

Evaluasi Perbandingan Kinerja *Attached Culture* Bioreaktor dan *Hybrid Membran* Bioreaktor dalam Mendegradasi Air Limbah

Asyhar Sururi Juniawan^{1*}, Wiratni Budhijanto², dan Lisendra Marbelia^{2*}

¹Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

*E-mail: asyharsururijuniawan@mail.ugm.ac.id; lisendra.m@ugm.ac.id

Abstract

Restaurant wastewater is categorized as grey wastewater, which is low strength wastewater with a chemical oxygen demand (COD) concentration of <1,000 mg/L. Therefore, further treatment is necessary before it is discharged into the environment. This study focused on comparing the performance of an attached culture bioreactor and a Hybrid Membrane Bioreactor (HMBR) in degrading restaurant wastewater. The bioreactors used a mesh filter support media of 70-80 μm . The bioreactors were operated with COD feed concentration 600 ppm and HRT 13 hour, with artificial grey water waste feed consisting of sugar, urea, KH_2PO_4 , and tapioca flour. The %COD removal achieved by the attached culture bioreactor and HMBR was 90,48% – 90,95% and 96,28% – 96,79%, the turbidity out achieved by the attached culture bioreactor and HMBR was 57,42 – 60,25NTU and 4,95 – 5,62NTU, MLSS value reached 2,36 – 2,86ppm and 2,36 – 2,86ppm. The conclusion of this research shows that the HMBR has relatively better performance than the attached culture bioreactor.

Keywords: HMBR; attached culture; COD; turbidity; MLSS

Pendahuluan

Grey water merupakan salah satu limbah yang berasal dari berbagai aktivitas rumah tangga, berupa limbah cair maupun padat disebut sebagai limbah domestik. Limbah domestik sehari-hari memiliki berbagai kandungan zat organik dan senyawa mineral yang bersumber dari air bekas cucian peralatan dapur, wastafel cuci tangan, dan tidak termasuk toilet dan urinal (Tusiime et al., 2022). Grey water tergolong *low-strength wastewater* dengan COD hingga 1000 mg/L. Secara rinci grey water mengandung bahan organik/anorganik partikulat terlarut, surfaktan, patogen mikropolutan dan logam berat (Wu, 2019). Limbah tersebut pada umumnya dibuang pada saluran atau badan air tanpa diolah terlebih dahulu, tidak memperhatikan bahaya dan dampak yang ditimbulkan. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan limbah domestik lebih lanjut untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan. Terdapat beberapa metode pengolahan limbah cair yang telah banyak dilakukan diantaranya melalui metode fisik, biologi, dan kimia. Dari ketiga metode tersebut, proses biologis dinyatakan sebagai metode yang paling murah dan ramah lingkungan (Eslami et al., 2018).

Pengolahan limbah *greywater* secara konvensional dengan proses biologis adalah metode lumpur aktif (Dakshayani et al., 2019). Sistem lumpur aktif dengan metode *attached culture* disebut *attached culture* bioreaktor adalah salah satu proses lumpur aktif termodifikasi yang populer untuk meningkatkan populasi mikroba dan mempercepat biodegradasi senyawa organik dengan menambahkan media imobilisasi ke bioreaktor tersuspensi (Eslami et al., 2018). Pengolah air limbah *greywater* dengan metode lumpur aktif menunjukkan efisiensi penyisihan bahan organik yang tinggi, namun sangat sensitif terhadap gangguan eksternal yang bersifat fisik atau kimia seperti menghasilkan konsentrasi padatan tersuspensi dan yang tinggi dalam limbah, sehingga mengurangi jumlah bakteri dalam bioreaktor (Kitanou et al., 2018). Oleh karena itu salah satu teknologi terbaru untuk pengolahan air limbah *greywater* adalah HMBR (*Hybrid Membran Bioreactor*). HMBR bekerja dengan memanfaatkan media lekat berpori. Bahan yang digunakan, adalah *mesh filter* dengan pori-pori 10-200 μm . *mesh filter* memiliki peran ganda sebagai filter yang menahan partikulat tersuspensi dan material pendukung pertumbuhan bakteri membentuk biofilm, lapisan biofilm secara simultan mendegradasi polutan pada air limbah (Kumar Khuntia et al., 2019).

Penelitian ini dirancang secara sistematis mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja bioreaktor dengan metode *attached culture* untuk imobilisasi bakteri dalam mengolah air limbah *greywater*, diharapkan efluen yang dihasilkan dapat mencapai kualitas air yang sesuai baku mutu air kelas IV, sehingga layak dibuang ke badan lingkungan.

