

UNJUK KERJA TRAY BIOREAKTOR DENGAN MEDIA PENYANGGA *LUFFA CYLLINDRICA* DAN *BIOBALL* DALAM MENINGKATKAN KUALITAS AIR OLAHAN IPAL KOMUNAL (PARAMETER COD DAN TSS)

Nurul Ziqra Ensya^[1], Awaluddin Nurmiyanto^[2], Andik Yulianto^[3]

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia, Yogyakarta

Email : 14513090@students.uui.ac.id^[1], awaluddin@uui.ac.id^[2], andik.yulianto@uui.ac.id^[3]

Abstrak

Pencemaran lingkungan yang paling besar terjadi disebabkan karena air limbah domestik yang tidak diolah dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan. Maka diperlukannya teknologi pengolahan limbah domestik. Unit Tray Bioreactor adalah unit yang mampu mengolah air limbah domestik dengan skala laboratorium menggunakan media biofilter. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja sistem Tray Bioreactor dan untuk menganalisa faktor yang mempengaruhi kinerja unit Tray Bioreactor menggunakan media luffa dan bioball dalam penyisihan COD dan TSS. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah media penyangga luffa tidak memiliki performa yang baik dalam mengremoval kandungan COD dan TSS dalam air limbah karena kualitas luffa yang buruk mengakibatkan luffa mudah membusuk sehingga kadar COD pada influent cenderung lebih besar daripada kadar COD pada effluent reaktor. Berbeda dengan media penyangga bioball dapat mengremoval kandungan COD mencapai 28% pada reaktor 1 dan 36% pada reaktor 2. Pengurangan kadar TSS mencapai 38% pada reaktor 1 dan 36% pada reaktor 2. Hal ini terlihat bahwa media penyangga bioball memiliki performa yang baik dalam mendegradasi kandungan COD dan TSS pada air limbah IPAL Komunal Mendiro.

Kata kunci : luffa cyllindrica, bioball, COD, TSS, IPAL Komunal

Abstract

The major environmental pollution occurs from domestic wastewater which is not treated properly before being discharged into the environment. The domestic wastewater originates from human daily life activities. Technology is needed to avoid decreasing environmental quality accordingly such as Unit Tray Bioreactor. This is a tool for domestic process wastewater on a laboratory scale by using biofilter media. The aims of this study to compare the performance of Tray Bioreactor systems by luffa and bioball buffer media to improve the treated water quality of in Mendiro Communal WWTP Yogyakarta and to find out the factors influence the Tray Bioreactor performance in separating COD and TSS. The results were the luffa buffer media did not have a good performance to remove the COD and TSS contents in wastewater because of poor luffa quality which caused luffa to decompose easily and the COD level in the influent tends to be greater than the COD level in the reactor effluent. Vice Versa, the bioball buffer media can reduce the COD content to 28% in reactor 1 and 36% in reactor 2. The reduction in TSS levels reaches 38% in reactor 1 and 36% in reactor 2. It is seen that the bioball buffer media has good performance in degrade the COD and TSS contents in the wastewater of the Mendiro WWTP Communal.

Keyword : luffa cyllindrica, bioball, COD, TSS, WWTP Communal

PENDAHULUAN

Setiap aktivitas yang dilakukan manusia akan menghasilkan limbah, limbah ini dalam skala kecil tidak akan menimbulkan masalah karena alam memiliki kemampuan untuk menguraikan kembali komponen-komponen yang terkandung dalam limbah. Namun bila terakumulasi dalam

skala besar, akan timbul permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup. (Mega dkk, 2013)

Menurut Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan hidup, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Limbah terdiri dari zat atau bahan buangan yang dihasilkan proses produksi industri yang kehadirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah domestik, yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relatif sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumber daya (Kristianto, 2004).

PUPR DIY 2016 menyebutkan bahwa data dari effluent limbah cair yang terdapat di IPAL Komunal di Yogyakarta hanya 20% yang memenuhi baku mutu. Maka diperlukan pengolahan limbah yang dimaksudkan untuk meminimalkan limbah yang terjadi, serta untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung di dalam perairan. Instalasi Pengolahan air limbah Komunal yang ada di Jogjakarta sebagian besar menggunakan sistem pengolahan biologis berupa *Anaerobik Baffled Reactor* (ABR). Salah satu IPAL Komunal yang menggunakan sistem tersebut yaitu IPAL Komunal Mendiro. IPAL Komunal Mendiro merupakan salah satu IPAL yang hasil pengolahan effluennya masih di atas baku mutu untuk air limbah domestik. Untuk itu diperlukannya pengolahan *Post Treatment* untuk membantu memenuhi baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Reaktor down-flow hanging sponge (DHS) merupakan salah satu sistem pengolahan biologis attached growth reactor yang dapat digunakan dalam mengolah air limbah domestik. Prinsip kerja reaktor menggunakan media yang terbuat dari spons sebagai media filtrasi dan tempat melekatnya lapisan biofilm. Bioreaktor DHS dioperasikan dengan hydraulic retention time (HRT) 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan DHS bioreaktor mampu mengurangi hingga 34% Chemical

