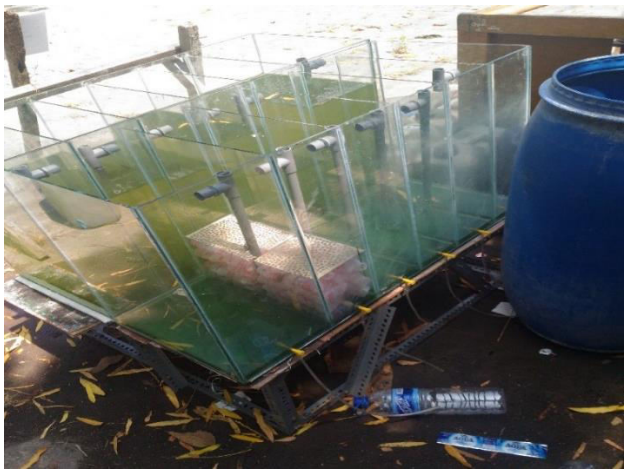
Proses *start up* dilakukan dengan penambahan mikroorganisme dari limbah lumpur *oxidation ditch* yang diambil dari Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya. Penambahan lumpur tersebut digunakan untuk proses *seeding* dan aklimatisasi mikroorganisme. Perbandingan lumpur IPLT dengan *grey water* adalah 30% : 70%. Proses pengolahan *grey water* dilakukan setelah mikroorganisme dalam reaktor stabil, ditandai dengan munculnya biofilm pada biofilter.

Reaktor *anaerobic biofilter* terdiri dari 1 kompartemen awal sebagai kompartemen *settler* dan 5 kompartemen selanjutnya sebagai kompartemen *anaerobic biofilter,* seperti pada Gambar 1. Media biofilter diletakkan pada kompartemen ke-1 setelah *settler*. Debit yang digunakan dalam reaktor *anaerobic biofilter* adalah 0,348 m^3/hari dengan waktu detensi selama 9 jam. Jumlah reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 reaktor dengan ukuran masing-masing adalah:

- 1 Kompartemen *settler,* berukuran panjang 25 cm, lebar 40 cm, tinggi 50 cm, *freeboard* 10 cm;
- 5 Kompartemen *anaerobic biofilter,* dengan ukuran tiap kompartemen meliputi panjang 15 cm, lebar 40 cm, tinggi 50 cm, *freeboard* 10 cm;
- Media biofilter diletakkan pada kompartemen ke-1 *anaerobic biofilter*.

Penelitian ini dilakukan di dalam Laboratorium Kualitas dan Rekayasa Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Institut Adhi Tama Surabaya (ITATS) selama 8 minggu pada bulan Juli 2017 sampai dengan bulan Agustus 2017. Observasi karakteristik TSS, BOD, COD *grey water* dilakukan pada awal sebelum *start up*, pada saat 5 minggu setelah *start up* dan 3 minggu setelah *running*. Pengujian TSS, BOD, COD dilakukan pada *grey water* dari *settler* untuk mengetahui kinerja pengendapan pada *settler* dan efluen untuk mengetahui kinerja dari media biofilter pada proses biologi. Efisiensi

penurunan TSS, BOD, COD ditentukan berdasarkan nilai konsentrasi TSS, BOD, COD pada efluen hasil *running* pada *anaerobic biofilter.*

