

The Effectiveness of the Use of Bio-sand Filter and Mangrove Charcoal to Reduce Oil and Phosphate Content in the Liquid Waste Originated from the Palm Oil Company PT.PN V Sei Galuh

By :

Dedi Budiayaka ¹⁾, Budijono ²⁾, M. Hasbi ²⁾

Abstract

The liquid waste from the palm oil company is rich in phosphate and oil remains. To reduce the phosphate and oil content, a treatment such as filtering should be applied. A study aims to understand the effectiveness of the use of bio-sand filter and mangrove charcoal to reduce oil and phosphate content in the liquid waste originated from the palm oil company PT.PN V Sei Galuh, has been conducted from June to August 2014. The waste was flown continuously through bio-sand filter and then flown to a processor that is filled with mangrove charcoal. Parameters measured were oil and phosphate content. The treated water was then used to rear gold fish (*Cyprinus carpio*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and cat fish (*Pangasius pangasius*). The fish were reared for 30 days and the survival rate of the fish was noted. Results shown that the use of bio-sand filter and mangrove charcoal was effective for reducing oil and phosphate content in the liquid waste of the oil palm factory. The oil content reduce, it was 34 mg/ L before being treated, become 5 mg/ L after being treated with bio-sand filter and reduce into 2 mg/L after being treated with charcoal, the effectiveness was 91.17%. Phosphate content was also reduce, from 6,491 mg/ L, reduce into 2,350 mg/ L after being treated with bio-sand filter and charcoal (77.71% effectiveness). While the survival rate of the fish was 40% (*C. carpio*), 60% (*O. niloticus*) and 77% (*P. pangasius*). Based on data obtained it can be concluded that the use of bio-sand filter and mangrove charcoal processor is effective in reducing phosphate and oil content in the liquid waste originated from the palm oil industry.

Keywords : *liquid waste, palm oil company waste, Phosphate, Biosand filters, mangrove charcoal*

-
1. *Student of the Fisheries and Marine Science Faculty, Riau University*
 2. *Lecturers of the Fisheries and Marine Science Faculty, Riau University*

PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) berpotensi mencemari perairan karena sekitar 60% dari penggunaan air akan menjadi limbah cair dengan kandungan minyak dan lemak serta fosfat yang tinggi. Rata-rata kadar minyak dan lemak pada limbah cair

PMKS sekitar 2500 mg/L (Saputra, 2013), melebihi kadar 25 mg/L yang ditetapkan (MenLH No.122/2004). Kadar minyak dan lemak limbah cair PMKS dapat menyebabkan terhalangnya kontak langsung antara ikatan air dengan udara, selain itu juga menghambat masuknya cahaya matahari secara sempurna yang akan

menyebabkan kurangnya kandungan oksigen terlarut DO (Sugiarto, 1987). Selain itu, adanya fosfat yang tinggi dapat memicu terjadinya eutrofikasi. Nilai total fosfat perairan yang diperbolehkan adalah 5 mg/L (P82/2001) dan tidak boleh < 0,2 mg/L (Haryani, 1989). Terkait limbah cair ini, PT. PN V Sei Galuh telah menerapkan sistem *land application* (LA) sebagai usaha memanfaatkan limbah cair untuk pupuk di lahan perkebunan sawit.

Selain LA, limbah cair tersebut dapat dimanfaatkan dalam pembudidayaan ikan. Alternatif yang dicobakan adalah dengan menggunakan sistem biofilter bermedia pasir (*biosand filter*) dan arang bakau. Penggunaan kedua media tersebut, limbah cair dapat diolah secara fisika (penyaringan) dan biologis sebagai media melekatnya bakteri.