Oxygen Demand (COD) total, 33% soluble Chemical Oxygen Demand (COD), 80% Biological Oxygen Demand (BOD) total, dan 65% ammonia. Penggunaan HRT yang lebih lama diharapkan dapat memperbesar efisiensi penyisihan sehingga nilai baku mutu dapat tercapai. (Faisal dkk, 2017)

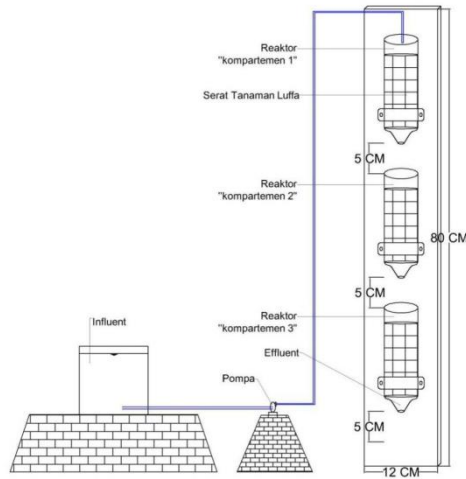
Pada penelitian ini unit yang akan digunakan adalah *Tray Bioreactor*. *Tray Bioreactor* merupakan suatu unit modifikasi dari Reactor Down-Flow Hanging Spenge (DHS). *Tray Bioreactor* memiliki prinsip kerja yang kurang lebih sama dengan DHS namun media filtrasi pada reaktor ini menggunakan media lokal *luffa* dan *bioball*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kinerja *Tray Bioreactor* di dalam mengolah air limbah dan pengaruh media *luffa* dan *bioball* pada penurunan parameter COD dan TSS.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari effluent IPAL Komunal Mendiyo Yogyakarta. Pada penelitian ini digunakan mikroorganisme yang berasal dari kolam aerasi IPLT Sewon Yogyakarta dan menggunakan media penyangga berupa *luffa cylindrica* dan *bioball* yang disusun pada unit *Tray Bioreactor*. Unit *Tray Bioreactor* ini dibuat menggunakan wadah plastik berdiameter 20 cm dengan kapasitas 3 liter yang disusun secara vertikal dan memiliki 3 kompartemen. Bagian bawah wadah plastik diberi lubang-lubang kecil dan benang pada tiap lubang yang berfungsi untuk pendistribusian air limbah agar merata keseluruhan permukaan media saat akan dialirkan. Unit *Tray Bioreactor* diberi media penyangga berupa *luffa* yang dipotong-potong berbentuk persegi yang berukuran 3x3 cm dan *bioball* yang berukuran 4cm sebagai media filter yang berfungsi sebagai media pertumbuhan mikroorganisme membentuk biofilm. Air limbah yang akan dialirkan ditaruh pada ember yang berkapasitas \pm 30 liter yang kemudian dipompakan menggunakan pompa merk aquila jenis P1800 dan selang yang digunakan sebagai tempat aliran air berdiameter \pm 0.5 cm. Pompa merk aquila jenis P1800 ini tidak dapat mengatur besarnya debit yang

akan dialirkan sehingga pada penelitian ini gunakan katup keran untuk pengatur debit air yang akan dialirkan.



Gambar 1 Desain *Unit Tray Bioreactor*

Prosedur Penelitian

Proses *seeding* merupakan proses awal pada penelitian ini yang dimaksudkan untuk memperbanyak populasi bakteri di dalam media penyangga. Proses *seeding* dilakukan secara alamiah dengan metode *batch*. Proses ini dilakukan dengan cara merendamkan media penyangga berupa *luffa* dan *bioball* kedalam ember berkapasitas 3 liter yang berisikan cairan lumpur aktif. Pada proses ini dilakukan penambahan oksigen secara bersamaan menggunakan pompa aerator yang berfungsi untuk memfasilitasi terjadinya kondisi aerobik yang akan membantu perkembangan bakteri. Proses *seeding* dilakukan selama 2 jam untuk memastikan adanya kontak antara biomassa lumpur aktif dan media penyangga serat tanaman *Luffa* dan *Bioball*.

