

PENGOLAHAN AIR LIMBAH BUDIDAYA PERIKANAN MELALUI PROSES ANAEROB MENGGUNAKAN BANTUAN MATERIAL BAMBU

*(Treatment of Aquaculture Wastewater by Anaerob Process Using Bamboo
Materials)*

Johannes Febrianto^{1*}, M. Yanuar J. Purwanto², Roh Santoso B. W.³

^{1,2,3} Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

Penulis korespondensi: Dimas Ardi Prasetya. Email: Johannes.febrianto@gmail.com

Diterima: 15 Februari 2016

Disetujui: 23 Juli 2016

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effectivity of bacterium in a simple anaerobic wastewater treatment reactor for degradating the pollutants. The configuration of the reactor used cylindrical plastic material with capacity of 150 L. Meanwhile, the supporting media that used as fixed bed reactor was bamboo with length 23-25 cm, width 3-4 cm, and thickness 0.5 cm. The surface area was 30 m²/m³, 40 m²/m³, and 50 m²/m³ that put into each bioreactor. The biofilm formed in bioreactor and fixed bed medium after cultivating during 30 days. By using the surface area of 50 m²/m³, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and ammonia dropped in aquaculture wastewater. The efeciency of BOD₅ COD, and ammonia in sampling period test of seven days were 82.28%, 23.08%, and 46.95%, respectively.

Key words: Fixed bed reactor, bamboo, bioreactor, aquaculture wastewater

PENDAHULUAN

Penggunaan air pada kegiatan budidaya ikan di darat (kolam, bak, akuarium) menghasilkan air limbah sebagai produk sampingan. Produksi limbah cair pada kegiatan ini berasal dari beberapa sumber, seperti air bekas pemeliharaan ikan dan pencucian peralatan produksi. Limbah air bekas pemeliharaan ikan memiliki porsi yang relatif besar dan mengandung bahan organik yang tinggi. Kondisi tersebut disebabkan oleh sisa-sisa pakan dan metabolisme ikan, seperti urin dan feses. Pembuangan limbah cair secara langsung dan terus-menerus ke badan lingkungan menyebabkan pencemaran. Kondisi ini dapat dicegah melalui upaya pengolahan air limbah. Tujuan pengolahan air limbah yaitu menghasilkan buangan

yang telah memenuhi baku mutu.

Pengolahan limbah cair di beberapa sektor usaha termasuk sektor budidaya perikanan masih dianggap mahal bagi pengusaha kecil dan menengah. Hal ini terjadi karena biaya pengolahan limbah berimplikasi pada peningkatan biaya produksi sehingga para pembudidaya kecil dan menengah lebih memilih untuk membuang limbah yang dihasilkan tanpa diolah terlebih dulu. Pembuatan unit pengolah limbah sederhana merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah biaya bagi pembudidaya kecil dan menengah.

Salah satu proses dalam teknologi pengolahan limbah cair adalah proses biologi. Proses ini memanfaatkan peranan mikroorganisme di dalamnya. Ada tiga cara pengolahan pada proses ini, yaitu

pengolahan secara aerob, anaerob, serta campuran antara aerob dan anaerob. Pengolahan secara anaerob memiliki beberapa keuntungan, seperti tidak memerlukan biaya tambahan untuk sumber oksigen (aerasi), menghasilkan lumpur yang relatif lebih sedikit, dan dapat dilakukan pada lahan yang terbatas. Selain itu, proses ini menghasilkan keuntungan lain berupa produk biogas sebagai sumber energi. Namun, kelemahan dari cara ini adalah pertumbuhan mikroorganisme relatif lambat dibandingkan dengan cara aerob (Indriyati 2007).

Pertumbuhan mikroorganisme di dalam reaktor anaerob terbagi menjadi tiga kelompok yaitu pertumbuhan melekat, tersuspensi, dan *hybrid* (Indriyati 2007). Sebagai bagian desain dari reaktor anaerob jenis pertumbuhan melekat, media penyangga diperlukan sebagai tempat perkembang-biakan mikroorganisme. Media penyangga dengan luas permukaan yang besar dan kekasaran tinggi disinyalir merupakan media terbaik untuk tempat menempel mikroorganisme. Beberapa bahan untuk bioreaktor anaerob sesuai kriteria tersebut antara lain bambu muda, (Colin *et al* 2007), batok kelapa (Torres *et al* 2003 dalam Fia *et al* 2012), dan busa poli uretan (*polyurethane foam*) (Fia *et al* 2012).

