

The Decrease In Ammonia Effluent Tss And Rubber With A Combination Of Anaerobic Biofilter Media And Phytoremediation For Live Fish

By

Dewinta Nulan Putri¹⁾, Budijono²⁾, M Hasbi²⁾

Dewintanulanputri@yahoo.com

Abstract

Research was conducted on Desember 2013 until february 2014 at rubber factory (RICKY) in Meranti Pandak district Rumbai-Pekanbaru City on Riau Province. Analysis waste water parameters was done in laboratory Ekologi and Management faculty marine environment, fisheries and merine science Pekanbaru-Riau Province. Method used in research to experiment without design combined with experiment of media biofilter plant plastic bottle with water to lower value of TSS and Ammonia to be testing treated effluent to fish. One reactor to fitoremidiasi with one reactor plants and without plants as controls fitoremidiasi. TSS and decrease Effectiveness of ammonia in waste water rubber anaerobic biofilter process mediated combination with phytoremediation plastic bottles 89,90% during 92,82% study ranged from average effectiveness is 91,18%. Where, average TSS levels at outlet during observation 144.13 mg/1. While, average for ammonia effectiveness decline reached 88.23%, with average ammonia concentration in outlet of 2.06 mg/1. Thus parameters for TSS and Ammonia has been completed with environment minister's decision number Kep 51/MENLH/10/1995 effluent quality standard for rubber industry is to ammonia content and latexs is a total wasted of 15 mg/1 and for waste rubber dry form by 5 mg/1. While support for parameters such as Ph, DO, and temperature have appropriate quality standard recommended for rubber industry, and able to support fish life during test observations.

Keywords : *Total Suspended Solid, Ammonia, waste water, biofilter, plastic bottle, Water hyacinth*

1) *Student of the Fisheries and Marine Science Faculty, Riau University.*

2) *Lecturer of of the Fisheries and Marine Science Faculty, Riau University*

PENDAHULUAN

Limbah cair karet berpotensi mencemari lingkungan perairan sungai karena mengandung TSS dan amonia yang cukup tinggi. Bahan padatan tersuspensi tersebut berupa

potongan-potongan karet yang terbuang saat pengolahan karet. Menurut Mispar (2001), TSS dapat mengurangi peterasi cahaya matahari kedalam badan air, sehingga menyebabkan gangguan pertumbuhan organisme.

Konsentrasi amonia dalam limbah cair karet sebesar 2,5 mg/l (Saragih, 2013) dan telah memenuhi baku sebesar 10 mg/l. Namun amonia pada rentang 0,2-2 mg/l menyebabkan keracunan pada organisme (ikan) (Titiresmi dan Sopiah, 2006). Hal ini mengindikasikan bahwa terhadap organisme akuatik, TSS dan amonia limbah cair karet masih bermasalah sehingga perlu ditingkatkan.

Penurunan TSS dan amonia tersebut dapat dilakukan dengan pengolahan secara biologi, yaitu penggunaan biofilter dan tumbuhan air. Dalam penelitian ini digunakan unit biofilter media botol plastik dan unit tumbuhan air eceng gondok (*Eicchornia crassipes*) untuk menurunkan TSS dan amonia. Selanjutnya, limbah cair karet yang telah diolah diujikan pada ikan sebagai bioindikator untuk merespon adanya bahan pencemar.

METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian di bulan November-Desember 2013 di pabrik karet PT. RICRY Kota Pekanbaru. Analisis sampel limbah (TSS, amonia dan Total Bakteri) di Unit Pengujian Teknis Dinas PU Provinsi Riau.

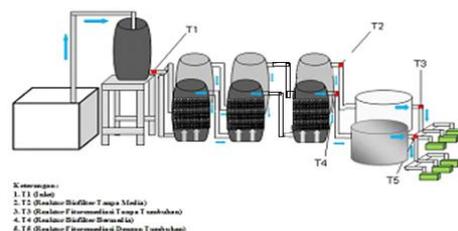
Metode eksperimen tanpa rancangan digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan 6 unit reaktor biofilter dari drum plastik, dimana 3 unit diantaranya berisikan media botol plastik dan sisanya tanpa media botol plastik (kontrol). Unit tumbuhan air (eceng gondok) dan unit tanpa tumbuhan air (kontrol) masing-masing 1 unit yang terbuat dari ½ bagian drum yang dibelah dua dengan ukuran yang sama.

