PENYISIHAN *NH_3 PADA GREY WATER DENGAN MENGGUNAKAN SEQUENCING BATCH BIOFILM REACTOR*

Kiki Ramadanti[1)], Shinta Elystia[2)], David Andrio[3)]
[1)]Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan [2)] Dosen Teknik Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
Email : kiki.ramadanti.rgt@gmail.com

ABSTRACT

Domestic wastewater based on its characteristics is divided into two type which is black water and grey water. Grey water that directly flowed into the environment is one of the main causes of water pollution. The high content of organic matter causes grey water must be treated. Microorganisms can be use to treat this grey water one of them is microalgae Chlorella sp which consume organic matter as a source of nutrients for its growth. In this study, the addition of the Kaldness 1 (K1) biocarrier as a medium for attaching microorganisms were performed on the Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) process. Microalgae Chlorella sp. grown as suspended in grey water and attached to Kaldness 1 (K1). This study aims to examine ammonia parameters in grey water. Variations that use in this treatment are reaction times of 60, 90 and 120 minutes and media filling volumes of 0, 20, 40 and 60%. The best results for ammonia removal was 83% in a reactor filled with 20% Kaldness 1 as biocarrier and a reaction time of 120 minutes.

Keywords: SBBR, Biocarrier Kaldness 1, Chlorella sp., Grey Water.

1. PENDAHULUAN

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga termasuk di dalamnya yang berasal dari kamar mandi (Sugiharto, 2000). Menurut karakteristiknya, terdapat dua jenis limbah cair domestik, yaitu jenis *black water* dan *grey water* (Supradata, 2005). *Grey water* memiliki karakteristik TSS sebesar 100–350 mg/l, COD 250–1000 mg/l, BOD 110–400 mg/l dan amonia 12–50 mg/l (Muttamara, 1996). Kandungan ini akan menyebabkan pencemaran terhadap badan air penerima apabila tidak diolah terlebih dahulu. Dampak negatif lain yang ditimbulkan oleh *grey water* adalah gangguan terhadap manusia, kerusakan terhadap tanaman dan binatang yang hidup pada perairan serta mengganggu kenyamanan dan estetika (Eddy, 2008).

Proses biologis banyak digunakan untuk menguraikan kandungan senyawa organik dalam *grey water* (Rusten dkk, 2006). Mikroorganisme yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah secara biologis adalah mikroalga. Mikroalga melalui proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari dan klorofil akan memanfaatkan senyawa organik yang terdapat dalam air limbah (Kawaroe dkk, 2010). Mikroalga di dalam air limbah akan menyerap nitrogen untuk mendorong pertumbuhannya. Nitrogen adalah unsur terpenting kedua untuk mikroalga setelah sumber karbon dan dapat mencapai 10% dari total berat biomassa. Nitrogen banyak terdapat pada limbah dalam berbagai bentuk senyawa. Mikroalga dapat menyerap senyawa nitrogen dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) (Larsdoter, 2006). *Chlorella* sp merupakan salah satu jenis mikroalga yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah adalah (Nakayama, 1992).

Salah satu teknologi pengolahan biologis untuk air limbah adalah *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR). Teknologi ini

menggunakan mikroorganisme dan media penyangga yang digunakan sebagai tempat menempel. Prinsip kerja SBBR adalah *fill, react, settle, decant* dan *idle* (Nugroho dkk, 2004). Keuntungan utama dari teknologi ini adalah meningkatkan keberagaman mikroorganisme yang ada di reaktor sehingga menciptakan kondisi yang meningkatkan efisiensi biodegradasi polutan (Makowska & Maciejewska, 2016). Media yang digunakan yaitu *Kaldness* 1 (K1). Media ini terbuat dari bahan *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan berat jenis ± 0,95 g/cm^3 dan luas permukaan spesifik media adalah sekitar 500 m^2/m^3, cukup besar untuk tempat melekatnya mikroorganisme (Metcalf & Eddy, 2003).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) dengan tinggi 50 cm dan diameter 20 cm yang dilengkapi dengan *paddle wheel* berukuran diameter 12 cm dan lebar 1,2 cm. Media yang digunakan adalah *Kaldness* 1 (K1) sebagai *biocarrier, thomacytometer*, pH meter, *thermometer*, jerigen 30 liter.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *grey water* sebagai media suspensi untuk pertumbuhan mikroalga yang berasal dari Perumahan Bumi Miraj Riau, Kelurahan Simpang Baru. Mikroalga yang digunakan yaitu *Chlorella* sp. dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Material pendukung lain seperti akuades dan medium Dahril *Solution.*

2.2 Variabel Penelitian

2.2.1 Variabel Bebas

1. Volume pengisian media *Kaldness* 1(K1) : 0, 20, 40 dan 60% dari volume suspensi alga
2. Waktu reaksi : 60, 90 dan 120 menit.