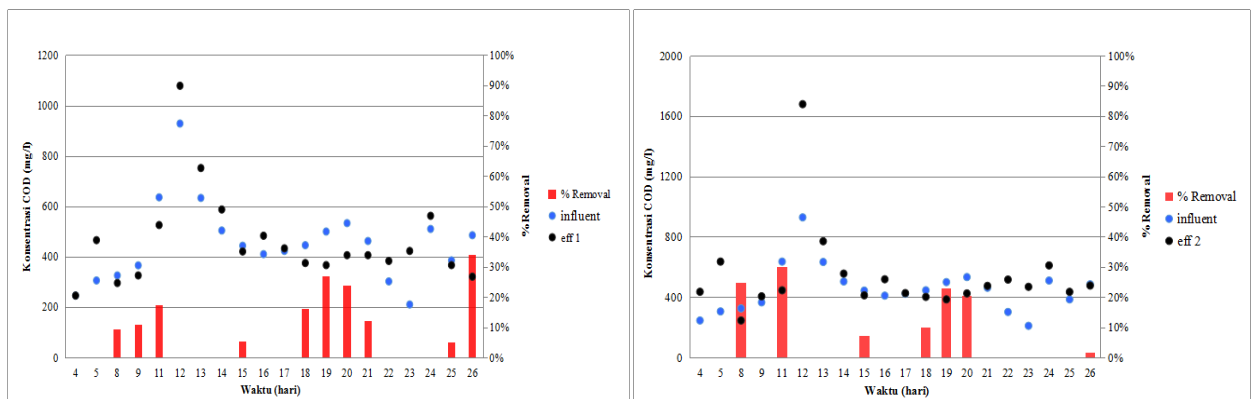
Setelah proses *seeding*, tahap aklimatisasi dilakukan yang bertujuan untuk melakukan memberikan kesempatan bagi mikroorganisme agar dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan di dalam reaktor. Proses aklimatisasi direncanakan selama dua minggu dan selama jangka waktu tersebut akan dilakukan pengukuran konsentrasi COD dalam setiap hari sekali, yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi penyisihan material organik (COD).

Setelah melewati proses *seeding* dan tahap aklimatisasi, tahap selanjutnya adalah tahap pengoperasian atau *running*. Pada tahap ini pengujian yang dilakukan yaitu COD, TSS, DO, temperatur, kekeruhan dan pH. Dalam waktu 15 hari dilakukan pengujian sehari sekali. Penelitian ini selain menguji *influent* dan *effluent* air olahan IPAL Komunal dilakukan juga pengujian pada tiap kompartemen. Pengujian tiap kompartemen ini bertujuan untuk mengetahui performa tiap kompartemen unit *Tray Bioreactor*. Untuk Kedua reaktor tersebut dioperasikan secara aerobik pada suhu kamar tanpa adanya kontrol suhu. Untuk memfasilitasi adanya sirkulasi udara yang baik, reaktor diposisikan di dekat jendela.

HASIL PEMBAHASAN

Tahap Aklimatisasi pada Media Penyangga *Luffa Cylindrica*

Setelah dilakukan proses aklimatisasi selama dua minggu diharapkan lapisan biofilm sudah terbentuk dan bakteri sudah dalam keadaan stabil. Namun ketika penelitian sudah berjalan hingga hari ke-15, *removal* kadar COD yang diharapkan sudah stabil tidak terjadi pada kedua reaktor.



Gambar 2 Tahap Aklimatisasi Reaktor 1 dan Reaktor 2 pada Media *Luffa*

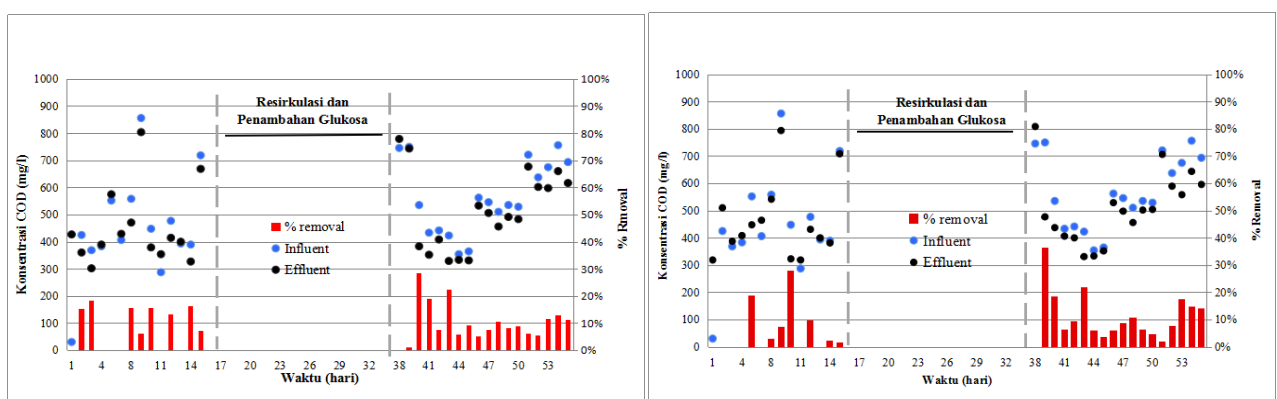
Berdasarkan **Gambar 2** data yang diperoleh untuk % *removal* pada media penyangga *luffa* pada reaktor 1 dan reaktor 2 selama 26 hari mengalami fluktuasi yang signifikan. Namun pengurangan kadar COD pada reaktor 1 paling besar terjadi pada hari ke-26 yaitu mencapai 34% dengan menurunkan kadar COD dari 485 mg/L menjadi 320 mg/L dan pada reaktor 2 paling besar