Bambu merupakan media penyangga di dalam komponen reaktor anaerob. Selain kriteria tersebut, bambu juga merupakan barang yang mudah didapatkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan pengolah limbah bagi pembudidaya kecil dan menengah. Berdasarkan Indriyati (2007) reaktor anaerob dengan media penyangga potongan bambu dapat mendegradasi beban organik COD sampai 70% dengan lama waktu tinggal 3.5 hari pada industri tahu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektifitas bakteri dalam reaktor anaerob yang melekat pada bambu untuk

menurunkan nilai parameter bahan organik BOD, COD, dan amonia pada air limbah sisa budidaya ikan.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada bulan Mei hingga Oktober 2015 di Kolam Percobaan Perikanan, Laboratorium Penyakit Ikan, Departemen Budidaya Perairan, dan di Laboratorium Produktivitas Lingkungan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Kegiatan penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap. Tahap awal adalah pembuatan bioreaktor anaerob percobaan dan dilanjutkan tahap penumbuhan bakteri. Tahap selanjutnya berupa pengujian kualitas air.

Pembuatan Bioreaktor Anaerob Percobaan

1. Persiapan Drum Bioreaktor

Bioreaktor berupa drum plastik berukuran 150 L. Wadah bioreaktor percobaan memiliki aspek rasio tinggi (h) dan diameter (d) 2.5:1 (100 cm : 40 cm) sesuai dengan Jagani *et al* (2010). Pipa $\frac{3}{4}$ inci beserta *dop* dipasang dengan jarak 5 cm dari dasar drum. Pipa ini berfungsi sebagai saluran pembuang air. Kemudian, pipa $\frac{1}{2}$ inci dan keran air sebagai saluran pengambilan sampel dipasang berjarak 10-20 cm di bawah pipa $\frac{3}{4}$ inci.

2. Persiapan Bambu Sebagai Media Lekat Bakteri

Bambu sebagai media lekat yang digunakan adalah bambu tali (*Gigantochloa apus* Kurtz). Hingga saat ini belum ada informasi mengenai perbandingan luas permukaan media lekat dan volume optimum pada pengolahan limbah sisa pemeliharaan ikan. Perbandingan luas permukaan bambu dan volume pada penelitian ini ditetapkan

melalui pendekatan hasil penelitian Indriyati (2007) yaitu $30 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $40 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dan $50 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Untuk mendapatkan luas permukaan bambu, bambu dipotong sepanjang 23-25 cm. Setelah pemotongan, penyortiran bambu dilakukan dengan pengukuran lebar bambu sebesar 3-4 cm dan tebal bambu sebesar 0.5 cm. Penyortiran dilakukan untuk mendapatkan bilah bambu yang seragam (Tabel 1).

3. Set up Drum Bioreaktor Percobaan

Media lekat bakteri berupa bambu dimasukkan ke dalam bioreaktor. Penyusunan bambu dilakukan menyerupai bentuk anyaman. Media lekat bambu

Pengujian Kualitas Air dari Bioreaktor

1. Pengujian Kualitas Air Berdasarkan Waktu Pengukuran

Pengujian kualitas air dilakukan sebanyak tiga kali yaitu sesuai dengan lama air percobaan berada di dalam reaktor anaerob yang telah ditentukan. Pengujian air dilakukan pada waktu pengukuran hari nol, hari ke-tiga dan hari ke-tujuh. Parameter kualitas air yang diuji adalah parameter pencemaran yang diakibatkan oleh bahan organik yaitu parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$). Selain itu, untuk

Tabel 1 Perlakuan luas permukaan media lekat, informasi dan jumlah kebutuhan bilah bambu pada bioreaktor percobaan

Bioreaktor	Luas permukaan media penyangga per volume (m^2/m^3)	Ukuran bilah bambu (cm)	Luas permukaan per bilah (cm^2)	Kebutuhan bilah bambu (buah)
Drum 1	50	$23 \times 4 \times 0.5$	221	340
Drum 2	40	$25 \times 4 \times 0.5$	229	263
Drum 3	30	$25 \times 3 \times 0.5$	178	253

diletakkan secara menumpuk dari dasar bioreaktor (Gambar 1).