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan 2 unit reaktor *biosand filter* dan 1 unit reaktor arang bakau dengan EP BOD 85,5% dan COD 78,9% serta SR ikan mas 30% (Yusmidar, 2012); 4 unit reaktor *biosand filter* dan 2 reaktor arang dengan EP BOD 80,13%, dan COD 80,73% (Putri, 2013), amonia 95,95% dan TSS 85,29% dengan SR ikan mas 40%, nila 60% dan patin 77% (Misfahani, 2013). Untuk melengkapi data tersebut, maka menarik untuk mengetahui penurunan minyak dan lemak serta fosfat dengan menggunakan jumlah unit dan jenis reaktor serta jenis ikan yang sama agar diperoleh diversifikasi pemanfaatan limbah cair PMKS. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja reaktor *biosand filter* dan reaktor arang bakau dalam menurunkan minyak dan lemak serta

fosfat limbah cair PMKS untuk media hidup ikan budidaya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – Agustus 2014 di PT. PN V Sei Galuh Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar. Analisis minyak dan lemak serta fosfat dilaksanakan di Laboratorium UPT Pengujian Dinas PU Provinsi Riau. Analisa total koloni bakteri dilaksanakan di laboratorium FMIPA Unri. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengujicobakan 4 unit reaktor biosand filter dan 2 unit reaktor arang bakau di IPLC PMKS Sei Galuh.

Media Biofilter

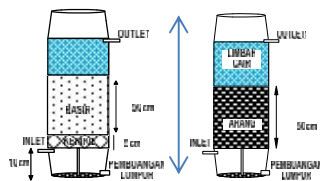
Media biofilter yang digunakan terdiri dari pasir dan arang bakau. Ukuran pasir 0,5 mm dan arang bakau bentuknya tidak beraturan.. Sebelumnya kedua bahan dicuci bersih berulang-ulang untuk menghilangkan kotoran dan dijemur hingga kering. Pasir dan arang bakau diisikan ke dalam dengan ketebalan 50 cm merujuk Yusmidar (2012).

Unit Alat Pengolahan

Unit reaktor terbuat dari drum plastik berdiameter 48 cm dengan tinggi 95 cm berjumlah 7 unit terdiri 1 unit sebagai penampung limbah cair, 4 unit bermedia pasir dan 2 unit bermedia arang bakau..

Setiap unit reaktor *biosand filter* dan reaktor arang bakau dilengkapi dengan 3 lubang yaitu lubang *inlet*, lubang *outlet* dan lubang *sludge*. Dalam lubang reaktor ini terdiri dari 3 ruang, yaitu ruang pengendapan, ruang media filter, dan ruang untuk air limbah yang sudah melewati media filter. Bentuk reaktor

biosand filter dan reaktor arang bakau disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Reaktor Biosand Filter dan Arang Bakau

Untuk tempat ikan digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium kaca berukuran 70 cm (P) x 30 cm (L) x 30 cm (T). Peralatan dan bahan pendukung lainnya adalah pompa air listrik dengan debit 30 L/menit, bor listrik, nampan, besi batang, sambungan lurus, 2 batang paralon PVC 2½”, 25 unit elbow PVC 1”, 13 pasang socket drat 1”, 3 unit kran PVC ¾”, 2 batang pipa 1”, 3 gulung selotif, 1 pasta lem PVC, semen ± 5 kg, kabel T 30 cm 1 bungkus, 2 batang kayu balok, gergaji besi, meteran, ampelas, serta 3 unit akuarium.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

- Persiapan peralatan dan media serta pembuatan uni reaktor *biosand filter*, bak penampung limbah cair secara lengkap dengan pompa air untuk memompa limbah cair, aerator dan sistem perpipaannya.
- Pemasukan media filter kedalam unit reaktor *biosand filter* dan arang bakau hingga 50 cm.
- Pengisian limbah cair dari kolam LA PMKS PT. PN V Sei. Galuh dengan cara mengalirkan kedalam drum penampung dengan menggunakan pompa air yang kemudian dialirkan kedalam reaktor *biosand filter* dan reaktor arang bakau secara kontinyu

selama 2 minggu hingga 1 bulan (Herlambang, 2002), bertujuan untuk memberikan peluang bagi mikroorganisme (bakteri) tumbuh dan berkembang serta melekat di atas permukaan media pasir..

