

PERBANDINGAN UNJUK KERJA TRAY BIOREACTOR DENGAN MEDIA PENYANGGA SERAT TANAMAN LUFFA DAN BIOBALL DALAM MENINGKATKAN KUALITAS AIR OLAHAN PARAMETER BOD DAN AMONIA PADA IPAL KOMUNAL

Alifiah Khoirunisa⁽¹⁾

Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

alifiah.ke@gmail.com

Keywords: *The way to improve the quality of polluted water is by using a Decentralized Wastewater Treatment Plant (WWTP) system. This research was conducted to create a wastewater treatment unit that can be used as a post treatment to reduce levels of BOD and ammonia pollutants in wastewater processed by the Mendiro Communal WWTP by comparing the performance between loofa plant fibers and bioball as the attached growth media. This water treatment unit is in the form of a tray bioreactor which is arranged in stages into 3 compartments where each compartment is filled with buffer media. This tray bioreactor is an aerobic system reactor and there is an aeration process which is flowed with wastewater processed by a Communal WWTP with a time of 4 hours. There are 3 stages in this research, seeding, acclimatization and running reactor. In addition to BOD and Ammonia testing, COD testing was also carried out at the acclimatization stage and measurement of temperature, pH, turbidity and DO during the study. The results showed that loofa sponge was not able to be used as a supporting media due to the decay process in the media, while bioball was able to reduce levels of BOD pollutants up to 67% and ammonia levels up to 60%. The results of this study indicate that the reactor is able to reduce the levels of BOD and Ammonia in wastewater processed by Communal WWTP.*

Kata kunci: Salah satu cara dalam memperbaiki kualitas air yang sudah tercemar yaitu dengan menggunakan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal. Penelitian ini dilakukan untuk membuat suatu unit pengolahan air limbah yang dapat digunakan sebagai post treatment untuk mengurangi kadar pencemar BOD dan amonia dalam air limbah hasil olahan IPAL Komunal Mendiro dengan membandingkan kinerja antara serat tanaman luffa dengan media bioball sebagai media penyangga pertumbuhan terlekat. Unit pengolahan air ini berbentuk tray bioreactor yang disusun bertingkat menjadi 3 kompartemen dimana disetiap kompartemen diisi dengan media penyangga. Tray bioreactor ini adalah reaktor dengan sistem aerobik dan terjadi proses aerasi yang dialirkan dengan air limbah hasil olahan IPAL Komunal dengan waktu tinggal 4 jam. Terdapat 3 tahap dalam penelitian ini yaitu seeding, aklimatisasi dan running reactor. Selain pengujian BOD dan Amonia dilakukan juga pengujian COD pada tahap aklimatisasi dan pengukuran suhu, pH, Kekeruhan dan DO selama penelitian berlangsung. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa luffa tidak mampu digunakan sebagai media penyangga karena adanya proses pembusukan pada media, sedangkan bioball mampu menurunkan kadar pencemar BOD hingga 67% dan kadar amonia hingga 60%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa reaktor mampu dalam menurunkan kadar BOD dan Amonia pada air limbah hasil olahan IPAL Komunal.

1. PENDAHULUAN

Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki di lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomi. Limbah terdiri dari zat atau bahan buangan yang dihasilkan proses produksi industri yang kehadirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan (Kristanto, 2004).

Penanganan air limbah yang selama ini dilakukan belum sampai pada tahap pemikiran proses penanganan atau menggunakan ulang limbah tersebut. Penanganan limbah yang selama ini hanya dilakukan dengan cara kuratif, yaitu dengan mengolah air limbah yang dibuang ke lingkungan. Cara seperti ini kurang bisa mengatasi masalah pencemaran air limbah karena masih dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Hammer, 1985 dan Kusnopranto, 1983).

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) memiliki fungsi utama yaitu sebagai tempat berlangsungnya proses pengolahan serta pengendalian dari limbah domestik. Proses pengolahan air limbah pada IPAL yaitu dengan mengalirkan air limbah domestik melalui saluran interceptor untuk kemudian dialirkan atau dibuang ke sungai atau badan air dalam keadaan bersih dan telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan. Salah satu tujuan dilakukannya pengolahan air limbah di IPAL sebelum di alirkan ke sungai ataupun badan air yaitu agar tidak terjadi kerusakan ekosistem air serta sungai terbebas dari pencemaran karena air limbah terutama limbah domestik (Lestari, 2011).

Efisiensi dari sistem IPAL Komunal untuk sementara ini, hasil dari operasi dan

pemeliharaannya masih baik. Faktor dari pembangunan kota biasanya berpengaruh pada kualitas dari IPAL Komunal. Sehingga untuk menurunkan tingkat BOD dan TSS masih belum maksimal (Suriyachan et al., 2012).

