

## KOMPARASI PENGGUNAAN BIOFILTER MEDIA PLASTIK BEKAS DAN SAND-FITO FILTER DAN GABUNGANNYA UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS AIR LIMBAH PABRIK KARET

M. Hasbi<sup>1,2</sup> dan Budijono<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Riau

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau

Email: [bjonoeno@gmail.com](mailto:bjonoeno@gmail.com)

### ABSTRAK

Limbah cair pabrik karet mengandung polutan organik yang tinggi sehingga berpotensi menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Peningkatan kualitas efluen air limbah pabrik karet perlu diupayakan terus guna menjamin kualitas air sungai tetap sesuai dengan peruntukannya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengujicobakan 2 rangkaian unit alat biofilter bermedia plastik bekas proses anaerob-aerob dan fito-sand filter untuk mengolah air limbah karet dengan respon parameter utama yaitu BOD, COD, TSS dan NH<sub>3</sub> selama 2 bulan. Hasil komparasi penelitian yang diperoleh adalah (1) penggunaan biofilter media plastik bekas proses anaerob-aerob terjadi penurunan BOD 87.8%, COD 84.4%, TSS 89.9% dan NH<sub>3</sub> 85.1%; (2) penggunaan sand-fito filter terjadi penurunan BOD 98.7%, COD 84.4%, TSS 95.4% dan NH<sub>3</sub> 92.8%; dan (3) gabungan biofilter dan sand-fito filter terjadi penurunan BOD 98%, COD 98%, TSS 94.8% dan NH<sub>3</sub> 70%. Disimpulkan bahwa penggunaan unit alat tersebut mampu meningkatkan kualitas air limbah karet sesuai baku mutu dan tidak bersifat toksik bagi ikan (*Cyprinus carpio*, *Pangasius hipopthalmus*, *Oreochromis niloticus*,) di atas 85%.

**Kata kunci:** air limbah karet, biofilter, sand-fito filter

### ABSTRACT

*Waste water of rubber factory contains high organic pollutant that potentially decrease river water quality. Improving the quality of wasre water effluent rubber factory need to be sought to guarantee the quality river water and its functions. The research used experimental method by using two series of units of the former plastic as anaerobic-aerobic process and fito-sand filter to process rubber waste water with main parameter results as BOD, COD, TSS and NH<sub>3</sub> for month. The study comparison result obtained were (1) decreasing of BOD 87.8%, COD 84.4%, TSS 89.9% and NH<sub>3</sub> 85.1% by using biofilter former plastic media; (2) BOD 98.7%, COD 84.4%, TSS 95.4% and NH<sub>3</sub> 92.8% by sand-fito filter; and (3) BOD 98%, COD 98%, TSS 94.8% and NH<sub>3</sub> 70% by combining biofilter and sand-fito filter. It can be concluded that the use combining biofilter and sand-fito filter are able to increase standart rubber waste water quality and it is not toxic for fish.*

**Keywords:** waste water, rubber, biofilter, sand-fito filter

### PENDAHULUAN

Karet sebagai salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia dan termasuk penyumbang bahan baku karet dunia dari tanaman *Havea braziliensis*. Umumnya produk olahan karet dijadikan karet remah atau kompon (*crumb rubber*). Dalam proses produksinya, dihasilkan air limbah dengan karakteristik sekitar 358 m<sup>3</sup>/hari, 750 m<sup>3</sup>/detik, TSS 86.3 mg/l, BOD 51.4 mg/l, COD 159.7 mg/l, NH<sub>3</sub> 8 mg/L, N-total 10.9 mg/l dan pH 6.45 (Lestari,