terjadi pada hari ke-11 yaitu mencapai 30% dengan menurunkan kadar COD dari 635 mg/L menjadi 445 mg/L.

Ketika penelitian berjalan hari ke-15, terdapat beberapa jamur dengan ukuran ± 10 cm pada reaktor 2 yang membuat kadar COD semakin tinggi dan tidak terjadinya *removal* sama sekali. Pada hari ke-17 jamur juga tumbuh pada reaktor 1 sehingga performa dalam mengremoval pun menurun. Terlihat bahwa kondisi media penyangga *luffa* sudah mulai berubah warna menjadi gelap dan sempat mengeluarkan ulat-ulat kecil seperti belatung yang dapat dilihat bahwa terjadi pembusukkan pada media *luffa* pada kompartemen lainnya dan saat pengujian terjadi peningkatan kadar COD sehingga hasil dari pengujian kadar COD pada *effluent* air limbah cenderung lebih besar dibandingkan kadar COD *influent* air limbah.

Tahap Aklimatisasi pada Media Penyangga *Bioball*

Sama dengan pengujian kadar COD pada media *luffa*, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian kadar COD pada media penyangga *bioball* pada tahap aklimatisasi ini. Seperti yang diketahui, diharapkan dua minggu pertama keadaan media *bioball* sudah terbentuknya lapisan biofilm dan bakteri sudah dalam keadaan stabil.



Gambar 3 Tahap Aklimatisasi Reaktor 1 dan Reaktor 2 pada Media *Bioball*

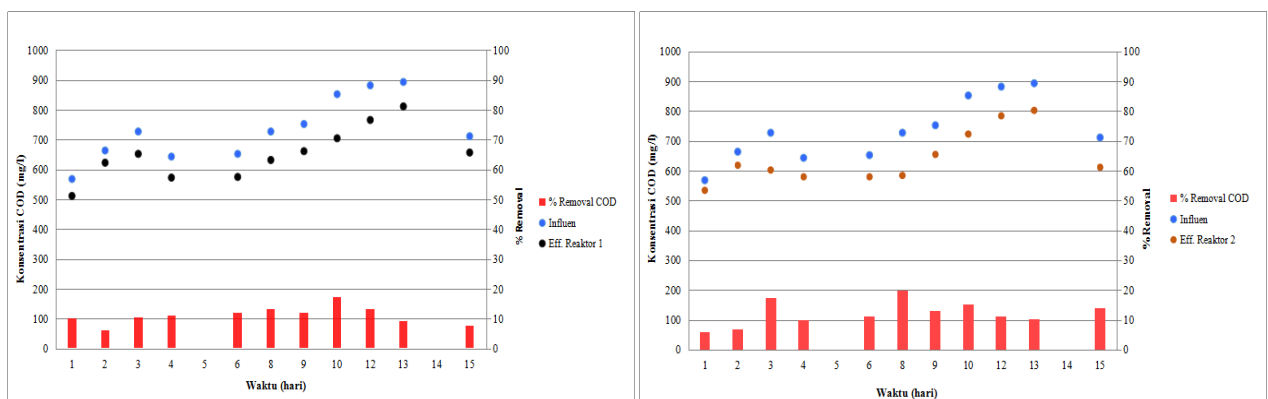
Akibat terkendalanya waktu penelitian, mengakibatkan pada tahap aklimatisasi terhenti selama 23 hari. Untuk meminimalisir kematian pada biofilm yang melekat pada media *bioball*, selama terhentinya masa penelitian, reaktor tetap dioperasikan dengan cara menambahkan glukosa

yang berbentuk gula cair sebanyak 1 liter yang berfungsi untuk mempertahankan kadar COD pada air limbah. Pengoperasian reaktor dilakukan dengan mensirkulasikan campuran cairan gula dengan air limbah IPAL Komunal Mendiro. Tujuan mensirkulasikan campuran gula dan air limbah agar biofilm yang mulai terbentuk tidak mati atau dapat bertahan karena tetap mendapatkan nutrisi untuk tetap bertahan pada media penyangga *bioball*.