IPAL Komunal di Yogyakarta masih belum dapat mengolah air limbah dengan baik, sehingga kadar pencemar khususnya seperti parameter BOD, COD dan TSS belum memenuhi baku mutu yang di tetapkan. Data dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2016 menunjukkan bahwa 41 IPAL Komunal yang berada di DIY sebanyak 63% belum memenuhi baku mutu pada parameter COD, sebanyak 95% tidak memenuhi baku mutu untuk parameter BOD dan sebanyak 100% belum memenuhi baku mutu untuk parameter TSS, sedangkan sudah ada peraturan terbaru yang mengatur pengurangan kadar BOD, COD, TSS, Amonia dan Total Coliform pada pengolahan air limbah yang lebih ketat dari sebelumnya. Karena adanya permasalahan tersebut maka dibutuhkan penambahan sistem pengolahan air limbah ,salah satunya dengan menambah unit post treatment yang bertujuan untuk menaikkan kualitas air olahan IPAL Komunal.

Sistem pengelolaan IPAL Komunal telah mengalami beberapa sistem dengan modifikasi. Perkembangan tersebut menuju kepada pengelolaan air limbah yang berkelanjutan, mulai dari sistem anaerob hingga sistem aerob dengan konsep Activated Sludge (Prisanto dkk, 2015).

Downflow Hanging Sponge (DHS) bioreaktor telah diakui sebagai teknologi

pengolahan air limbah kota yang sesuai yang dapat menghasilkan penyisihan organik, ammonium, dan pengangkatan patogen dengan efisiensi yang tinggi serta biaya rendah (Machdar et al, 2000; Tandukar et al., 2006; Uemura dan Harada,2010). Bioreaktor DHS mengadopsi pendekatan pertumbuhan dengan menggunakan poliuretan spons sebagai media tempat untuk pertumbuhan konsorsium mikroba. Konsep bioreaktor DHS awalnya diusulkan oleh Machdar dkk. (1997) sebagai pasca perawatan unit Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) untuk pengolahan air limbah kota.

Prinsip kerja dari teknologi Down Flow Hanging Sponge (DHS) yang telah dimodifikasi dalam bentuk tray bioreactor dan mengganti media spoge menjadi serat tanaman Luffa dan Bioball yang diterapkan dalam penelitian ini untuk meneliti unjuk kerja dari serat tanaman Luffa dan Bioball sebagai media dalam reaktor pertumbuhan terlekat dalam mengolah air limbah secara biologis.

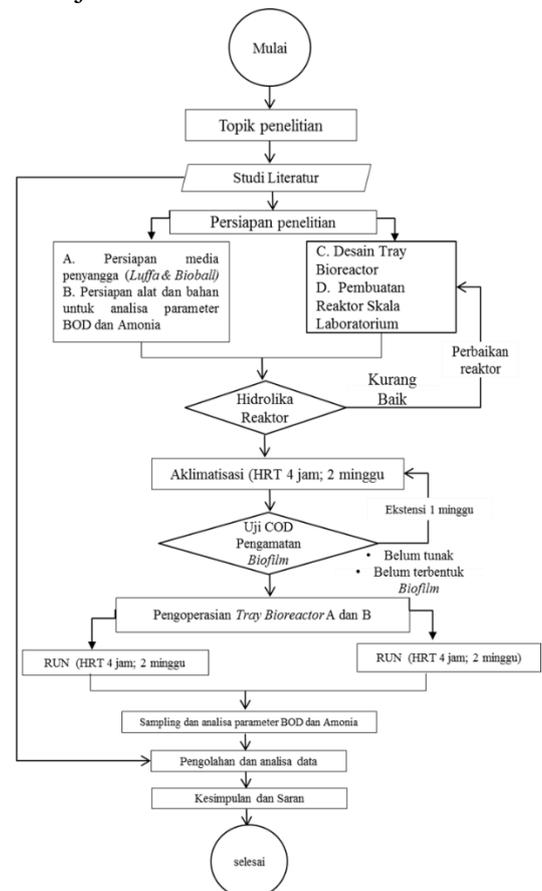
Pemilihan serat tanaman Luffa sebagai media dalam reaktor karena serat tanaman Luffa memiliki porositas yang tinggi yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk hidup sehingga organisme tersebut. Sedangkan pemilihan Bioball sebagai media dalam reaktor karena memiliki luas spesifik yang cukup besar dan pemasangannya mudah (random) sehingga meminimalkan terjadinya clogging (tersumbat). Penggunaan kedua media tersebut untuk meneliti efisiensi penyisihan senyawa organik seperti BOD dan senyawa kimia Amonia.

