

EFFECT OF BOTTLE CAP SHAPE AS AEROBIC BIOFILTER MEDIA TO TREAT SHRIMP COLD STORAGE WASTEWATER

Arlini Dyah Radityaningrum^{*}, Siti Rukmana, Ro'du Dhuha Afrianisa

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim 100, Surabaya, 60117, Indonesia

^{*}E-mail corresponding author: dyah@itats.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received: 16-12-2020 Received in revised form: 09-02-2021 Accepted: 07-04-2021 Published: 13-04-2021	<i>Shrimp cold storage industry produces wastewater with BOD₅ and COD concentration which do not comply with Regulation of East Java Governor, 72, 2013 yet. Concentrations of BOD₅ and COD are 411 mg/L dan 1580,6 mg/L. Aerobic biofilter is an alternative treatment to remove BOD₅ and COD concentration of shrimp cold storage industry wastewater. The aim of research was to investigate the effect of bottle cap shape as biofilter media to remove BOD₅ and COD concentration of shrimp cold storage industry wastewater. The research was conducted within laboratory scale based using batch aerobic biofilter reactor. The bottle cap media was shaped as perforated and non-perforated. The result showed that perforated bottle cap media removed BOD₅ and COD concentration higher than that of non-perforated. There was no significant effect of bottle cap shape as biofilter media to remove BOD₅ and COD concentration. BOD₅ and COD concentrations of effluent were 68,2 mg/L and 175,6 mg/L for perforated bottle cap media, while 75 mg/L and 208,2 mg/L for non-perforated bottle cap media. The concentration of BOD₅ and COD were complied with Regulation of East Java Governor, 72, 2013.</i>
Keywords: Biofilter Bottle cap shape Media Shrimp cold storage Wastewater	

PENGARUH BENTUK TUTUP BOTOL SEBAGAI MEDIA BIOFILTER AEROBIK DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENYIMPANAN UDANG

Abstrak- Industri penyimpanan udang menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi BOD₅ dan COD yang belum memenuhi Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Konsentrasi BOD₅ dan COD adalah 411 mg/L dan 1580,6 mg/L. Biofilter aerobik merupakan alternatif pengolahan limbah cair industri penyimpanan udang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh bentuk tutup botol sebagai media biofilter aerobik dalam menurunkan konsentrasi BOD₅ dan COD pada limbah cair industri penyimpanan udang. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan reaktor biofilter aerobik yang beroperasi secara batch. Variasi bentuk media yang digunakan adalah bentuk media tutup botol berlubang dan tidak berlubang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk media berlubang memberikan efisiensi penurunan konsentrasi BOD₅ dan COD lebih tinggi daripada media tidak berlubang. Bentuk media berlubang maupun tidak berlubang tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi BOD₅ dan COD pada efluen biofilter aerobik. Konsentrasi BOD₅ dan COD efluen biofilter aerobik adalah 68,2 mg/L dan 175,6 mg/L dengan media berlubang, serta 75 mg/L dan 208,2 mg/L dengan media tidak berlubang. Konsentrasi BOD₅ dan COD telah memenuhi baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

Kata kunci : bentuk tutup botol, biofilter, media, penyimpanan udang, limbah cair.

PENDAHULUAN

Industri penyimpanan udang merupakan industri yang menyimpan dan mengolah bahan baku udang. Limbah cair yang dihasilkan dari

industri penyimpanan udang memiliki konsentrasi bahan organik yang tinggi (Sari, 2005). Konsentrasi BOD₅ dan COD limbah cair yang dihasilkan melebihi baku mutu yang disyaratkan dalam

Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 (Sari, 2005; Sjafai, 2002). Pengolahan limbah cair dengan konsentrasi bahan organik yang tinggi dapat dilakukan melalui proses biologi dengan menggunakan biofilter aerobik (Cheremisinoff, 1996). Faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses biologi pada pengolahan limbah cair adalah bahan organik sebagai substrat, oksigen sebagai elektron penerima dan media pengolahan (Metcalf dan Eddy, 2003). Pertumbuhan mikroorganisme yang terjadi dalam biofilter merupakan pertumbuhan terlekat pada media biofilter. Proses pertumbuhan mikroorganisme pada media biofilter menentukan proses penyisihan konsentrasi bahan organik pada limbah cair (Chaudhary *et al.*, 2003). Keberhasilan proses biologi pada biofilter untuk mengolah limbah cair ditentukan oleh penggunaan media biofilter yang tepat (Dahab, 1982).