Pada penelitian ini, dilakukan penelitian lanjutan pada hari ke-38 sejak reaktor dioperasikan. Pengoperasian dilakukan dengan mengganti campuran cairan gula dan air limbah dengan air limbah yang berasal dari IPAL Komunal Mendiro. Berdasarkan **gambar 3**, *removal* yang di peroleh setelah terkendalanya penelitian selama tiga minggu menunjukkan pada hari ke-38 pada media penyangga *bioball* tidak mengalami penurunan % *removal*. Hal ini disebabkan masih tinggalnya kandungan cairan gula yang menempel pada media penyangga *bioball* sehingga meningkatkan kadar COD pada air limbah yang melewati kompartemen pada unit *Tray Bioreactor*. Namun pada hari ke-39 pada reaktor 2 dan hari ke-40 pada reaktor 1 sudah terlihat penurunan kadar COD berturut-turut sebesar 36% dan 28%. Setelah beberapa hari melakukan pengujian COD pada tahap aklimatisasi ini, pada hari ke-53 hingga hari ke-55 pada kedua reaktor dapat dilihat bahwa keadaan mulai *steady* dengan *removal* paling tinggi pada reaktor 1 mencapai 13% dan pada reaktor 2 mencapai 17%.

Tahap *Running*

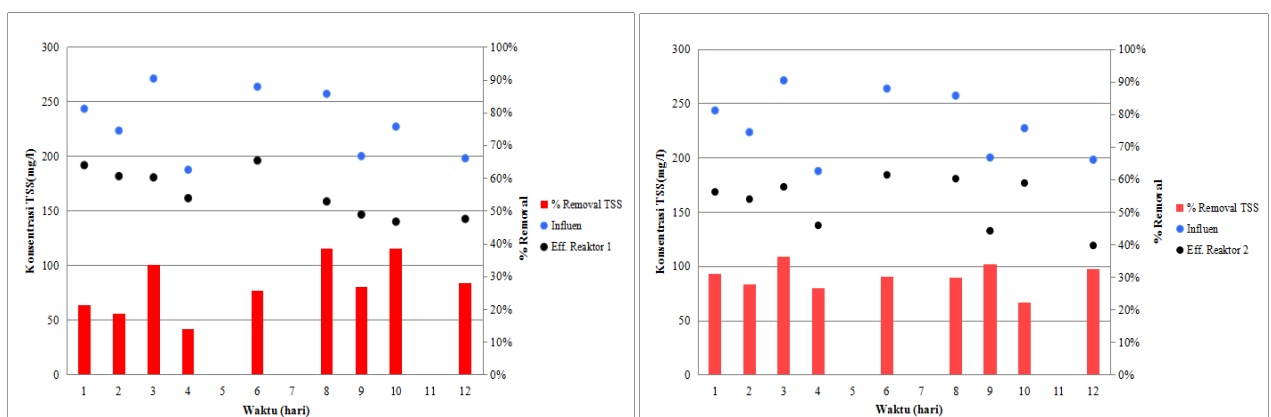
Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar 4 Tahap *Running* Reaktor 1 dan Reaktor 2 Parameter COD

Pengurangan kadar COD pada reaktor 1 paling besar terjadi pada hari ke-10 yaitu mencapai 17% dengan menurunkan kadar COD dari 852 mg/L menjadi 766 mg/L. Pada reaktor 2 dapat dilihat dari *removal* COD pada hari ke-8 merupakan pengurangan kadar COD paling besar yaitu mencapai 20% dengan menurunkan kadar COD dari 727 mg/L menjadi 584 mg/L. Akan tetapi pada reaktor 1 menunjukkan % *removal* COD pada hari ke-3 hingga hari ke-8 mengalami % *removal* dalam keadaan stabil. Hal ini merupakan tanda bahwa media penyangga *bioball* pada reaktor 1 sedang dalam kondisi tunak.

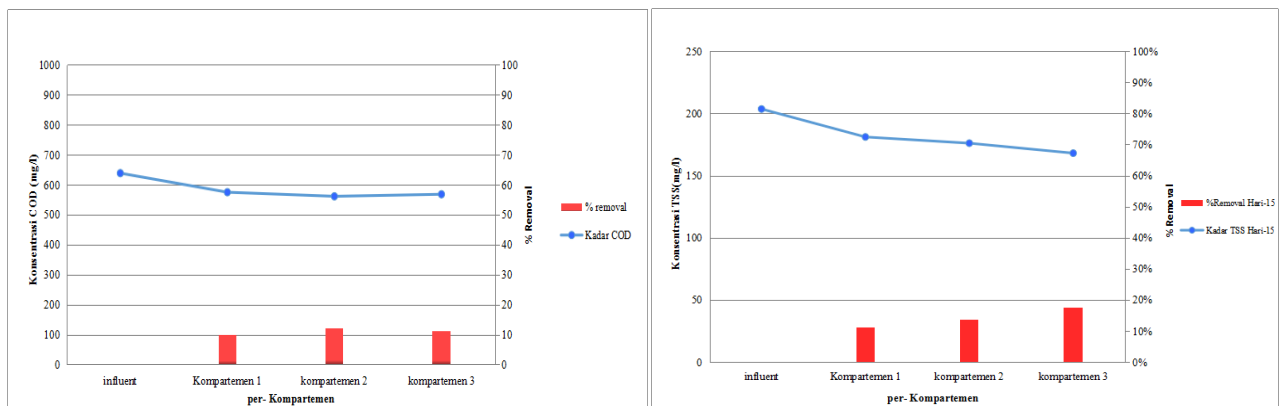
Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)