Penelitian ini dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta sehingga pemilihan lokasi pengambilan sampel IPAL Komunal juga berasal dari IPAL Komunal yang berada di Yogyakarta. Hasil pengolahan IPAL Komunal yang digunakan sebagai sampel air

limbah adalah IPAL Komunal Mendirol, Sukoharjo, Sleman, Yogyakarta. Pemilihan IPAL ini berdasarkan letak IPAL Komunal yang dekat dengan lokasi penelitian, sehingga dapat memudahkan dalam pengambilan sampel air limbah setiap harinya. Selain itu karena data effluent dari hasil pengolahan IPAL Komunal Mendirol masih di atas baku mutu yang ditetapkan, sehingga diperlukan pengolahan lanjutan untuk menaikkan kualitas air olahan IPAL Komunal tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian secara umum akan ditunjukkan melalui diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian menggambarkan garis besar tahapan yang akan dilakukan selama penelitian. Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar alir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan pada 3 tahap yaitu seeding, aklimatisasi dan running reaktor. Dalam pengujian BOD dan Amonia mengacu pada SNI SNI 6989.72 : 2009 dan SNI 06-6989.30 : 2005.

Monitoring dan evaluasi ini dilaksanakan dalam kurun waktu empat bulan dimulai pada bulan April 2018 sampai dengan Juli 2018.

2.1.Pengambilan Sampel

Alat dan bahan sampling digunakan untuk melakukan pengambilan sampel di lapangan. Berdasarkan SNI 6989.59 : 2008, alat dan bahan yang digunakan untuk mengambil sampel air limbah, yaitu pH meter, alat pengukur DO, termometer, dan wadah sampel.

2.2.Serat Tanaman Luffa

Luffa berasal dari keluarga timun dan marrow (mentimun) yang berasal dari Amerika. Setelah kering, struktur serat dalam dari luffa berubah menjadi spons sepanjang ± 30 cm. serat tersusun atas 60% selulosa, 30% hemiselulosa, dan 10% lignin dan dapat digunakan dalam industri untuk berbagai tujuan, seperti pengemasan, penyekat, atau sebagai bahan pengisi (Mazali dan Alves, 2005).

Luffa *Cylindrica* memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, sehingga cocok sebagai penyerap, misalnya mengurangi warna keruh pada air limbah (Nat,2012).

Serat tanaman luffa yang digunakan adalah yang sudah kering dan di potong membentuk persegi dengan ukuran ± 3 cm.

2.3.Bioball

Media bioball mempunyai keunggulan yaitu ringan, mudah dicuci ulang, dan memiliki luas permukaan spesifik yang paling besar di dibandingkan dengan jenis media biofilter lainnya, yaitu sebesar 200 – 240 m²/m³ dan pemasangannya mudah. Sedangkan

jenis bioball yang dipilih adalah yang berbentuk bola dengan diameter 3 cm karena bioball jenis ini yang memiliki diameter paling kecil dan dengan bentuknya yang seperti bola (random packing) dapat meminimalkan terjadinya clogging (tersumbat). Bioball ini berfungsi sebagai tempat hidup bakteri – bakteri yang diperlukan untuk menjaga kualitas air (Said,2005).

2.4.Seeding

Tahapan awal penelitian adalah proses pembiakan mikroorganisme yang akan digunakan untuk mengolah air limbah. Mikroorganisme di ambil dari lumpur aktif dari bak aerasi yang berasal dari Balai PISAMP sewon Bantul, Yogyakarta. Proses seeding dilakukan dengan merendam media penyangga dengan lumpur aktif dan diaerasi selama 2 jam.

2.5.Aklimatisasi

Sebelum dilakukan pengujian, tray bioreactor terlebih dahulu dilakukan proses aklimatisasi agar mikroorganisme beradaptasi pada lingkungan barunya. Aklimatisasi dilakukan hingga didapatkan konsisi *steady* dalam pengurangan beban pencemar organik (COD). Proses aklimatisasi menggunakan HRT 4 jam dengan mengalirkan limbah effluen IPAL Komunal mendieo ke dalam reaktor. Pada tahap aklimatisasi, persentase pengurangan kadar pencemar organik tidak boleh lebih dari 10%. Selama proses aklimatisasi hal-hal yang harus diperhatikan adalah kadar suhu air dan pH.

2.6.Running Reaktor

Pada proses running dilakukan menggunakan HRT 4 jam. Dilakukan pengujian pengurangan kadar BOD dan Amonia pada air limbah. Ketika pengujian

hal-hal yang diperhatikan adalah kadar DO didalam air, pH, suhu air dan kekeruhan.