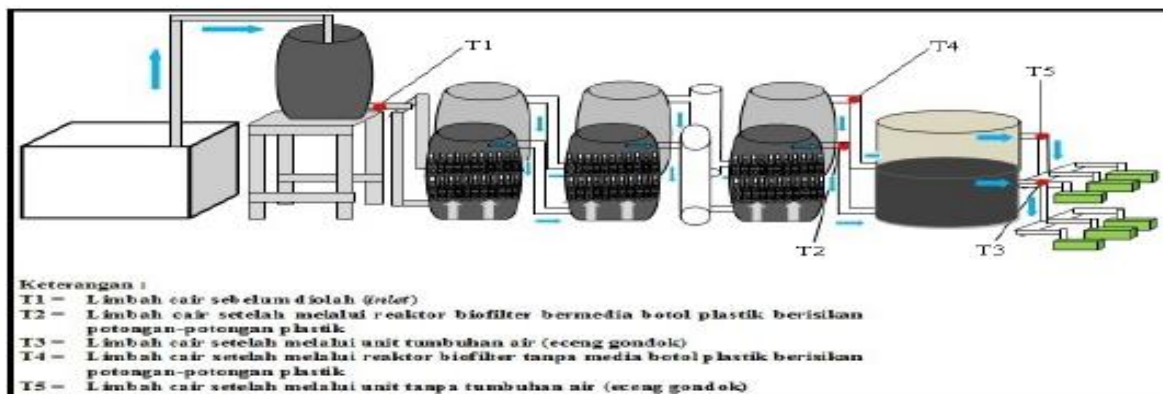
2014). Rasio BOD/COD dan jenis limbah *crumb rubber* yang *biodegradable*, maka dilakukan pengolahan secara biologis dengan sistem biofilter dan fitoremediasi yang telah banyak dilakukan. Tulisan mengulas pengujian biofilter proses anaerob-aerob dengan memanfaatkan media plastik seperti botol plastik bekas dan *straw* bekas yang dianggap limbah, kemudian dimanfaatkan lagi untuk penanganan air limbah sebagai media biofilter dan sand-fito filter dalam konsep fitoremediasi serta kombinasinya untuk lebih memberikan gambaran alternatif penanganan air limbah karet.

## METODE

Lokasi penelitian di pabrik karet dengan metode eksperimen dengan air limbah berasal dari seluruh aktivitas produksi *crumb rubber*. Pengujian pengolahan air limbah karet terdiri dari:

### (1) Kombinasi biofilter media botol plastik + eceng gondok (BMP+EG)

Wadah reaktor biofilter berupa drum plastik 120 liter sebanyak 6 unit, dimana 3 drum plastik berisikan botol plastik bekas disusun bertingkat setinggi 50 cm. Sisanya tidak berisikan media botol plastik (kontrol). Tiap perlakuan dilanjutkan ke unit biofilter media eceng gondok (*E. crassipes*) dan tanpa media dengan skema pada Gambar 1.

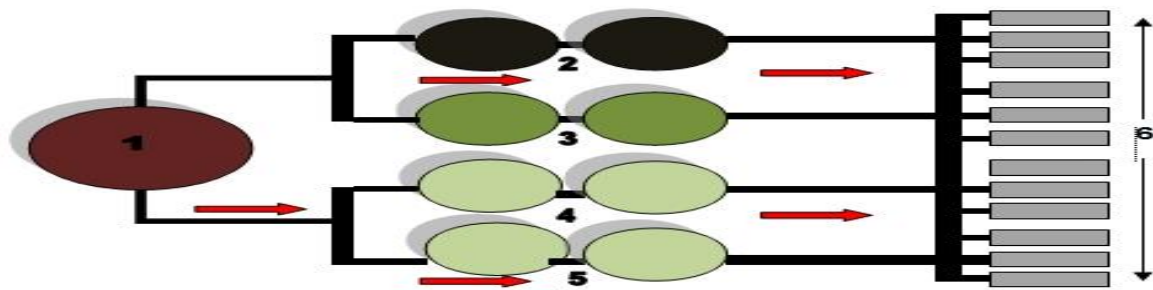


Gambar 1. Skema Pengujian Kombinasi BMP+EG

Tahapan penelitian meliputi : (1) persiapan alat dan media serta pembuatan reaktor, dilengkapi pompa celup dan sistem perpipaannya; (2) pengambilan dan pengisian air limbah ke dalam reaktor; (3) pengkondisian media selama 30 hari; dan (4) aklimatisasi ikan ujiselama 1 minggu di lokasi penelitian dengan pemberian pelet 3 kali/hari dan diaerasi; (5) pengamatan dilakukan setelah biofilter dioperasikan 30 hari dengan 0.5 L/menit, kemudian sampel air diambil 3 kali setiap 15 hari sesuai titik pengambilan sampel; dan (6) uji kelulushidupan ikan dalam air limbah karet yang telah diolah.

### (2) Pengujian Sand-Fito Filter (SFF)

Wadah fitoremediasi ini dari drum plastik volume 200 liter sebanyak 4 unit yang dibelah menjadi 2 bagian yang sama panjang dengan tinggi 55 cm dan lebar 55 cm sehingga diperoleh 8 unit bagian. Perlakuan yang diujikan adalah: P2 (2 unit wadah berisikan pasir/kontrol); P3 (2 unit wadah berisi pasir + genjer); P4 (2 unit wadah berisi pasir + melati air); dan P5 (2 unit wadah berisi pasir + genjer + melati air). Skema pengujian pada Gambar 2.

