

**The Effectiveness of Biofilter With Used Plastic Media and Aquatic Plants
(*Echinodorus palaefolius* and *Limnnocharis flava*) to Reduce the TSS and
Ammonia in the Rubber Industry's Liquid Waste**

By

**Abdul Halim¹⁾, Budijono²⁾, M. Hasbi²⁾
Email: abdul_halim2502@yahoo.com**

ABSTRACT

Liquid waste from rubber industry is one of environmental issues that shall be handled as it is commonly discharged and potentially contaminate aquatic environment. This waste contain high organic materials and it need to be processed. To understand the effectiveness of combination of used plastic biofilter media and emergent aquatic plant for remediation of that waste, a study has been conducted from January to March 2015. The waste was processed through used plastic biofilter media and then flown to phytoremediation unit that was completed with *Limnnocharis flava* and *Echinodorus palaefolius*. There were 2 sets of processor and each set contain a biofilter and a phytoremediation unit. The processed waste was then used to rear *Cyprinus carpio*, *Pangasius pangasius* and *Oreochromis niloticus* fingerlings, 20 fishes/ aquarium. Water samplings were conducted 3 times, once/ 2 weeks. The water was sampled from the inlet and in the outlets of each biofilter and phytoremediation unit. Survival rate of the fish by the end of the research was noted. Results shown that the use of used plastic biofilter media and emergent plant phytoremediation process was effective to reduce the organic pollutant. Before being treated, the TSS and Ammonia were 538 mg/L and 28 mg/L respectively. After being treated, the TSS reduced into 32 mg/L and the Ammonia reduced into 7 mg/L. The effectiveness of the processor was 94% for the TSS and 75% for the Ammonia. By the end of the research, survival rate of the fish was ranged from 90%- 100%. Based on data obtained, it can be concluded that the use of used plastic and emergent plant processor is effective for reducing organic materials in the rubber industry liquid waste.

Keyword : Used plastic, *Limnnocharis flava*, *Echinodorus palaefolius*, rubber industry liquid waste

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

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

PENDAHULUAN

Kontribusi bahan baku karet dunia diantaranya berasal dari Indonesia, dimana Riau sebagai provinsi penghasil karet ditandai cukup banyak memiliki industri pengolahan karet. Dalam proses produksinya, dihasilkan limbah cair yang cukup besar dan sebagian besar dibuang ke perairan sungai baik

sudah atau belum diolah sebagai konsekuensi besarnya penggunaan air. Di dalam limbah tersebut terkandung amonia dan TSS yang cukup tinggi dengan masing-masing berkisar 14,25 – 20,81 mg/L NH₃ dan 1471,5 – 1857,3 mg/L TSS (Putri, 2014): 15.36 – 25.9 mg/L NH₃ dan 340 – 480 mg/L TSS

(Lenggo, 2014) sehingga berpotensi mencemari perairan dan mengganggu kehidupan biota akuatik.

Penggunaan media biofilter botol plastik dan tumbuhan air eceng gondok telah diteliti sebelumnya oleh Putri (2014), namun kelemahannya tingkat kelulushidupan ikan uji (*Cyprinus carpio*) yang dicapai < 50%. Sementara penelitian Lenggo (2014) dengan sistem fitoremediasi menghasilkan tingkat kelulushidupan ikan uji mencapai 100% dengan menggunakan genjer dan melati air. Dari kedua hasil penelitian ini, maka diduga bahwa kombinasi media biofilter botol plastik dan botol plastik + plastik sedotan (*straw*) dengan fitoremediasi tumbuhan air (genjer dan melati air) dapat meningkatkan kualitas limbah cair karet dan dijadikan media hidup ikan. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penurunan TSS dan NH_3 dalam limbah cair pabrik karet dengan proses biofilter media plastik dan tumbuhan air untuk dijadikan media hidup ikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2015 di PT. Ricry Kota Pekanbaru. Analisis sampel limbah cair dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Dinas Bina Marga Provinsi Riau. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan 12 unit drum plastik, dimana 2 unit sebagai tempat penampungan limbah, 3 unit sebagai reaktor biofilter berisi media botol plastik yang disikan di dalamnya potongan plastik, 3 unit reaktor biofilter yang diisi dengan media botol plastik yang ditusuk

saling menyilang dengan pipa sedotan (*straw*), 4 unit wadah fitoremediasi dengan tumbuhan air (genjer dan melati air).