Gambar 5 Tahap *Running* Reaktor 1 dan Reaktor 2 Parameter TSS

Pada hari ke-3 terlihat kadar TSS paling tinggi mencapai 271 mg/L, tingginya nilai TSS dalam suatu perairan dapat menghalangi penetrasi matahari sehingga menghambat proses fotosintesis yang terjadi didalamnya dan dapat menyebabkan pendangkalan badan air sebab meningkatkan jumlah padatan yang terendap dalam badan air (Effendi, 2003). Pada tahap *running* reaktor 1 masih mengalami fluktuasi. Terlihat pada hari ke-4 performa reaktor menurun sehingga hanya dapat mengremoval kadar TSS sebesar 14% namun pada hari ke- 8 dan hari ke-10 terjadi penurunan kadar TSS terbesar yaitu mencapai 38%. Pada tahap *running* TSS reaktor 2 juga dapat mengremoval kadar TSS yang terkandung dalam air limbah IPAL Komunal. Pada reaktor 2, pada hari ke-3 mengalami penurunan kadar TSS terbesar yaitu 36% yang menurunkan kadar TSS dari 271 mg/L menjadi 273 mg/L.

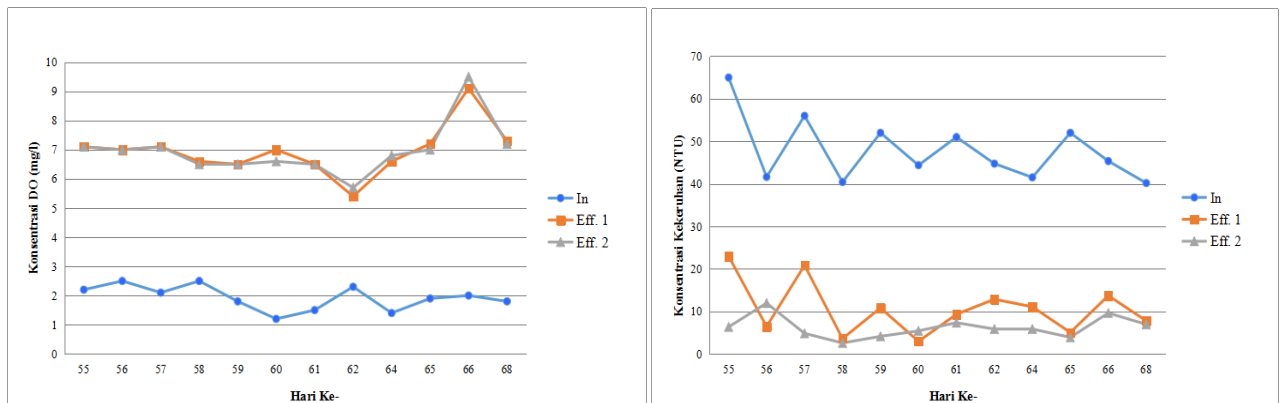
Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran kadar COD dan TSS per-kompartemen yang berfungsi untuk mengetahui kinerja reactor tiap kompartemen dalam penyisihan kadar COD dan TSS.