2.7. Analisis Data

Pada pengolahan data ini, data yang diuji yaitu kadar COD, BOD dan Amonia. Untuk menganalisis parameter uji dalam mengetahui efektivitas IPAL Komunal digunakan perhitungan berikut :

$$\text{Efisiensi removal} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Konsentrasi pencemar pada inlet (mg/l)

b = Konsentrasi pencemar pada outlet (mg/l)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Air Limbah

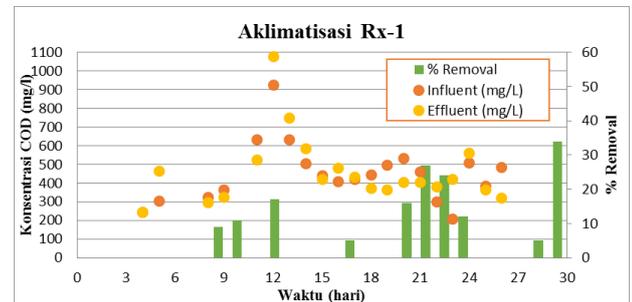
Dusun Mendiro, Sukoharjo, Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta telah mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbasis komunal yang dibangun berdasarkan program SANIMAS. Unit pengolahan IPAL komunal di Mendiro menggunakan unit pengolahan ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*). Parameter yang diuji yaitu COD, BOD dan Amonia.

3.2. Aklimatisasi

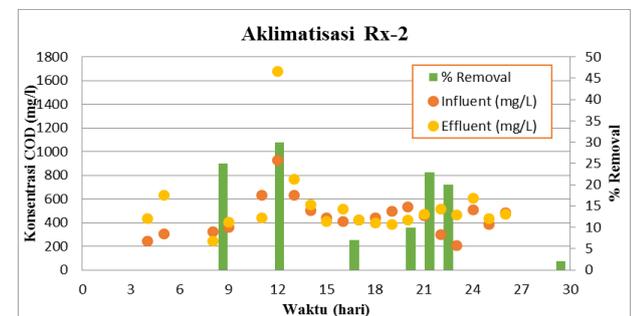
Tahap aklimatisasi dengan media serat tanaman luffa berlangsung selama 26 hari. Aklimatisasi dengan media penyangga serat tanaman luffa tidak berjalan dengan baik karena media mengalami pembusukan yang ditandai dengan tumbuhnya jamur pada media. Data yang di dapat semakin tidak stabil. Penurunan kadar COD paling tinggi sebesar 34% pada reaktor 1 dan 30% pada reaktor 2. Penurunan kinerja pada reaktor yang terjadi cukup signifikan dimana pada hari ke-23 penambahan kadar COD pada *effluent* reaktor 1 mencapai 101% dan pada *effluent* reaktor 2 mencapai 123%. Berikut

adalah grafik hasil aklimatisasi dengan media serat tanaman luffa.

Gambar 3.1 Grafik Hasil Uji Kadar



COD Dengan Media Luffa Reaktor 1



Gambar 3.2 Grafik Hasil Uji Kadar

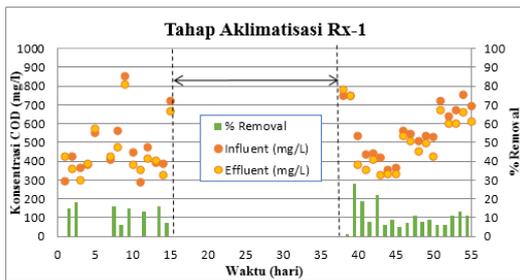
COD Dengan media Luffa Reaktor 2

Dari penelitian yang dilakukan oleh Nabizadeh et al.(2008), penggunaan luffa sebagai media penyangga dengan beban pengolahan tinggi ($2,4 \text{ kg/m}^3 \text{ d}$) mengakibatkan penyumbatan dan perubahan bentuk media. Struktur serat dari luffa hancur yang disebabkan karena kondisi anaerobik di dalam lapisan biofilm, sehingga bakteri menggunakan karbon yang berpengaruh pada kualitas media.

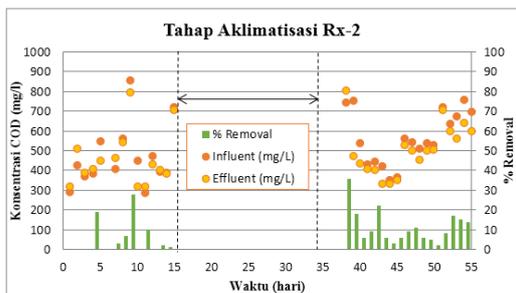
Proses aklimatisasi dengan media penyangga bioball berlangsung selama 55 hari. Lamanya waktu aklimatisasi ini dikarenakan terpotong waktu liburan selama 23 hari yang menyebabkan tidak dilakukannya pengujian. Reaktor dijalankan dengan sistem resirkulasi dengan penambahan glukosa ± 1 liter yang diencerkan dengan air. Pada awal proses aklimatisasi tidak terjadi penurunan kadar COD yang mungkin

disebabkan mikroorganismenya masih menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya.