Metode Penelitian

Bahan

Subtrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah *greywater* sintesis. Kandungan limbah disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan limbah *greywater* sintesis dan konsentrasi kandungan organik

Kandungan Limbah Sintesis	Konsentrasi Kandungan Organik (mg/L)
Urea	24
Gula	24
KH_2PO_4	36
Tepung Tapioka	360

Inokulum

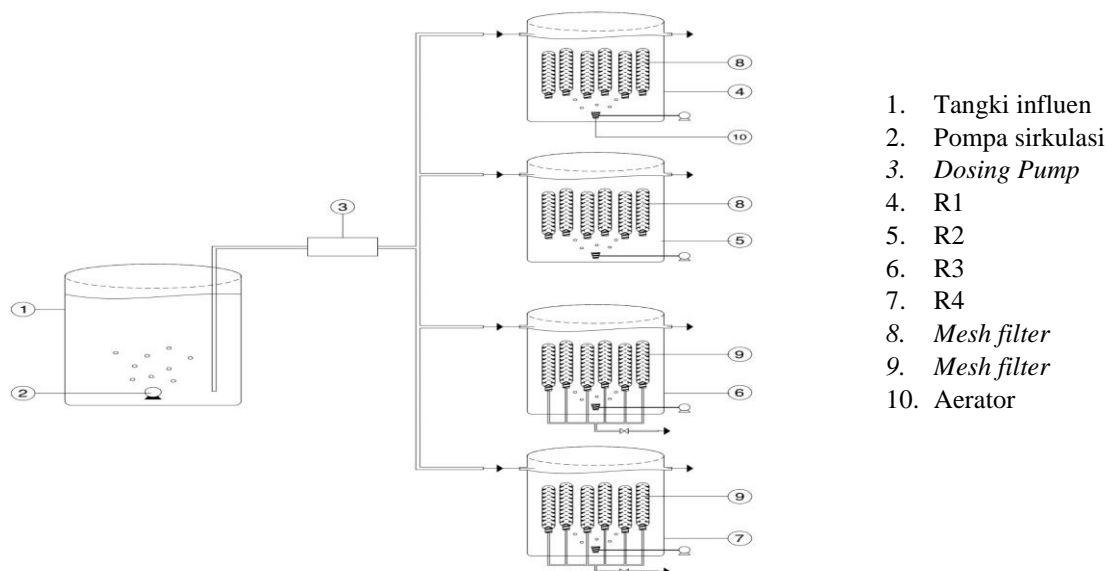
Inokulum yang digunakan untuk kultivasi adalah bibit mikroorganisme yang berasal dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Portable Kali Code yang terdapat di Kelurahan Cokrodingratan, Kecamatan Jetis, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Bahan Uji Analisis

Parameter COD influen dan efluen dianalisis mengikuti metode refluks tertutup dengan kolorimetri, dengan menggunakan bahan kimia yaitu akuades, H_2SO_4 95-97% p.a (Merck), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ p.a (EMSURE), HgSO_4 p.a (EMSURE) dan Ag_2SO_4 p.a (Merck). Parameter Turbiditas influen dan efluen dianalisis menggunakan *turbidity* meter SG-200BS. Parameter MLSS dianalisis sesuai dengan Standar Nasional Indonesia(2004) secara gravimetrik.

Alat

Secara umum, rangkaian alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua *attached culture* bioreaktor (R1 dan R2), dan dua HMBR (R3 dan R4), bioreaktor berkapasitas 8 L, dilengkapi sistem aerasi dan *nylon mesh filter* 80 μm sebagai *support media*. Air limbah sintesis *greywater* dengan konsentrasi 600 ppm diisikan ke dalam tangki umpan, kemudian air limbah dialirkan secara paralel dengan *dosing pump* ke masing-masing bioreaktor secara kontinyu. Debit umpan diatur sesuai dengan HRT yang akan dioperasikan yaitu 6 jam.



