

The effectiveness of combination of plastic bottle biofilter media and emergent aquatic plant for remediation of rubber industry liquid waste water

By

Rifka Hendarini Putri¹⁾, Ir. Eko Purwanto, M.Si dan Budijono, S.Pi, M.Sc²⁾

puputrifka@gmail.com

ABSTRACT

Industrial rubber waste liquid is one of environmental issues that shall be handled as it is commonly discharged and potentially contaminate aquatic environment. This waste contain high organic material and it need to be processed. To understand the effectiveness of combination of plastic bottle biofilter media and emergent aquatic plant for remediation of that waste, a study has been conducted from December 2014 to March 2015. The waste was processed through plastic bottle biofilter media and then flown to phytoremediation unit that was completed with *Limnnocharis flava* and *Echinodorus palaefolium*. The processed waste was then used to rear *Cyprinus carpio*, *Pangasius pangasius* and *Oreochromis niloticus* seeds, 20 fishes/ aquarium (15 L). Water samplings were conducted 3 times, once/ 2 weeks. The water was taken from 5 sampling points, they were in the inlet and in the outlets of the 1st biofilter, 1st phytoremediation, 2nd biofilter and 2nd phytoremediation units. Survival rate of the fish by the end of the research was noted. Results shown that the use of plastic bottle biofilter media and emergent plant phytoremediation process was effective to reduce the organic pollutant. Before being treated, the BOD and COD were 260 mg/L and 400 mg/L respectively. After being treated, the BOD reduced into 28 mg/L and the COD reduced into 60 mg/L. The effectiveness of the processor was 85% for the BOD and 80% for the COD. 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 plastic bottle and emergent plant is effective for reducing organic materials in rubber industry waste water.

Keywords : Plastic bottle, *Limnnocharis flava*, *Echinodorus palaefolium*, Industrial rubber waste liquid

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

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

PENDAHULUAN

Industri karet alam (*Havea brasiliensis*) merupakan salah satu industri yang banyak ditemukan di wilayah Indonesia. Industri pengolahan karet alam merupakan industri mengolah getah karet (lateks) menjadi karet setengah jadi, bentuk karet tersebut dapat berupa sit, krep, dan karet remah. Dalam pengolahan karet, menggunakan bahan kimia seperti bahan koagulan lateks dan air dalam jumlah yang cukup banyak untuk pencucian tangki – tangki tempat lateks dan untuk proses penggilingan. Dalam setiap produksi, maka kegiatan ini menghasilkan limbah dalam bentuk cairan.

Limbah cair yang dikeluarkan ditampung dalam kolam penampungan yang setelah itu akan dialirkan ke sungai. Limbah cair karet mengandung komponen karet yaitu protein, lipid, karotenoid, dan garam anorganik, lateks yang tidak terkoagulasi dan bahan kimia yang ditambahkan selama pengolahan (Suwardin, 1989). Pengolahan limbah cair karet dengan menggunakan kombinasi biofilter bermedia plastik dan tumbuhan air eceng gondok telah dilakukan oleh Saragih (2014) yang diperoleh efektivitas penurunan BOD 82,6-87,8% dan COD 80,8-84,4%. Hasil olahan limbah cairnya masih belum mendukung kelulus hidupan ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang masih < 50%. Hal ini disebabkan peranan eceng gondok dalam mendegradasi bahan organik yang rendah bila dibandingkan dengan unit biofilter bermedia botol plastik. Untuk itu, perlu dilakukan substitusi eceng gondok terapung dengan metode fitoremediasi lain seperti penggunaan

