

Remediation of Organic Pollutants in the Wastewater of Rubber by Biosand Filter Media and Water Plants (*Echinodorus palaefolius* and *Limnnocharis flava*) for Media of Fish Life

By

Yeni Lestari¹⁾, M.Hasbi and Budijono²⁾

yenilestari4@gmail.com

Abstract

The research was conducted from February-April 2014 at PT. Riau Crumb Rubber Factory of Pekanbaru, in the road Kelurahan Meranti Pandak Kecamatan Rumbai. It's aims to understand the effectiveness of biosand filter media and phytoremediation concept in remediation organic pollutants content in liquid wastewater of rubber for media of fish life. Sampling of BOD₅ and COD were taken in 5 place with interval every 10 days during 2 months for 4 times and analyzed in department public of laboratory. Liquid wastewater of rubber using of 8 reactor units. Each other 2 reactor units to biosand filter media of control and other combined biosand filter with water plants have can reducing organic pollutants. BOD₅ of primary Concentration about 387-465,3 mg/l and the end 24,3-6,29 mg/l with effectivenesses 89,07-98,73%. While that COD about 710-846,6 mg/l and the end 44,3-45,8 mg/l with effectivenesses 80,39-96,47%. Although to other parameter such as temperature about 29-31⁰C, pH 6 and DO about 3,5-3,83 mg/l can support for media of fish life. Percentage of survival rate for *Esomus* sp and *Pangasius pangasius* 100% although *Oreochromis niloticus* 93,75-100%. It's reached standart quality of KEP-51/MENLH/10/1995.

Keyword : Biosand filter media, phytoremediation, wastewater

-
- 1) *Student of the Fisheries and Marine Science Faculty of Riau University*
2) *Lecture of the Fisheries and Marine Science Faculty of Riau University*

1. PENDAHULUAN

Remediasi adalah kegiatan pemulihan pada media yang terkontaminasi. Remedisi perlu dilakukan agar lahan tercemar dapat digunakan kembali (Panjaitan, 2008). Untuk itu perlu dilakukan alternatif teknologi dengan biaya murah dan mudah, yaitu dengan menggunakan organisme hidup. Salah satunya adalah menggunakan tumbuhan air (fitoremediasi) dimedia pasir dan

kerikil yang dapat meminimalkan bahan pencemar.

Dalam penelitian ini tumbuhan yang digunakan *Echinodorus palaefolius* (melati air) dan *Limnnocharis flava* (genjer). Untuk meningkatkan kinerja ini tumbuhan air maka digunakan media saring pasir dan kerikil. Saringan pasir adalah yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran yang kecil. Unit ini sudah

menjadi teknologi pengolahan air. Berpijak dari penelitian sebelumnya penggunaan tumbuhan genjer telah dicobakan pada limbah sawit dengan efektifitas penurunan BOD 75,6% dan COD 76,2% (Avlenda, 2008). Sedangkan menurut Syafrani (2007), efektifitas penurunan COD pada tumbuhan melati air mencapai 74,1% dan genjer sebesar 73,1%, sedangkan dengan menggunakan saringan pasir mampu menurunkan BOD 85,31% dan COD 59,66% (Setijowati, 1992). Dengan menggunakan saring pasir dan tumbuhan air ini adalah salah satu upaya untuk meremediasi polutan organik dalam limbah cair karet.

Limbah cair karet secara umum memiliki kandungan bahan organik tinggi, bau menyengat, dan berwarna keruh. Menurut Lelawati (2008), karakteristik awal limbah cair karet untuk BOD₅ dan COD adalah sebesar 258,2 mg/l dan 840 mg/l. Nilai BOD₅ dan COD tersebut masih mempengaruhi kehidupan biota akuatik (ikan), sehingga menyebabkan kematian pada ikan. Oleh sebab itu, dalam rangka untuk meminimalkan dampak limbah cair karet pada PT. Riau Crumb Rubber Factory (PT. RICRY) untuk peruntukan dibidang perikanan,

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-April 2014 di PT. Riau Crumb Rubber Factory (RICRY) yang berada di Kelurahan Meranti Pandak Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru Provinsi Riau. Analisis parameter limbah cair karet dilakukan di Laboratorium Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Pekanbaru, Riau.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode

maka perlu dilakukan pengolahan pada limbah cair tersebut agar parameter BOD₅ dan COD dapat ditolerir dan sesuai untuk kehidupan ikan.