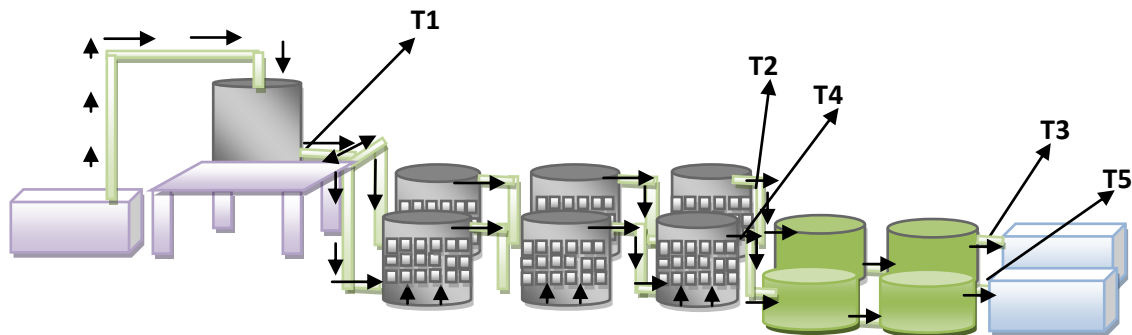


Gambar 2. Skema Pengujian Sand-Fito Filter

Air limbah dipompakan dari kolam penampung kemudian masuk ke drum distribusi (1) dan dialirkan ke masing-masing perlakuan yang telah ditetapkan dengan laju alir air sebesar 0,5 l/menit secara kontinu selama 1 bulan dengan arah aliran *down flow*. Hasil akhir air limbah yang telah melalui tiap perlakuan, ditampung ke dalam akuarium ikan uji. Pengambilan sampel air limbah dan ikan uji sebanyak 4 kalidengen interval 10 hari sekali.

### (3) Pengujian Biofilter Media Plastik + Sand-Fito Filter

Wadah reaktor biofilter berupa drum plastik 120 liter sebanyak 6 unit, dimana 3 drum plastik berisikan botol plastik bekas disusun bertingkat setinggi 50 cm. dan 3 drum plastik berisikan media *straw* plastik. Tiap perlakuan dilanjutkan ke unit sand-fito filter dengan campuran genjer + melati air dengan skema pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema Pengujian BMBP+ SFF dan BMSP + SFF

Air limbah dipompakan dari kolam penampung kemudian masuk ke drum distribusi (1) dan dialirkan ke unit biofilter media botol plastik dilanjutkan sand-fito filter dan ke unit biofilter media straw plastik dilanjutkan sand-fito filter, dengan laju alir air masing-masing sebesar 0,5 l/menit secara kontinu selama 1 bulan dengan arah aliran *down flow*. Hasil akhir air limbah yang telah melalui tiap perlakuan, ditampung ke dalam akuarium ikan uji. Pengambilan sampel air limbah dan ikan uji sebanyak 3 kalidengen interval 15 hari sekali pada T1 (inlet), T3 (BMBP + SFF) dan T5 (BMST + SFF).