tumbuhan *emergent*. Gagasan ini diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya oleh Lestari (2014) yang memperoleh penurunan BOD 89,07-98,73% dan COD 80,8-84,4% dengan hasil olahan limbah cairnya dapat mendukung kehidupan ikan mencapai 100% dengan menggunakan kombinasi tumbuhan melati air dan jenjer.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kemampuan kombinasi biofilter media botol plastik dan tumbuhan air *emergent* dalam meremediasi polutan organik (BOD, COD) dalam limbah cair karet.
2. Mengetahui hasil remediasi polutan organik limbah cair karet dengan kombinasi biofilter dan fitoremediasi tumbuhan air *emergent* dapat digunakan media hidup ikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2014 hingga Maret 2015 bertempat di Kelurahan Meranti Pandak Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Analisis sampel limbah cair akan dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Dinas Bina Marga Pemerintah Provinsi Riau. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen tanpa rancangan dengan menggunakan 9 (sembilan) unit reaktor, dimana 1 (satu) unit drum sebagai tempat penampungan limbah, 3 (tiga) unit reaktor biofilter yang diisi dengan media botol plastik yang disikan di dalamnya potongan plastik, 3 (tiga)

unit reaktor biofilter yang diisi dengan media rangkaian pipet, 1 (satu) unit reaktor fitoremediasi dengan tumbuhan, dan 1 (satu) reaktor fitoremediasi dengan tumbuhan.

Awalnya limbah cair ditampung dalam bak penampungan limbah cair. Selanjutnya limbah cair dipompakan menuju drum plastik berkapasitas 190 liter dan dialirkan ke dalam unit biofilter (reaktor bermedia dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*)). Dalam reaktor anaerob bermedia limbah cair akan mengalir dengan arah aliran dari bawah ke atas (*up flow*).

Limbah cair yang keluar dari kedua reaktor anaerob (4 dan 3) dialirkan menuju reaktor aerob. Sebelum limbah cair masuk kedalam reaktor aerob bermedia terlebih dahulu dilakukan aerasi. Hal ini bertujuan agar limbah cair yang masuk kedalam unit reaktor aerob kaya akan oksigen, sehingga bakteri dapat berkembang dengan baik. Pada reaktor aerob, limbah cair akan mengalir dengan arah aliran dari bawah ke atas (*up flow*). Limbah cair yang keluar dari kedua reaktor aerob dialirkan menuju unit fitoremediasi (reaktor dengan tumbuhan dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*)) selama 15 hari.

Setelah limbah cair karet keluar dari reaktor fitoremediasi pada hari ke-15, kemudian dialirkan ke dalam 2 unit akuarium yang kemudian dimasukan ikan uji. Pengaliran limbah cair yang telah diolah ke dalam akuarium dilakukan secara kontinyu selama 30 hari. Masing-masing akuarium diisi dengan 20 ekor ikan *Oreochromis niloticus*, 20 ekor *Cyprinus carpio*, dan 20 ekor ikan *Pangasius pangasius*. Aspek yang diamati pada

ikan uji dalam akuarium tersebut adalah jumlah ikan yang hidup dan mati selama 4 hari untuk mengetahui efek toksik akut dari limbah cair karet yang telah diolah. Pengaliran limbah cair kedalam unit biofilter dan fitoremediasi dilakukan secara kontinu dengan laju alir limbah cair yang digunakan adalah 0,5 liter/menit atau 720 liter/hari.

Analisis Data

Evaluasi pengujian penggunaan biofilter media botol plastik dan tumbuhan air *emergent* tiap 2 minggu selama satu bulan mengacu pada persamaan Saeniet *al.*, (1988 dalam Yanie, 2013), diketahui dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan :

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

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

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

Tingkat kelulushidupan (*Survival Rate - SR*) ikan uji (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, dan *Pangasius pangasius*) pada limbah cair karet yang telah diolah menggunakan persamaan Effendie (1979) dengan rumus:

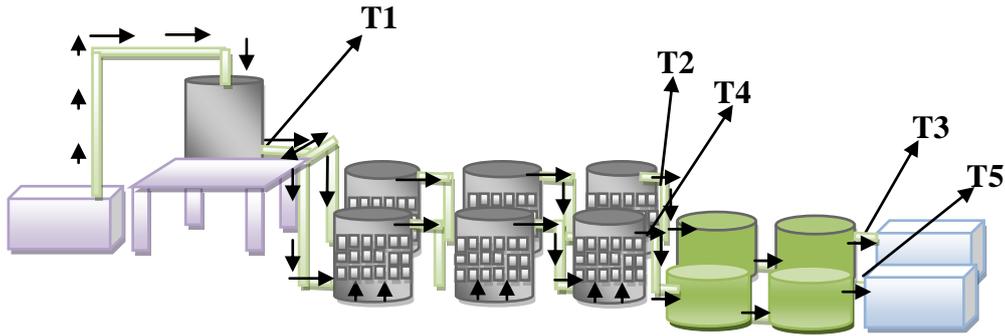
$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