Limbah cair karet dari kolam tampung awal dipompakan ke dalam 2 unit drum dan dialirkan dengan kecepatan 0,5 L/menit (720 L/hari) ke masing-masing unit biofilter dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*) pada proses anaerob. Selanjutnya dialirkan ke unit reaktor biofilter proses aerob dengan arah aliran dari bawah ke atas (*up flow*), kemudian mengalir ke masing-masing unit fitoremediasi tumbuhan air yang berisikan media pasir secara kontinyu selama 30 hari.

Setelah 30 hari proses berjalan, dilakukan pengamatan dan pengambilan sampel air dengan parameter TSS, NH_3 , suhu, pH dan DO dengan interval setiap 14 hari sekali dalam 1 bulan pada titik pengambilan yang telah ditentukan seperti ditampilkan Gambar 1. Bersamaan dengan pengambilan sampel, juga dimasukkan ikan uji (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, dan *Pangasius hypophthalmus*) dengan jumlah masing-masing jenis sebanyak 20 ekor berukuran 3 – 5 cm dalam wadah terpal plastik berukuran 50 cm (L) x 100 cm (P) x 40 cm (T) yang diamati selama 30 hari dan tidak dilakukan penggantian pada ikan yang mati.

Sementara untuk biomassa tumbuhan air diamati pada 0, 14 dan 28 hari dengan cara memotong dan menimbang basah tumbuhan air yang berkembang serta menyisakan 4 rumpun tiap jenis tumbuhan air.

Analisis Data

Penilaian efektivitas penggunaan biofilter media botol plastik dan

tumbuhan air dalam penurunan TSS dan NH₃ menggunakan persamaan Nurimaniwathy *et al.*, (2006 dalam Misfahani, 2013) dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan :

EP = Nilai efektifitas penurunan konsentrasi bahan pencemar (TSS/NH₃)

C_{in} = Konsentrasi pencemar (TSS/NH₃) sebelum diolah

C_{out} = Konsentrasi pencemar (TSS/NH₃) sesudah diolah

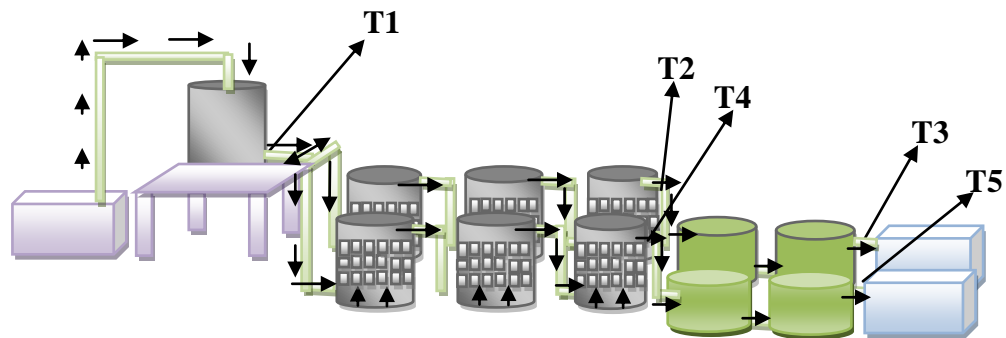
Tingkat kelulushidupan (*survival rate*) ikan uji menggunakan

persamaan Effendie (1979) dalam Yanie (2013), yaitu:

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

Keterangan: SR =survival rate(%), N_t = jumlah ikan pada waktu 0 atau awal penebaran; N_t = jumlah ikan pada waktu t

Pertumbuhan mutlak tumbuhan air (genjer dan melati air) dihitung dari bobot akhir (gram) dikurangi bobot awal (gram). Keseluruhan data primer (TSS, NH₃, suhu, pH, dan DO), tingkat kelulushidupan ikan dan bobot tumbuhan air ditabulasikan berbentuk tabel dan dianalisa secara deskriptif dengan membandingkan baku mutu limbah cair karet dalam KepMenLH No.51/MENLH/10/1995.