Media Biofilter

Satu rangkaian media biofilter dari 50 botol plastik bekas minuman yang diisikan potongan-potongan plastik. Rangkaian media tersebut disusun ke dalam tiap unit reaktor biofilter bermedia dengan tinggi 50 cm. Tiap unit reaktor biofilter terdapat lubang *inlet* dan *outlet* terletak pada sisi reaktor. Endapan lumpur dikeluarkan melalui lubang pada bagian bawah reaktor.

Model Pengolahan Limbah Cair

Dalam penelitian skala laboratorium ini, reaktor biofilter dirancang dengan volume 190 liter. Reaktor biologis yang digunakan terbuat dari drum plastik dengan ukuran tinggi 95 cm dan diameter 85 cm dengan rancangan pengolahan limbah cair karet pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Pengolahan Limbah Cair Karet yang Digunakan

Bahan penelitian adalah sampel limbah cair berasal dari Kolam Limbah Cair I dan ikan uji. Alat yang digunakan adalah DO meter, kertas pH indikator, termometer, akuarium, drum plastik, botol sampel dan ember. Peralatan pendukungnya adalah pompa air merek Sanyo 350 watt dengan kapasitas 800 liter/jam, 2 batang paralon PVC 1", 3 unit elbow PVC 1", 6 unit elbow PVC 1", 6 socket drat dalam, 3 unit kran PVC 1", 3 gulung selotif, 1 pasta lem PVC, gergaji besi, meteran, ampelas.

Titik pengambilan sampel limbah cair pada unit pengolahan yang diujicobakan dibagi 5, yaitu :
 T1 = limbah cair sebelum diolah

- T2 = limbah cair setelah melalui unit reaktor biofilter bermedia botol plastik proses anaerob.
- T3 = limbah cair setelah melalui unit tumbuhan air
- T4 = limbah cair setelah melalui reaktor biofilter tanpa media botol plastik (kontrol)
- T5 = limbah cair setelah melalui unit tanpa tumbuhan sebagai kontrol.

Analisis Data

Evaluasi pengujian penggunaan biofilter media botol plastik dan tumbuhan air tiap 2 minggu selama satu bulan diketahui dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan :

- EP = Efektivitas penurunan TSS/amonia
- C_{in} = Konsentrasi TSS/amonia sebelum diolah
- C_{out} = Konsentrasi TSS/amonia sesudah diolah

Tingkat kelulushidupan (*Survival Rate* - SR) ikan uji (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, dan *Pangasius sutchi* F.) pada limbah cair karet yang telah diolah menggunakan rumus:

$$SR = \frac{N_o - N_a}{N_o} \times 100\%$$

SR = *Survival rate* (%)

N_o = Jumlah ikan awal (ekor)

N_a = Jumlah ikan akhir (ekor)

Data primer (TSS, amonia, suhu, pH dan DO) ditabulasikan berbentuk tabel dan dianalisa secara deskriptif dengan membandingkan baku mutu limbah cair karet dalam KepMenLH No.51/MENLH/10/1995.

HASIL DAN PEMBAHASAN

TSS (*Total Suspended Solid*)

Kadar TSS dalam limbah cair karet sebelum diolah berkisar 1000 – 2000 mg/l dan masih di atas baku mutu yang dipersyaratkan sebesar 150 mg/l. Hasil penurunan TSS dapat dilihat pada Tabel 1.

Kadar TSS di inlet (T1) memiliki nilai yang sama karena lokasi sampling limbah cair untuk keperluan analisis TSS dilakukan pada titik yang sama. Dari waktu pengamatan terdapat variasi kadar TSS di inlet (T1) berkisar 1471,5 - 1857,3 mg/l. Variasi tersebut ini disebabkan oleh perbedaan kualitas dan kuantitas bahan baku karet (ojol) yang diolah setiap hari, sehingga dapat mempengaruhi banyak sedikitnya jumlah padatan tersuspensi terkandung dalam limbah cair karet tersebut.