SR = *Survival rate* (%)

N_t = Jumlah ikan hidup (ekor)

N_o = Jumlah ikan keseluruhan (ekor)

Data primer (BOD₅, COD, suhu, Ph, DO dan CO₂) ditabulasikan berbentuk tabel dan dianalisa secara deskriptif dengan membandingkan baku mutu limbah cair karet dalam KepMenLH No.51/MENLH/10/1995.



Gambar 8. Titik Pengambilan Sampel Limbah Cair Karet dengan Proses Biofilter dan Fitoremediasi Tampak Samping.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) dan Chemical Oxygen Demand (COD)

Untuk mengetahui kandungan dan penurunan polutan organik dalam limbah cair karet dilakukan pengujian sampel air limbah. Indikator air limbah karet dilakukan dengan pengujian parameter BOD

dan COD. Berikut efektivitas penurunan polutan organik BOD₅ dan COD selama penelitian disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel.1. Hasil Analisis dan Efektivitas Penurunan BOD₅

Pengamatan (Minggu)	Kadar BOD ₅ (Mg/l)			Efektivitas (%)		
Rangkain Biofilter Pipet dan Fitoremediasi Tumbuhan air						
	T1	T2	T3	T1-T2 (biofilter)	T2-T3 (fitoremediasi)	T1-T3
2	287,5	43	28,67	85	33,32	80
4	264,2	40,26	52,85	85	32	90
6	275,85	20,14	5,033	93	75	98
Pengamatan (Minggu)	Kadar BOD ₅ (Mg/l)			Efektivitas(%)		
Rangkain Biofilter Botol Plastik dan FitoremediasiTumbuhan air						
	T1	T4	T5	T1-T4 (biofilter)	T4-T5 (fitoremediasi)	T1-T5
2	287,5	39,38	8,31	86	80	97,11
4	264,2	20,13	17,62	92	12	93,33
6	275,85	5,033	4,03	98	20	94

Tabel.2. Hasil Analisis dan Efektivitas Penurunan COD

Pengamatan (Minggu)	Kadar COD (Mg/l)			Efektivitas(%)		
	Rangkain Biofilter Pipet dan Fitoremediasi Tumbuhan air					
	T1	T2	T3	T1-T2	T2-T3	T1-T3
2	397,7	72	60,8	82	15	85
4	421,7	130,6	115,6	69	11,48	73
6	550,6	58,1	39,8	89	31,49	98

Pengamatan (Minggu)	Kadar COD (Mg/l)			Efektivitas(%)		
	Rangkain Biofilter Botol Plastik dan Fitoremediasi Tumbuhan air					
	T1	T4	T5	T1-T4	T4-T5	T1-T5
2	397,7	63	10,5	85	83	97,36
4	421,7	114,1	64,5	73	44	85
6	550,6	85,6	35,2	85	60	94

Sumber : Data Primer

Pada tabel 3 dan 4 menunjukkan nilai BOD₅ dan COD mengalami penurunan yaitu 280 mg/l menjadi 20 mg/l untuk BOD dan 450 mg/l menjadi 50 mg/l untuk COD. Penurunan ini disebabkan pertama kali adanya proses fisika, yaitu tertahannya padatan tersuspensi oleh unit pengolahan biofilter yang terjadi di rangkaian pipet dan botol plastik. Sedangkan secara biologis, yang terjadi unit pengolahan, diduga dipengaruhi kinerja mikroorganisme yaitu bakteri. Pertumbuhan bakteri yang terjadi pada reaktor karena proses *seeding* dengan cara mengalirkan air limbah karet pada reaktor tersebut dengan proses aerob dan anaerob selama satu bulan. Menurut Yahya (2010), tujuan dilakukan *Seeding* selain untuk membenihkan mikroorganisme supaya media mampu melakukan oksidasi pada zat pencemar organik pada air limbah tersebut agar dikondisikan beradaptasinya dengan lingkungan awal tempat berkembangbiaknya mikroorganisme yang akan di ujikan di reaktor. Kemudian dengan adanya padatan tersuspensi yang tertahan dan

melekat pada rangkaian media biofilter dan membuat lapisan lendir.