Kedua reaktor mulai dapat meremoval COD pada hari 8. Keadaan steady mulai terlihat pada hari ke 14 dan 15. Pada hari ke-39 sudah terjadi pengurangan kadar COD pada *effluent* kedua reaktor. Data mulai stabil pada hari ke 53 hingga hari ke-55 yang ditunjukkan dengan RDP tidak lebih dari 10%. Dalam keadaan *steady* reaktor 1 mampu meremoval kadar COD hingga 13% dan reaktor 2 mampu meremoval kadar COD hingga 17%. Berikut dgrafik hasil aklimatisasi dengan media Bioball.



Gambar 3.3 Grafik Hasil Uji Kadar COD Dengan Media Bioball Reaktor 1



Gambar 3.4 Grafik Hasil Uji Kadar COD Dengan Media Bioball Reaktor 2

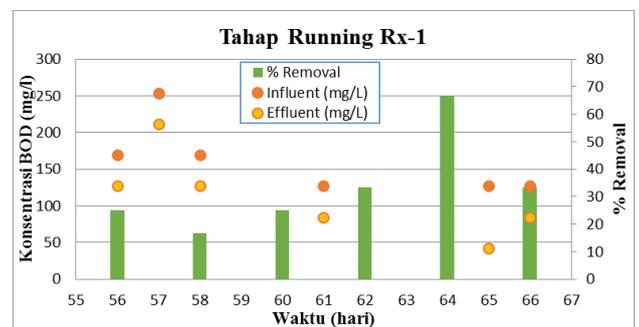
3.3. Running Reaktor

Tahap running dilakukan setelah pengujian COD mendapatkan kondisi steady. Waktu tinggal yang digunakan saat proses *running* yaitu 4 jam pada kedua reaktor. Proses running reaktor hanya dilakukan

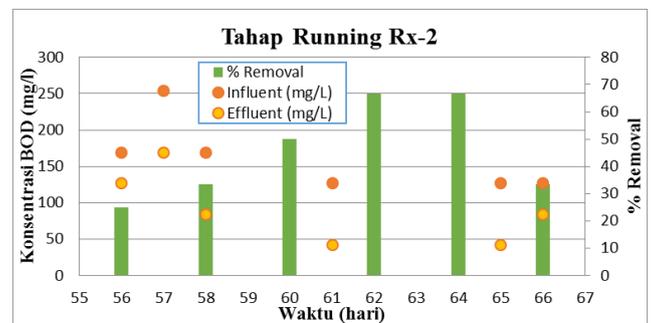
dengan media penyangga bioball. Pada tahap ini akan dilakukan uji kadar BOD dan Amonia pada *influent* dan *effluent* dari tiap reaktor dan tiap kompartemen pada salah satu reaktor.

1. Uji Kadar BOD

Pengujian kadar BOD dilakukan sebanyak 6 kali. Dari hasil pengujian didapatkan penurunan kadar BOD pada kedua reaktor sebanyak 67%. Berikut grafik hasil pengujian BOD.



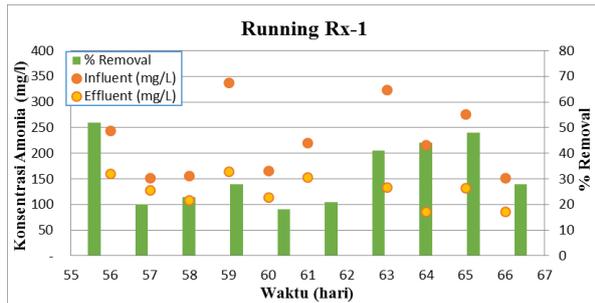
Gambar 3.5 Grafik Kadar Removal BOD Pada Reaktor 1



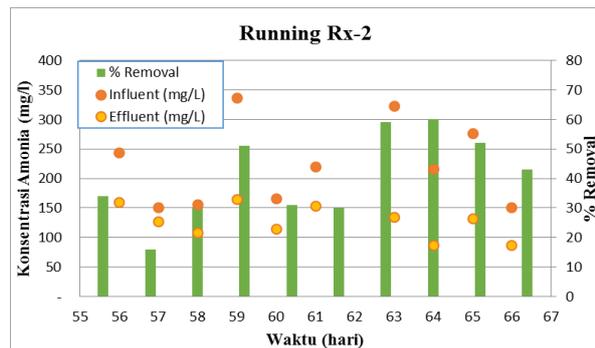
Gambar 3.6 Grafik Kadar Removal BOD Pada Reaktor 2

2. Uji Kadar Amonia

Pengukuran kadar Amonia pada saat running dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa reaktor mampu menurunkan kadar amonia 52% pada reaktor 1 dan 60% pada reaktor 2. Berikut grafik hasil pengukuran kadar Amonia.