Tabel 1. Hasil Analisis TSS Selama Penelitian

Pengamatan	Reaktor Biofilter Media Botol Plastik Proses Anaerob + Unit Tumbuhan Air (Eceng Gondok)					
	Kadar TSS (mg/l)			EP TSS (%)		
	T1	T4	T5	T1-T4	T4-T5	T1-T5
I	1646,8	173,2	150,7	89,48	12,99	90,84
II	1857,3	162,6	133,2	91,24	18,08	92,82
III	1471,5	188,5	148,5	87,19	21,22	89,90
Pengamatan	Reaktor Biofilter Tanpa Media Botol Plastik Proses Anaerob + Unit Tanpa Tumbuhan Air					
	Kadar TSS (mg/l)			EP TSS (%)		
	T1	T2	T3	T1-T2	T2-T3	T1-T3
I	1646,8	976,5	875,6	40,70	10,33	46,83
II	1857,3	825,3	716,7	55,56	13,15	61,41
III	1471,5	844,9	676,6	42,58	19,91	54,01

Sumber : Data Primer

Dari Tabel 1 menunjukkan terjadinya penurunan TSS tertinggi di biofilter bermedia botol plastik dibandingkan tanpa media dari 1471,5 – 1857,3 mg/l menjadi 162,6-188,5 mg/l atau EP TSS berkisar 87,19-91,24%. Hal ini disebabkan tertahan atau menempelnya padatan tersuspensi tersebut di media botol plastik. Selain itu, adanya bakteri yang tersuspensi dalam limbah cair dapat merombak padatan yang bersifat kompleks menjadi bentuk yang sederhana sehingga kadar TSS mengalami penurunan. Kondisi ditandai dengan tingginya total bakteri selama pengamatan sebesar $7,9 \times 10^5 - 9,4 \times 10^5$ TPC .

Seiring bertambahnya waktu pengamatan, efektivitas penurunan TSS meningkat karena bakteri tersuspensi dapat tumbuh dan melekat pada media hingga membentuk *biofilm*. Bakteri yang melekat pada media botol plastik memberikan peluang yang lebih lama dalam perombakan TSS. Bahkan semakin lama waktu pengolahan, maka akan menyebabkan semakin tebal dan luas lapisan *biofilm* yang terbentuk. Selain itu, kemungkinan TSS juga mengalami pengendapan secara alami karena pengaruh gaya gravitasi. Sebaliknya, ketiadaan media untuk melekatnya bakteri menyebabkan proses perombakan TSS oleh bakteri berjalan singkat karena bakteri tersuspensi dapat keluar dari reaktor mengikuti aliran air. Di samping juga terjadi pengendapan TSS secara alami. Kondisi ini berimbas rendahnya penurunan TSS.

Selanjutnya limbah cair dari unit reaktor biofilter proses anaerob dilanjutkan ke unit tumbuhan air (eceng gondok), dimana TSS juga mengalami penurunan. Kontribusi

unit eceng gondok dalam penurunan TSS berkisar 12,99 – 21,22% sedikit lebih tinggi dibandingkan pada unit tanpa tumbuhan air berkisar 10,33 – 19,91%. Hal ini menunjukkan terdapat peran eceng gondok untuk menjerap atau menempelnya TSS melalui organ perakaran. Selain itu, mungkin dapat bertindak mengurangi kecepatan aliran limbah cair sehingga memberi peluang TSS untuk mengendap.

Secara keseluruhan, efektivitas kombinasi biofilter media botol plastik dengan tumbuhan air dalam penurunan TSS lebih tinggi dengan kisaran 89,90-92,80% dibandingkan tanpa media. Perbedaan ini disebabkan oleh besarnya kontribusi biofilter media botol plastik sebagai media melekatnya bakteri yang terkandung dalam limbah cair karet. Selain itu, didukung dengan semakin bertambahnya jumlah eceng gondok selama pengamatan yang ditandai semakin bertambahnya individu eceng gondok yang berarti jumlah perakarannya pun diduga bertambah. Akhirnya kadar TSS setelah diolah dengan kombinasi tersebut telah sesuai dengan baku mutu, kecuali pada kombinasi biofilter tanpa media dan tanpa tumbuhan air.