Limbah cair karet yang mengandung polutan organik akan mengalami proses penguraian oleh mikroorganisme secara anaerob. Sehingga proses penurunan polutan organik limbah cair karet mengalami penurunan. Setelah melalui pengolahan dengan proses anaerob dilanjutkan dengan proses aerob. Hal ini bertujuan agar polutan organik yang masih terkandung dalam air limbah setelah melalui anaerob dapat diturunkan lagi (Susanto,2013) selain itu untuk menghilangkan gas yang bersifat toksik bagi kehidupan perairan khususnya ikan dari proses hasil anaerob yaitu gas CH₄ dan H₂S. Dalam pengolahan air limbah dengan proses aerob memerlukan oksigen yang banyak, Silalahi (2013) menyatakan dilakukan penambahan udara agar bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Penambahan udara dilakukan dengan cara pemberian aerasi menggunakan aerator sebelum air limbah dialirkan kedalam reaktor fitoremediasi. Namun terdapat perbedaan tingkat efektivitas biofilter penggunaan antara rangkaian pipet

(reaktor T2) dan rangkaian botol plastik (reaktor T4). Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak limbah dengan mikroorganik yang menempel pada permukaan media filter. Makin luas bidang kontak, maka semakin efisien penurunan konsentrasi bahan organik (BOD₅ dan COD) semakin besar. Adapun luas permukaan pipet (reaktor T2) yaitu 18.750 m² dan untuk rangkaian botol plastik (reaktor T4) yaitu 39.600 m².

Pengolahan pada limbah cair karet selanjutnya setelah melewati rangkaian biofilter, dilanjutkan dengan unit Fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan air *submergent plant* yaitu genjer (*Limncharis flava*) dan melati air (*Echinodorus palaefolius*) pada T3 dan T5. Adapun tujuannya yaitu menurunkan lagi polutan organik yang terkandung dalam limbah cair karet.

Suhu

Suhu selama pengamatan menunjukkan nilai stabil atau relatif sama yaitu berkisar antara 28-31°C. Suhu pada limbah cair tersebut mengalami kenaikan hal ini diduga karena reaktor dan unit pengolahan

Kemampuan pada unit Fitoremediasi, meningkatkan hasil akhir kinerja dari rangkaian unit pengolahan limbah cair karet. Perolehan penurunan konsentrasi BOD dan COD terendah tersebut dikarenakan makin banyaknya akar yang dimiliki tanaman air sehingga dapat menyerap material organik yang terdapat dalam air limbah cair (Marlisa, 2011). Pada penelitian sebelumnya disebutkan hanya menggunakan pasir polutan organik yang terkandung dalam limbah cair sudah dapat diturunkan sebesar 80% (Lestari, 2014). Pasir juga berfungsi sebagai salah satu adsorben yang termasuk kelompok adsorben yang ekonomis karena pasir mudah di dapatkan.

Kombinasi pasir dengan tumbuhan air yaitu genjer dan melati air menambahkan kontribusi dalam penurunan polutan organik dalam limbah cair karet tersebut.

berada diluar ruangan. Oleh karena itu suhu dapat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca setempat. Berikut hasil pengukuran suhu selama penelitian pada Tabel 3

Tabel.3. Hasil Pengukuran Suhu pada Rangkaian Biofilter dan Fitoremediasi Tumbuhan Air Emergent Plant

Waktu 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

Dari pengukuran suhu yang didapat selama penelitian sudah dapat mendukung kelangsungan hidup biota perairan terutama tumbuhan air dan ikan. Untuk suhu

tumbuhan melati air yaitu pada suhu 26-30°C dan genjer pada suhu 28-31°C (Priyanti dan Yunita dalam Lestari, 2010).