- Pengukuran dan pengambilan sampel awal setelah reaktor dioperasikan selama 2 minggu dan diikuti pengambilan selanjutnya setiap dua minggu sekali selama dua bulan.
- Limbah cair yang terolah dimasukkan ke dalam 3 akuarium pengujian ikan dengan memasukkan ikan masing-masing jenisnya 10 ekor (mas, nila dan patin) setiap waktu pengambilan sampel dengan lama pengamatan terhadap kelulushidupan selama 4 hari.

Data yang diamati meliputi suhu, pH, DO, fosfat, minyak dan lemak. Untuk mengetahui efektifitas penggunaan reaktor *biosand filter*, dan reaktor arang bakau sebagai media biofilter dalam menurunkan fosfat, minyak dan lemak menggunakan persamaan Saeni *et al.* (1988) dan Nurimaniwathy *et al.* (1988) dan Syafrani *et al.*, 2006) yaitu:

$$EP (\%) = \frac{C_{inlet} - C_{outlet}}{C_{inlet}} \times 100\%$$

Keterangan:

EP = Efektivitas pengolahan (%)

C_{inlet} = Konsentrasi parameter limbah cair sebelum diolah (mg/l)

C_{outlet} = Konsentrasi parameter limbah cair setelah diolah (mg/l)

Perhitungan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) ikan uji dihitung dengan rumus Effendie (1979):

$$SR (\%) = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan :

SR = tingkat kelangsungan hidup (%)

N_t = jumlah ikan pada waktu t

N₀ = jumlah ikan pada waktu 0 atau pada awal penebaran

Asumsi dalam penelitian ini adalah :

1. Nilai fosfat, minyak dan lemak limbah cair PMKS yang masuk kedalam unit penampung limbah selama penelitian dianggap sama.
2. Faktor lingkungan lain yang tidak diukur dianggap memberikan pengaruh yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik limbah cair PMKS yang digunakan berasal dari kolam *land application* dengan karakteristik pH 7,32, TSS 671 mg/L, BOD 1865 mg/L, COD 1181 mg/L, ammonia 45 mg/L, minyak dan lemak 109 mg/L. Nilai awal limbah cair PMKS tersebut masih di atas baku mutu mengacu hasil analisis limbah cair pada periode bulan Februari – Juli 2014 oleh PT. PN V Sei Galuh.

Minyak dan Lemak

Kisaran konsentrasi minyak dan lemak yang masuk ke unit penampungan (T1) berfluktuasi dengan kisaran 30 – 38 mg/l. Hasil pengujian terhadap konsentrasi dan efektivitas minyak dan lemak pada unit reaktor biosand filter dan reaktor arang bakau disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Minyak dan Lemak

Penga- matan	Minyak & Lemak			Efektifitas Minyak & Lemak (%)		
	T1	T2	T3	T1- T2	T2- T3	T1- T3
	4 unit Reaktor <i>Biosand Filter</i> +2 Unit Reaktor Arang Bakau					
1	38	12	5	68,42	58,33	86,84
2	36	14	5	61,11	64,28	86,11
3	34	5	2	85,29	60,00	91,17
4	37	6	4	83,78	33,33	89,18
5	30	10	5	66,66	50,00	83,33

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 3, unit alat pengolahan *biosand filter* (T2) dan arang bakau (T3) yang dioperasikan secara kontinyu mampu menurunkan minyak dan lemak dari kisaran 30–38 mg/L menjadi 2-5 mg/L dengan efektifitas 83,3-91,17% dan telah dibawah baku mutu yaitu < 25 mg/L.