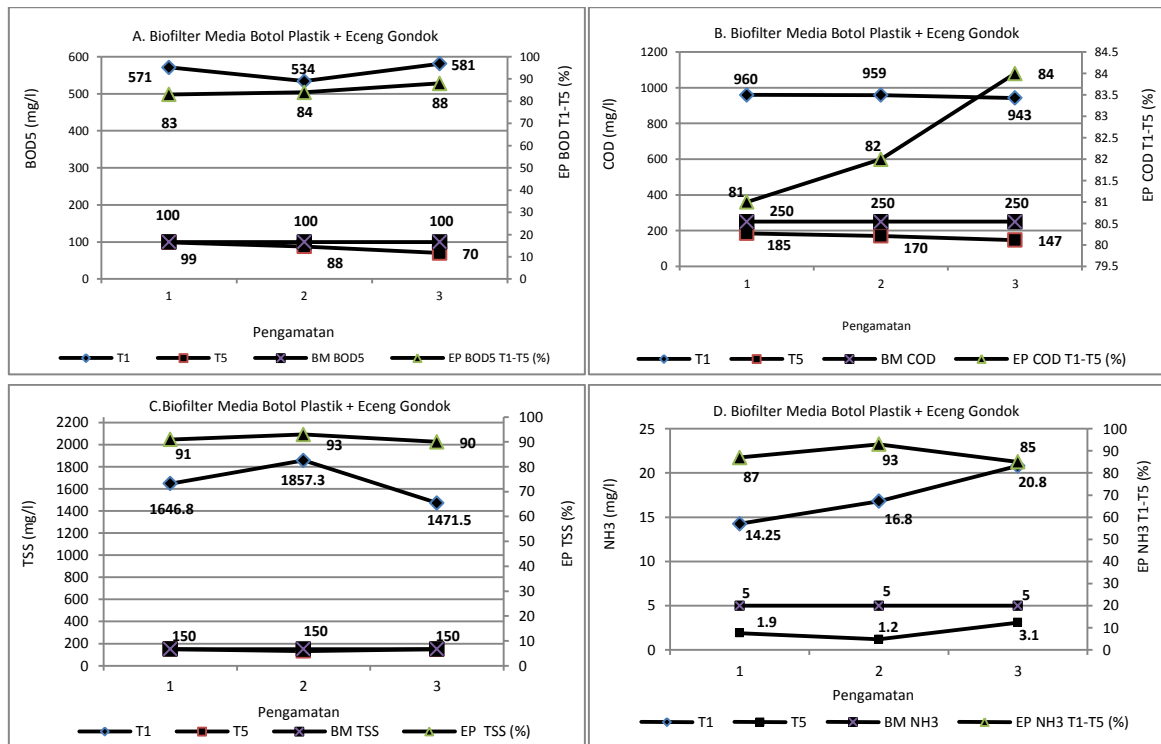
Respon yang diamati dalam masing-masing pengujian tersebut dari parameter BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, pH dan suhu dan bioindikator yang digunakan adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*) dan jambal siam (*Pangasius hypophthalmus*) sebanyak 10 ekor per jenis ikan selama 15 – 30 hari. Data-data tersebut dikomparasi dengan analisis secara diskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Biofilter Media Botol Plastik dan Eceng Gondok

Air limbah karet awal terkandung BOD<sub>5</sub> 534 – 581 mg/l, COD 943 – 960 mg/l, TSS 1647 – 1472 mg/l, NH<sub>3</sub> 14 – 21 mg/l, pH 4 – 5, DO 1,35 – 1,4 mg/l dan suhu 26 – 28°C, yang

belum memenuhi baku mutu Pengujian biofilter media botol plastik yang dilanjutkan dengan remediasi eceng gondok selama sebulan menunjukkan terjadinya penurunan nilai BOD, COD, TSS dan  $\text{NH}_3$  (Gambar 1).

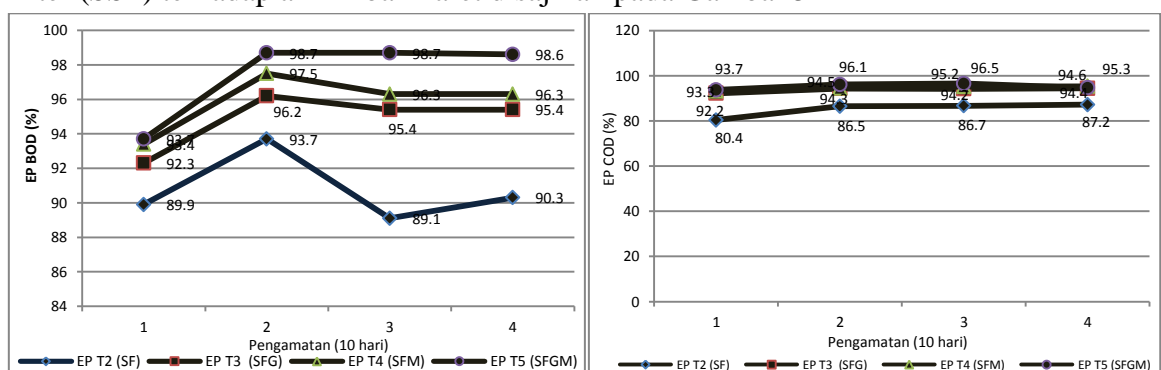


**Gambar 4. Fluktuasi BOD, COD, TSS dan  $\text{NH}_3$  dalam Air Limbah Karet dengan Kombinasi Biofilter Media Botol Plastik dan Eceng Gondok**