Media biofilter dapat berupa kerikil, pecahan batu, tanah gambut, karbon aktif maupun bahan dari plastik (Nurcahyani, 2006). Penggunaan media biofilter yang berbeda menghasilkan perbedaan terhadap penyisihan konsentrasi bahan organik dalam limbah cair. Efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ dan COD yang dihasilkan pada pengolahan limbah rumah makan menggunakan biofilter dengan media kerikil adalah 94,83% dan 92,95% (Zahra *et al.*, 2015). Menurut Purnaningtias *et al.* (2015), biofilter aerobik dengan botol plastik sebagai media, mampu mengolah limbah cair laboratorium dengan efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ sebesar 75% dan COD sebesar 87%. Pengolahan limbah *grey water* menggunakan biofilter anaerob dengan media dari botol berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dapat menyisihkan konsentrasi BOD₅ dan COD sebesar 79% dan 57% (Radityaningrum dan Kusuma, 2017). Selain itu, media biofilter anaerob-aerob dari bahan plastik dengan bentuk sarang tawon untuk pengolahan limbah rumah sakit, mampu menyisihkan konsentrasi BOD₅ 99,3% dan COD sebesar 98,6% (Said dan Idaman, 2005).

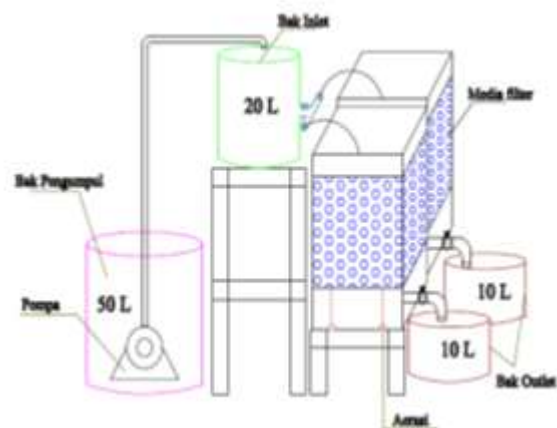
Tutup botol bekas yang berbahan plastik memiliki potensi untuk digunakan sebagai media biofilter. Jenis polimer tutup botol bekas adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). Karakteristik HDPE adalah kuat, keras serta tahan terhadap abrasi, pelapukan dan suhu tinggi (Crawford dan Quinn, 2017). Media biofilter dengan karakteristik bahan yang tahan terhadap abrasi dan pelapukan merupakan tempat yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam biofilter (Hastuti *et al.*, 2014). Kelebihan sifat polimer HDPE yang sesuai untuk media pertumbuhan mikroorganisme, menunjukkan bahwa tutup botol bekas berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai media biofilter. Selain itu, penggunaan tutup botol sebagai media biofilter dalam pengolahan limbah cair dapat

meminimumkan biaya operasional dan perawatan biofilter untuk penggantian media.

Luas permukaan media yang ditentukan berdasarkan bentuk media merupakan faktor yang mempengaruhi proses pertumbuhan mikroorganisme pada proses biofilter (Show dan Tay, 1999). Selain itu, rongga yang terbentuk antar media maupun dalam media mempengaruhi distribusi bahan organik dalam limbah cair dan suplai oksigen (Cheremisinoff, 1996). Bentuk media yang memberikan luas permukaan dan rongga yang besar menghasilkan penyisihan konsentrasi bahan organik yang lebih baik dalam proses biofilter (Hastuti *et al.*, 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Radityaningrum dan Kusuma (2017), menunjukkan bahwa penyisihan konsentrasi COD dan BOD₅ pada anaerobik biofilter dengan media berbentuk bunga lebih tinggi daripada media berbentuk sarang tawon. Tutup botol bekas yang digunakan sebagai media biofilter dapat dibentuk dengan berlubang dan tanpa berlubang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh bentuk tutup botol sebagai media biofilter aerobik dalam menurunkan konsentrasi BOD₅ dan COD pada limbah cair industri penyimpanan udang.