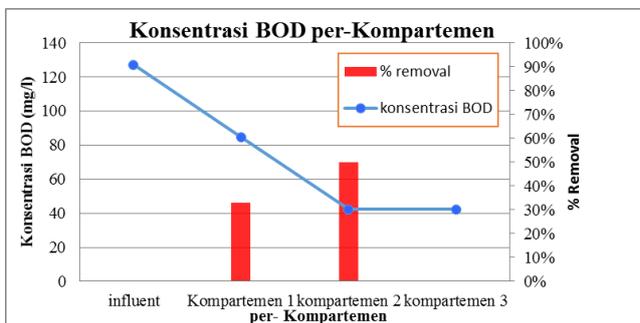
Gambar 3.7 Grafik Kadar Removal Amonia Pada Reaktor 1



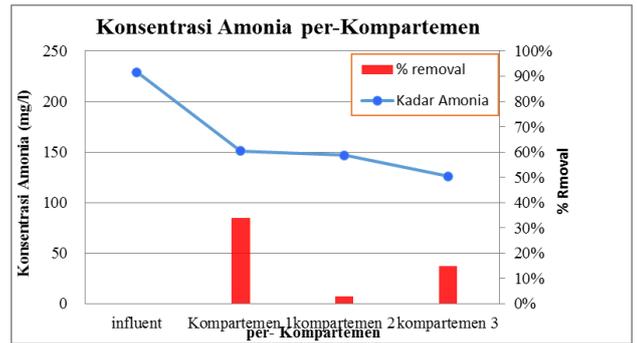
Gambar 3.8 Grafik Kadar Removal Amonia Pada Reaktor 2

3.4. Pengukuran Kadar BOD dan Amonia per Kompartemen

Pengujian removal BOD dan Amonia juga dilakukan per kompartemen untuk mengetahui efisiensi pengurangan kadar pencemar tersebut. Berikut data hasil uji pengukuran BOD dan Amonia per kompartemen.



Gambar 3.9 Grafik Pengukuran Kadar BOD Tiap Kompartemen Pada Reaktor 1



Gambar 3.10 Grafik Pengukuran Kadar Amonia Tiap Kompartemen Pada Reaktor 1

Dari hasil yang di dapatkan kedua reaktor mampu menurunkan kadar BOD dan Amonia pada air olahan IPAL Komunal Mendiرو, akan tetapi kadar BOD dan Amonia dari *effluent* reaktor tersebut masih di atas ambang batas yang di tetapkan sesuai dengan baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 sehingga masih berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan.

3.5. Hasil Pengukuran Fisik

Dalam melakukan penelitian dilakukan pengukuran terhadap pH, Suhu, Kekeruhan dan DO pada air limbah. Berikut hasil data pengukuran fisik.

Tabel 3.1 Data Range Pengukuran Fisik

Tahap	Media	Suhu (°C)		pH		DO		Kekeruhan (Ntu)	
		In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef
Aklimatisasi	Luffa	28 - 29	27-29	7,3 - 8,1	6,7 - 8				
	Bioball	24 - 30	23 - 28,5	6,5 - 8,1	6,8 - 8,4				
Running	Bioball	24 - 26	21 - 24,5	6,4 - 7	6,6 - 7,2	1,2 - 2,5	5,4 - 9,5	43,35 - 67	3,94 - 13,09

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem *Tray Bioreactor* menggunakan media penyangga berupa serat tanaman Luffa tidak dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air olahan pada IPAL Komunal Mendiرو Yogyakarta

karena serat tanaman Luffa membusuk yang diawali dengan tumbuhnya jamur. Hasil penurunan COD menjadi tidak stabil dan penelitian tidak dapat dilanjutkan. Sedangkan dengan menggunakan media bioball hasil yang didapat cukup bagus. Pengurangan kadar BOD hingga 33% pada reaktor 1 dan 67% pada reaktor 2. Pengurangan kadar amonia sebesar 52% pada reaktor 1 dan 60% pada reaktor 2. Kualitas air hasil olahan reaktor dengan media bioball menjadi lebih bagus, namun penurunan kadar BOD dan Amonia masih diatas ambang batas sehingga tidak memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *Tray Bioreactor* menggunakan media penyangga berupa serat tanaman Luffa dan Bioball dalam penyisihan BOD dan Amonia antara lain adalah kualitas luffa yang buruk sehingga tumbuh jamur yang menyebabkan media cepat membusuk, flow rate yang rendah sehingga penyebaran air tidak merata pada permukaan media, mati listrik, kapasitas pompa sehingga debit air tidak stabil, kualitas air limbah yang tidak stabil memungkinkan terjadinya *shock* pada mikroorganisme pengurai, adanya clogging pada jalan keluar air akibat dari partikel/padatan yang terbawa bersama air sehingga aliran air terhenti dan tidak merata dan tumbuhnya lumut pada selang air dan mati listrik.