Efektifitas penurunan minyak dan lemak pada reaktor *biosand filter* cenderung meningkat dari pengamatan 1 hingga ke-4 dengan kisaran 61,11-83,78% dan menurun pada pengamatan ke-5 karena terjadinya kejenuhan reaktor pada pengamatan ke-4 sebagai akibat tersumbatnya pori-pori pasir. Hal ini ditandai dengan semakin lambatnya aliran limbah cair ke setiap reaktor dibandingkan dengan pengamatan yang sebelumnya. Gangguan terhadap aliran limbah cair di dalam reaktor berdampak terhadap jumlah koloni bakteri yang tumbuh di dalam reaktor.

Tingginya air permukaan media pasir menyebabkan zat-zat organik pada permukaan media pasir menyumbat, sehingga pada reaktor BSF akhirnya menunjukkan titik jenuh (Mangunwijaya, 1994). Menurut Wisnuprpto dan Mohajid (1992), umur operasional saringan pasir adalah 20-90 hari. Adanya fenomena ini, maka dilakukan pencucian balik (*backwash*) untuk meningkatkan kelancaran aliran yang dilakukan setelah pengamatan ke-4.

Pengaliran limbah cair pada alat dilakukan secara *up flow*, maka cara *backwash* yang dilakukan dengan membuka lubang pembuangan lumpur reaktor *biosand filter* dan reaktor arang bakau dan mengalirkan air bersih dari bagian atas reaktor melalui atas permukaan media pasir dan arang. Hal ini

menyebabkan bakteri yang masih hidup ikut terbuang bersama air yang keluar melalui lubang *sludge*.

Akibatnya terjadinya penurunan efektivitas pengolahan minyak dan lemak pada pengamatan ke-5, karena waktu minimal yang dibutuhkan selama 2 minggu. Kondisi ini diperkuat pendapat Hegazi (2004) yang mengatakan bahwa *biosand filter* membutuhkan 1-3 minggu untuk membentuk *biofilm*.

Fosfat

Konsentrasi fosfat awal dalam limbah cair berkisar 3,947-6,491 mg/L. Hasil analisis fosfat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Fosfat

Pengamatan	Fosfat			Efektivitas Fosfat (%)		
	T1	T2	T3	T1-T2	T2-T3	T1-T3
1	4,167	2,627	1,477	36,95	43,77	65,55
2	5,326	3,163	2,076	40,61	34,36	61,02
3	6,491	4,141	2,350	36,20	43,25	63,84
4	3,947	2,530	1,360	35,90	46,24	65,54
5	4,662	2,602	1,039	44,18	60,06	77,71

Sumber: Data Primer

Dari Tabel 2 di atas, konsentrasi fosfat juga mengalami penurunan setelah melalui unit *biosand filter* + arang bakau berkisar 1,039-2,350 mg/L dengan EP fosfat 61,02-77,71%. Konsentrasi fosfat dalam limbah cair setelah diolah sudah memenuhi baku mutu.

Penurunan fosfat di kedua reaktor tersebut disebabkan oleh adanya bakteri yang menguraikan limbah cair, dimana bakteri tersebut memanfaatkan fosfat sebagai sumber energi (Khusnuryani, 2008). Tingginya nilai penurunan fosfat pada reaktor *biosand filter*

disebabkan oleh penggunaan media filter pasir, menyebabkan mikroorganisme (bakteri) akan tumbuh melekat dan membentuk lapisan *biofilm* semakin berkembang selama pengamatan dan polutan fosfat yang terkandung dalam limbah cair dapat diuraikan semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan nilai total bakteri sebesar $2,0 \times 10^5$ - $7,8 \times 10^4$ CFU pada reaktor *biosand filter* bermedia pasir dan $1,7 \times 10^5$ - $9,0 \times 10^5$ CFU pada reaktor media arang bakau.