Dari uraian diatas, penggunaan media saring pasir dan tumbuhan air sangat menarik untuk diteliti pada limbah cair karet dengan karakteristik yang dapat memberikan masalah lingkungan perairan. Untuk mengetahui kelayakan hidup biota akuatik (ikan) pada limbah karet, untuk itu, perlu diuji dengan menggunakan ikan ujinya, seperti *Esomus* sp, *P. pangasius* dan *O. niloticus*.

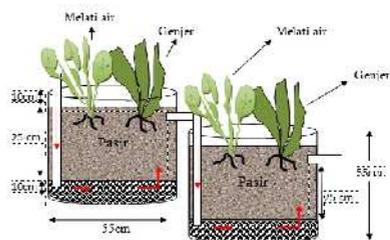
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan saring pasir dan tumbuhan air dalam meremediasi BOD₅ dan COD pada limbah cair karet, dan untuk mengetahui hasil olahan dalam meremediasi polutan organik dalam limbah cair karet dapat dijadikan media hidup ikan. Manfaat dari penelitian ini adalah menambah dan memberikan informasi tentang teknologi alternatif dalam pengolahan limbah cair karet dapat diterapkan masyarakat dan dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi pihak instansi terkait dalam upaya pengolahan buangan air limbah yang dihasilkan.

eksperimen. Unit alat yang telah dirancang kemudian digunakan dengan mengujicobakan media saring pasir dengan tumbuhan air untuk meremediasi polutan organik dan dilanjutkan dengan mengujikan limbah cair yang telah diolah pada ikan uji. Paket alat yang digunakan yaitu terdiri dari 8 unit reaktor, dimana masing-masing 2 unit reaktor berisikan media saring pasir dijadikan sebagai kontrol, 2 unit media penyaring dengan genjer saja, 2 unit berisikan media penyaring

dengan melati air saja, dan 2 unit terakhir berisikan media penyaring dengan tumbuhan kombinasi (melati air dan genjer) yang ditanam secara acak.

❖ Model Unit Alat

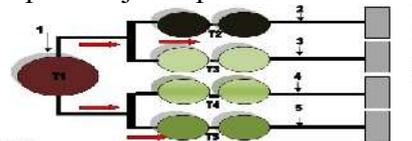
Wadah unit pengolahan limbah cair karet dengan menggunakan drum berkapasitas 200 liter yang telah dipotong menjadi dua bagian dengan ukuran tinggi 55 cm dan lebar 55 cm. Unit alat yang digunakan 2 drum, yang berisikan media penyaring pasir dan kerikil beserta tumbuhan air (Gambar 1). Kemudian dilanjutkan ke kolam indikator ikan yang telah berisi 60 ekor ikan, dimana ikan uji yang digunakan adalah pantau janggut, nila dan patin, masing-masing ikan berjumlah 20 ekor, kemudian dilakukan pengamatan terhadap jumlah ikan yang hidup dan mati selama 4 hari.



Gambar 1. Drum yang Berisikan Saring Pasir dan Kerikil serta Tumbuhan Air

Limbah cair karet yang sudah berada dalam bak penampungan awal, kemudian dipompakan menuju drum kapasitas 200 liter yang telah dibagi menjadi dua bagian (Gambar 1) dan dialirkan kedalam drum media penyaring sebagai kontrol dan yang ditumbuhi tumbuhan genjer, melati air dan kombinasi (melati air dan genjer). Alur proses pengolahan

limbah cair karet dan pengambilan sampel disajikan pada Gambar 2.