4.2. Saran

Beberapa saran untuk mendukung pengembangan penelitian kedepannya:

1. Media serat tanaman luffa memiliki pH yang tinggi (basa/alkaline) sehingga perlu diturunkan pHnya,

yaitu dengan cara merendamnya dengan air suling seperti aquades yang memiliki pH 5,5 (netral) sebelum digunakan sebagai media penyangga.

2. Melakukan pembersihan rutin pada selang dan reaktor agar tidak tumbuh lumut dan tidak terjadi clogging.
3. Modifikasi sistem pendistribusian air pada aliran pertama sehingga pendistribusian lebih merata pada permukaan media.
4. Penggunaan pompa yang lebih bagus sehingga debit air yang mengalir konstan.
5. Menggunakan flow rate yang lebih tinggi sehingga air dapat menalir dengan baik dan membasahi seluruh media secara terus-menerus untuk mencegah terjadinya kekeringan pada media penyangga.
6. Memastikan agar listrik untuk menghidupkan reaktor berjalan 24 jam sehingga reaktor dapat terus berjalan.
7. Memakai air limbah buatan agar dapat dikontrol kadar beban pencemarnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., dan Santika, S.S. 1987. **Metoda Penelitian Air**. Surabaya: Usaha Nasional
- Bacher dan Herson. 1994. **Bioremediation**. New York: Mc. Graw-Hill
- Barrus, T.A. 2002. **Limnologi**. Medan: FMIPA USU
- Benfield, L.D., Randall, C.W. 1980. **Biological Process Design For Wastewater Treatment**. New York: Prentice Hall Inc
- Bitton, G. 1994. **Wastewater Microbiology**. New York: Willey-Liss, A John Wiley & Sons Inc
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., Wootton, M., Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono. 1987. **Ilmu Pangan**. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

- Burton, F. and Stense, H.2003.**Wastewater Engineering, Treatment And Reuse, 4th Edition**.New York:McGraw Hill
- Hammer,M.J., 1985.**Water Supply and Pollution Control**.New York:Haper & Row
- Haryadi,S.,I.N.N. Suryodiputro dan B. Widigdo.1992.**Limnologi Penuntun Praktikum dan Metode Analisis Air**.Bogor:Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor
- Herlambang,A.2002.**Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**.Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Samarinda
- Herlambang,A.,dan Marsidi.2003.**Proses Denitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Yang Mengandung Nitrat**.Jakarta:Pusat Penerbit Andi
- Lestari,Riya Puji.2011.**Pengujian Kualitas Air di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mojosongo Kota Surakarta**.Tugas Akhir.Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Kumar, A.,Purnima, D.,dan rita, K.2010.**Redefining BOD:COD Ratio Of Pulp Mill Industrial Wastewaters In BOD Analysis By Formulating A Specific Microbial Seed**.Journal of International Biodeterioration and Biodegradation.Vol. 64:197-202
- Kusnoputranto,H.1983.**Studi Pencemaran Bakteriologis Kakus Cubluk Terhadap Air Tanah Di Wilayah Kecamatan Kebayoran Lama Jakarta Selatan**.Jakarta:Fakultas Kesehatan Masyarakat UI
- Madigan,M.T., and Martinko,M.J.2006.**Brock Biology Of Microorganisms (Eleventh Edition)**. New Jersey: Pearson Prentice Hall
- Machdar,I.,Sekiguchi,Y.,Sumino,H.,Ohashi,A.and Harada, H.2000.**Combination Of A UASB Reactor And A Curtain Type DHS (Downflow Hanging Sponge) Reactor As A Cost Effective Sewage Treatment System For Developing Countries**.Water Science and Technology. 42(83-88)
- Marcos,R et al.2012.**Wastewater Treatment In Trickling Filters Using Luffa Cyllindrica As Biofilm Supporting Medium**.Journal of Urban and Environmental Engineering.6(57-66)
- Mazali I.O. And Alves, O.L.2005.**Morphosynthesis : High Fidelity Inorganic Replica Of The Fibrous Network Of Loofa Sponge (Luffa Cylindrica)**.Anais Da Academia Brasileira De Ciências.Vol.77.No.1(25-31)
- Metcalf dan Eddy.1991.**Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse 3rd Ed**.USA: McGraw-Hill New York.
- Hitdlebaugh,J.A.,andR.D.Miller.1981.**Operational Problems With Rotating Biological Contactor**. Journal Water Pollution Control Fed.53:1283-1293
- Ikbal.2016.**Aplikasi Teknologi Biofilter Untuk Mengolah Air Limbah Domestik Gedung Perkantoran**.Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.Vol. 9.No.2(79-88)
- Iskandar,dkk.2016.**Sistem Pengelolaan Air Limbahdomestik- Terpusat Skala Permukiman**.Jakarta:Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman
- Jose Tavares de Sousa,Israel Nunes Henrique,Rui de Oliveira,Wilton Silva Lopes, and Valderi Duarte Leite.2008.**Nitrification In A Submerged Attached Growth Bioreactor Using Luffa Cylindrica As Solid Substrate**.African Journal of Biotechnology.Vol. 7.No.15(2702-2706)
- Kristianto.2004.**EkologiIndustri**.Yogyakarta:

- Metcalf and Eddy.2003.**Wastewater Engineering:Treatment and Reuse, 4th Edition.**New York:Mc Graw-Hill
- Monroe,D.2007.**Looking for Chinks in the Armor of Bacterial Biofilms** *PLoS Biol*5.(11): 307
- Nabizadeh, R.,Naddafi, K.,Mesdaghinia, A.,and Nafez, A. H.2008.**Feasibility Study Of Organic Matter And Ammonium Removal Using Loofa Sponge As A Supporting Medium In An Aerated Submerged Fixed-Film Reactor (ASFFR).**Electronic Journal of Biotechnology.Vol. 11.No.4(1-9)
- Nat,J.2012.**Luffa Cylindrica: An Important Medicine Plant.**Scholars Research Library.Vol.2. No.1(127-134)
- Nda Abdullahi Idris, dkk.2013.**The Challenges Of Domestic Wastewater Management In Nigeria: A Case Study Of Minna, Central Nigeria.** International Journal of Development and Sustainability. Vol.2.No.2(1169-1182)
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.Jakarta
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.Jakarta
- Prisanto,D,Eko.,Yanuwiadi,B.,Soemarno.2015.**Studi Pengelolaan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Domestik Komunal di Kota Blitar, Jawa Timur.** Jurnal PAL.Vol. 6.No.1(75-76)
- R Permatasari., A Rinanti., dan R Ratnaningsih.2017.**Treating Domestic Effluent Wastewater Treatment By Aerobic Biofilter With Bioballs Medium.** IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science
- Said, N. 2005.**Aplikasi Bioball Untuk Media Biofilter Strudi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans.**Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT).Vol.1.No.1
- Said, N.I, dan Wahjono, D.H.1999.**Teknologi Pengolahan Air Bersih dengan Proses Saringan Pasir Lambat Up Flow.** Jakarta:BPPT
- Said, N.I.2001.**Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Biologis Biakan Melekat Menggunakan Media Palstik Sarang Tawon.**Jurnal Teknologi Lingkungan.Vol. 2.No.3(223-240)
- Said NI, Widayat W.2013.**Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob.**Jakarta:Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- SNI 06-6989.30.2005.**Air dan Air Limbah-Bagian 30:Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer Secara Fenat.**Jakarta
- SNI 6989.59:2008.**Air Dan Air Limbah-Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.**Jakarta
- SNI 6989.72:2009.**Air dan Air Limbah-Bagian 72:Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD).**Jakarta
- Sugiharto.1987.**Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.**Jakarta:UI Press
- Sugito.2005.**Aplikasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Biofilter untuk Menurunkan Kandungan Pencemar BOD, COD dan TSS di Rumah sakit Bunda Surabaya.**Surabaya:Program Studi Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
- Suriyachan C.,Nitivattananon V., and Nurul Amin A.T.M.2012.**Potential Of Decentralized Wastewater Management Of Urban Development:Case Of Bangkok.**Habitat International. No.36(85-92)
- Tandukar M.,Uemura S.,Machdar I.,Ohasi A.,And Harada H.2005.**A Low-Cost Municipal Sewage Treatment System With A Combination Of UASB And The**

- “Fourth-Generation” Downflow Hanging Sponge Reactor.**Water Sci. And Technol.52(1-2).323-329
- Tandukar, M., Machdar, I., Uemura, S., Ohashi, A. and Harada, H.2006.**Potential Of A Combination Of UASB And DHS (Downflow Hanging Sponge) Reactors As A Novel Sewage Treatment System For Developing Countries: A Longterm Evaluation.**Journal of Environmental Engineering, ASCE.132(166-172)
- Uemura,S., K.Takaishi., A. Machdar., I.Ohashi A., And Harada,H.2002.**Removal of Indigenous Coliphages and Fecal Coliforms by A Novel Sewage Treatment System Consisting of UASB and DHS Units.**Water Science and Technology.46(303-309)
- Uemura,S.,and Harada,H.2010.**Application Of UASB Technology For Sewage Treatment With A Novel Post Treatment Process, (In Herbert H.P. Fang (Eds.).**Environmental Anaerobic Technology, Applications And New Developments (Pp.91-112).London,UK: Imperial College Press
- Uemura,S.,Okubo, T., Maeno, K., Takahashi, M., Kubota, K., and Harada, H. 2016.**Evaluation Of Water Distribution And Oxygen Mass Transfer In Sponge Support Media For A Downflow Hanging Sponge Reactor.**Int. J.Environ. Res.10(2).265-272
- U.S. EPA.1975.**Process Design Manual for Nitrogen Control.**Washington DC: Office of Technology Transfer