Menurut Herlambang (2002), dalam proses degradasi limbah cair, bakteri dapat berada dalam keadaan tersuspensi dalam air (*suspended culture*) atau berada dalam bentuk melekat pada media biofilter (*attached culture*). Dalam proses pengolahan limbah cair PMKS dengan mempergunakan reaktor *biosand filter* dan arang bakau memanfaatkan kerja dari bakteri yang melekat pada lapisan filter pasir dan arang bakau. Namun selama proses berlangsung dalam kondisi anaerob yang ditandai rendahnya oksigen terlarut sehingga bakteri yang bersifat fakultatif yang lebih dominan.

Parameter Kualitas Air

• pH

Derajat keasaman (pH) limbah cair sebelum diolah telah mencapai 7 dan meningkat menjadi 8 setelah melewati unit reaktor *biosand filter* dan arang bakau. Nilai pH ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai pH

Pengamatan	pH		
	T1	T2	T3
1	7	8	8
2	7	8	8
3	7	8	8
4	7	8	8
5	7	8	8

Sumber: Data primer

Kenaikan pH sesuai table di atas disebabkan oleh proses yang terjadi pada unit-unit reaktor *biosand filter* dan arang bakau serta adanya aktivitas mikroorganisme (bakteri). Menurut Nugroho *et.al* (dalam Saputra 2012), dalam proses metanogenesis, CO₂ akan direaksikan dengan H₂ oleh bakteri metan yang menghasilkan gas metan dan H₂O. Selanjutnya senyawa NH₃ dari penguraian senyawa organik pada proses anaerob akan bereaksi dengan H₂O membentuk NH₄OH yang dapat menaikkan nilai pH.

Hasil olah limbah cair PMKS dengan kombinasi reaktor *biosand filter* + arang bakau memiliki rerata pH 8 yang dapat mendukung kehidupan bioa akuatik. Menurut Wardoyo (1981) dan Seamolec (2009), organisme perairan dapat hidup ideal jika pH berkisar 5-9 dan dapat mendukung kehidupan ikan. Kondisi pH optimal untuk ikan ada pada *range* 6,5-8,5. Nilai pH di atas 9,2 atau kurang dari 4,8 dapat membunuh ikan dan pH di atas 10,8 dan kurang dari 5,0 akan berakibat fatal bagi ikan-ikan tilapia.

• **Suhu**

Suhu limbah cair PMKS sebelum diolah berkisar 30,5 – 35°C. Keseluruhan nilai suhu air disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Suhu Limbah Cair

Penga- matan	Suhu (°C)		
	T1	T2	T3
1	34	31	33
2	35	29	31
3	30,5	29,7	30
4	32,8	29,7	31,1
5	35	33	34

Sumber: Data Primer

Dari Tabel 6, terlihat bahwa suhu limbah cair dari inlet T1 , reaktor *biosand filter* (T2) dan reaktor arang bakau (T3) mengalami fluktuasi selama masa pengamatan. Faktor lingkungan sangat mempengaruhi suhu limbah cair di dalam reaktor pengolahan karena penempatan reaktor di luar ruangan menyebabkan reaktor tersebut mendapat pengaruh langsung dari kondisi cuaca setempat. Selama penelitian berlangsung, kondisi lingkungan cukup cerah dan panas sehingga intensitas sinar matahari yang masuk kedalam reaktor menjadi lebih besar. Sebaliknya pada pengamatan ke-2, 3, dan 4 berlangsung kondisi lingkungan saat itu mendung atau berawan sehingga mengurangi intensitas matahari. Menurut Syafridiman *et al.* (2005), suhu pada air akan di pengaruhi oleh panas sinar matahari yang masuk ke dalam perairan dan di sebar dari permukaan sampai ke dasar..