Derajat Keasaman

Hasil pengukuran pH selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel.4. Hasil Pengukuran Derajat Keasaman pada Rangkaian Biofilter dan Fitoremediasi Tumbuhan Air *Emergent Plant*

Waktu	Nilai pH Pada Titik Pengambilan Sampel					
	Pengamatan	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

Berdasarkan hasil dari pengukuran pH selama pengamatan untuk nilai pH di T3 dan T5 yang merupakan unit akhir dari pengujian kinerja unit sudah cukup baik. Sesuai pernyataan dari Susanto (1991) Keasaman air atau pH air sangat

berperan penting bagi kehidupan ikan, pada umumnya pH yang sangat cocok untuk semua jenis ikan berkisar antara 6 – 8. Standar baku untuk kehidupan biota akuatik adalah dengan nilai pH sekitar 6,5-8.

Oksigen Terlarut

Kadar oksigen terlarut di pengaruhi juga dengan kegiatan fotosintesis, dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan

anorganik. Berikut hasil pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*) pada Tabel 5.

Tabel.5. Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut pada Rangkaian Biofilter dan Fitoremediasi Tumbuhan Air *Emergent Plant*

Waktu	Nilai DO Pada Titik Pengambilan Sampel (mg/L)					
	Pengamatan	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

Berdasarkan tabel 6 diatas juga terlihat keseluruhan nilai DO disetiap titik mengalami kenaikan dikarenakan selain adanya penambahan aerasi dan juga disebabkan adanya proses fotosintesis yang dihasilkan oleh tumbuhan air.

Soeseno (1974) menyebutkan bahwa perairan yang mengandung oksigen terlarut 5 mg/L pada suhu 20-30⁰C cukup baik untuk kehidupan ikan dan akan mencapai kejenuhan apabila kandungan oksigen sudah mencapai 7-9 mg/L.

Karbondioksida

Karbondioksida dihasilkan melalui proses respirasi tumbuhan dalam air, dan hasil metabolisme

(Saeni, 1989). Hasil pengukuran CO₂ bebas dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel.6. Hasil Pengukuran Karbondioksida Bebas pada Rangkaian Biofilter dan Fitoremediasi Tumbuhan Air *Emergent Plant*

Waktu Pengamatan	Nilai CO ₂ Pada Titik Pengambilan Sampel (mg/L)				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	0,25	1,9	3,0	1,9	3,0
II	0,25	1,9	3,0	1,9	3,0
III	0,25	1,9	3,0	1,9	3,0

Sumber : Data Primer

Pengukuran Karbondioksida bebas yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode titrimetrik yaitu menggunakan larutan phenolplatein sebagai larutan indikator pp dan Na₂CO₃ sebagai penitrasi. Pada pengukuran T1 sangat rendahnya kadar karbondikoksida dikarenakan pH yang rendah (Welch, 1952). Namun pada reaktor keseluruhan mengalami kenaikan

disebabkan karena pembongkaran bahan-bahan organik oleh jasad renik ataupun bakteri (Gufran, 2000). Bakteri ini menempel pada pori-pori pasir ataupun perakaran pada tumbuhan air. Walaupun kadar karbondioksida meningkat, namun tidak melebihi ambang batas yang dapat ditolerir oleh ikan yaitu sebesar 5 mg/l.

Hasil Pengujian Kelulushidupan Ikan Uji

Hasil pengujian kelulushidupan ikan pada pengolahan limbah cair karet menggunakan kombinasi Biofilter dan Fitoremediasi dengan tumbuhan

air *emergent plant* menunjukkan hasil yang sudah cukup baik. Hasil pengujian kelulushidupan ikan uji dalam persentase dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel.7. Persentase Hasil Pengujian Kelulushidupan Ikan pada Rangkaian Biofilter dan Fitoremediasi Tumbuhan Air *Emergent Plant*

Perlakuan	Jenis Ikan	Kelulushidupan Ikan Setiap Pengamatan (%)			
		I	II	III	IV
T1-T3	Patin	100	100	100	100
	Nila	100	100	100	90
	Mas	100	100	90	85
T1-T5	Patin	100	100	100	100
	Nila	100	100	100	100
	Mas	100	100	95	90