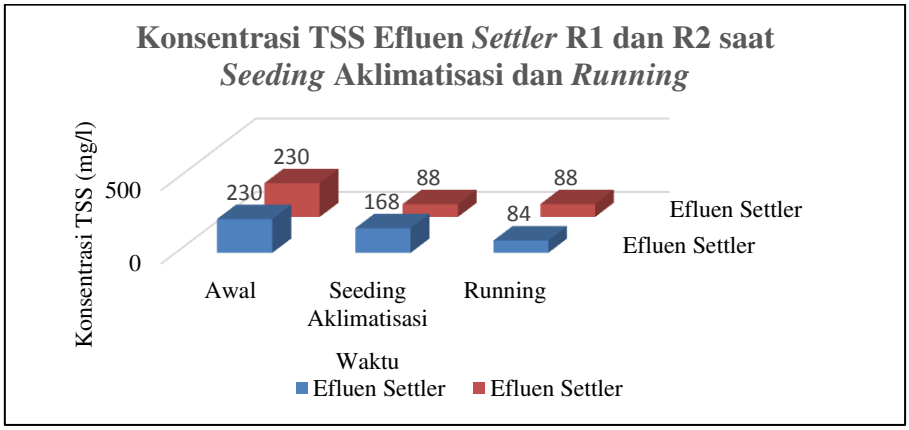


Gambar 1. Reaktor *Anaerobic Biofilter*

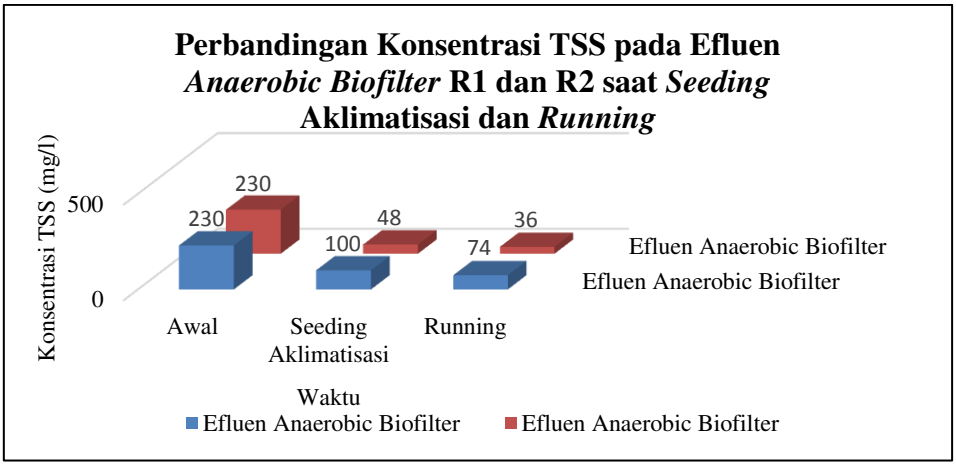
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal TSS, BOD, COD pada *grey water* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 230 mg/l, 208 mg/l dan 341 mg/l. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, kualitas *grey water* yang digunakan dalam penelitian ini masih melebihi baku mutu yang disyaratkan untuk parameter TSS, BOD, COD dengan nilai masing-masing 50 mg/l, 30 mg/l dan 50 mg/l. Kualitas lumpur IPLT yang ditambahkan dalam proses *seeding* dan aklimatisasi adalah 1320 mg/l untuk TSS, 144 mg/l untuk BOD dan 513,4 mg/l untuk COD.

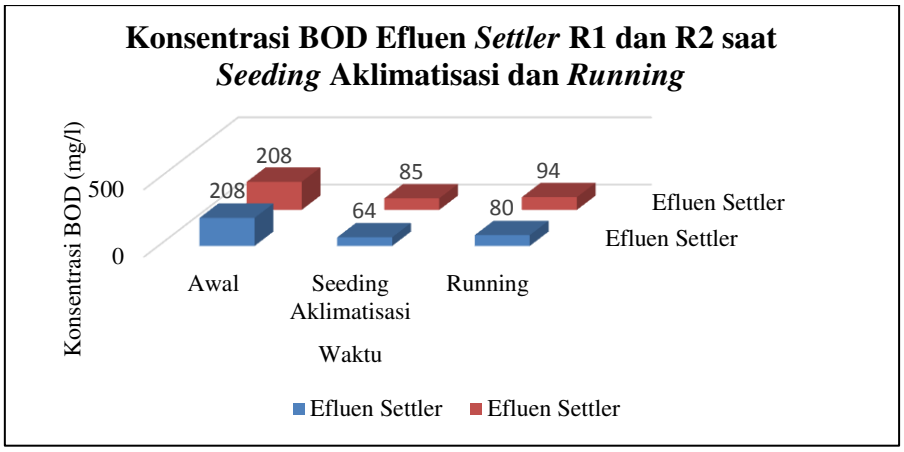
Grey water diolah dalam reaktor *anaerobic biofilter* dengan media botol yakult (R1) dan botol aqua (R2). Hasil pengamatan TSS, BOD, COD *grey water* dalam R1 dan R2 setelah *seeding* dan aklimatisasi selama 5 minggu dan *running* selama 3 minggu tercantum dalam Gambar 2 – Gambar 7.