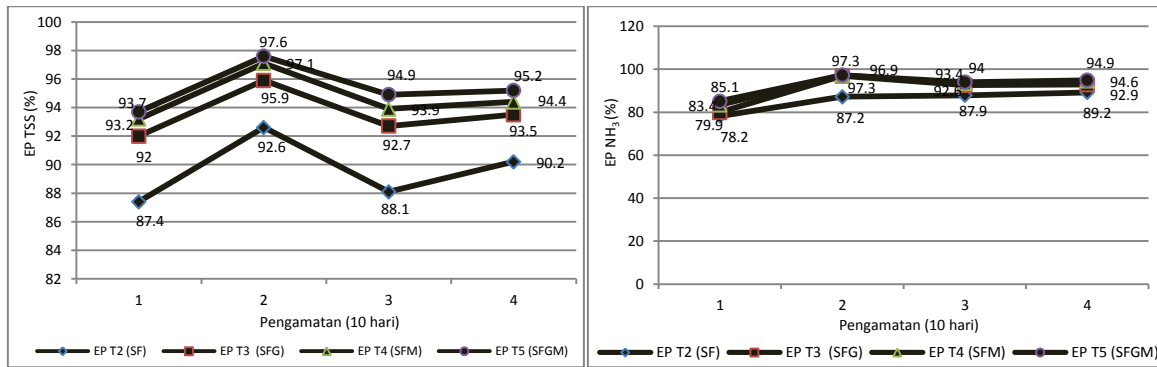
Dari Gambar 4 terlihat bahwa pengujian biofilter media botol yang dilanjutkan reactor eceng gondok mampu meningkatkan kualitas air limbah karet berdasarkan rerata penurunan parameter BOD<sub>5</sub> 85%, COD 82.3%, TSS 91.3% dan  $\text{NH}_3$  88.3% dan sudah dibawah baku mutu. Kondisi parameter lainnya yang diperoleh adalah pH 5 – 7 dan suhu 26 – 30°C dan DO 1.4 – 1.7 mg/L, sehingga polutan yang masih tersisa tidak bersifat toksik terhadap ikan uji dengan tingkat kelulushidupan berkisar 70 – 80%.

### Hasil Pengujian Sand-Fito Filter

Kualitas awal air limbah karet (*crumb rubber*) terdiri dari kandungan BOD 334 – 465 mg/l, COD 677 – 847 mg/l, TSS 340 – 480 mg/l,  $\text{NH}_3$  15 – 26 mg/l dan pH 5, nilai tersebut belum memenuhi baku mutu. Efektivitas penurunan BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan  $\text{NH}_3$  oleh sand-fito filter (SSF) terhadap air limbah karet disajikan pada Gambar 5