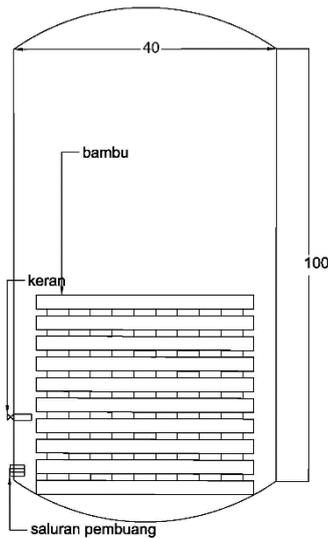
Penumbuhan Bakteri

Pada penelitian ini, bakteri eksogenous digunakan sebagai agen pengurai limbah organik. Bakteri didapatkan dari cairan rumen sapi. Isi rumen dikeluarkan dari perut sapi, diperas, dan dimasukkan ke dalam botol yang sebelumnya berisi air hangat. Proses penumbuhan bakteri dilakukan dengan cara pencampuran air uji coba yaitu air limbah bekas budidaya ikan nila dari kolam percobaan FPIK dengan cairan rumen. Perbandingan cairan rumen dan air uji coba yaitu 1:150 (Cesaria et al 2014). Setelah pencampuran, bioreaktor ditutup agar tidak ada oksigen yang masuk. Proses penumbuhan bakteri dilakukan selama sebulan. Setelah bakteri tumbuh, air campuran ini dibuang dan diganti dengan air limbah uji coba yang baru.

mengetahui jumlah bakteri di dalam bioreaktor dilakukan uji *Total Plate Count* (TPC) (Madigan et al. 2003) sebagai data penunjang. Metode yang digunakan untuk mengukur parameter kualitas air tertera pada Tabel 2.

Tabel 2 Metode pengukuran kualitas air

Parameter	Metode
COD	Refluks Tertutup (APHA 2012)
BOD	Pengenceran dan Titrasi Iodometri (APHA 2012)
Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)	Fenate (APHA 2012)



Gambar 1 Sketsa drum percobaan tampak samping

2. Efisiensi Penyisihan Bahan Organik

Untuk mengetahui besar pengaruh kontribusi bakteri terhadap perubahan kualitas air maka dilakukan perhitungan efisiensi penyisihan. Perhitungan efisiensi penyisihan konsentrasi parameter pencemaran menggunakan rumus berdasarkan Yusuf (2012):

$$Eff - C = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- Eff-C = Persentase penyisihan (penyisihan) konsentrasi zat (%)
- C_{in} = Konsentrasi zat dalam titik masuk (mg/L)
- C_{out} = Konsentrasi zat dalam titik keluar (mg/L)
- $C_{in} - C_{out}$ = Konsentrasi penyisihan (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kualitas Air Awal

Nilai awal dari parameter kualitas air limbah sisa pemeliharaan ikan nila dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan data tersebut, limbah telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 (PP 82/2001) mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, batas minimum (mutu air kelas 4) nilai parameter BOD dan COD masing-masing sebesar 12

Tabel 3 Nilai awal konsentrasi kualitas air limbah sisa pemeliharaan ikan nila

Bioreaktor	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	Amonia (mg/L)
Drum 1	75.75	124.67	4.304
Drum 2	50.96	167.08	3.816
Drum 3	51.49	124.67	2.008

mg/L dan 100 mg/L. Sementara untuk parameter amonia batas minimum yang digunakan adalah mutu air kelas 1 yaitu 0.5 mg/L (tidak tersedia nilai batas minimum amonia di mutu air kelas 4).

Jumlah Bakteri dalam Bioreaktor

Nilai parameter pencemar BOD₅, COD dan amonia mengalami penurunan pada percobaan ini. Penurunan nilai parameter pencemaran merupakan kontribusi mikroorganismenya (bakteri) di dalam bioreaktor, baik melekat pada media ataupun hidup bebas di air percobaan (supernatan). Tabel 4 memperlihatkan jumlah bakteri pada fase supernatan berdasarkan waktu pengujian.

Tabel 4 Jumlah bakteri tersuspensi di dalam bioreaktor (cfu/ml) berdasarkan waktu pengukuran

Bioreaktor	0	3	7
Drum 1	640×10^3	600×10^4	40×10^3
Drum 2	0	60×10^3	180×10^3
Drum 3	40×10^3	40×10^3	40×10^3

Berdasarkan nilai pada Tabel 4, jumlah bakteri berkurang dari waktu pengukuran 3 hari ke 7 hari di bioreaktor percobaan drum 1 yaitu masing-masing 600×10^4 dan 40×10^3 . Penurunan tersebut diduga karena bakteri di dalam bioreaktor telah menempel pada bambu ataupun dinding bagian dalam bioreaktor. Hal ini dapat dilihat dari pembentukan lapisan biofilm di bambu dan dinding bioreaktor.