Keterangan :

- T1: Bak penampung limbah (1)
- T2: Kontrol (pasir dan kerikil) (2)
- T3: Media penyaring beserta tumbuhan genjer (3)
- T4: Media penyaring beserta tumbuhan melati air (4)
- T5: Media penyaring beserta tumbuhan kombinasi (melati air dan genjer) (5)
- 6: Akuarium uji biologi

Gambar 2: Alur Pengolahan dan Titik Pengambilan Sampel

❖ Tahapan Pelaksanaan

- a) Pengumpulan dan adaptasi tumbuhan air (Gambar 3). Hal ini dimaksudkan untuk memperbanyak jumlah individu tanaman air sebelum digunakan atau diletakkan pada unit pengolahan limbah. Dalam tahap ini juga dilakukan penyiapan pasir dan kerikil sebagai media, dengan menggunakan pasir sungai. Sebelum digunakan media dicuci hingga bersih, kemudian dijemur dibawah sinar matahari. Diameter pasir yang digunakan berukuran antara $\pm 1-1,5$ mm, dan diameter kerikil yang digunakan bisa berukuran antara 0,5-1,3 cm (Gambar 4).



Gambar 3: (a) Melati air (b) Genjer



Gambar 4: (a)Kerikil (b)Pasir

- b) Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap tumbuhan air yang digunakan dilihat secara visual, dengan cara mengamati dan melihat apakah tumbuhan air yang telah beradaptasi mampu bertahan hidup.
- c) Persiapan pembuatan paket alat terdiri unit alat media saringan pasir, serta unit alat kombinasi antara media penyaring dengan tumbuhan air serta wadah yang digunakan, bak penampung dan menara air lengkap dengan pompa air
- d) Pengisian air limbah cair karet pada bak penampungan air
- e) Pengambilan sampel limbah cair karet yang dianalisis diambil pada 5 (lima) titik dari masing-masing unit pengolahan limbah cair karet baik unit alat yang digunakan sebagai drum penampung, kontrol maupun yang berisikan tumbuhan air beserta substrat (Gambar 2). Parameter pH, suhu dan DO diukur secara insitu pada kelima titik pengambilan sampel. Pengukuran dan pengambilan sampel limbah cair ini dilakukan 4 kali dengan interval waktu 10 hari sekali selama satu bulan.

❖ Analisis Data

Data yang dianalisis meliputi parameter BOD, COD, suhu, pH dan DO. Data-data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk

menguji remediasi polutan organik limbah cair karet yang menggunakan saringan pasir dan tumbuhan air dengan menggunakan persamaan Saeni et al., (1988) dalam Yanie (2013), yaitu :

$$EP = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 \%$$

Keterangan:

EP= Nilai efektifitas penurunan peningkatan polutan organik (BOD, COD)

C_{in} = Konsentrasi polutan organik (BOD) di inlet

C_{out} = Konsentrasi polutan organik (BOD) di outlet

Selanjutnya untuk menguji hasil remediasi polutan organik limbah cair karet dapat digunakan sebagai media hidup ikan (*Esomus* sp, *Oreochromis niloticus*, dan *Pangasius pangasius*) dilihat dari tingkat kelulushidupan ikan menggunakan persamaan Effendie (1979) dalam Yanie (2013), yaitu:

$$\text{Kelulushidupan ikan} = \frac{\text{Jumlah ikan hidup}}{\text{Jumlah ikan keseluruhan}} \times 100 \%$$

Jika kelulushidupan ikan uji diatas 50 % selama 4 hari atau lebih menunjukkan efek toksik polutan organik yang terkandung dalam limbah cair karet tidak bersifat akut terhadap ikan uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

➤ BOD₅ dan COD

Dari hasil analisis selama 4 kali pengamatan dengan interval waktu 10 hari diperoleh nilai BOD₅, COD, suhu, pH dan DO. Berikut hasil analisis dan efektivitas BOD₅ dan COD selama penelitian disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Analisis Nilai BOD₅ dan Efektivitas Penurunan BOD₅ pada Unit Alat Pasir dan Fitoremediasi

Titik Sampel	Pengamatan/10 hari				Rata-Rata	
	Parameter	1	2	3		4
T1 _(inlet)	BOD ₅ (mg/l)	387	334,063	390,12	465,3	394,121
T2 _(kontrol)	BOD ₅ (mg/l)	42,62	21,161	42,62	45,32	37,9303
	EP BOD ₅ (%)	89,98	93,66	89,07	90,26	90,74
T3 _(genjer)	BOD ₅ (mg/l)	29,74	12,696	18,14	21,34	20,479
	EP BOD ₅ (%)	92,31	96,19	95,35	95,41	94,82
T4 _(melati)	BOD ₅ (mg/l)	25,16	8,464	14,51	17,31	16,361
	EP BOD ₅ (%)	93,49	97,46	96,28	96,27	95,88
T5 _(melati+genjer)	BOD ₅ (mg/l)	24,3	4,232	5,14	6,29	9,9905
	EP BOD ₅ (%)	93,7	98,73	98,68	98,64	97,44

Tabel 2. Hasil Analisis Nilai COD dan Efektivitas Penurunan COD pada Unit Alat Pasir dan Fitoremediasi

Titik Sampel	Pengamatan/10 hari				Rata-Rata	
	Paramter	1	2	3		4
T1 _(inlet)	COD (mg/l)	710	677,1	732,6	846,6	741,575
T2 _(kontrol)	COD (mg/l)	139,2	91,2	97,1	108,2	108,925
	EP COD (%)	80,39	86,53	86,74	87,21	85,22
T3 _(genjer)	COD (mg/l)	55,1	38,6	42,5	47,4	45,9
	EP COD (%)	92,23	94,29	94,19	94,40	93,78
T4 _(melati air)	COD (mg/l)	47,4	37,1	34,9	39,4	39,7
	EP COD (%)	93,32	94,50	95,23	95,34	94,60
T5 _(melati+genjer)	COD (mg/l)	44,3	26,3	25,8	45,8	35,55
	EP COD (%)	93,67	96,11	96,47	94,59	95,21

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 1 dan 2, kedua parameter tersebut mengalami penurunan setelah melewati unit alat pengolahan dan fluktuasi selama pengamatan. Hal ini disebabkan karena variasi kualitas ojol yang akan diolah menjadi *crumb rubber* dan bahan baku (ojol) yang dihasilkan setiap harinya berbeda. Dalam meremediasi polutan organik setelah melewati unit alat pengolahan terjadi secara fisika dan biologi. Secara fisika terjadi proses penyaringan oleh partikel pasir dan kerikil yang terdapat di dalam unit pengolahan. Dengan demikian, zat-zat organik yang berasal dari limbah cair karet akan melewati media pasir dan kerikil sehingga terjadi proses penyaringan, kemudian mengendap dalam bentuk partikel tersuspensi. Sedangkan cara biologi yaitu dengan

tumbuhan air dan diduga dengan bantuan mikroorganisme yang melekat pada media dan tumbuhan air.

Berdasarkan Tabel 1 dan 2, efektifitas kontribusi dari media penyaring pasir sudah mencapai 80%. Hal ini berarti dengan menggunakan pasir saja sudah cukup baik untuk meremediasi polutan organik yang terdapat pada limbah cair karet. Efektivitas penurunan BOD₅ pada T2 rata-rata 90,74%, dan untuk COD dengan rata-rata 85,22%. Menurut Astari dan Iqbal (2009), pengolahan air dengan saringan pasir memiliki kehandalan dalam mengurangi beberapa parameter yaitu zat organik sebesar 23.5%, total solid terlarut dengan efektifitas 7.7%, nitrit 80% dan nitrat 69% serta pengoperasiannya mudah dan murah.

Menurut Bowmer (1987) pada media kerikil, pertumbuhan tanaman timbul dapat menurunkan konsentrasi hara mineral.

Disamping fenomena yang terjadi pada filtrasi, adapun dukungan dari tumbuhan melati air dan genjer. Dari hasil percobaan yang dilakukan 4 kali pengamatan menunjukkan efektifitas penurunan BOD₅ paling tinggi yaitu pada T5 (kombinasi melati air dan genjer) dengan rata-rata 97,44%, sama halnya dengan COD yaitu pada T5 dengan rata-rata 95,21%. Tingginya efektifitas pada T5 ini dikarenakan, tumbuhan melati air dan genjer tumbuh secara bersamaan pada satu tempat. Dimana akar dan tumbuhan yang terdapat pada kombinasi lebih banyak dibanding dengan tumbuhan yang tunggal. Dilanjut dengan melati air saja (T4) efektifitas penurunan BOD₅ yang dihasilkan oleh T4 dengan rata-rata 95,88% dan COD 94,60%. Kemudian selanjutnya pada tumbuhan genjer saja (T3) efektifitas penurunan BOD₅ yang dihasilkan oleh T3 yaitu dengan rata-rata 94,82% dan COD 93,78%. Tingginya efektifitas melati air dibanding genjer disebabkan karena pertumbuhan melati air lebih cepat

➤ Suhu

dibanding genjer. Menurut Syafrani (2007) akar pada melati air lebih banyak dan panjang dibanding dengan genjer. Akar tumbuhan melati air mempunyai kemampuan untuk menyerap zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang terdapat pada dasar media.

Kemampuan tumbuhan air menurunkan nilai BOD dan COD, diduga adanya proses penguraian bahan-bahan organik dan anorganik oleh mikroba yang terdapat pada media dan tumbuhan. Suriawira (2003) menyatakan tumbuhan air mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan-bahan organik dan anorganik karena memiliki mikroorganisme yang terdapat pada akar tumbuhan. Adanya akar tumbuhan air yang menancap pada media akan diserap oleh tumbuhan melalui akar dengan bantuan mikroorganisme yang berada disekitar akar bahan-bahan pencemar akan mengalami proses dekomposisi, sehingga akar tumbuhan akan lebih mudah menyerap unsur-unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya (Guntenspergen *et al.*, 1989 dalam Wetzel 2001).

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu (°C) Air Limbah Cair Karet pada Unit Alat Pasir dan Fitoremediasi

Waktu Pengamatan	Nilai suhu pada titik pengambilan sampel				
	T1 _(inlet)	T2 _(kontrol)	T3 _(genjer)	T4 _(melati air)	T5 _(kombinasi)
I	28	29	30	30	30
II	28	30	31	31	31
III	29	30	30	30	30
IV	28	30	30	31	31
Rata - Rata	28,25	29,75	30,25	30,5	30,5

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 3 pengukuran suhu selama pengamatan pada limbah cair karet menunjukkan nilai yang relatif sama dan stabil berkisar 28-31⁰C. Pada tabel diatas tingginya nilai suhu pada T3-T5 yaitu pada alat fitoremediasi, disebabkan unit reaktor

yang langsung terkena sinar matahari dan dimanfaatkan oleh tumbuhan air. Menurut Reed *et al.* (1987) tumbuhan air dalam kolam selain berfungsi melindungi perairan dari cahaya matahari juga melakukan penyerapan dan pertukaran ion

➤ Derajat Keasaman (pH)

Tabel 4. Hasil Pengukuran pH Air Limbah Cair Karet pada Unit Alat Pasir dan Fitoremediasi

Waktu Pengamatan	Nilai pH pada titik pengambilan sampel				
	T1 _(inlet)	T2 _(kontrol)	T3 _(genjer)	T4 _(melati air)	T5 _(melati air+genjer)
I	5	6	6	6	6
II	5	6	6	6	6
III	5	5	6	6	6
IV	5	6	6	6	6
Rata – Rata	5	5,75	6	6	6

Sumber: Data Primer

Rendahnya pH di T1, karena proses pengolahan untuk pencucian karet ini berasal dari air Sungai Siak, dimana pH dari Sungai Siak itu sendiri bersifat asam. Dilanjut dengan pernyataan Suwardin (1989) limbah karet mempunyai pH rendah yang disebabkan penggunaan asam semut dalam proses koagulasi dan nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) yang tinggi karena kandungan bahan organik dalam limbah mudah terurai secara biologis. Pengujian kinerja unit alat pada T2 mampu meningkatkan pH hingga hampir mendekati netral yaitu bernilai 6,

dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme (bakteri) yang melekat pada media. Namun tidak halnya pada unit alat fitoremediasi, pada alat tersebut nilai pH tetap 6. Menurut Reed *et al.* (1985) pada proses pengolahan limbah cair yang menggunakan tumbuhan air, terjadi proses penyaringan dan penyerapan oleh akar dan batang tanaman air, proses pertukaran dan penyerapan ion, dan tanaman air juga berperan dalam menstabilkan pengaruh iklim, angin, cahaya matahari dan suhu.

➤ Oksigen Terlarut (DO)

Tabel 5. Hasil Pengukuran DO Air Limbah Cair Karet pada Unit Alat Pasir dan Fitoremediasi

Waktu Pengamatan	Nilai DO pada titik pengambilan sampel				
	T1 _(inlet)	T2 _(kontrol)	T3 _(genjer)	T4 _(melati air)	T5 _(kombinasi)
I	1,43	3,52	3,64	3,69	3,68
II	1,4	3,66	3,72	3,8	3,83
III	1,43	3,5	3,6	3,65	3,68
IV	1,35	3,52	3,66	3,71	3,75
Rata – Rata	1,4025	3,55	3,655	3,7125	3,735

Rendahnya nilai DO pada T1 disebabkan karena tingginya polutan organik dalam limbah cair karet, dimana T1 belum dilakukan pengolahan. Wigyanto *et al.* (2009) menyatakan semakin besar bahan organik dalam air limbah maka nilai BOD akan semakin tinggi dan DO akan semakin rendah. Rendahnya nilai DO juga disebabkan karena limbah organik yang terdapat pada T1 membutuhkan oksigen untuk melakukan dekomposisi. Namun pada unit alat T2-T5 mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena adanya proses fotosintesis yang dihasilkan oleh tumbuhan air.

Dilanjut dengan pernyataan Connel and miller (1995 dalam Suhardjo, 2008) tanaman mempunyai pengaruh yang sangat penting terhadap kandungan oksigen terlarut melalui fotosintesis dan pernapasan. Selain dari proses fotosintesis adanya peningkatan konsentrasi DO juga dikarenakan mengucurnya air hasil olahan reaktor terakhir ke dalam akuarium, sehingga menambah jumlah oksigen terlarut. Menurut Barus (2003) sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dan udara.

❖ Pengujian Limbah Cair Karet sebagai Media Hidup Ikan

Tabel 8. Persentase Kelulushidupan Ikan Uji

Perlakuan	Jenis Ikan	Hari Pengamatan (%)				Rata-Rata
		1	2	3	4	
T2(kontrol)	Pantau Janggut	100	100	100	100	100
	Patin	100	100	100	100	100
	Nila	80	95	100	100	93,75
T3(genjer)	Pantau Janggut	100	100	100	100	100
	Patin	100	100	100	100	100
	Nila	80	100	100	100	95
T4(melati air)	Pantau Janggut	100	100	100	100	100
	Patin	100	100	100	100	100
	Nila	100	100	100	100	100
T5(kombinasi)	Pantau Janggut	100	100	100	100	100
	Patin	100	100	100	100	100
	Nila	100	100	100	100	100