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel Limbah Cair Karet dengan Proses Biofilter dan Fitoremediasi Tampak Samping

HASIL DAN PEMBAHASAN

TSS (*Total Suspended Solid*)

Nilai TSS limbah cair karet sebelum diolah berkisar 168 – 543 mg/L. Setelah diolah pada unit biofilter media botol plastik dan botol plastik yang ditusuk pipa sedotan (*straw*) terjadi penurunan TSS masing-masing berkisar 22–32 mg/L dan 28–34 mg/L dengan kisaran efektivitas kedua media tersebut adalah 84,52 – 93,51%, dimana nilai efektivitas sedikit lebih

tinggi pada biofilter media botol plastik berisikan potongan plastik (Tabel 1), bahkan sedikit lebih tinggi dari hasil penelitian Putri (2014) pada media dan jenis limbah cair yang sama, tetapi prosesnya anaerob saja. Peningkatan efektivitas TSS yang kecil ini disebabkan adanya tambahan proses aerob sehingga nilai TSS dari kedua media plastik sudah memenuhi sebesar 150 mg/L.

Tabel 1. Hasil Analisis dan Efektivitas Penurunan TSS Limbah Cair Karet

Pengamatan	Reaktor Bermedia Botol Plastik Berisi Potongan Plastik					
	Kadar TSS (mg/l)			Efektivitas (%)		
	T1	T4	T5	T1-T4	T4-T5	T1-T5
I	168	26	22	84,52	15,38	86,91
II	543	34	28	93,74	17,65	94,84
III	538	36	32	93,31	11,11	94,05
Pengamatan	Reaktor Bermedia Botol Plastik yang Ditusuk Pipa Sedotan (<i>straw</i>)					
	Kadar TSS (mg/l)			Efektivitas (%)		
	T1	T2	T3	T1-T2	T2-T3	T1-T3
I	168	36	34	78,57	5,56	79,76
II	543	42	30	92,26	28,57	94,48
III	538	56	28	89,59	50,00	94,79

Sumber : Data Primer

Penurunan TSS limbah cair di media biofilter botol plastik disebabkan oleh tertahan atau menempelnya padatan tersuspensi pada masing-masing media dan akhirnya mengendap di dasar wadah unit biofilter. Di samping itu, terdapat sebagian besar padatan tersuspensi organik yang mengalami degradasi oleh mikroba (bakteri) yang menempel pada media plastik. Selain itu, padatan tersuspensi juga tertahan pada pori-pori pasir dan akar tumbuhan air.

Limbah cair karet mengandung TSS yang bersifat organik akan menurun melalui proses filtrasi dan sedimentasi (Zurita, 2008). TSS tersebut tertahan oleh media pori pasir sehingga terjadi

pemisahan air dengan kontaminan (Longsdon *et al.*, 2002); TSS yang masih lolos akan tertahan dan terperap oleh jaringan akar tumbuhan (Stowel *et al. dalam* Khiatuddin, 2003).

Amonia (NH₃)

Hasil analisis NH₃ sebelum diolah 18,2 – 70 mg/L dan setelah diolah terjadi penurunan NH₃ masing-masing berkisar 5,6 – 9,8 mg/L dan 6,8 – 11,2 mg/L (Tabel 2), walaupun sedikit lebih tinggi dari baku mutu sebesar 10 mg/L dan dapat bersifat racun bagi ikan karena di atas 1 mg/L. Kondisi NH₃ ini lebih tinggi dari hasil penelitian Putri (2014) dengan kisaran 1,21 – 3,10 mg/L.

Tabel 2. Hasil Analisis dan Efektivitas Penurunan NH₃ Limbah Cair Karet

Pengamatan	Reaktor Bermedia Botol Plastik Berisi Potongan Plastik					
	Kadar Amonia (mg/l)			Efektivitas (%)		
	T1	T4	T5	T1-T4	T4-T5	T1-T5
I	28,9	16,8	9,8	41,87	41,67	66,09
II	70	17,5	7,7	75,00	56,00	89,00
III	18,2	6,3	5,6	65,38	11,11	69,23
Pengamatan	Reaktor Bermedia Botol Plastik yang Ditusuk Pipa Sedotan (<i>Straw</i>)					
	Kadar Amonia (mg/l)			Efektivitas (%)		
	T1	T2	T3	T1-T2	T2-T3	T1-T3
I	28,9	11,9	7	58,82	41,18	75,78
II	70	16,8	11,2	76,00	33,33	84,00
III	18,2	8,4	6,8	53,85	19,05	62,64