Berbeda dengan drum 1, drum 2 tidak menunjukkan penurunan jumlah bakteri per volume. Hal ini diduga akibat beberapa bilah bambu yang busuk selama proses pengujian kualitas air. Bambu yang busuk tersebut tidak dapat diangkat selama proses pengujian kualitas air untuk meminimalisasi efek peningkatan konsentrasi oksigen. Akibat hal tersebut bakteri tidak dapat membentuk lapisan biofilm pada permukaan bambu di drum 2 sehingga memilih hidup bebas di kolom perairan.

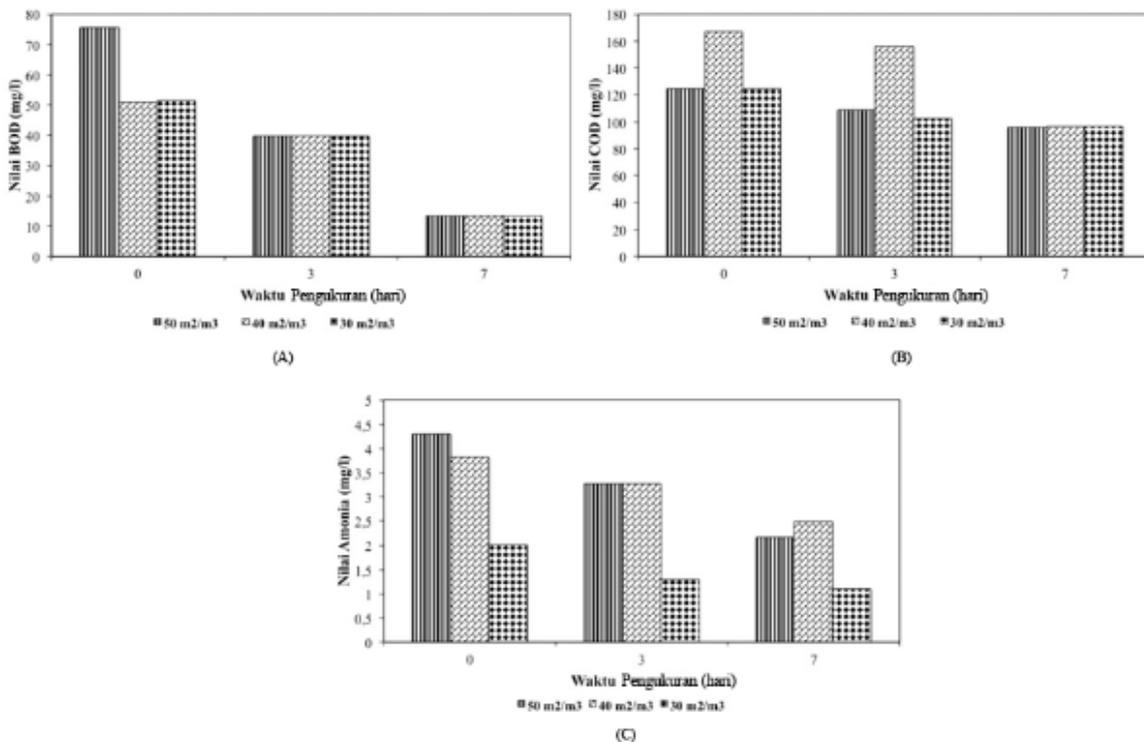
Pengujian Kualitas Air pada Waktu Pengukuran

Untuk menguji penurunan konsentrasi BOD₅, pengukuran nilai BOD₅ dilakukan pada sampel air di tiap-tiap waktu pengukuran yaitu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari. Hal serupa juga dilakukan pada parameter COD dan amonia.

Berdasarkan data pada Gambar 2, nilai BOD₅, COD, amonia mengalami

BOD₅ pada drum 1 di waktu pengukuran 0, 3, dan 7 hari berturut-turut adalah 75.75 mg/L, 39.86 mg/L dan 13.42 mg/L. Pada drum 2, nilai BOD₅ berturut-turut adalah 50.96 mg/L, 39.86 mg/L dan 13.42 mg/L. Sementara untuk drum 3 nilai BOD₅ berturut-turut adalah 51.49 mg/L, 39.86 mg/L dan 13.42 mg/L.