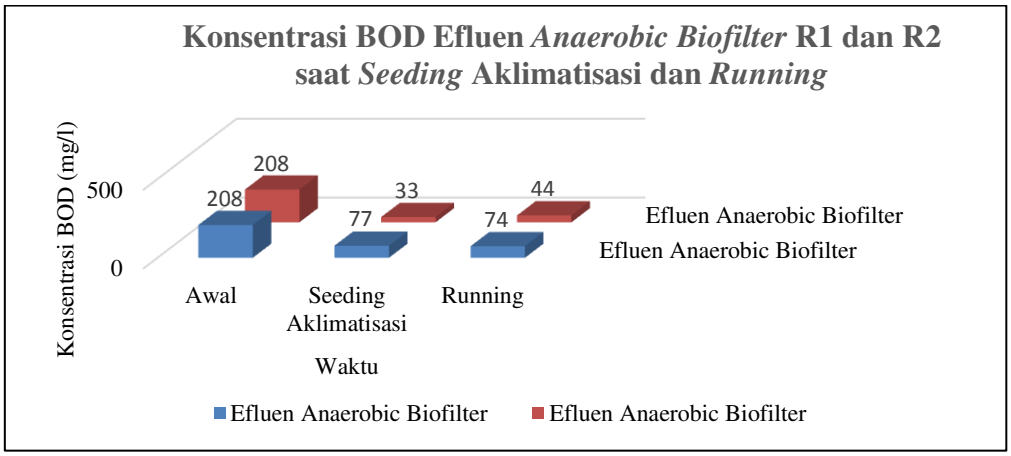
Gambar 2. Konsentrasi TSS Efluen *Settler* R1 dan R2 saat *Seeding* Aklimatisasi dan *Running*



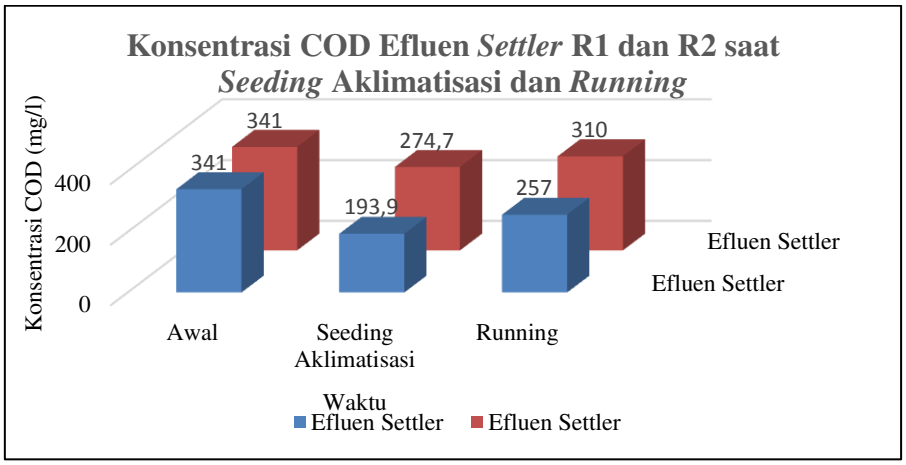
Gambar 3. Konsentrasi TSS Efluen *Anaerobic Biofilter* R1 dan R2 saat *Seeding* Aklimatisasi dan *Running*