Gambar 6 Tahap *Running* pengujian COD dan TSS per-Kompartemen

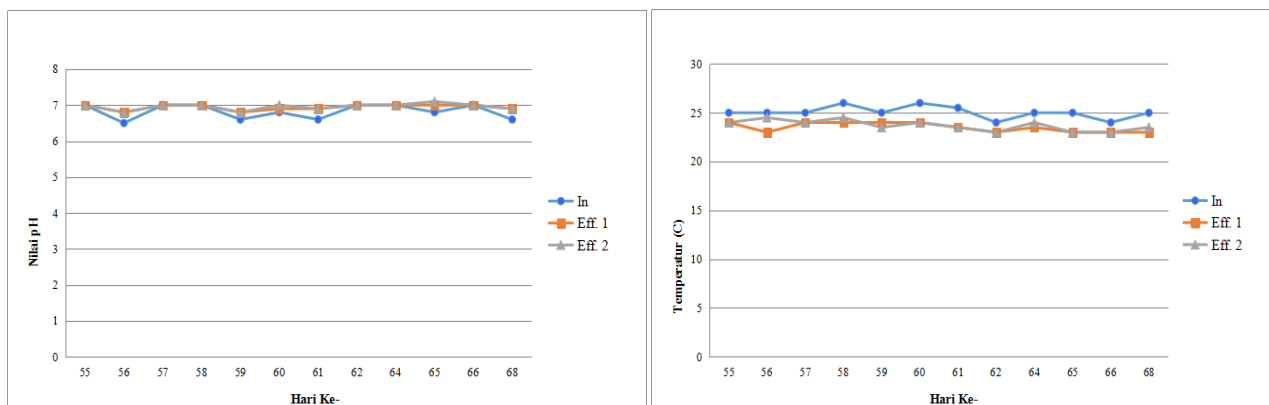
Kadar COD dalam tahap *running* kinerja per-kompartemen mengalami penurunan pada kompartemen 1 menurunkan kadar COD dari 639 mg/L menjadi 575 mg/L dan pada kompartemen 2 menurunkan kadar COD dari 575 mg/L menjadi 561 mg/L, namun pada kompartemen 3 mengalami kenaikan sebesar 7 mg/L. Kenaikan tersebut dapat diakibatkan karena ketidaktepatan saat pembacaan absorbansi pada spektrofotometri. % *removal* pada masing-masing kompartemen 1, 2 dan 3 sebesar 10%, 12% dan 11%. Berdasarkan % *removal* tersebut menunjukkan bahwa masing-masing kompartemen dapat menurunkan kadar COD. Dan untuk parameter TSS kinerja per-kompartemen pada hari ke-15 *running* mengalami penurunan kadar TSS pada tiap kompartemen yaitu pada kompartemen 1 sebesar 11%, pada kompartemen 2 sebesar 14% dan pada kompartemen 3 sebesar 17%. Terlihat bahwa penurunan kadar TSS pada tiap kompartemen paling besar terdapat pada kompartemen 3 yang menurunkan kadar TSS pada hari ke-15 dari 176 mg/L menjadi 168 mg/L. Hal ini disebabkan karena air limbah telah melewati 3 kompartemen pada reaktor 1 unit *Tray Bioreactor* pengolahan biologis.

Kualitas Air Olahan



Gambar 7 Nilai DO dan Kekeruhan

Oksigen terlarut merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan massa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi. Dalam kondisi aerobik, oksigen berperan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik berupa nutrien. Oksigen terlarut yang terkandung di dalam air limbah berasal dari udara dan hasil proses fotosintesis tumbuhan air (Rohilan, 1992). Konsentrasi DO pada influent air limbah IPAL Komunal Mendiro lebih rendah dibanding effluent pada reaktor 1 dan reaktor 2. Kadar DO pada *influent* air limbah berada pada kisaran 1.2 - 2.5, pada *effluent* reaktor 1 kisaran 5,4 - 9.1 dan pada *effluent* reaktor 2 kisaran 5,7 - 9.5. Pada penelitian ini kadar DO pada *influent* air limbah cukup tinggi sehingga melebihi tingkat pencemaran. Namun kadar DO pada *effluent* reaktor 1 dan 2 unit *Tray Bioreactor* memiliki nilai yang rendah untuk tingkat pencemarannya. Begitu pula dengan tingkat kekeruhan pada *influent* sangat tinggi daripada tingkat kekeruhan pada *effluent* reaktor 1 dan 2. Tingginya tingkat kekeruhan pada suatu perairan mengakibatkan cahaya dalam air didispersikan atau diserap dalam suatu contoh air sehingga mengurangi kemampuan alga dan tumbuhan air lainnya untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen (Santika, 1987). Tingkat kekeruhan pada *effluent* lebih rendah disebabkan karena *effluent* air limbah domestik ini telah melalui proses pengolahan biologis yang mengakibatkan tingkat kekeruhannya lebih rendah daripada tingkat kekeruhan air limbah yang belum diolah.



Gambar 8 Nilai pH dan Temperatur

nilai pH *influent* air limbah lebih rendah daripada *effluent* reaktor 1 dan 2. Nilai pH pada *influent* air limbah berada pada kisaran 6.6 - 7, pada *effluent* reaktor 1 kisaran 6.8 - 7 dan pada *effluent* reaktor 2 berada pada kisaran 6.8 - 7.1. pH pada *influent*, *effluent* reaktor 1 dan reaktor 2 menunjukkan kisaran pH optimum bagi pertumbuhan bakteri yaitu pH 6.0 - 9.0 (Metcalf and Eddy, 2003). Dan pada temperatur *influent* yang diperoleh pada penelitian ini memiliki rentan suhu 24 - 26 °C, *effluent* reaktor 1 memiliki rentan suhu 23-24°C dan pada *effluent* reaktor 2 miliki rentan suhu 23 - 24.5 °C. Hal ini menunjukkan suhu tersebut masih berada pada suhu pertumbuhan mikroorganismenya 25 - 30 °C yang merupakan kisaran optimum bagi mikroorganismenya pada kondisi mesophilic.