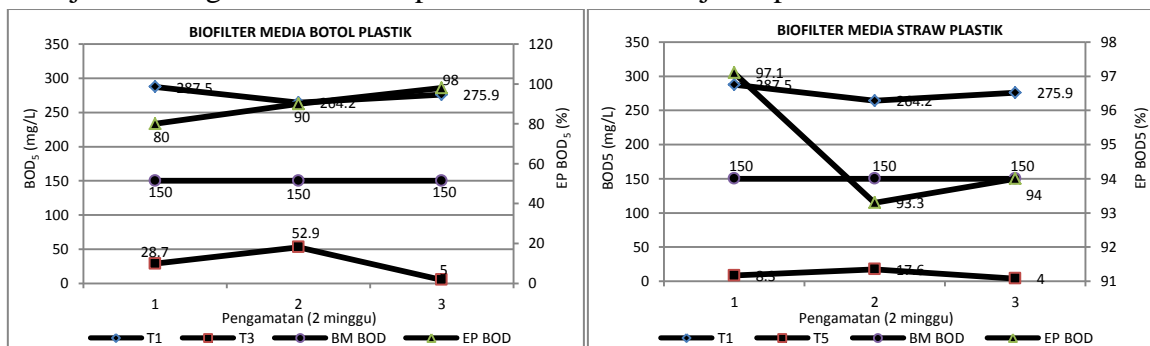


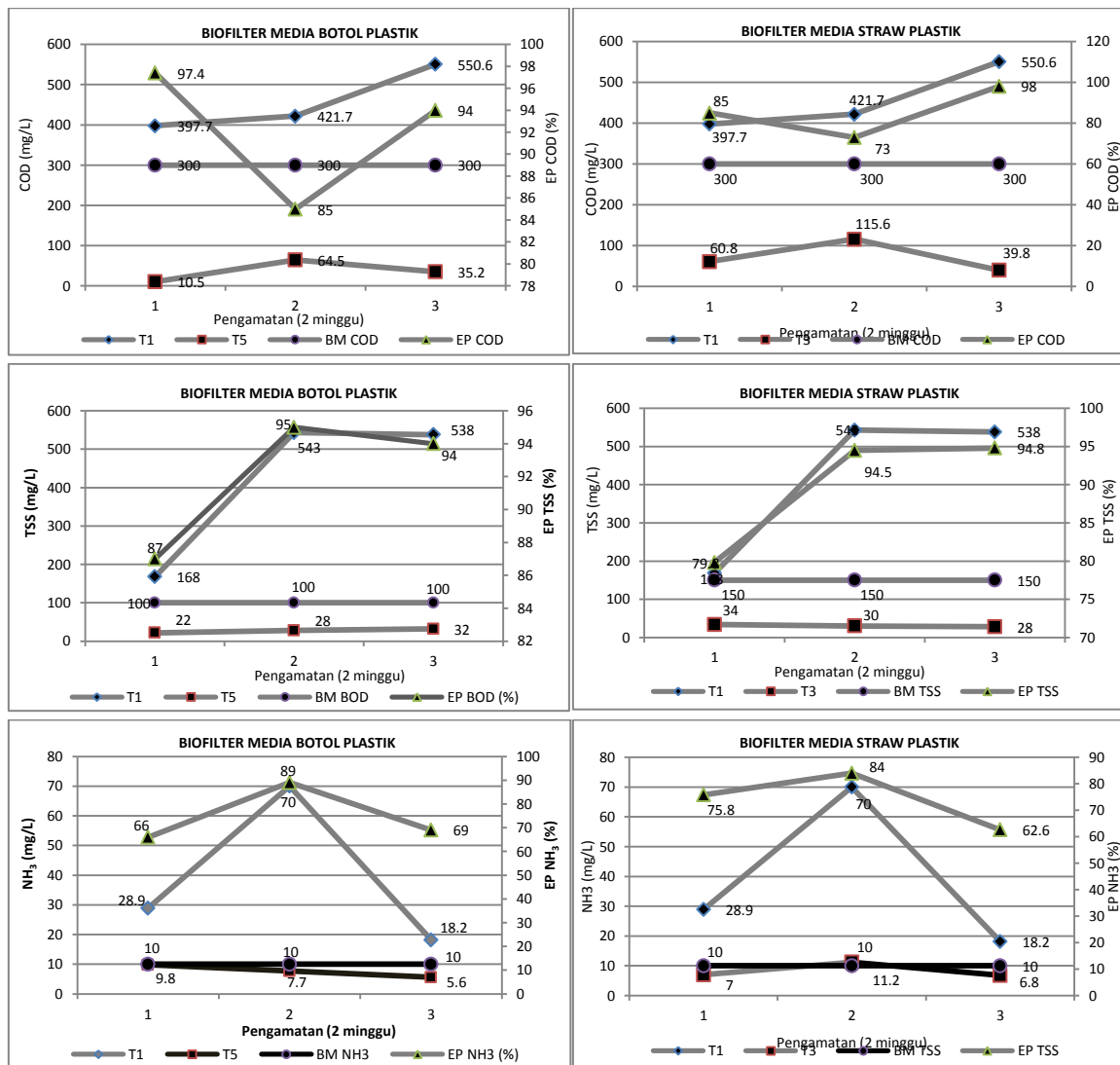
**Gambar 5.**Fluktuasi BOD, COD, TSS dan NH<sub>3</sub> dalam Air Limbah Karet dengan Sand-Fito Filter

Dari gambar di atas tampak bahwa pengujian sand-fito filter memberikan hasil penurunan BOD, COD, TSS dan NH<sub>3</sub> serta terjadi peningkatan pH. Penurunan parameter tersebut lebih besar oleh peranan pasir sebagai substrat tumbuhan air (*Echinodorus palaeifolius* dan *Limnocharis flava*). Rerata peran pasir terhadap penurunan BOD<sub>5</sub> 91%, COD 85%, TSS 90% dan NH<sub>3</sub> 86%. Peran pasir tersebut semakin meningkat dengan adanya tumbuhan air. Efektivitas penurunan pada P3 (pasir + genjer) terhadap BOD 95%, COD 94%, TSS 94% dan NH<sub>3</sub>. Pada P4 (pasir + melati air), air olahan lebih baik dari P2 dengan efektivitas penurunan BOD 96%, COD 95%, TSS 95% dan NH<sub>3</sub> 92%. Hal serupa terjadi pada P5 (pasir + genjer + melati air), penurunan BOD 97%, COD 95%, TSS 95% dan NH<sub>3</sub> 93%. Konsentrasi BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan NH<sub>3</sub> sudah memenuhi baku mutu air limbah karet dan didukung kondisi kisaran pH 5 – 6 dan suhu 28 – 31°C serta DO 3,7 mg/l yang dapat mendukung kehidupan ikan dengan tingkat kelulushidupan berkisar 94-100%.