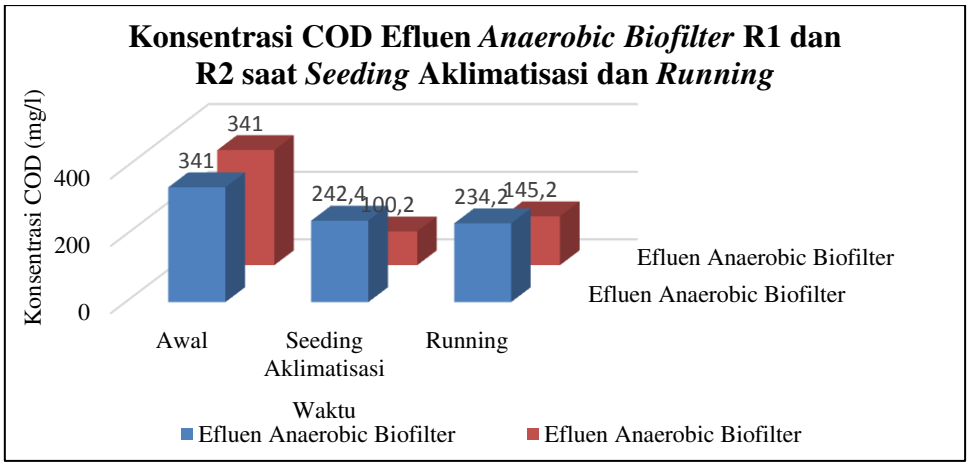
Gambar 4. Konsentrasi BOD Efluen *Settler* R1 dan R2 saat *Seeding* Aklimatisasi dan *Running*



Gambar 5. Konsentrasi BOD Efluen *Anaerobic Biofilter* R1 dan R2 saat *Seeding* Aklimatisasi dan *Running*



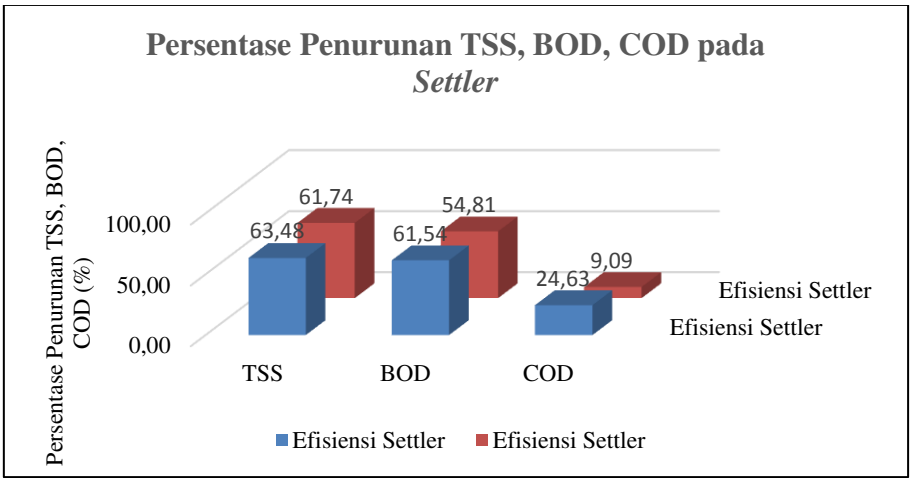
Gambar 6. Konsentrasi COD Efluen *Settler* R1 dan R2 saat *Seeding* Aklimatisasi dan *Running*



Gambar 7. Konsentrasi COD Efluen *Anaerobic Biofilter* R1 dan R2 saat *Seeding* Aklimatisasi dan *Running*

Reaktor R1 maupun R2 dalam penelitian ini menggunakan proses pengolahan secara fisik pada kompartemen *settler* dan proses pengolahan secara biologi pada kompartemen *anaerobic biofilter*. Pada kompartemen *settler* terjadi proses pengendapan partikel diskrit dan tersuspensi yang mampu menurunkan konsentrasi TSS dan BOD. Efisiensi penurunan TSS, BOD, COD yang dicapai pada kompartemen *settler* Reaktor R1 dan R2 hampir sama, baik saat kondisi *seeding* aklimatisasi maupun *running*. Hal ini dikarenakan proses yang terjadi pada kompartemen *settler* hanya merupakan proses pengolahan limbah secara fisik, berupa pengendapan, sehingga tidak dipengaruhi oleh variasi jenis media biofilter yang digunakan dalam R1 dan R2. Pengendapan partikel dalam kompartemen *settler* bertujuan untuk mengurangi beban proses pengolahan biologi pada kompartemen *anaerobic biofilter*. Efisiensi penurunan konsentrasi TSS, BOD, COD yang dicapai dari proses pengendapan pada kompartemen *settler* Reaktor R1 dan R2 tercantum dalam Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8, kompartemen *settler* R1 menghasilkan efisiensi penurunan TSS, BOD, COD lebih besar daripada *settler* R2, namun tidak signifikan, karena pada kompartemen *settler*

hanya terjadi proses pengendapan. Selain itu, *grey water* dan desain kompartemen *settler* yang digunakan pada Reaktor R1 dan R2 tidak memiliki perbedaan, sehingga TSS, BOD, COD dari efluen pengolahan pada kompartemen *settler* Reaktor R1 dan R2 tidak memiliki perbedaan signifikan.