• **DO (*Dissolved oxygen*)**

Kondisi DO sangat mempengaruhi kehidupan berbagai jenis biota akuatik. Kondisi DO awal hingga melalui *biosand filter* dan reaktor bakau dibawah 1 mg/L. Secara keseluruhan, kondisi DO disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kondisi DO

Pen- ga- mat an	DO			
	Inlet (T1)	BSF (T2)	Arang- Bakau (T3)	Rerata Aku- arium
I	0,90	0,86	0,81	5,95
II	0,75	0,68	0,63	4,79
III	0,55	0,52	0,51	5,7
IV	0,70	0,68	0,66	5*08
V	0,74	0,71	0,68	5,3

Sumber: Data primer

Dari Tabel 7 terlihat bahwa konsentrasi DO limbah cair PMKS

bernilai rendah dan berfluktuasi. Rendahnya konsentrasi DO menunjukkan bahwa selama proses berlangsung tidak ada suplai udara melalui pompa udara yang diberikan.

Konsentrasi DO limbah cair sebelum diolah lebih tinggi jika dibandingkan DO yang ada di unit reaktor *biosand* filter dan reaktor arang bakau dengan kisaran 0,52-0,86 mg/L (T2) dan 0,51- 0,81 mg/L (T3). Konsentrasi DO tersebut belum mendukung kehidupan biota akuatik. Rendahnya DO ini menggambarkan limbah cair PMKS mengandung polutan organik tinggi sehingga mikroorganisme (bakteri) membutuhkan banyak oksigen untuk mengurai bahan organik. Selain itu, ketiadaan bangunan peneduh pada tiap unit reaktor yang diletakkan diluar dapat mempengaruhi fluktuasi DO karena cahaya matahari dapat meningkatkan suhu limbah cair, yang akhirnya dapat menurunkan ketersediaan oksigen. Menurut Effendi (2007), peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba.

Namun, karena pengaliran limbah cair dilakukan secara kontinyu sehingga limbah cair hasil olahan akhir mengalir jatuh kedalam 3 unit akuarium, maka konsentrasi DO meningkat setelah terjadi kontak dengan udara menjadi 4,79-5,95 mg/L. Konsentrasi DO ini mampu mendukung kehidupan ikan uji. Menurut Salmin (2005), oksigen terlarut minimum untuk mendukung kehidupan ikan adalah 2 mg/L dalam keadaan normal. Peningkatan DO selain karena mengalirnya air hasil olahan reaktor terahir ke akuarium, juga dikarenakan oleh penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air akuarium

dengan udara. Barus (2003) menyatakan sumber utama oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara.

Hasil Pengujian Ikan

Respon limbah cair PMKS yang telah diolah terhadap *survival rate* (SR) ikan berbeda-beda. Selengkapnya hasil pengujian ikan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Ikan

Je-nis Ikan	Jlh Ikan Awal	Waktu Pengamatan	Kelulushidupan Ikan (Hari)			SR (%)
			1	2	3	
Mas	30	1	0	0	0	0
	30	2	21	18	10	5
	30	3	26	21	18	12
	30	4	24	20	15	7
	30	5	10	6	3	1
Nila	30	1	0	0	0	0
	30	2	24	21	14	13
	30	3	28	25	23	18
	30	4	25	20	11	9
	30	5	15	10	3	2
Patin	30	1	0	0	0	0
	30	2	23	20	17	15
	30	3	27	26	23	23
	30	4	17	14	12	11
	30	5	15	10	10	9

Sumber : Data Primer

Dari Tabel 8 terlihat bahwa *survival rate* ikan sangat dipengaruhi daya tahan ikan terhadap kualitas limbah cair PMKS. *Survival rate* ikan tertinggi pada jenis ikan patin berkisar 30-77%, diikuti ikan nila 7-60% dan mas 3-40%.