METODE PENELITIAN

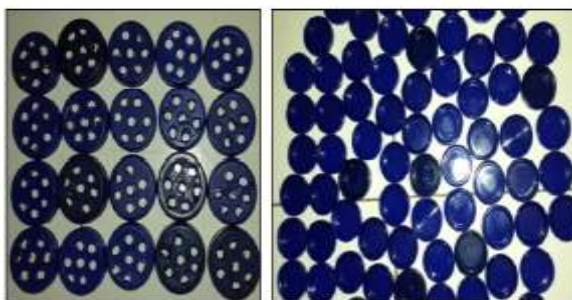
Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium menggunakan reaktor biofilter aerobik yang beroperasi secara *batch*. Gambar 1 menunjukkan reaktor biofilter aerobik skala laboratorium yang beroperasi secara *batch*.



Gambar 1. Reaktor biofilter aerobik

Reaktor yang digunakan (Gambar 1) terbuat dari kaca dan memiliki panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 52 cm. Parameter yang diamati adalah konsentrasi BOD₅ dan COD, pH dan suhu.

Variabel bebas yang digunakan adalah bentuk media tutup botol berlubang dan tidak berlubang, yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Media berlubang dan tidak berlubang pada reaktor biofilter aerobik.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas dan Rekayasa Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), selama 37 hari. Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah cair industri penyimpanan udang. Uji karakteristik awal limbah cair industri penyimpanan udang terhadap parameter konsentrasi BOD₅ dan COD, pH dan suhu dilakukan sebelum tahap penumbuhan mikroorganisme.

Pelaksanaan penelitian terdiri atas tahap penumbuhan mikroorganisme selama 2 hari, aklimatisasi selama 28 hari dan pengolahan limbah cair selama 7 hari. Pada tahap penumbuhan mikroorganisme dan aklimatisasi dilakukan penambahan bibit mikroorganisme yang diambil dari lumpur aktif pada unit *oxidation ditch* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. SIER Surabaya. Perbandingan bibit mikroorganisme dan limbah cair industri penyimpanan udang yang ditambahkan saat tahap penumbuhan mikroorganisme dan aklimatisasi adalah 20%:80% hingga 0%:100%. Saat tahap penumbuhan mikroorganisme, bibit mikroorganisme dikondisikan dengan penambahan nutrisi berupa glukosa sebesar 25 gr pada hari ke-1 dan 50 gr pada hari ke-2. Pertumbuhan mikroorganisme dalam proses biofilter aerobik dapat dilihat pada tahap aklimatisasi, dimana terbentuk lapisan lendir pada media biofilter. Pada tahap pengolahan limbah cair tidak dilakukan penambahan bibit mikroorganisme maupun nutrisi glukosa ke dalam reaktor aerobik biofilter. Limbah cair industri penyimpanan udang ditambahkan 100% pada saat tahap pengolahan limbah cair. Pengamatan konsentrasi BOD₅ dan COD, pH, suhu dilakukan pada tahap pengolahan limbah cair, pada hari ke-1, ke-3, ke-5 dan ke-7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair industri penyimpanan udang memiliki karakteristik awal yang tercantum dalam Tabel 1.

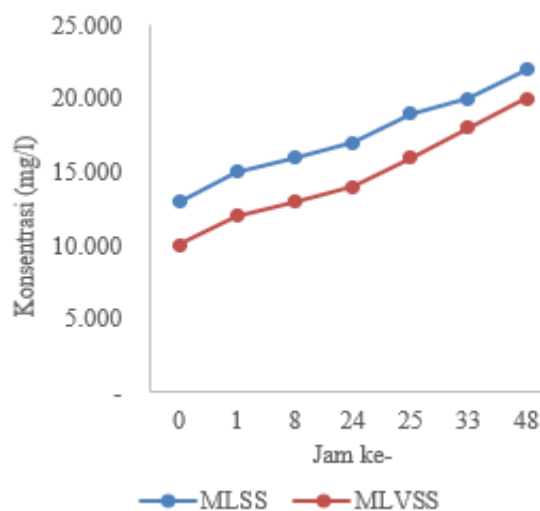
Tabel 1. Karakteristik awal limbah cair industri penyimpanan udang