Sumber : Data Primer

Berdasarkan dari Tabel 7 diatas, pada perlakuan T3 dan T5 kelulushidupan ikan pada pengamatan awal untuk semua jenis ikan uji hidup 100%. Sementara pada

akhir pengamatan adanya penurunan pada kelulushidupan ikan uji hingga 85% untuk ikan mas dan 95% ikan nila dan ikan patin tetap 100 %, Pada penelitian ini kelulushidupan ikan

mengalami penurunan namun tidak signifikan dan tidak melebihi 50%. Hal ini disebabkan menurunnya daya tahan tubuh ikan yang tidak diberi makan selama penelitian. Selain itu juga, berbeda pada penelitian sebelumnya kelulushidupan ikan yang terus mengalami peningkatan setiap pengamatannya karena pada penelitian sebelumnya terus adanya pergantian ikan uji setiap pengamatan sedangkan penelitian yang dilakukan ini tidak adanya pergantian ikan uji hingga akhir penelitian selesai. Namun dapat dilihat pada Tabel 7 untuk pertama kali pemasukan ikan uji, persen tingkat kelulushidupan ikan uji yaitu 100% menjadi 90%. Sedangkan pada penelitian sebelumnya Saragih (2014), persen kelulushidupan ikan dari 10% menjadi 70%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Persen efektivitas pada perlakuan konsentrasi BOD₅ sebesar 80%-98%, sedangkan pada COD sebesar 85%-98%. Sementara untuk tingkat kelulushidupan ikan uji mencapai diatas 90% (ikan mas 90%, ikan nila 100%, ikan patin 100%) dan telah menunjukkan limbah cair aman jika dibuang kelingkungan perairan.

Saran

Efektifnya pabrik karet dapat menggunakan kombinasi biofilter botol plastik dan fitoremediasi tumbuhan air ini. Selain itu juga adanya pengidentifikasian bakteri yang telah menguraikan dalam menguraikan limbah cair karet tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1984. Metode Penelitian

Air.Usaha Nasional. Surabaya. 309 halaman.

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

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 482 p.

Endang, 2012. Penanganan Limbah. <http://endangjegov.wordpress.com/2012/12/19/penanganan-limbah/>. Diakses pada tanggal 19 Desember 2012.

Lestari, Y. 2014. Remediasi Polutan Organik Dalam Limbah Cair Karet Oleh Media Penyaring Dan Tumbuhan (*Echinodorus Palaefolius*, *Limnnocharis Flava*) Dengan Sistem Aliran Vertikal Menanjak Untuk Media Hidup Ikan. Universitas Riau.

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.

Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology 3rd Edition*. W. B. Saunders Co, Philadelphia.

Said dan Firly. 2005. Uji Performance Biofilter Unggun Tetap Menggunakan

- Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. JAI Vol.1, No.3 2005.
- Said.N, dkk, 2008. Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta
- Saragih, D. F. 2013. Sistem pengolahan limbah cair PT. Riau Crumb Rubber Factory Kelurahan Pandak Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru Provinsi Riau. Laporan Praktek Magang. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNRI. Pekanbaru.
- Saragih, D.F. 2014. Penurunan Polutan Organik Limbah Cair Karet Dengan Penggunaan Biofilter Dan Tanaman Air Untuk Media Hidup Ikan. Universitas Riau.
- Silalahi, R. 2012. Penurunan Polutan Organik dalam Air Limbah Rumah Potong Hewan Sapi dengan Proses Biofilter Bermedia Botol Plastik Bermedia Botol Plastik Bekas untuk Media Hidup Ikan Budidaya di Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru. Universitas Riau.
- Soeseno, S. 1974. *Limnologi*. Sekolah Perikanan Darat Menengah Atas, Bogor.
- Suwardin, D. 1989. Teknik pengendalian limbah pabrik karet. Lateks 4 (2): 25-32.
- Tickell.C, 2004. Water Pollution, Cambridge University Press, USA
- Welch, P. S. 1952. *Lymnology 2nd Edition*. Mc Graw Hill Book Company Inc, New York.
- Yahya, F. 2010. Jurnal Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Aerasi menggunakan Media Bioball dan Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*)