Amoniak (NH_3)

Kadar amonia dalam limbah cair karet sebelum diolah berkisar 14,25-20,81 mg/l dan masih di atas baku mutu yang dipersyaratkan sebesar 10 mg/l. Hasil penurunan TSS dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa penurunan amonia tertinggi di biofilter bermedia botol plastik dibandingkan tanpa media dari 14,24 - 20,81 mg/l menjadi 2,15 - 4,19 mg/l atau EP TSS yang tercapai berkisar 79,86 - 84,91%. Hal ini disebabkan

keberadaan bakteri baik tersuspensi maupun melekat lebih banyak ($7,9 \times 10^5 - 9,4 \times 10^5$ TPC) di biofilter bermedia botol plastik yang dapat mengubah amonia menjadi nitrat atau dimanfaatkan oleh bakteri tersebut untuk pertumbuhannya. Seperti halnya TSS, efektivitas penurunan amonia semakin meningkat seiring waktu pengamatan karena bakteri membutuhkan waktu untuk membentuk biofilm. Semakin

Tabel 2. Hasil Pengamatan Amoniak Selama Penelitian

Pengamatan (Minggu)	Reaktor Anaerob dan Fitoremediasi Bermedia					
	Konsentrasi amoniak (mg/L)			Efektifitas (%)		
	T1	T4	T5	T1-T4	T4-T5	T1-T5
1	14,25	2,15	1,88	84,91	12,65	86,80
2	16,8	2,80	1,21	83,33	5,67	92,79
3	20,81	4,19	3,10	79,86	26,01	85,10

Pengamatan (Minggu)	Reaktor Anaerob dan Fitoremediasi Tanpa Media					
	Konsentrasi amoniak (mg/L)			Efektifitas (%)		
	T1	T2	T3	T1-T2	T2-T3	T1-T3
1	14,25	11,64	8,88	18,31	23,71	37,68
2	16,8	13,45	11,2	19,94	16,73	33,33
3	20,81	17,13	15,9	17,68	7,18	23,59

Sumber: Data Primer

Kondisi amonia juga menurun sedikit lebih tinggi di unit tumbuhan air (eceng gondok) dengan kontribusinya berkisar 5,67, 26,01% dibandingkan unit tanpa eceng gondok berkisar 7,18 – 23,71%. Penurunan amonia ini karena peranan bakteri yang terdapat di bulu akar tumbuhan air dan bakteri tersuspensi yang ada di kolom air unit tumbuhan air. Semakin bertambah individu tumbuhan akan semakin besar peluang bakteri berada di zona akar.

Kombinasi biofilter media botol plastik dengan tumbuhan air dalam penurunan amonia lebih tinggi berkisar 85,10 – 92,79% dibandingkan tanpa media yang hanya berkisar 23,59 – 37,68%. Perbedaan ini disebabkan oleh banyak bakteri yang melekat pada media botol plastik dan zona perakaran tumbuhan air. Sama halnya TSS, konsentrasi amonia setelah diolah dengan kombinasi tersebut telah memenuhi baku mutu

tebal dan luas lapisan biofilm yang terbentuk maka semakin besar penurunan amonia. Keberadaan biofilm tersebut memberikan rentang waktu bagi bakteri untuk mengubah atau memanfaatkan amonia tersebut. Sebaliknya, ketiadaan media untuk melekatnya bakteri menyebabkan proses perubahan atau pemanfaatan amonia lebih sedikit karena singkatnya waktu kontak antara bakteri dengan amonia.

dibandingkan pada kombinasi biofilter tanpa media dan tanpa tumbuhan air.

❖ Suhu

Suhu limbah cair karet sebelum diolah (T1) berkisar 26 – 28°C lebih rendah dari suhu limbah cair yang telah melewati unit alat pengolahan yang diujicobakan pada T4 dan T5 dengan kisaran 26 – 31°C. Perbedaan suhu tersebut dipengaruhi air yang digunakan adalah air Sungai Siak yang diambil pada kedalaman 7 m dan selama air tersebut digunakan untuk kegiatan pencucian karet (ojol) berada di dalam ruangan pabrik yang beratap sehingga menghalangi sinar matahari yang dapat meningkat suhu tersebut. Kondisi suhu limbah cair selama penelitian disajikan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu Limbah Cair Pabrik Karet

Pengamatan	Titik Pengamatan				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	28	29	30	30	30
II	28	29	29	31	31
III	26	26	27	27	26
Rata-rata	27,33	28	28,67	29,33	29

Sumber :Data Primer

Dari Tabel 3 menunjukkan ada kecenderungan terjadi peningkatan suhu limbah cair pada T2, T3, T4 dan T5. Hal ini dipengaruhi kondisi iklim dan cuaca setempat (hujan, angin sinar matahari), karena unit alat diujikan berada di luar ruangan pabrik pengolahan karet sehingga sinar matahari dapat menerpa langsung unit biofilter (bermedia dan tanpa media botol plastik) dan unit dengan atau tanpa tumbuhan air. Menurut Syafriadiman *et al.* (2005), suhu pada air akan dipengaruhi oleh panas sinar matahari yang masuk kedalam perairan dan disebarkan dari permukaan sampai ke dasar.