Sumber : Data Primer

Penurunan konsentrasi NH_3 pada proses biofilter kedua media botol plastik lebih tinggi dan mengurangi beban konsentrasi NH_3 yang akan diturunkan pada pada sistem fitoremediasi. Penurunan NH_3 disebabkan aktivitas bakteri anaerob dan fakultatif aerob dalam bentuk tersuspensi dan melekat di permukaan media botol plastik serta di zona sekitar akar. Dengan bertambahnya waktu terjadi peningkatan jumlah bakteri pada media botol plastik sehingga penurunan polutan semakin besar. Pada kondisi ini, sejumlah bakteri anaerob dan fakultatif secara sinergis terlibat dalam proses hidrolisis dan fermentasi senyawa organik menjadi gas CH_4 , CO_2 , H_2 , NH_3 dan H_2S . Kelompok bakteri ini bekerja secara sinergis (Archer dan Kirsop, 1991)

Kondisi oksigen yang cukup tinggi berkisar 4 – 6 mg/L, senyawa NH_3 akan dioksidasi dan diubah menjadi bentuk nitrit dan sebagian nitrit tersebut akan diubah menjadi NO_3 dan sisanya menjadi gas N_2O oleh bakteri yang melekat pada media plastik dan bulu akar tumbuhan air. Menurut Suriawira (2003), mikroorganisme pada akar tumbuhan mampu menguraikan bahan-bahan organik maupun anorganik menjadi bentuk senyawa-senyawa yang lebih sederhana, sehingga akar lebih mudah menyerap bahan-bahan tersebut. Penurunan NH_3 diduga sebagai akibat terjadinya

nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrat, sehingga kadar amonia terlarut berkurang. Effendi (2003) menambahkan NH_3 juga dapat terserap kedalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid. Tumbuhan air memiliki peranan dalam meremediasi NH_3 . Penurunan NH_3 oleh tumbuhan air dikarenakan oleh akar tumbuhan air akan menjadi media melekatnya bakteri yang dapat menguraikan NH_3 menjadi nitrat ataupun nitrit. Di samping media saringan bermedia pasir dapat menghilangkan polutan organik seperti besi, mangan, amonia, warna, dan kekeruhan akibat padatan tersuspensi akibat peroses penyaringan secara fisika dan biokimia (Said dan Wahjono, 1999). Hasil oksidasi NH_3 pada kondisi aerob akan menghasilkan nitrat sebagai nutrien untuk pertumbuhan tumbuhan air (genjer dan melati air) sehingga tumbuhan air mengalami peningkatan bobot.

Suhu

Suhu limbah cair karet sebelum diolah berkisar 28-29°C dan setelah diolah meningkat berkisar 29-31°C (Tabel 3). Kenaikan suhu 1-2°C karena dipengaruhi unit biofilter dan fitoremdiasi diletakan di ruang terbuka sehingga mendapat pengaruh cuaca setempat. Rentang suhu tersebut hamper sama yang diperoleh Putri (2014) berkisar 26 – 30°C.

Tabel.3. Hasil Pengukuran Suhu Limbah Cair Karet selama Penelitian

Pengamatan	Nilai Suhu Pada Titik Pengambilan Sampel (°C)				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	29	29	30	31	31
II	29	30	30	31	31
III	28	30	30	31	31

Sumber: Data Primer

Kenaikan suhu air akan meningkatkan laju reaksi oleh mikroba dan membantu menghasilkan stabilisasi bahan organik cepat dan destruksi patogen serta akan mengakibatkan berkurangnya kekentalan dari padatan total yang tinggi (Rahayu, 2009). Kondisi suhu 28 – 31°C yang terukur masih mendukung kehidupan biota akuatik, seperti mikroba (bakteri), baik di media botol plastik dan akar tumbuhan maupun ikan.