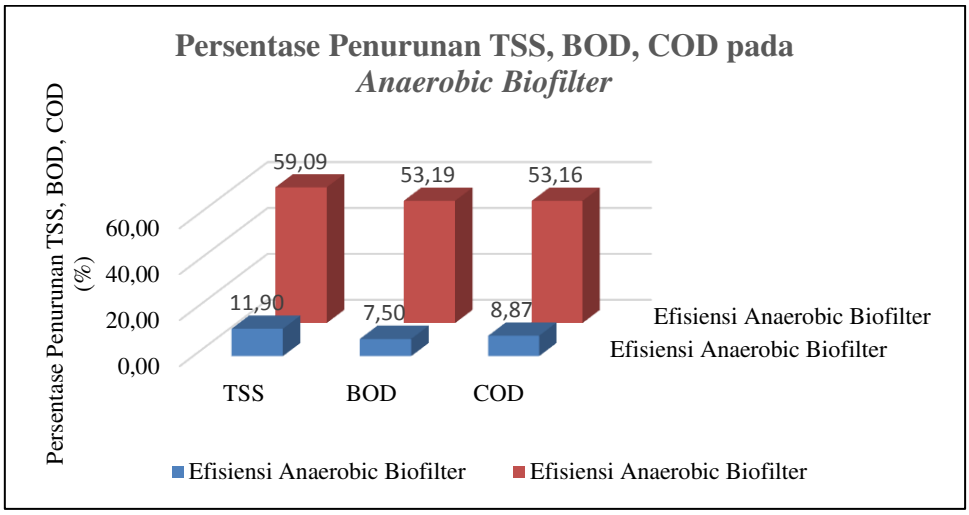


Gambar 8. Persentase Penurunan TSS, BOD, COD pada *Settler*

Proses biologi pada kompartemen *anaerobic biofilter* Reaktor R1 dan R2 dipengaruhi oleh pertumbuhan biomassa yang melekat pada biofilter. Perbedaan jenis dan bentuk media biofilter pada Reaktor R1 dan R2 menghasilkan penurunan TSS, BOD, COD yang berbeda secara signifikan pada efluen kompartemen *anaerobic biofilter*. Pada R2 efisiensi pengolahan *grey water* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan pada R1. Media biofilter dari botol aqua pada R2 yang terbuat dari bahan plastik *Poly Ethylene Terephthalate (PET)* dengan bentuk rangkaian bunga menghasilkan efisiensi lebih besar dalam penurunan TSS, BOD, COD pada *grey water.* Karakteristik PET dan bentuk rangkaian bunga dari botol aqua mempengaruhi proses perlekatan dan pertumbuhan biomassa membentuk biofilm pada media biofilter. Menurut Mujiarto (2005), plastik PET memiliki karakteristik partikel polimer penyusun yang porositasnya lebih kecil dari plastik PS, sehingga permeabilitasnya rendah. Ukuran porositas partikel penyusun pada bahan media biofilter yang kecil memungkinkan kecilnya kelolosan partikel bahan organik yang terkandung dalam *grey water*, sehingga kemampuan perlekatan bahan organik pada media biofilter untuk membentuk biofilm semakin tinggi.