2.2.2 Variabel Tetap

1. Dimensi SBBR dengan tinggi 50 cm dan diameter 20 cm (Metcalf & Eddy, 2003).
2. *Fill* 90 menit, *settle* 45 menit, *decanting* 45 menit, *idle* 120 menit dan dilakukan dengan empat siklus (Gerardi, 2010).
3. Konsentrasi suspensi alga dalam SBBR 25% (Zulfarina, 2013).
4. Kecepatan pengadukan 60 rpm (Noophan dkk, 2015).

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Preparasi Limbah Cair Domestik

Pada penelitian ini limbah cair domestik *grey water* yang digunakan berasal dari Perumahan Bumi Miraj Riau, Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Limbah cair domestik *grey water* diambil sebanyak 30 Liter sesuai SNI 6989-59-2008 dengan metode komposit waktu dan tempat.

2.3.2 Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp.

Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan hingga pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. berada pada fase eksponensial 1 × 10^6 sel/ml. Perhitungan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan setiap 24 jam menggunakan *thomacytometer.*

2.3.3 Aklimatisasi

Aklimatisasi dilakukan dalam dua tahap dengan volume kerja 4L. Tahap pertama dilakukan dengan mencampurkan 50% (2L) alga hasil kultivasi dan 50% (2L) limbah cair domestik *grey water* dengan penambahan media *biocarrier Kaldness* 1 (K1) yang akan digunakan pada percobaan utama ke dalam proses aklimatisasi. Mikroalga pada tahap pertama yang telah mencapai pertumbuhan eksponensial atau kepadatan sel mikroalga mencapai 1 × 10^6 sel/ml akan dilakukan tahap aklimatisasi dua. Tahap kedua dilakukan

dengan mencampurkan 75% (3L) kultur dari tahap aklimatisasi pertama dan 25% (1L) limbah cair domestik *grey water* dengan tetap melibatkan media *biocarrier Kaldness* 1 (K1). Aklimatisasi dilakukan hingga mikroalga berada pada fase pertumbuhan eksponensial atau kepadatan sel mikroalga mencapai 1×10^6 sel/ml.

2.3.4 Percobaan Utama

Pada percobaan utama volume kerja yang digunakan adalah 5 liter. Konsentrasi suspensi alga yang dimasukkan pada percobaan ini adalah tetap yaitu sebesar 25% dari volume kerja (1250 ml). Variasi volume pengisian media *biocarrier Kaldness* 1 (K1) sebesar 0, 20, 40 dan 60% dari volume suspensi alga. Berikut adalah uraian dari variasi penambahan media *biocarrier Kaldness* 1 *(*K1) yang digunakan pada percobaan ini.

a. Kontrol (3750 ml *grey water* + 1250 ml suspensi alga, tanpa penambahan media *biocarrier Kaldness* 1 (K1))
b. 20% media (3750 ml *grey water* + 1000 ml suspensi alga + 250 ml media *biocarrier Kaldness* 1 (K1))
c. 40% media (3750 ml *grey water* + 750 ml suspensi alga + 500 ml media *biocarrier Kaldness* 1 (K1))
d. 60% media (3750 ml *grey water* + 500 ml suspensi alga + 750 ml media *biocarrier Kaldness* 1 (K1))

Cara menghitung jumlah media *Kaldness* 1 (K1) yang terdapat di dalam masing-masing reaktor yaitu dengan menggunakan gelas kimia 1000 ml. Gelas kimia diisi air sebanyak 900 ml, lalu ditambahkan *Kaldness* 1 (K1) hingga volume air mencapai 1000 ml. Banyak media *Kaldness* 1 (K1) yang digunakan untuk kenaikan 100 ml air adalah 357 buah. Jumlah pengisian media dalam reaktor untuk 250 ml adalah 892 buah, jumlah pengisian media dalam reaktor untuk 500 ml adalah 1784 buah dan jumlah pengisian media dalam reaktor untuk 750 ml adalah 2676 buah.