Tabel 4. Hasil Pengukuran pH Limbah Cair Pabrik Karet

Pengamatan	Titik Pengamatan				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	5	6	6	6	7
II	5	6	6	6	7
III	4	5	6	6	7
Rata-rata	4,67	5,6	6	6	7

Sumber:Data Primer

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai pH pada titik inlet selama penelitian berkisar 4-5. Setelah masuk ke dalam reaktor T2 (anaerob tanpa media) sampai pada outlet T3 (fitoremediasi tanpa media) nilai pH meningkat menjadi 6 selama

Kondisi suhu limbah cair karet tersebut secara umum masih dikategori normal dan mendukung hidup dan kehidupan organisme akuatik. Menurut Salmin (2005), suhu optimum untuk perkembangan mikroorganisme adalah 32 – 36 °C (Salmin, 2005). Suhu ideal bagi tumbuhan air eceng gondok pada kisaran 28-30°C (Gerbano, 2005). Sementara suhu air yang baik dalam perairan untuk kehidupan ikan berkisar 23 – 32 °C (Barus, 2002.)

❖ Derajat Keasaman (pH)

Dari hasil pengukuran selama penelitian didapatkan nilai pH pada inlet berkisar 4-5 dengan rata-rata 4,67. Pengukuran nilai pH pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kertas pH Universal. Hasil pengukuran nilai pH disajikan pada Tabel 4

pengamatan. Selanjutnya pada outlet T5 (fitoremediasi bermedia) nilai pH kembali meningkat menjadi 7. Peningkatan nilai pH disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme (bakteri). Dimana akan terjadi proses metanogenesis CO₂ akan direaksikan

dengan H₂ oleh bakteri metan yang menghasilkan gas metan dan H₂O. kemudian senyawa NH₃ dari hasil penguraian senyawa organik proses anaerob akan bereaksi dengan H₂O membentuk NH₄OH sehingga dapat menaikkan nilai pH (Nugroho *et al.* 2008).

❖ Oksigen Terlarut (DO)

Konsentrasi DO limbah cair karet sebelum diolah (T1) berkisar 1,35 – 1,43 mg/l. Konsentrasi DO tersebut dipengaruhi oleh faktor aerasi yang diberikan pada tahap awal (*pre treatment*) oleh pihak perusahaan sebelum limbah cair tersebut masuk ke Kolam Limbah Cair I. Kondisi DO selama penelitian ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Konsentrasi Oksigen Terlarut Limbah Cair Pabrik Karet

Pengamatan (minggu)	Titik Pengamatan				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	1,40	1,33	1,35	1,65	1,54
II	1,43	1,34	1,37	1,57	1,70
III	1,35	1,29	1,32	1,55	1,68
Rata-rata	1,39	1,32	1,34	1,59	1,64

Sumber: Data Primer

Dari tabel di atas menunjukkan terdapat sedikit penurunan konsentrasi DO di unit biofilter bermedia botol plastik. Hal ini disebabkan oksigen terlarut dimanfaatkan oleh bakteri untuk mendegradasi polutan organik yang terkandung dalam limbah cair karet. Keberadaan media sebagai tempat tumbuh dan melekatnya bakteri menyebabkan bakteri lebih lama

dapat mengdegradasi polutan organik dibandingkan pada unit biofilter tanpa media botol plastik. Adanya DO pada unit biofilter tersebut dengan proses anaerob mengindikasikan bahwa bakteri yang dapat tumbuh dan berkembang adalah bakteri fakultatif. Kondisi DO yang hampir serupa ditemui pada unit tumbuhan air., dimana bakteri yang terdapat pada zona akar tumbuhan juga membutuhkan oksigen.