Selain itu, proses melekatnya biomassa pada permukaan biofilter membentuk biofilm dipengaruhi oleh luas permukaan media biofilter. Plastik PET memiliki karakteristik ukuran partikel penyusun bahan yang kecil, sehingga nilai luas permukaan pada media biofilter dari plastik PET menjadi besar, yang berpotensi terhadap bertambahnya luasan tempat melekatnya bahan organik menjadi biofilm sehingga meningkatkan kinerja pengolahan *anaerobic biofilter*. Menurut penelitian Hastuti et al. (2014), semakin luas permukaan media biofilter sebagai tempat melekatnya bahan organik untuk membentuk biofilm maka kinerja pengolahan air limbah dalam unit pengolahan menggunakan biofilter semakin meningkat. Hal ini dikarenakan media biofilter mampu menyediakan tempat yang luas untuk pertumbuhan biomassa. Selain dari ukuran partikel pada bahan media biofilter, bentuk rangkaian media biofilter yang disusun pada reaktor penelitian mempengaruhi luas permukaan. Rangkaian bentuk bunga pada susunan media biofilter dari botol

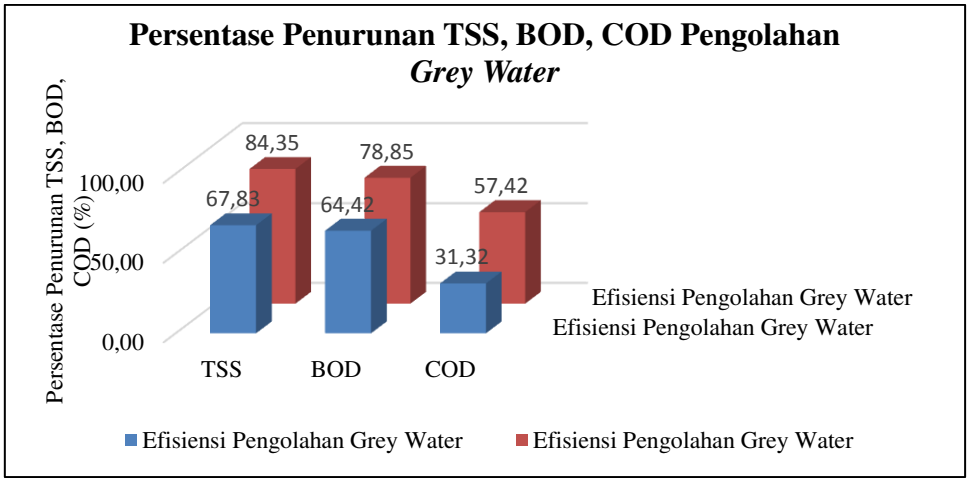
aqua yang digunakan dalam Reaktor R2 memberikan luas permukaan yang lebih besar daripada rangkaian bentuk sarang tawon pada susunan media biofilter dari botol yakult pada Reaktor R1, sehingga pertumbuhan biomassa pada Reaktor R2 lebih optimal daripada Reaktor R1. Efisiensi penurunan konsentrasi TSS, BOD, COD yang dicapai dari proses biologi pada kompartemen *anaerobic biofilter* Reaktor R1 dan R2 tercantum dalam Gambar 9.



Gambar 9. Persentase Penurunan TSS, BOD, COD pada *Anaerobic Biofilter*

Berdasarkan Gambar 9, kompartemen *anaerobic biofilter* R2 menghasilkan efisiensi penurunan TSS, BOD, COD lebih besar daripada *anaerobic biofilter* R1, dengan nilai perbedaan yang signifikan, karena pada kompartemen *anaerobic biofilter* telah terjadi proses biologi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor pada media biofilter, seperti karakteristik partikel penyusun bahan media, bentuk media, tingkat kekasaran media dan luas permukaan media.

Proses pengolahan *grey water* dengan *anaerobic biofilter* yang terdiri dari kompartemen *settler* dan kompartemen *anaerobic biofilter* menghasilkan penurunan TSS, BOD dan COD pada efluen *grey water*. Reaktor R2 menghasilkan penurunan TSS, BOD, COD efluen *grey water* yang lebih besar daripada Reaktor R1, dengan perbedaan persentase penurunan TSS, BOD, COD yang signifikan sekitar 16% untuk TSS, 15% untuk BOD dan 26% untuk COD. Hal ini disebabkan pebedaan media biofilter yang digunakan dalam kompartemen *anaerobic biofilter.* Media biofilter pada Reaktor R2 menggunakan botol aqua terbuat dari plastik PET dengan rangkaian media berbentuk bunga. Pengolahan *grey water* menggunakan *anaerobic biofilter* dengan media biofilter botol aqua yang dirangkai dengan bentuk bunga mampu memberikan kinerja pengolahan yang lebih optimal dalam menurunkan TSS, BOD, COD pada efluen *grey water.* Persentase penurunan TSS, BOD, COD dalam pengolahan *grey water* pada Reaktor R1 dan R2 dapat dilihat dalam Gambar 10.



Gambar 10. Persentase Penurunan TSS, BOD, COD pada Pengolahan *Grey Water*

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Karakteristik efluen *anaeriobic biofilter* untuk parameter TSS, BOD dan COD setelah proses *seeding* aklimatisasi selama 5 minggu dan *running* selama 3 minggu adalah 74 mg/l; 74 mg/lt dan 234,2 mg/lt untuk media biofilter botol yakult dan 36 mg/l; 44 mg/lt dan 145,2 mg/lt untuk media biofilter botol aqua;
2. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013, efluen pengolahan *grey water* menggunakan *anaerobic biofilter* dengan media botol aqua telah memenuhi baku mutu limbah *grey water*, sedangkan efluen dari *anaerobic biofilter* dengan media botol yakult masih melebihi baku mutu limbah *grey water*;
3. Efisiensi penurunan TSS, BOD dan COD pada pengolahan *grey water* dengan *anaerobic biofilter* adalah 68%, 64% dan 31% untuk media biofilter botol yakult dan 84%, 79%, 57% untuk media biofilter botol aqua;
4. Dalam proses pengolahan *grey water* menggunakan *anaerobic biofilter,* media biofilter botol aqua yang dirangkai dengan bentuk bunga menghasilkan efisiensi penurunan TSS, BOD dan COD lebih baik dari media biofilter botol yakult yang dirangkai dengan bentuk sarang tawon.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

Chaudhary, D. S., Vigneswaran, S., Ngo, H-H., Shim, W. G., Moon, H. (2003). Biofilter in Water and Wastewater Treatment. *Korean J. Chem. Eng., 20(6),* 1054-1065

Dahab, M.F. (1982). *Effects of media design on anaerobic filter performance*. Dissertation of The Major of Sanitary Engineering, Civil Engineering Department, Iowa State University

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, *4*, 85-104

Fulazzaky, M. A. (2010). Water quality evaluation system to assess the status and the suitability of the Citarum river water to different uses. *Environmental Monitoring and Assessment, 168(1-4),* 669-684

Hastuti, E., Medawati, I., Darwati, S. (2014). Kajian penerapan teknologi biofilter skala komunal untuk memenuhi standar perencanaan pengolahan air limbah domestik. *Jurnal Standardisasi 16(3)*, 205-214

Inamori, Y., Sudo, R., Goda, T. (1986). Domestic sewage treatment using an anaerobic biofilter with an aerobic biofilter. *Wat. Sci. Tech., 18*, 209-216.

Kayombo, S., Mbwette, T.S.A., Mayo, A.W., Katima, J.H.Y., Jorgensen, S.E. (2000). Modelling diurnal variation of dissolved oxygen in waste stabilization ponds. *Ecological Modelling*, *127*, 21-31

Mujiarto, I. (2005). Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Traksi 3(2),* 65-73

Razif, M. dan Hamid, A. (2014). Perbandingan kinerja IPAL *Anaerobic Filter* dengan *Anaerobic Baffled Reactor* untuk implementasi di pusat perbelanjaan Kota Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana XIV – ITS, 2014,* p. 860-867

Sawajneh, Z., Al-Omari, A., & Halalsheh, M. (2010). Anaerobic treatment of strong sewage by a two stage system of AF and UASB reactors. *Water Science and Technology, 61(9),* 2399-2406

Show, K. Y. dan Tay, J. H. Influence of support media on biomass growth and retention in anaerobic filters. *Wat. Res., 33(6)*, 1471-1481

Tika, I. dan Welly, H. (2010). *Studi efisiensi paket pengolahan grey water model kombinasi ABR-anaerobic filter*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Veneman, P. L. M. And Stewart, B. (2002). *Grey water characterization and treatment efficiency*. The Massachusetts Department of Environmental Protection Bureau of Resource Protection