2.4 Analisis dan Pengolahan Data

Penentuan volume pengisian media *Kaldness* 1 (K1) terbaik adalah dengan melihat efisiensi penyisihan parameter COD dan amonia pada waktu reaksi 60, 90 dan 120 menit. Analisis parameter dilakukan untuk mengetahui kadar parameter setelah dilakukan pengolahan yang mengacu pada SNI yang berlaku. Lebih jelasnya mengenai analisis masing-masing parameter pencemar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Analisis Parameter Pencemar

Analisis	Metode / Alat
Jumlah Sel	*Thomacytometer*
Amonia	SNI 06-6989.30-2005

Untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter uji di gunakan persamaan berikut:

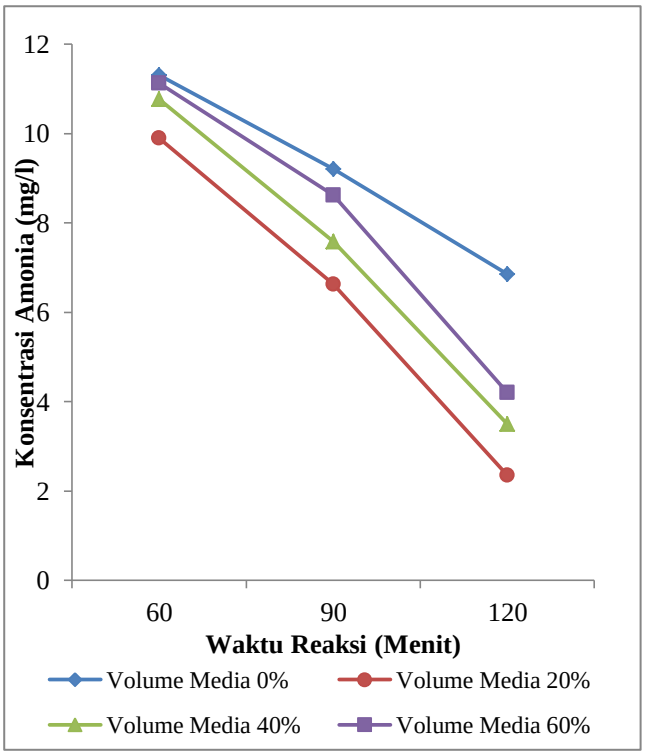
$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \text{x } 100\%$$

Dimana:
Cin = Konsentrasi influen (mg/l)
Cef = konsentrasi efluen (mg/l)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Volume Pengisian Media *Biocarrier* dan Waktu Reaksi Terhadap Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan NH_3

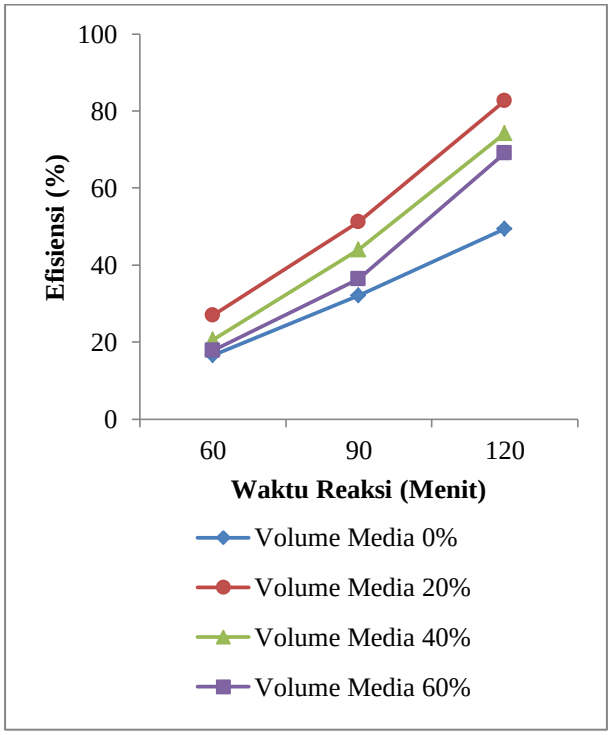
Amonia adalah salah satu kandungan pencemar yang ada di dalam *grey water*. Adapun hasil uji konsentrasi amonia selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Konsentrasi Amonia Selama Proses Pengolahan

Berdasarkan Gambar 1. Dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi amonia terbaik selama proses pengolahan terjadi pada waktu reaksi 120 menit untuk volume pengisian media 20% dengan nilai konsentrasi 2,35 mg/l. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi amonia sebesar 11,21 mg/l dari konsentrasi awal 13,56 mg/l. Konsentrasi amonia di setiap waktu reaksi dan volume pengisian media *biocarrier* sudah memenuhi baku mutu yaitu di bawah 10 mg/l.