Parameter	Hasil uji	Baku mutu *)
BOD ₅ (mg/L)	411	100
COD (mg/L)	1580,6	200
pH	7,8	6-9
Suhu (°C)	27	30

Keterangan: *) Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013

Berdasarkan hasil uji karakteristik awal, limbah cair industri penyimpanan udang, mengandung konsentrasi BOD₅ dan COD yang melebihi baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Bahan baku udang yang diproses pada industri penyimpanan udang mengakibatkan tingginya konsentrasi BOD dalam limbah yang dihasilkan. Selain itu, limbah cair industri penyimpanan udang memiliki konsentrasi COD yang tinggi, diduga karena adanya bahan kimia klorin yang digunakan pada proses pencucian alat produksi.

Tahap penumbuhan mikroorganisme pada reaktor merupakan tahap awal penelitian. Pengamatan terhadap konsentrasi MLSS dan MLVSS dilakukan selama 2 hari untuk melihat pertumbuhan mikroorganisme. Konsentrasi MLSS dan MLVSS pada tahap penumbuhan mikroorganisme tercantum dalam Gambar 3.

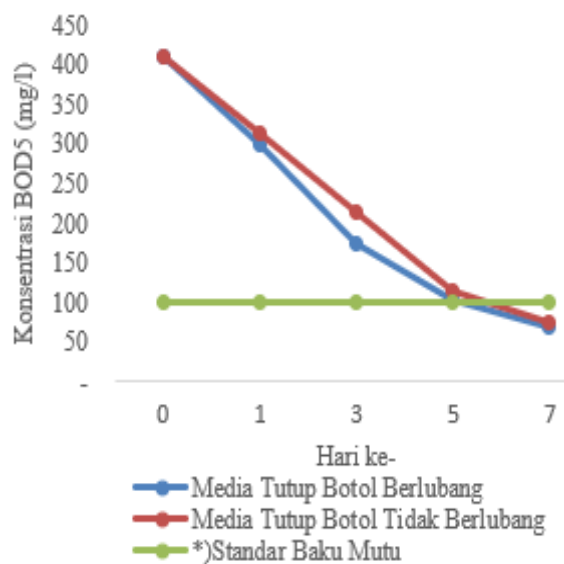


Gambar 3. Konsentrasi MLSS dan MLVSS pada tahap penumbuhan mikroorganisme

Konsentrasi MLSS menunjukkan banyaknya lumpur yang terbentuk dalam proses biofilter aerobik pada pengolahan limbah cair industri penyimpanan udang. Sedangkan konsentrasi MLVSS menunjukkan biomassa yang terdapat dalam lumpur. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terdapat pertumbuhan mikroorganisme dalam proses biofilter aerobik. Konsentrasi MLSS dan MLVSS mengalami kenaikan pada saat

pengamatan. Mikroorganisme mulai melakukan metabolisme menggunakan bahan organik pada lumpur dan nutrisi yang ditambahkan.

Tahap aklimatisasi merupakan penyesuaian mikroorganisme dengan lingkungan baru yang terbentuk dari limbah cair industri penyimpanan udang. Proses melekatnya mikroorganisme pada tutup botol sebagai media dalam reaktor biofilter aerobik terjadi pada tahap aklimatisasi. Pertumbuhan mikroorganisme yang melekat semakin bertambah sampai terbentuk biofilm. Tahap aklimatisasi dihentikan ketika sudah mulai terbentuk biofilm. Tahap selanjutnya adalah pengolahan limbah cair pada reaktor biofilter aerobik secara *batch*. Limbah cair industri penyimpanan udang ditambahkan 100% pada tahap pengolahan limbah cair. Hasil pengamatan terhadap parameter konsentrasi BOD₅ dan COD, pH dan suhu terdapat dalam Gambar 4 – Gambar 7.