Adapun faktor-faktor yang Mempengaruhi Performa Unit Tray Bioreactor adalah kualitas media penyangga *luffa* yang buruk. Hal ini menyebabkan cepatnya media penyangga *luffa* mengalami pembusukkan yang mengakibatkan terkendalanya penelitian, debit air yang digunakan sangat rendah sehingga pendistribusian air tidak merata, selang dan reaktor ditumbuhi lumut yang menyebabkan kualitas air olahan reaktor menurun, listrik mati yang mengakibatkan pompa tidak dapat memompa air limbah yang akan diolah. Hal ini menyebabkan biofilm yang mulai terbentuk akan mati atau tidak dapat bertahan karena tidak mendapatkan nutrient dan terjadinya penyumbatan oleh partikel yang terbawa bersama air limbah yang mengakibatkan terkendalanya pendistribusian air pada reaktor.

KESIMPULAN

1. Kinerja sistem *Tray Bioreactor* saat menggunakan media penyangga *luffa* tidak dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air olahan pada IPAL Komunal Mendiro Yogyakarta. Hal ini disebabkan karena kualitas *luffa* yang buruk yang mengakibatkan mudahnya media penyangga *luffa* mengalami pembusukkan. Berbeda dengan media penyangga *luffa*, hasil yang didapatkan pada media penyangga *bioball* relatif lebih bagus. Tahap aklimatisasi dilakukan ± 55 hari dan dapat menurunkan kadar COD yang steady. Pada saat *running* dilakukan pengujian kadar COD dan TSS yang mendapatkan hasil bagus dalam mengremoval kadar COD dan TSS yaitu dapat mengremoval kandungan COD mencapai 28% pada reaktor 1 dan 36% pada reaktor 2. Pengurangan kadar TSS mencapai 38% pada reaktor 1 dan 36% pada reaktor 2.
2. Faktor yang mempengaruhi kinerja sistem unit *Tray Bioreaktor* menggunakan media penyangga *luffa* dan *bioball* dalam mengremoval kadar COD dan TSS adalah kualitas *luffa* yang buruk yang mengakibatkan pembusukkan pada *luffa* yang diawali dengan tumbuhnya beberapa jamur, debit air yang rendah sehingga pendistribusian air pada media tidak merata, selang dan reaktor ditumbuhi lumut yang menyebabkan kualitas air olahan reaktor menurun, listrik mati yang menyebabkan biofilm tidak dapat bertahan karna tidak mendapatkan asupan nutrisi dan penyumbatan pada reaktor.

SARAN

1. Memilih *luffa* sebagai media penyangga dengan kualitas yang baik.
2. Mengganti alat pendistribusian air menjadi berbentuk lingkaran agar dapat mendistribusikan air limbah yang akan diolah merata keseluruhan permukaan media filter.
3. Memastikan aliran listrik tidak mati agar reaktor tetap beroperasi selama penelitian berlangsung.
4. Sering melakukan pencucian pada reaktor agar tidak terjadi penyumbatan dan tidak ditumbuhi lumut.

DAFTAR PUSTAKA

- Angreni, Defi. 2009. *Efektifitas Tanaman Rumput Tiga Segi (Cyperus Odoratus) Dalam Menurunkan Kandungan BOD Pada Air Buangan yang Bersumber Dari Rumah Tangga (Domestic Wastes Water)*. Diakses pada tanggal 22 Desember 2011.

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta; Penerbit Kanisius.
- Faisal, dkk. 2017. *Unjuk Kerja Down-flow Hanging Sponge (DHS) Bioreactor Sebagai Secondary Treatment untuk Pengolahan Limbah Domestik*. Litbang Industri. Vol. 7 No.1
- Mega, dkk. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Kristianto. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse (4th) edition*. New York: McGraw-Hill.
- Permen LHK No. 68 Tahun 2016. *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Rohilan, I. 1992. *Keadaan Sifat Fisika dan Kimia Perairan di Pantai Zona Industri Krakatau Steel Cilegon*. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Said, N. 2005. *Aplikasi bioball untuk media biofilter studi kasus pengolahan air limbah pencucian jeans*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT). Jurnal; Vol 1 No.1
- Said, N. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta "Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi"*. Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi: Jakarta Pusat
- Santika. 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya