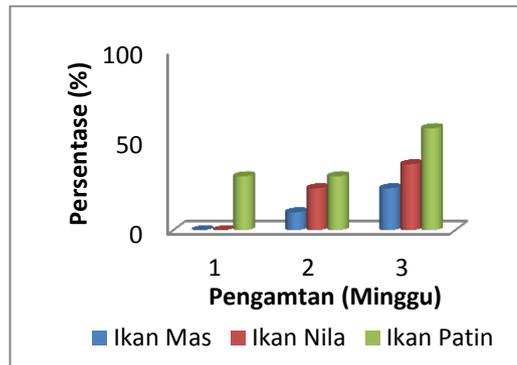
Secara umum, DO yang diperoleh lebih rendah dari yang dibutuhkan untuk kehidupan organisme tidak kurang dari 3 mg/l (Ryding dan Rast *dalam* Krismono, 2003). Menurut Salmin (2005), kandungan oksigen terlarut minimum yang dapat mendukung kehidupan ikan adalah 2 mg/l dalam keadaan normal.

Data di atas menunjukkan bahwa nilai TPC pada *inlet* berfluktuasi. Perbedaan nilai TPC tiap pengamatan terjadi karena perbedaan jumlah debit limbah cair pabrik karet sehingga kadar polutan yang masuk menjadi bahan limbah pun berbeda-beda. Jumlah TPC pada *inlet* berkisar $4,3 \times 10^5$ - $4,9 \times 10^5$ CFU.

❖ Kelulushidupan Ikan Uji

Tingkat kelulushidupan ikan (*Cyprinus carpio*, *Pangasius hypophthalmus* dan *Oreochromis niloticus*) dalam limbah cair yang telah diolah dengan kombinasi biofilter bermedia botol plastik dan tumbuhan air (*eceng gondok*) selama penelitian lebih tinggi. Hal ini ditandai dengan tingkat kelulushidupan ketiga jenis tersebut

(ikan mas 70%, nila 76,7% dan patin 80%) telah mencapai di atas 50%. Kondisi sebaliknya pada kombinasi biofilter tanpa media botol plastik dan tanpa tumbuhan air hanya ikan patin (*P. hypophthalmus*) saja di atas 50%. Tingkat kelulushidupan ikan yang tinggi mencerminkan bertambah baiknya kondisi kualitas



a) Gambar Tingkat Kelulushidupan Ikan Reaktor Tanpa Media

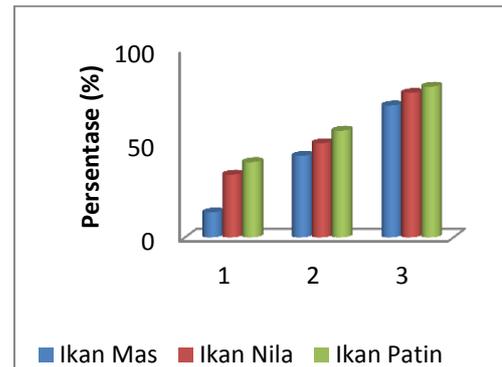
Kesimpulan

Efektivitas kinerja kombinasi biofilter bermedia botol plastik dan tumbuhan air (eceng gondok) lebih tinggi kemampuannya dalam menurunkan TSS dan amonia dalam limbah cair karet dibandingkan kombinasi biofilter tanpa media botol plastik dan tanpa tumbuhan air. Hasil olahan limbah cair karet dapat dijadikan media hidup ikan *C. carpio*, *O. Niloticus* dan *P. hypophthalmus* dengan tingkat kelulushidupan mencapai 50% dan telah memenuhi baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan.

Saran

Dari hasil penelitian dapat disarankan pada pihak perusahaan untuk menggunakan media berbahan plastik untuk melekatnya bakteri dan tumbuhan air eceng gondok di

limbah cair seiring bertambahnya waktu pengolahan. Hal ini ditunjukkan dari rendahnya TSS dan amonia serta kondisi pH, suhu dan oksigen yang dapat mendukung kehidupan ikan uji dibandingkan pada unit biofilter tanpa media dan tumbuhan air.



b) Gambar Tingkat Kelulushidupan Ikan Reaktor Media

pengolahan limbah cair karet. Di samping itu perlu dilakukan pengamatan terhadap penggunaan media dan tumbuhan tersebut dalam meningkatkan kualitas limbah cair karet. .