Sumber: Data Pribadi

Berdasarkan dari Tabel 8 diatas dapat dilihat pengamatan ke-1 dan ke-2 pada T2 dan T3 ikan nila mengalami kematian, yaitu pada T2 dengan rata-rata persentase 93,75% dan pada T3 dengan rata-rata persentase 95%. Hal ini diduga karena disebabkan masih tingginya nilai polutan organik, dan ketahanan hidup ikan berbeda-beda. Namun

tidak halnya dengan ikan uji yang lain seperti ikan pantau janggut dan patin. Dari kedua ikan tersebut mencapai persentase 100%, tidak ada kematian pada kedua ikan tersebut selama pengamatan yang dilakukan 4 hari. Secara keseluruhan kelulushidupan ikan uji diatas 50%. Hal ini juga disebabkan oleh kondisi parameter pendukung yang diapat

selama pengamatan, seperti suhu yang relatif normal berkisar 29-31⁰ C, pH 6 dan DO berkisar 3,5-3,83 mg/l, serta konsentrasi BOD₅ dan COD.

KESIMPULAN

Pengolahan limbah cair karet dengan menggunakan teknologi saring pasir dan tumbuhan air dapat meremediasi polutan organik dengan efektifitas penurunan BOD sebesar 89,07-98,73%, dan pada COD sebesar 80,39-96,47%. Dari keseluruhan parameter yang diuji sudah mencapai dibawah baku mutu dan dapat dijadikan sebagai media hidup ikan *Esomus* sp, *O.niloticus*, dan *P.pangasius* Sehingga untuk kelulushidupan ikan uji >90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S.S. Santika. 1984. Metode Penelitian Air. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Astari, S. dan Iqbal, R. Reliability of slow sand filter For water treatment. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Avlenda, E. 2008. Penggunaan Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica* forsk.) Dan Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Provinsi Riau. 2004. Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Riau. BAPEDALDA. Provinsi Riau.
- Barus, T. A. 2002. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia, Jakarta 459 Hal.
- Bowmer, K, H. 1987. Nutrient Removal From Effluents by An Artificial Wetland: Influence of Rhizosphere Aeration and Preferential Flow Studied Using Bromide and Dye Tracers. *Water Research* . 21(5) : 591-599.
- Cunningham, S. D., W. R. Berthi., and J. W. Huang. 1995. Phytoremediation of Contaminated Soils. *Trends In Biotech.* 13: 393-397.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Lelawati, S. 2008. Pengolahan Limbah Karet. Tiga serangkai: Bandung.
- Martin, C.D., G.A, Moshiri, and C.C, Miller. 1993. Mitigation of Landfill Leachate in Incorporating in-series Constructed Wetlands of a Closed-loop Design. *In* G.A. Moshiri. *Constructed Wetlands for Water Quality Improverment.* Lewis Publishers. Boca Raton, Florida. pp. 473-476.
- Monoarfa, W. 2002. Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air di Perairan Umu. Skripsi. Fakultas Perikanan dan ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru, 131 Hal.
- Panjaitan, sorba. 2008. Fitoremediasi. <http://fitoremediasi.blogspot.com/search>. 01 April 2009.
- Pennak, R. W. 1973. Fresh Water Invertebrates of United State. The Ronald Press. New York. 769 pp.

- Reed, S. C., R. Bastian. and W. Jewel 1987. Engineering Assessment of Aquaculture System for Wastewater Treatment. Environmental Protection Agency. 9:1-12.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Oseana, Volume 30 No. 3, 2005 : 21 - 26.
- Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001. Cetakan Pertama. Penerbit PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta. Hal 106, 125-134 dan 153.
- Suriawiria. 2003. Bioremediasi Limbah Cair Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air Pada Rawa Buatan. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatra Utara.