Gambar 1. Rangkaian Alat Bioreaktor

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada COD limbah masuk 600 ppm dan HRT 13 jam. Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa performa reaktor HMBR relatif lebih baik dibandingkan dengan reaktor *attached culture*. Dengan nilai COD *removal* (96,28 – 96,79) %, COD (20,33 – 23,58) ppm, Turbiditas (4,95 – 5,62), dan MLSS (2,4 – 2,74) ppm. Hal ini disebabkan karena lapisan biofilm pada HMBR membentuk *dynamic membrane filter (DM)* (Ding et al., 2017). Lapisan DM memiliki peran ganda yang berfungsi mendegradasi limbah secara biologis, dan filtrasi partikel lebih besar dari pori-pori membran. Lapisan DM terdiri dari 2 lapisan, yaitu lapisan *cake* dan lapisan gel. Lapisan gel berperan penting dalam menciptakan permukaan awal untuk akumulasi lapisan *cake* serta penolakan dari partikel halus. Sedangkan lapisan *cake* berfungsi meningkatkan kualitas efluen dengan

menghambat flok kasar dan mencegah lapisan gel berinteraksi langsung dengan partikel besar (Mohan & Nagalakshmi, 2020). Sedangkan reaktor *attached culture*, bakteri akan membentuk biofilm sesuai luas permukaan media, fungsi biofilm sebagai retensi bakteri terhadap penetrasi molekul beracun, memungkinkan sel untuk tetap berada di media lekat yang kaya nutrisi, dan meningkatkan kesempatan untuk bertahan hidup sehingga mengurangi terjadinya *wash out* (Valipour et al., 2014).

Tabel 2. Perbandingan performa reaktor *attached culture* dan HMBR

Parameter	<i>Attached Culture</i>	HMBR
COD removal, %	90,48 – 90,95	96,28 – 96,79
COD efluen, ppm	57,42 – 60,25	20,33 – 23,58
Turbiditas, NTU	18,93 – 21,06	4,95 – 5,62
MLSS, ppm	2,36 – 2,86	2,4 – 2,74

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor HMBR memiliki performa relatif lebih baik daripada reaktor *attached culture* yang dievaluasi dengan parameter: COD removal, COD efluen, turbiditas, dan MLSS. Dengan nilai COD removal (96,28 – 96,79) %, COD out (20,33 – 23,58) ppm, Turbiditas out (4,95 – 5,62), dan MLSS (2,4 – 2,74) ppm.

Daftar Pustaka

- Dakshayani, T. R., Swaraj, S. M., & Vetrivel, N. (2019). *Treatment of Domestic Wastewaters Using Activated Sludge Process - A Case Study*. 5(8), 45–48.
- Ding, A., Liang, H., Li, G., Szivak, I., Traber, J., & Pronk, W. (2017). A low energy gravity-driven membrane bioreactor system for grey water treatment: Permeability and removal performance of organics. *Journal of Membrane Science*, 542(August), 408–417. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.08.037>
- Eslami, H., Ehrampoush, M. H., Falahzadeh, H., Hematabadi, P. T., Khosravi, R., Dalvand, A., Esmaeili, A., Taghavi, M., & Ebrahimi, A. A. (2018). Biodegradation and nutrients removal from greywater by an integrated fixed-film activated sludge (IFAS) in different organic loadings rates. *AMB Express*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0532-9>
- Kitanou, S., Tahri, M., Bachiri, B., Mahi, M., Hafsi, M., Taky, M., & Elmidaoui, A. (2018). Comparative study of membrane bioreactor (MBR) and activated sludge processes in the treatment of Moroccan domestic wastewater. *Water Science and Technology*, 78(5), 1129–1136. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.384>
- Kumar Khuntia, H., Hameed, S., Janardhana, N., & Chanakya, H. (2019). Greywater treatment in aerobic bio-reactor with macropore mesh filters. *Journal of Water Process Engineering*, 28(December 2018), 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.013>
- Mohan, S. M., & Nagalakshmi, S. (2020). A review on aerobic self-forming dynamic membrane bioreactor: Formation, performance, fouling and cleaning. *Journal of Water Process Engineering*, 37(May), 101541. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101541>
- Tusiime, A., Solihu, H., Sekasi, J., & Mutanda, H. E. (2022). Performance of lab-scale filtration system for grey water treatment and reuse. *Environmental Challenges*, 9(October), 100641. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100641>
- Valipour, A., Taghvaei, S. M., Raman, V. K., Gholikandi, G. B., Jamshidi, S., & Hamnabard, N. (2014). An approach on attached growth process for domestic wastewater treatment. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(1), 145–152. <https://doi.org/10.30638/eemj.2014.018>
- Wu, B. (2019). Science of the Total Environment Membrane-based technology in greywater reclamation : A review. *Science of the Total Environment*, 656, 184–200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.347>