Konsentrasi amonia pada penelitian ini berbanding lurus dengan lamanya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi, maka penyisihan amonia pun semakin tinggi. Semakin lama waktu reaksi, maka akan semakin lama pula kontak yang terjadi antara mikroalga dan limbah cair domestik. Hal ini didukung oleh penelitian Ozturk dkk (2018) dalam mengolah limbah pengolahan susu menggunakan *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) dengan waktu rekasi 22 jam dan efisiensi penyisihan amonia yang diperoleh 85,1%. Said dan Sya'bani (2014) menyatakan bahwa semakin pendek waktu kontak di dalam reaktor pengolahan, semakin rendah pula efisiensi pengolahan dalam penurunan kadar amonia. Waktu kontak yang pendek akan memengaruhi pengoptimalan degradasi senyawa amonia oleh mikroorganisme. Efisiensi penyisihan amonia pada setiap reaktor dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Penyisihan Amonia

Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa volume pengisian media 20% dengan waktu reaksi 120 menit menghasilkan penyisihan amonia terbaik dengan efisiensi 83%. Hal ini dikarenakan pada volume pengisian media *biocarrier* 20%, media bergerak seragam sehingga mikroalga yang melekat pada media *biocarrier* dapat mengkonsumsi lebih banyak bahan organik dan nutrient dibandingkan dengan volume pengisian media *biocarrier* 40 dan 60%. Pengisian media *biocarrier* 40 dan 60% menyebabkan pergerakan yang terjadi di dalam reaktor menjadi lebih lambat dan biomassa akan membentuk lapisan padat di

sekitar permukaan *biocarrier.* Menurut Shresta (2013), lapisan padat *biofilm* mikroalga dapat menghalangi cahaya, nutrisi dan bahan organik untuk berdifusi ke lapisan *biofilm* mikroalga terdalam.

Penyisihan amonia pada volume pengisian media *biocarrier* 0% menghasilkan efisiensi terendah untuk waktu reaksi 60 menit yaitu sebesar 17%. Angka ini lebih rendah dibandingkan efisiensi penyisihan amonia dengan perlakuan penambahan *biocarrier.* Rendahnya efisiensi penyisihan dikarenakan tidak adanya aktivitas penguraian pada *biofilm* mikroalga yang mendukung proses biakkan tersuspensi. Mikroalga yang membentuk *biofilm* akan menghasilkan EPS. EPS adalah zat ekstraselular yang mengandung protein, fosfolipid dan polisakarida. Menurut Salma dkk (2015), EPS pada *biofilm* mikroalga memiliki kemampuan untuk menyerap garam anorganik seperti nitrogen yang bersumber dari limbah sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga sekaligus dapat menurunkan konsentrasi parameter pencemar. Hal ini didukung oleh penelitian Zhuang dkk (2016) yang menyatakan bahwa EPS pada *biocarrier* dapat meningkatkan sintesis protein di dalam sel.

Penurunan amonia juga dapat dikaitkan dengan bertambahnya mikroalga yang berfotosintesis. Klorofil-a pada mikroalga menunjukkan terjadinya proses fotosintesis dengan bantuan CO_2, H_2O, serta sinar matahari untuk menghasilkan energi. Energi ini digunakan untuk biosintesis sel, pertumbuhan dan pertambahan sel, bergerak atau berpindah dan bereproduksi. Adapun proses fotosintesis alga yaitu (Hadiyanto dan Maulana, 2012) :

$$NH_3 + 7{,}62CO_2 + 2{,}53H_2O \xrightarrow{\text{Matahari}} C_{7{,}62}H_{8{,}06}O\,2{,}53N + 7{,}62O_2 \quad \text{.....(1)}$$

Hara — Alga — Sel alga baru

Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis dapat digunakan oleh bakteri pada air limbah untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel-sel baru, sedangkan CO_2 yang dihasilkan oleh bakteri digunakan oleh mikroalga sebagai sumber karbon. Peningkatan jumlah sel mikroalga diindikasikan oleh adanya pemanfaatan nitrogen sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga sehingga kandungan amonia dalam limbah semakin menurun.