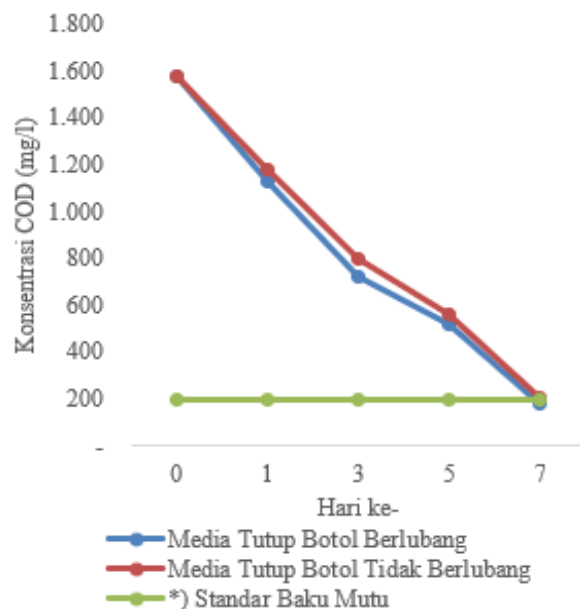


Gambar 4. Konsentrasi BOD₅ pada tahap pengolahan limbah cair

Gambar 4 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD₅ mengalami penurunan pada tahap pengolahan limbah menggunakan biofilter aerobik. Efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ yang dihasilkan pada reaktor biofilter aerobik dengan media tutup botol berlubang dan tidak berlubang adalah 83% dan 81%. Efluen pengolahan memiliki konsentrasi BOD₅ 68,2 mg/L untuk pengolahan dengan media tutup botol berlubang, dan 75 mg/L dengan media tutup botol tidak berlubang.

Pembentukan biofilm mempengaruhi proses penyisihan bahan organik dalam limbah (Chaudhary *et al.*, 2003). Luas permukaan media biofilter dan volume rongga mempengaruhi proses pembentukan biofilm (Show dan Tay, 1999). Media

tutup botol berlubang memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada media tutup botol tidak berlubang, sehingga berpotensi sebagai tempat melekatnya biofilm. Selain itu, volume rongga yang terbentuk pada media tutup botol berlubang lebih besar daripada media tutup botol tidak berlubang. Semakin besar volume rongga yang terbentuk pada media biofilter aerobik, mempermudah distribusi limbah cair dan oksigen dalam reaktor. Suplai limbah cair dan oksigen yang cukup mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan membentuk lapisan biofilm. Bahan organik dalam limbah cair merupakan sumber karbon bagi mikroorganisme dalam pertumbuhannya, sedangkan oksigen berperan sebagai penerima elektron yang dilepaskan oleh mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik (Cheremissinoff, 1996).

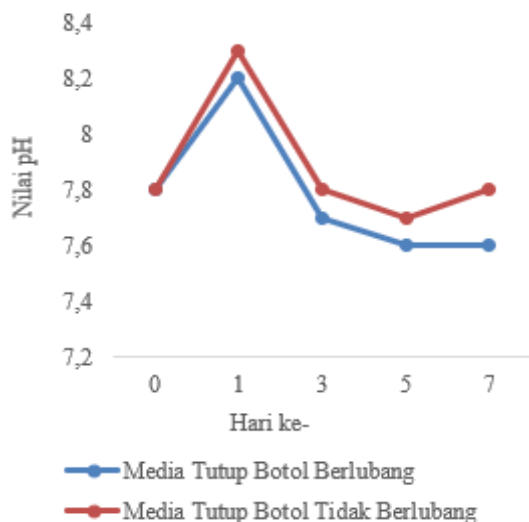


Gambar 5. Konsentrasi COD pada tahap pengolahan limbah cair

Pengolahan dengan biofilter aerobik menghasilkan penyisihan konsentrasi COD sebesar 89% untuk media tutup botol berlubang dan 87% untuk media tutup botol tidak berlubang. Gambar 5 menunjukkan bahwa konsentrasi COD dalam efluen adalah 175,6 mg/L untuk pengolahan dengan media tutup botol berlubang dan 208,2 mg/L dengan media tutup botol tidak berlubang. Penyisihan konsentrasi BOD₅ pada tahap pengolahan limbah cair diikuti dengan penyisihan COD. Media tutup botol berlubang memiliki luas permukaan dan volume rongga yang lebih besar daripada media tutup botol tidak berlubang. Hal ini menyebabkan tersedianya tempat perlekatan mikroorganisme yang lebih luas serta distribusi

suplai bahan organik dan oksigen yang lebih merata. Mikroorganisme yang memperoleh suplai substrat dan oksigen dalam jumlah yang cukup mampu tumbuh dengan cepat dan membentuk biofilm (Cheremissinoff, 1996).