### Hasil Pengujian Kombinasi Biofilter Media Plastik + Sand-Fito Filter

Kualitas awal air limbah karet (*crumb rubber*) terdiri dari kandungan BOD<sub>5</sub> 264.2 – 287.5 mg/l, COD 397.7 – 550.6 mg/l, TSS 168 – 543 mg/l, NH<sub>3</sub> 18.2 - 70 mg/l, pH 6 – 6.3, DO 2 mg/L dan suhu 28 – 29°C, nilai tersebut belum memenuhi baku mutu. Efektivitas penurunan BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan NH<sub>3</sub> oleh biofilter media (botol dan *straw* plastik) yang dilanjutkan dengan SSF terhadap air limbah karet disajikan pada Gambar 6.





**Gambar 6. Fluktuasi BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan NH<sub>3</sub> dalam Air Limbah Karet dengan Biofilter Media Plastik dan Sand-Fito Filter**

Dari Gambar 6 terlihat bahwa pengujian biofilter media plasti baik menggunakan botol plastik maupun *straw* plastik yang dilanjutkan dengan sand-fito filter mampu meningkatkan kualitas air limbah karet berdasarkan rerata penurunan parameter BOD<sub>5</sub> berkisar 89.3-94.8%, COD 85.3 – 92.1%, TSS 89.4 – 92.0% dan NH<sub>3</sub> 74.1 – 74.7% dan sudah dibawah baku mutu. Kondisi tersebut didukung dengan suhu 31°C, pH 6 – 6.5, dan DO 4 – 6 mg/L sehingga polutan yang masih tersisa tidak bersifat toksik terhadap ikan uji dengan tingkat kelulushidupan pada ikan mas 85 - 90%, nila 90 – 100% dan jambal siam 100% selama sebulan serta diperoleh rerata biomassa genjer dari berat awal 300 gram menjadi 883 gram dan rerata biomassa melati air dari berat awal 285 gram menjadi 945 gram setiap 15 hari.

Pada proses biofilter media plastik (botol dan *straw*), penurunan BOD, COD), TSS dan NH<sub>3</sub> disebabkan senyawa organik di dalam air limbah karet diuraikan oleh aktivitas bakteri anaerob dan fakultatif aerob dalam bentuk tersuspensi dan melekat di permukaan media serta di zona sekitar akar. Hal ini ditandai dari jumlah bakteri awal berkisar  $4,7 \times 10^4$  –  $4,9 \times 10^4$  CFU menjadi  $7,9 \times 10^5$  –  $9,4 \times 10^5$  CFU pada media botol plastik, sehingga penurunan polutan semakin besar seiring bertambahnya waktu. Pada kondisi ini, sejumlah bakteri anaerob dan fakultatif secara sinergis terlibat dalam proses hidrolisis dan fermentasi senyawa

organik menjadi gas  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Kelompok bakteri ini bekerja secara sinergis (Archer & Kirsop, 1991; Barnes & Fitzgerald, 1987; Sahm, 1984; Sterritt & Lester, 1988; Zeikus, 1980).

Zat organik dan nutrisi yang tersisa dari proses anaerob akan diubah menjadi produk akhir yang stabil dan disintesis menjadi sel bakteri baru. Senyawa  $\text{NH}_3$  akan dioksidasi dan diubah menjadi bentuk nitrit dan sebagian nitrit tersebut akan diubah menjadi  $\text{NO}_3$  dan sisanya menjadi gas  $\text{N}_2\text{O}$ , dimana menurut Grady & Lim (1980) dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Dalam kondisi anaerob dan aerob, nitrat diubah menjadi gas  $\text{N}_2\text{O}$  pada saat bersamaan dan bersama-sama  $\text{PO}_4$  total, nitrat juga dimanfaatkan sebagai nutrisi untuk sintesis sel dan pertumbuhan bakteri dan tumbuhan air (eceng gondok, genjer dan melati air). Konsentrasi  $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$  menurun disebabkan aktivitas tumbuhan dalam fitostabilisasi dan rhyzofiltrasi. Mikroba pada akar tumbuhan menyerap zat tersebut ke dalam akar tumbuhan (Mangkoedihardjo & Ganjar, 2010).

Sebagian besar TSS yang bersifat organik mengalami pemecahan oleh bakteri anaerob dan sisanya ada yang mengalami adsorpsi di media botol plastik dan sekitar zona akar tumbuhan air eceng gondok yang akhirnya mengendap secara alami atau pada genjer dan melati air. Kondisi pH tiap pengujian yang terukur masih mendukung pengembangbiakan bakteri di media botol plastik dan akar tumbuhan. Proses biologi oleh bakteri akan terhenti pada pH dibawah 6,0 (Painter, 1970; Painter and Loveless, 1983) dengan kecepatan pertumbuhan bakteri antara 8 – 30°C dan suhu optimumnya sekitar 30°C (Hitdlebaugh and Miler, 1981).