4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan NH_3 pada *grey water* terbaik menggunakan SBBR terjadi pada kondisi volume pengisian media *biocarrier* 20% dan waktu reaksi 120 menit dengan efisiensi penyisihan yaitu 83% dan konsentrasi akhir yaitu 2,35 mg/l yang telah memenuhi standar baku mutu.

5. DAFTAR PUSTAKA

Eddy. (2008). Karakteristik Limbah Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol.2, No.2, p.20.

Gerardi, H. Michael. (2010). *Troubleshooting the Sequencing Batch Reactor*. Singapore: A John Wiley & Sons, Inc., Publication.

Hadiyanto & Azim, Maulana. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Edisi pertama. Semarang: UPT UNIP Press.

Kawaroe, M. P., Tri., S. D., Wulan., & A. Dina. (2010). *Fatty Acid Content of Indonesian Aquatic Microalgae*. Hayati 17 (4), 196 – 200.

Larsdotter, Karin. (2006). Microalgae for phosphorus removal from wastewater in a Nordic climate. *A doctoral thesis from the School of Biotechnology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden*. ISBN: 91-7178-288-5.

M. Makowska, E. & Maciejewska. (2016). Effect of Aeration Time on the Operation of SBR and SBBR Reactor.

Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus 15 (2), 105–116.

Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*. USA: McGraw-Hill, Inc.

Muttamara, S. (1996). Wastewater Characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 16, 145–159.

Nakayama, R. (1992). *Scientific Reports on Chlorella in Japan*. Silpaque Publishing, Inc. Kyoto. Japan.

Noophan, Pongsak., Boonyawat, Tippawan., & Saengsuwan, Saengdao., Larpkiattaworn, Siriporn. (2015). Mixing Intensity of Attached Growth on Enriched Anammox Cultures. *Environment Asia*. 8 (1), 34-40.

Nugroho, F.L., Afiatun, E., & Kusumawardhani, D. (2004), *Perbandingan Kinerja antara SBR (Sequencing Batch Reactor) dan BUT (Bioreactor Unggun Tetap) dalam Penyisihan Zat Warna Tekstil CIRO 16 dan COD*, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pasundan.

Ozturk, Arzu., Aygun, Ahmed., & Nas, Bilgehan. (2018). Application of Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) in Dairy Wastewater Treatment. *Korean J. Chem. Eng*. 36 (2), 248-254.

Rusten, B. B., Eikebrokk, Y. U., & E. Lygren. (2006). Design and Operations of the Kaldnes Moving Bed Biofilm Reactors. *Aquacultural Engineering* 34. 322- 331.

Said, Nusa Idaman., & Sya'bani, Muhammad Rizki. (2014). "Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving." *Jurnal Air Indonesia* 7(1).

Salma, Y., Chennaoui, M., Sylla, A., Mountadar, M., Rihani, M., & Assobhei, O. (2015). Characterization, Structure, and Function of Extracelullar Polymeric Substances (EPS) of Microbial Biofilm in Biological Wastewater Treatment Systems: A Review. *Journal of Desalination and Water Treatment*, 1-18.

Shrestha, R., Ranabhat S.R., & Tiwari M. (2013). Histopathologic Analysis of Appendectomy Specimens. *Journal of Pathology of Nepal*. 2, pp: 215-219.

Sugiharto. (2000). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia, UI Press, Jakarta: 8-12, 27-31.

Supradata. (2005). *Pengolahan Limbah Menggunakan Tanaman Rumput Hias (Cyperus alterifolius L) dengan sistem Aliran Bawah Permukaan*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

Zhuang, L. L., Azimi, Y., Yu, D., Wang, W. L., Wu, Y. H., Dao, G. H., & Hu, H. Y. (2016). Enhanced Attached Growth of Microalgae *Scenedesmus*. LXI Through Ambient Bacterial Pre-Coating Of Cotton Fiber Carriers. *Journal of Bioresource Technology*, 1-31

Zulfarina., S.I., & Putri, H. (2013). Potential Utilization of Algae Chlorella Pyrenoidosa for Rubber Waste Management. *Journal of Technology*. 1(3).