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1984. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya. 309 halaman.
- Djajadiningrat, S.T. dan H. H. Amir. 1989. Penilaian Secara Cepat Sumber-Sumber Pencemaran Air Tanah dan Udara. World Health Organization – UGM University Press. Yogyakarta. 150 p.
- Herlambang, A. 2002. Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur

- Sarang tawon pada Pengolah Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik (Studi Kasus Limbah Tahu dan Tempe). Disertasi Program Pasca Sarjana IPB, Bogor. 304 hal.
- Iriaryani, 2011. Jenis Plastik Dalam Kehidupan Sehari Hari.(online)<http://irniaryani.wordpress.com/2008/10/20/125/di> akses tanggal 7 April 2012.
- Kusnoputranto, 1986. Kesehatan Lingkungan. Univeersitas Indonesia, Jakarta
- Laksmi,B. S. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Jakarta: Kanisius.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah, Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III ITS (Online), <http://www.its.ac.id/sarwoko-enviro> Seminar%20sampah%20TL.pdf, diakses 8 Maret 2008.
- Misfahani, W. 2013. Penurunan Amoniak dan TSS Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Biosand Filter Dan Arang Bakau Untuk Media Hidup Ikan Budidaya. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan UNRI, Pekanbaru.
- Natasyifa, N. 2012. Klasifikasi Ikan Mujair. <http://hobiikan.blogspot.com/2012/11/klasifikasi-ikan-mujaermujair.html>. Diakses pada tanggal 31 Maret 2013.
- Nurainal, L. 2012. Taksonomi Ikan Mas.<http://leniblogs.blogspot.com/2012/12/taksonomi-ikan-mas.html>.Diakses pada tanggal 31 Maret 2013.
- Pratiwi.2010. Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan *Nutrition Value Coeficient* Bioindikator.Jurnal Teknologi, Volume 3 Nomor 2, Desember 2010.
- Prastiwi, N. 2010. Pengelolaan Limbah Industri Karet. Progam Studi S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Rittmann, B.E., and McCarty, P.L., 2001, Environmental Biotechnology : Principles and Applications, McGraw Hill International Ed., New York.
- Setiawati. 2005. Kajian Eceng Gondok Sebagai Fitoremedia ¹³⁴Cs. *Jurnal Penelitian*. Vol. 7, No. 1, Januari 2004, hal 11 - 15
- Silalahi, R. 2012. Penurunan Polutan Organik Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Proses Biofolter Bermedia Botol Plastik Bekas Untuk Media Hidup Ikan Budidaya. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan UNRI, Pekanbaru.
- Siregar, S., Putra, R.M. dan Sukendi. 1993. Fauna ikan di perairan

- sektor Bukit Tigapuluh Siberida, Sumatra. Rain Forest and Resource Management. Proceedings of the NORINDA. Jakarta, 23-25 Mei 1993.
- Sitanggang, B.P.H. 2012. Penurunan TSS dan TDS air limbah rumah potong hewan sapi kota pekanbaru dengan proses biofilter bermedia botol plastik bekas untuk media hidup ikan budidaya. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan UNRI, Pekanbaru.
- Suardana W. 2001. Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) Sebagai Salah Satu Teknik Pengolahan Alternatife Air Limbah Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Kotamadya Bogor, 77. Tesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Subarijanti, H. U. 2005. Pemupukan dan Kesuburan Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Suriawiria. 2005. Bioremediasi Limbah Cair Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air Pada Rawa Buatan. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatra Utara.
- Syawal, H. 2005. Faktor Lingkungan Perairan yang Merugikan Kesehatan Ikan. Makalah disampaikan dalam Pertemuan Teknis dalam Rangka Meningkatkan Kemampuan Teknik Sampling Kasus Pencemaran Badan Air (Sungai dan Waduk). Pada tanggal 2-4 Mei 2005. Tjiptadi, W. 1990. Pengendalian Limbah Pertanian. Makalah pada Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup Bagi Wydiaswara Sespa, Sepadya, Sepala dan Sespa Antar Departemen. Jakarta.
- Yulianingtyas, B. dan S.F.N. Qomariyah. 1994. Pemanfaatan *Azolla* sebagai biofilter limbah industri. *Agronomi UMY* 3: 21-29.
- Zaldi, 2010. Pengaruh salinitas terhadap kelangsungan hidup ikan. (on-line), <http://zaldinaziri.blogspot.com/2010/07/pengaruh-salinitas-terhadap.html>, diakses 12 Maret 2012.
- Flatman, P.E. 1994. Bioremediation: Field Experince. CRC Press, USA.
- Reynold, T.D. 1982. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. B/C Engineering, United State of America.