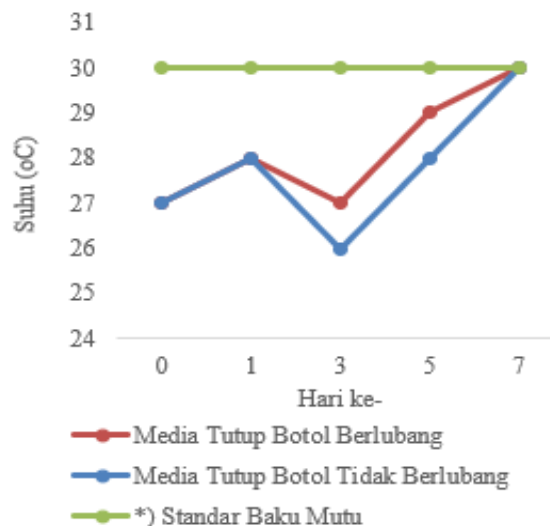
Kondisi pH merupakan salah satu kondisi lingkungan yang mempengaruhi proses pertumbuhan mikroorganisme. Nilai pH pada hari ke-1, ke-3, ke-5 dan ke-7 ditunjukkan dalam Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Nilai pH pada tahap pengolahan limbah cair

Nilai pH pada saat pengamatan mengalami perubahan, karena adanya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik dalam limbah cair. Perubahan nilai pH pada tahap pengolahan limbah cair tidak fluktuatif, dan masih berada pada kisaran nilai pH optimum, yaitu 6-8. Nilai pH optimum mendukung proses pertumbuhan mikroorganisme pada proses pengolahan biologis dengan biofilter aerobik (Ratnawati *et al.*, 2016). Hal ini mengakibatkan mikroorganisme mudah tumbuh dan membentuk biofilm. Nilai pH yang terjadi pada tahap pengolahan limbah cair menggunakan biofilter aerobik dengan media tutup botol berlubang dan tidak berlubang masih berada pada rentang pH optimum. Bentuk media berlubang maupun tidak berlubang tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai pH pada tahap pengolahan limbah cair.

Selain nilai pH, kondisi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam biofilter aerobik adalah suhu. Suhu yang mendukung proses pertumbuhan mikroorganisme adalah pada kisaran 20-45°C (Ratnawati *et al.*, 2011). Kondisi suhu pada saat pengamatan dalam dilihat dalam Gambar 7.



Gambar 7. Suhu pada tahap pengolahan limbah cair

Berdasarkan Gambar 7, suhu saat pengamatan mengalami fluktuasi, namun masih berada pada kisaran 27-30°C. Suhu pada tahap pengolahan limbah cair cenderung mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan oleh adanya proses penguraian bahan organik dalam limbah cair. Menurut Bernal *et al.* (2009), proses penguraian bahan organik sebagai substrat oleh mikroorganisme menghasilkan energi untuk pertumbuhan sel dan aktivitas mikroorganisme. Energi yang dihasilkan dalam proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme mengakibatkan kenaikan suhu dalam proses pengolahan limbah cair (Bernal *et al.*, 2009). Kecenderungan suhu yang terjadi pada tahap pengolahan limbah cair dalam proses biofilter aerobik dengan media tutup botol berlubang maupun tidak berlubang adalah sama. Kedua jenis media yang digunakan menghasilkan kenaikan suhu pada proses pengolahan.

Bentuk media yang digunakan pada pengolahan biofilter aerobik mempengaruhi efisiensi penyisihan konsentrasi bahan organik dalam limbah cair (Hastuti *et al.*, 2014). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dari bentuk media tutup botol berlubang dan tidak berlubang. Hal ini disebabkan perbedaan luas permukaan dan volume rongga yang terjadi pada kedua bentuk media tersebut tidak signifikan. Berdasarkan analisis statistik menggunakan *One Way Anova*, dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh hasil bahwa bentuk media tutup botol dari biofilter aerobik tidak memberikan pengaruh signifikan dalam penyisihan konsentrasi bahan organik dalam limbah cair industri penyimpanan udang.