Penurunan kandungan bahan organik di dalam bioreaktor merupakan indikator keberhasilan mekanisme mikroorganisme pada lapisan biofilm untuk mendegradasi substrat. Menurut Indriyati (2007) semakin lama waktu tinggal maka akan semakin besar bahan organik yang disisihkan. Hal ini terjadi karena pada waktu yang lama, bakteri dapat memanfaatkan secara maksimal bahan organik yang terkandung di dalam air limbah sebagai substrat. Berdasarkan data efisiensi penyisihan di Tabel 5, bioreaktor dengan perbandingan luas permukaan media lekat bambu dan volume



Gambar 2 Penurunan BOD₅ (A), COD (B), amonia (C) terhadap waktu pengukuran (hari)

penurunan di tiap-tiap bioreaktor. Nilai 50 m²/m³ dapat menurunkan nilai BOD₅

Tabel 5 Konsentrasi masuk dan keluar serta efisiensi penyisihan parameter pencemar berdasarkan waktu pengukuran (hari)

Parameter	Waktu pengukuran (hari)	Drum								
		1			2			3		
		C _{in} (mg/L)	C _{out} (mg/L)	Eff (%)	C _{in} (mg/L)	C _{out} (mg/L)	Eff (%)	C _{in} (mg/L)	C _{out} (mg/L)	Eff (%)
BOD ₅	0	75.75	75.75	0	50.96	50.96	0	51.49	51.49	0
	3	75.75	39.86	47.38%	50.96	39.86	21.78%	51.49	39.86	22.59%
	7	75.75	13.42	82.28%	50.96	13.42	73.67%	51.49	13.42	73.94%
COD	0	124.67	124.67	0	167.08	167.08	0	124.67	124.67	0
	3	124.67	108.86	12.68%	167.08	156.33	6.43%	124.67	102.53	17.76%
	7	124.67	95.9	23.08%	167.08	96.75	42.09%	124.67	96.75	22.40%
Amonia	0	4.304	4.304	0	3.816	3.816	0	2.008	2.008	0
	3	4.304	3.275	23.91%	3.816	3.271	14.28%	2.008	1.298	35.36%
	7	4.304	2.167	49.65%	3.816	2.482	34.96%	2.008	1.108	44.82%

sebesar 47.38% selama 3 hari dan 82.28% selama 7 hari.

Nilai parameter COD menurun di tiap-tiap bioreaktor pada drum 1 pada hari 0, 3 dan 7 hari yaitu berturut-turut 124.67 mg/L, 108.86 mg/L dan 95.90 mg/L. Pada drum 2, nilai parameter COD yaitu 167.08 mg/L, 156.33 mg/L dan 96.75 mg/L. Sementara untuk drum 3, nilai COD yaitu 124.67 mg/L, 102.53 mg/L dan 96.75 mg/L. Efisiensi penyisihan nilai COD sebesar 87% juga dibuktikan oleh Colin *et al* (2007) dengan waktu operasi percobaan 140-180 hari pada pengolahan air limbah olahan singkong dengan bambu sebagai media pendukung. Aliran horizontal dalam reaktor dengan media pendukung bambu dapat mengurai bahan organik secara acidogenesis dan metanogenesis longitudinal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian ini yang menunjukkan nilai kandungan COD menurun mulai dari waktu pengukuran 0 hari, 3 hari dan 7 hari.

Penyimpangan terjadi pada persentase penyisihan nilai COD terhadap luas permukaan media lekat antara drum 1 dan drum 2 di hari ke-tiga yaitu 12.68% dan 6.43%. Peristiwa ini kemungkinan terjadi akibat bambu busuk pada drum 2.

Saat pembusukan, bahan-bahan kimia yang dimiliki bambu terurai di dalam air limbah. Menurut Fatriasari dan Hermiati (2008), bambu tali memiliki kandungan holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) yang tinggi yaitu sebesar 73.32%. Saat bahan-bahan ini terurai (terutama selulosa), nilai oksidasi kimia mengalami peningkatan sehingga nilai konsentrasi COD menjadi tinggi. Nilai penyisihan dan efisiensi penyisihan terbesar terjadi pada drum 2 di hari ke-7 yaitu sebesar 42.09% (Tabel 5).