Kecepatan pertumbuhan mikroba (bakteri) antara 8–30°C dan suhu optimum sekitar 30°C (Hitdlebaugh and Miler, 1981). Melati air tumbuh ideal pada suhu

berkisar 26-30°C dan genjer 28-31°C (Priyanti dan Yunita *dalam* Lestari, 2014).

pH

Nilai pH sebelum diolah berkisar 6-6,3 dan setelah diolah sedikit lebih tinggi menjadi 6-6,5 (Tabel 4). Kondisi ini menunjukkan bahwa pH limbah cair karet bersifat asam.

Tabel.4. Hasil Pengukuran pH Limbah Cair Karet selama Penelitian

Pengamatan	Nilai pH Pada Titik Pengambilan Sampel				
	T1 _(inlet)	T2 _(pipet)	T3 _(BFP+FITO)	T4 _(botol plastik)	T5 _(BFB+FITO)
I	6	6	6	6	6
II	6	6,3	6,4	6,2	6,5
III	6,3	6,4	6,2	6,4	6,5

Sumber: Data Primer

Kondisi pH 6 – 6,5 yang terukur masih juga masih mendukung kehidupan mikroba (bakteri) , akar tumbuhan dan ikan. Proses biologi oleh bakteri akan terhenti pada pH dibawah 6,0 (Painter, 1970; Painter and Loveless, 1983) dan pH 6 – 9 sesuai untuk kegiatan perikanan.

Hasil analisis DO yang dilakukan selama penelitian mengalami peningkatan dari 2 menjadi 4-6 mg/L (Tabel 1). Nilai ini telah melebihi batas normal kehidupan ikan dengan DO minimum 2 mg/l (Salmin, 2005).

Oksigen Terlarut (DO)

Tabel 5. Hasil Pengukuran DO Limbah Cair Karet selama Penelitian

Pengamatan	Nilai DO Pada Titik Pengambilan Sampel (mg/L)				
	T1 _(inlet)	T2 _(pipet)	T3 _(BFP+FITO)	T4 _(botol plastik)	T5 _(BFB+FITO)
I	2	3,6	4	3,6	4
II	2	4	6	3,6	6
III	2	4	6	3,6	6

Sumber: Data Primer

Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa nilai DO tinggi baik pada

proses biofilter maupun fitoremediasi yang disebabkan oleh adanya suplai udara pada proses aerob dan hasil

fotosintesis tumbuhan air (genjer dan melati air). Nilai DO yang diperoleh ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Putri (2014) yang menggunakan media botol plastik dengan proses anaerobik dan tumbuhan eceng gondok berkisar 1,32 – 1,70 mg/L.

Pengujian Kelulushidupan Ikan

Hasil pengujian olahan limbah cair karet terhadap ikan budidaya (mas, patin, nila) selama 30 hari menunjukkan kelulushidupan ikan tersebut tergolong tinggi, yaitu 85 – 90% ikan mas, 100% ikan patin dan 90 – 100% ikan nila. Sementara pada penelitian Putri (2014) diperoleh tingkat kelulushidupan mencapai rentang 70 – 80% yang hanya diujikan selama 4 hari dan dilakukan penggantian ikan uji selama pengamatan. Perbedaan kelulus-hidupan ikan budidaya ini disebabkan kualitas limbah cair karet yang telah diolah pada penelitian lebih baik yang ditunjukkan dari penurunan TSS dan amonia yang tinggi serta kenaikan konsentrasi DO yang memenuhi batas normal untuk kehidupan dibandingkan penelitian sebelumnya.

Respon Olahan Limbah Cair Karet Terhadap Tumbuhan Air

Respon limbah cair karet yang telah diolah terhadap tumbuhan air menunjukkan peningkatan pertumbuhan bobot basah (Tabel 6). Kondisi ini ditunjukkan pada pengamatan I setelah diolah secara kontinyu selama 30 hari atau dikenal kondisi *seeding* dari kisaran bobot 290 - 310 gram menjadi 820 – 930 gram pada kedua jenis tumbuhan air. Selanjutnya pada pengamatan II dan III dengan rentang 14 hari terjadi peningkatan bobot basah kedua tumbuhan air tersebut mencapai 2 (dua) kali lipat dari bobot basah pada pengamatan I. Kondisi ini menggambarkan tumbuhan air mampu beradaptasi, tumbuh dan berkembang biak dengan memanfaatkan nutrisi yang terkandung dalam limbah cair karet yang telah mengalami perombakan.

Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrisi bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikroba (Handayanto dan Hairiah 2007).

Tabel 6. Hasil Pengukuran Bobot Basah Tumbuhan Air Selama penelitian

Jenis Perlakuan	Tumbuhan Air (gram)							
	Bobot Awal	Genjer			Melati Air			
		I	II	III	Bobot Awal	I	II	III
Rangkaian Biofilter Botol dan Pipet	310	930	840	970	280	710	780	750
Rangkaian Biofilter Botol <i>pulpy orange</i>	290	820	890	850	290	1170	1050	1210

Sumber: Data Primer

Salah satunya adalah adanya proses oksidasi ammonia menjadi nitrit yang dilakukan oleh

bakteri *nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *nitrobacter*

karena tersedianya DO yang cukup tinggi sehingga proses perombakan berjalan secara aerobik. Kedua bakteri tersebut adalah bakteri kemotrofik yaitu bakteri yang mendapatkan proses kimiawi (Effendi, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penggunaan biofilter media plastik (botol plastik dan botol plastic + sedotan) dan tumbuhan air (*E. palaeifolium*, *L. flava*) mampu menurunkan TSS dan amonia hingga memenuhi baku mutu dan aman dibuang ke perairan serta dapat media hidup ikan budidaya (*C. carpio*, *O. niloticus*, *Pangasius hypophthalmus*) dengan tingkat kelulushidupan ikan mencapai 85 – 100%.

Saran

Disarankan untuk penanganan limbah cair pabrik karet dapat menggunakan proses biofilter media plastik dan fitoremediasi tumbuhan air.

DAFTAR PUSTAKA

Archer, D.B., and B.H. Kirsop, 1991. The microbiology and control of anaerobic digestion, pp. 43-91, in : Anaerobic Digestion : A Waste Treatment Technology, A. Wheatly, Ed. Elsevier Applied Science, London, U.K.

Effendie, M.I. 1979. Metode Biologi Perikanan, Dewi Sri. Bogor.

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

Hittlebaugh, J.A., and R.D. Miller. 1981. Operational Problems With Rotating Biological Contactor. *Journal Water Pollution Control Fed.* 53:1283-1293.

Khiatuddin, M. 2003. Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Lenggo, F. 2014. Remediasi TSS dan Amoniak Limbah Cair Karet oleh Media Saring Dan Tumbuhan Air (*Limnocharis Flava*, *Echinodorus Palaefolius*) untuk Media Hidup Ikan. Universitas Riau.

Longsdon, G.S., Kohne, R., Abel, S., LaBonde, S., 2002, Slow Sand Filter for Small Water Treatment Systems, *J. Environ. Eng. Sci.* 1: 339 – 348.

MENLH. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor:122/MENLH/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.

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. Faperika UNRI, Pekanbaru.
- Said, N.I., dan Wahjono. H.D. 1999. Teknologi Pengolahan Air Bersih dengan Proses Saringan Pasir Lambat "Up Flow". Direktorat Teknologi Lingkungan. Jakarta.
- 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.
- Suriawiria. 2005. Bioremediasi Limbah Cair dengan Sistem Simulasi Tanaman Air Pada Rawa Buatan. Sekolah Pascasarjana USU, Sumatra Utara.
- Putri, D. N. 2014. Penurunan TSS dan Amonia Limbah Cair Karet Dengan Kombinasi Biofilter Media Botol Plastik Proses Anaerob Dan Tanaman Air Untuk Media Hidup Ikan. Skripsi Faperika Universitas Riau.
- Painter, H.A. 1970. A Review of Literature On Inorganic Nitrogen Metabolism In Micoorganism. Water Research. 4: 393-450.
- Painter, H.A., and J.E. Loveless. 1983. *Effect of Temperature and pH Value On The Growth Rate Contants Of Nitrifying Bacteria in the Activated Sludge Process*. Water Research. 17: 237-248.
- Zurita. 2008. Treatment of Domestic and Production of Commercial Flowers in Vertical and Horizontal Subsurface-Flow System Constructed Wetland. Centro Auniversity de la Cienaga, Mexico.