Sementara pada sand-fito filter, air limbah karet yang mengandung TSS 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). Selain efek fisika, juga terjadi proses biologis oleh adanya kinerja mikroorganisme (bakteri) yang terbawa bersama aliran limbah cair dan juga tertahan pada celah-celah butiran pasir. Jumlah bakteri yang tertahan dan berkembang biak dapat menjadi besar sejalan bertambahnya waktu. Bakteri tersebut akan menguraikan bahan organik dan tersedianya DO yang relatif cukup untuk berlangsungnya proses metabolisme yang terjadi di pori pasir dan sekitar bulu akar. Naiknya DO berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan di siang hari dimana sebagian dari oksigen yang dihasilkan terlarut dalam limbah cair (Mangkoediharjo, 2006).

Senyawa  $\text{NH}_3$  berkurang disebabkan berlangsungnya proses nitrifikasi karena DO cukup memenuhi syarat, jika DO minimum  $> 1 \text{ mg/l}$  (Benefield, 1980) atau konsentrasi DO tidak boleh kurang dari  $2 \text{ mg/l}$  (Bitton, 1994). Konsentrasi  $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$  menurun disebabkan aktivitas tumbuhan dalam fitostabilisasi dan rhyzofiltrasi. Mikroba pada akar tumbuhan menyerap zat tersebut ke dalam akar tumbuhan (Mangkoedihardjo & Ganjar, 2010). Kondisi pH dan suhu yang diperoleh pada pengujian sand-fito filter dapat mendukung kehidupan mikroorganisme di substrat (pasir) dan akar tumbuhan. Fluktuasi suhu limbah sebesar 3°C dipengaruhi oleh iklim setempat.

Dari uraian di atas, maka komparasi pengujian ketiga sistem menunjukkan bahwa kombinasi biofilter media plastik lebih unggul berdasarkan peningkatan kualitas air limbah karet, tingkat kelulushidupan bioindikator yang lebih tinggi dan diperolehnya sejumlah biomassa genjer dan melati air. Sementara pengujian biofilter media botol plastik + eceng gondok terdapat kelemahan yaitu eceng gondok sering mengalami kematian dan harus diganti

sehingga peran lanjutan dalam peningkatan kualitas air lebih rendah. Sebaliknya pada pengujian sand-fito filter memberikan peningkatan kualitas air limbah karet hamper sama dengan pengujian biofilter media plastik + sand-fito filter, tetapi sangat berpotensi terjadinya penyumbatan pada pori-pori pasir.

### KESIMPULAN

Simpulan komparasi pengujian system biofilter dan sand-fito filter serta kombinasi keduanya adalah kombinasi biofilter media plastik yang dilanjutkan sand-fito filter lebih baik dalam meningkatkan kualitas air limbah karet dengan tingkat kelulushidupan bioindikator lebih tinggi dibandingkan biofilter media plastik + eceng gondok atau sand-fito filter.

### 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.
- Barnes, D., and P.A. Fitzgerald.1987. Anaerobic wastewater treatment processes, pp.57-113, *in* : Environmental Biotechnology, C,F. Forster and D.A.J. Wase, Eds. Ellis Horwood, Chichester, U.K.
- Benefield, L. D. 1980. Biological Process Design for Wastewater Treatment.Prentice-Hall, Inc. United States of America.
- Bitton, G. 1994. Wastewater Microbiology, A John Wiley and Sons, Inc., New York. 478 p.
- Grady, C.P.L., and H. C. Lim. 1980.Biological Wastewater Treatment.Marcel Dekker Inc., New York.
- Hitdlebaugh, 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.
- 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.
- Mangkoedihardjo, S. 2006. Biodegradability Improvement of Industrial Wastewater Using Hyacinth.*Journal of Applied Sciences.* Vol. 6: 1409-1414.
- Mangkoedihardjo, S dan S. Ganjar. 2010. Fitoteknologi Terapan. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- 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 Temoperature and pH Value On The Growth Rate Contants Of Nitrifying Bacteria in the Activated Sludge Process. *Water Research.* 17: 237-248.
- Sahm, H. 1984. Anaerobic wastewater treatment.*Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 29: 84-115.
- Sterritt, R.M., and J.N. Lester. 1988. Microbiology for Environmental and Public Health Engineers. E.& F.N. Spon, London.
- Zeikus, J.G. 1980. Chemical and Fuel Production by Anaerobic Bacteria.*Annual Rev. Microbiology.* 34 : 423-464.
- 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.