Penurunan nilai konsentrasi juga terjadi pada parameter amonia. Pada drum 1, konsentrasi amonia dengan waktu pengukuran 0, 3 dan 7 hari berturut-turut adalah 4.304 mg/L, 3.275 mg/L, dan 2.167 mg/L. Pada drum 2, konsentrasi amonia yaitu 3.816 mg/L, 3.271 mg/L dan 2.482 mg/L. Sementara untuk drum 3, konsentrasi amonia yaitu 2.008 mg/L, 1.298 mg/L dan 1.108 mg/L. Penurunan dikarenakan adanya proses nitrifikasi di dalam bioreaktor. Mikroorganisme berperan mengurai amonia menjadi bentuk yang sederhana dan kemudian digunakan untuk membentuk sel-sel tubuhnya. Mikroorganisme yang berperan dalam

mengurai amonia adalah mikroorganisme autotrof ataupun heterotrof (Wisjnuaprpto 1995 dalam Yusuf 2012). Sementara itu, nilai penyisihan terbesar pada bioreaktor dengan luas permukaan media lekat mikroorganisme sebesar $50 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Kadar amonia dapat didegradasi dari bioreaktor ini selama 7 hari sebesar 49.65% (Tabel 5).

Besar nilai efisiensi penyisihan bahan organik (BOD, COD, dan amonia) pada bioreaktor ini ditentukan luas permukaan media lekat untuk pertumbuhan mikroorganisme. Jumlah populasi mikroorganisme melonjak seiring peluasan permukaan media lekat sehingga proses utilisasi bahan organik (substrat) meningkat sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. Selain luas permukaan media lekat, lama waktu air di dalam bioreaktor (waktu pengukuran) juga mempengaruhi efisiensi penyisihan.

KESIMPULAN

Bakteri di dalam reaktor pada penelitian ini dapat menurunkan kandungan parameter pencemaran. Konsentrasi parameter pencemar yang terkandung dalam limbah sisa pemeliharaan ikan nila menurun di tiap waktu pengukuran dan luas permukaan media lekat.

Efisiensi penyisihan tertinggi ada pada waktu tinggal 7 hari di tiap-tiap luas permukaan (drum). Efisiensi penyisihan dan penurunan nilai kandungan BOD₅ pada drum 1, drum 2, dan drum 3 berturut-turut adalah 82.28%, 73.67%, dan 73.94%. Efisiensi penyisihan kandungan COD pada drum 1, drum 2, dan drum 3 berturut-turut yaitu 23.08%, 42.09%, dan 22.40%. Sementara itu, efisiensi kandungan amonia pada drum 1, drum 2, dan drum 3 berturut-turut yaitu 49.65%, 34.96%, dan 44.82%.

DAFTAR PUSTAKA

[APHA] American Public Health Association. 2012. *Standard Methods for the examination of water and waste*

- water,ed.* Washington DC (US): American Public Health Association.
- Cesaria RY, Wirosodarmo R, Suharto B. 2014. Pengaruh penggunaan starter terhadap kualitas fermentasi limbah cair tapioka sebagai alternatif pupuk cair. *J. Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 1(2):15-24.
- Colin X, Farinet JL, Rojas O, Alazard D. 2007. Anaerobic treatment of cassava starch extraction wastewater using a horizontal flow filter with bamboo as support. *J. Bior Tech* 98:1602-1607. doi:10.1016/j.biortech.2006.06.020
- Fatriasari W, Hermiati E. 2008. Analisis morfologi serat dan sifat fisis-kimia pada enam jenis bambu sebagai bahan baku pulp dan kertas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan.* 1(2):67-72.
- Fia FRL, Matos AT, Borges AC, Fia R, Cecon PR. 2012. Treatment of wastewater from coffee bean processing in anaerobic fixed bed reactors with different support materials: performance and kinetic modeling. *J. Env Man.* 108:14-21. doi:10.1016/j.jenvman.2012.04.033.
- Indriyati. 2007. Unjuk kerja reaktor anaerob lekat diam terendam dengan media penyangga potongan bambu. *J. Tek. Ling.* 8(3):217-222.
- Jagani H, Hebbar K, Gang SS, Raj PV, Chandrashekhar RH, Rao JV. 2010. An overview of fermenter and the design considerations to enhance its productivity, *Pharmacologyonline* [Internet]. [diunduh 2016 Mar 15];1(27):261-301. Tersedia pada: <http://pharmacologyonline.silae.it/files/newsletter/2010/vol1/27.Iagati.pdf>.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. 2003. *Brock Biology of Microorganisms Tenth Edition.* Indiana (USA): Prentice-Hall Inc.
- [PPRI] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan

Pengendalian Pencemaran
Lingkungan. Jakarta.
Yusuf MA. 2012. Pra – Perlakuan Air
Sungai Sebagai Air Baku Dengan
Teknologi *Fixed Bed Reactor*
[Tesis]. Bogor (ID): Institut
Pertanian Bogor.