KESIMPULAN

Media tutup botol bentuk berlubang memberikan efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ dan COD limbah cair industri penyimpanan udang lebih tinggi daripada bentuk tidak berlubang. Namun, bentuk media berlubang maupun tidak berlubang tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ dan COD pada efluen biofilter aerobik. Efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ pada reaktor biofilter aerobik dengan media tutup botol berlubang dan tidak berlubang adalah 83% dan 81%. Sedangkan efisiensi penyisihan konsentrasi COD yang dihasilkan pada pengolahan limbah cair menggunakan biofilter aerobik adalah sebesar 89% untuk media tutup botol berlubang dan 87% untuk media tutup botol tidak berlubang. Konsentrasi BOD₅ dan COD efluen biofilter aerobik adalah 68,2 mg/L dan 175,6 mg/L dengan media berlubang, serta 75 mg/L dan 208,2 mg/L dengan media tidak berlubang. Konsentrasi BOD₅ dan COD efluen telah memenuhi standar baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., Moral, R. (2009), Composting of Animal Manures and Chemical Criteria for Compost Maturity Assessment, A Review. *Bioresource Technology*, 100, 5444-5453.
- Chaudhary, D. S., Vigneswaran, S., Ngo, H-H., Shim, W. G., Moon, H. (2003). Biofilter in Water and Wastewater Treatment. *Korean Journal Chemical Engineering*, 20(6), 1054-1065.
- Cheremisinoff, N. P. (1996). *Biotechnology for Waste and Wastewater Treatment*. Elsevier.
- Crawford, C. B., Quinn, B. (2017). Microplastic Pollutant. Elsevier.
- Dahab, M. F. (1982). *Effects of Media Design on Anaerobic Filter Performance*. Dissertation of The Major of Sanitary Engineering, Civil Engineering Department, Iowa State University
- Hastuti, E., Medawati, I., Darwati, S. (2014). Kajian Penerapan Teknologi Biofilter Skala Komunal untuk Memenuhi Standar Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Standardisasi*, 16(3), 205-214.
- Metcalf, Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Fourth Edition. International Edition. New York. McGraw-Hill.
- Nurcahyani. (2006). *Kajian Aplikasi Bakteri Nitrosomonas sp pada Teknik Biofilter untuk Penghilangan Emisi Gas Amoniak*. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Purnaningtias, A., Afiuddin, A. E., Dewi, T. U. (2015). Pemanfaatan Botol Plastik Bekas sebagai Biofilter Aerobik dalam Penurunan Konsentrasi COD, BOD pada Air Limbah Laboratorium Kesehatan, in: *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 2015, 51-55.
- Radityaningrum, A. D., Kusuma, M. N. (2017). Perbandingan Kinerja Media Biofilter Anaerobic Biofilter dalam Penurunan TSS, BOD, COD pada Grey Water. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2), 25-34.
- Ratnawati, R., Slamet, A., dan Hermana J. (2011). Efek Penambahan Unsur Kalium dan Aerasi terhadap Kinerja Alga-Bakteri untuk Mereduksi Polutan pada Air Boezem Morokrembangan, Surabaya, dalam *Prosiding Seminar Nasional VIII Teknik Lingkungan ITS dan Seminar Nasional VII Ikatan Alumni Teknik Penyehatan Indonesia (IATPI)*. Surabaya, 2011.
- Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y., Juliastuti, S. R. (2016), Composting of Rumen Content Waste Using Anaerobic-Anoxic-Oxic (A2O) Methods. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 42(2), 98-106.
- Said, Idaman, N. (2005). Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob. *Jurnal Bahasa Indonesia*, 1(1).
- Sari, N. (2005). *Pengaruh Rasio COD/NO₃ pada Parameter Biokinetika Denitrifikasi Pengolahan Limbah Cair Perikanan dengan Lumpur Aktif*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Show, K. Y. dan Tay, J. H. (1999). Influence of Support Media on Biomass Growth and Retention in Anaerobic Filters. *Water Research*, 33 (6), 1471-1481.
- Sjafei, A. (2002). *Studi Mengenai Karakteristik dan Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Zahra, Zoraya L., Purwanti, I. F. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS* 4(1).