Survival rate (SR) dari tiap jenis ikan uji terdapat pada pengamatan ke-3 sesuai dengan rendahnya penurunan minyak dan lemak serta fosfat. Pencucian kembali terhadap unit reaktor *biosand filter* dan arang bakau juga memberikan SR yang masih rendah sebagai akibat tercuci atau terlepasnya mikroorganisme (bakteri) yang berfungsi untuk merombak polutan organik, minyak dan lemak

serta polutan lain dalam limbah cair tersebut. Di samping itu, masih cukup tingginya senyawa yang bersifat toksik seperti ammonia yang dapat menyebabkan terganggunya sistem pernapasan ikan hingga sebagian besar ikan uji mengalami kematian. Sebaliknya konsentrasi oksigen terlarut di dalam akuarium berkisar antara 4,78-5,7 mg/L dengan suhu 30-31 °C dan pH 8 sebenarnya masih dapat mendukung kehidupan ikan uji.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Limbah cair PMKS yang diolah dengan 4 unit reaktor *biosand filter* dan 2 unit reaktor arang bakau mampu menurunkan minyak dan lemak dari 34 mg/L menjadi 2 mg/L dengan EP 91,17 % dan fosfat dari 4,662 mg/L menjadi 1,039 mg/L dengan EP 77,71 %. Hasil olahan limbah cair belum sepenuhnya dapat dijadikan media hidup ikan dari *survival rate* ikan yang dikategorikan rendah.

Saran

Disarankan untuk menambah unit lanjutan dengan teknik fitoremediasi, merubah penggunaan ukuran butiran pasir dan arang bakau serta memberikan aerasi dalam pengujian ikan.

DAFTAR PUSTAKA

Awaluddin, N. 2007. Teknologi Pengolahan Air Tanah Sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga. Peran Mahasiswa Dalam Aplikasi Keteknikan Menuju Globalisasi Teknologi, Jakarta. 17-18

Desember. Pekan Apresiasi Lem-FTSP UII.

Barus, T.A, 2003. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi FMIPA USU, Medan.

Effendie, M. I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta. 249 hal.

Mangunwidjaja, D., & Suryani, A. 1994. Teknologi Bioproses. Penerbit Swadaya, Jakarta. 170 hal.

MENLH, 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 122/MENKLH/04 Tentang Perubahan Atas Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-51/Menlh/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta. 60 hal.

PMKS (Pabrik minyak kelapa Sawit) sungai Galuh. 2014. Laporan Bulanan pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan. PT. Perkebunan nusantara-V. Pekanbaru.

Raharjo, P. N. 2009. Study Banding Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Teknologi Lingkungan. 10 (1): 09-18. Jakarta.,.

- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, Vol. 30 (3): 21-26.
- Saputra, A. 2012 peningkatan Remediasi TSS dan TDS Limbah Cair Rumah Potong Hewan Sapi Kota Pekanbaru dengan Proses Biofilter Kombinasi Anaerob-Aerob Bermedia Botol Palastik yang Berisikan Potongan Plastik Untuk Media Hidup ikan Budidaya. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 97 hal.
- Sari, N. M. 2010. Studi Kinerja Biosand Filter untuk Pengolahan Air Minum Ditinjau Terhadap Parameter kekeruhan dan besi. Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Sembiring, M. T. dan Sinaga, T. S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera. Sumatera.
- Sugiharto. 1987. Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah. UI Press. Jakarta.
- Syafrani, S.R.P., Sitorus, M.S., Saeni & Tarigan. 2006. Efektifitas Tumbuhan Air dan Media Penyaring Menurunkan Kandungan Bahan Pencemar Limbah Cair Buangan Akhir Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 11(2):8-15.
- Syafriadiman, N.A. Pamungkas dan Saberina. 2005. Prinsip Dasar Pengelolaan Kualitas Air. MM Press CV. Mina Mandiri, Pekanbaru.
- Wardoyo, 1981. A Review at Induced Fin Fish Breeding Practies in Thayland, Singapore, (Now): 25-28. Wardoyo, Perikanan. Analisa Dampak Lingkungan, Training ANDAL PPLHUNDIP-PUSDI. IPB. Bogor.
- Wisjuprpto dan Mohajid. 1992. Prinsip Dasar Pengendalian Pencemaran Air. Pusat Antar Universitas Bioteknologi ITB, Bandung.