
PENGOLAHAN LINDI (*LEACHATE*) MENGGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR) DENGAN PROSES *OXIC-ANOXIC*

Dwi Iswatul Rozika dan Yayok Suryo Purnomo

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: yayoksuryo@gmail.com

ABSTRAK

Lindi (*leachate*) merupakan salah satu limbah yang berbahaya apabila dibuang langsung ke badan air dan tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan biologis, seperti *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), MBBR merupakan pengolahan yang menggunakan media sebagai tempat melekatnya mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan reaktor MBBR dengan menggunakan proses *oxic-anoxic* dalam menurunkan parameter COD, BOD, NH₃-N. Variasi yang digunakan pada penelitian ini ada tiga yaitu, variasi media, volume media, dan waktu tinggal. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah kaldnes K₅ dan spons (*biocube*) dengan volume 25%, 35%, dan 45%. Waktu tinggal yang digunakan pada penelitian ini yaitu 6 jam (*oxic* 4 jam – *anoxic* 2 jam), 8 jam (*oxic* 5 jam – *anoxic* 3 jam), 11 jam (*oxic* 7 jam – *anoxic* 4 jam), 17 jam (*oxic* 10 jam – *anoxic* 7 jam), dan 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam). Hasil yang paling optimum pada waktu tinggal 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam) menggunakan media spons (*biocube*) dengan volume 45% dengan hasil yang didapat untuk COD sebesar 85%, BOD sebesar 90%, dan NH₃-N sebesar 84%.

Kata kunci: MBBR, *Oxic-anoxic*, Lindi (*leachate*), Kaldnes K₅, Spons (*biocube*)

ABSTRACT

*If leachate is discharged directly into a water body without being treated first, it can be a hazardous waste. One of treatments that can prevent that is the biological process. Biological processing, such a Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). MBBR is processing that uses media as a place to attach microorganisms. This study aims to determine the ability of the MBBR reactor using the oxic-anoxic process in reducing COD, BOD, NH₃-N parameters. There are three variations used in this research, media variation, media volume, and HRT. Kaldnes K₅ and sponge (*biocube*) with a volume 25%, 35%, and 45%. Moreover, HRT used in this study was 6 hours (*oxic* 4 hours – *anoxic* 2 hours), 8 hours (*oxic* 5 hours – *anoxic* 3 hours), 11 hours (*oxic* 7 hours – *anoxic* 4 hours), 17 hours (*oxic* 10 hours – *anoxic* 7 hours), and 33 hours (*oxic* 20 hours – *anoxic* 13 hours). The optimum result is HRT 33 hours (*oxic* 20 hours – *anoxic* 13 hours) using a sponge media (*biocube*) with a volume of 45% obtained for COD by 85%, BOD by 90%, and NH₃-N by 84%.*

Keywords: MBBR, *Oxic-anoxic*, *Leachate*, Kaldnes K₅, *Sponge (biocube)*

PENDAHULUAN

Peningkatan populasi masyarakat yang pesat tentunya berpengaruh terhadap timbulan limbah padat yang dihasilkan dan akan dibuang ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) atau Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Mohajeri et al., 2010). Penimbunan adalah pengelolaan limbah padat yang sering dilakukan di negara berkembang (Ghanbari et al., 2020). Penimbunan sampah yang dilakukan baik di TPS maupun TPA menghasilkan lindi, yaitu cairan yang keluar dari tumpukan sampah yang memiliki kandungan padatan tersuspensi dan terlarut, zat-zat kimia baik organik yang cukup tinggi (Said & Hartaja, 2018).

Lindi sebelum dibuang ke badan air atau sungai perlu diolah agar tidak menyebabkan pencemaran air dan mengganggu kehidupan biota air. Pengolahan biologis yang dapat digunakan untuk mengolah lindi adalah *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). MBBR adalah pengolahan dengan menambahkan media sebagai tempat tumbuh dan menempelnya mikroorganisme, sehingga mikroorganisme tersuspensi dan melekat dapat tumbuh bersama untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme yang ada (Said & Sya'bani, 2014).

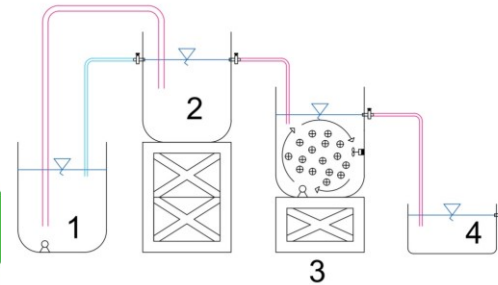
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pengolahan MBBR dengan menggunakan proses *oxic-anoxic* dalam menurunkan parameter COD, BOD, NH₃-N pada lindi.

METODE PENELITIAN

Rancangan Reaktor

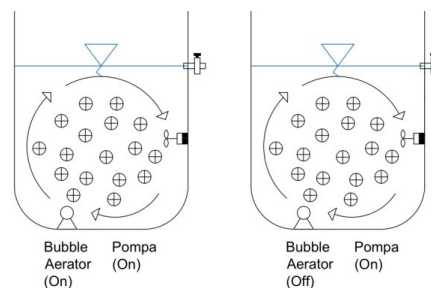
Running dilakukan dengan sistem *continue*. Reaktor yang digunakan yaitu bak penampung berbentuk tabung dan terbuat dari plastik dengan kapasitas 80 L, sedangkan untuk bak pengatur debit yang digunakan berbentuk persegi panjang yang memiliki kapasitas 70 L. Reaktor MBBR terbuat dari plastik volume 16 L dengan volume pengolahan yaitu 10 L.

Media yang digunakan adalah kaldnes K5 dan spons (*biocube*) dengan volume 25%, 35%, dan 45%. Reaktor berjumlah 6 buah sesuai dengan variasi media dan volume media yang telah ditentukan.



Gambar 1. Reaktor MBBR *Continue*



Pada reaktor MBBR kondisi *oxic* dan *anoxic* berlangsung secara bergantian. Kondisi *oxic* didapat dengan melakukan pengadukan pada media menggunakan *bubble aerator* dan pompa *submersible* dan menjaga kondisi oksigen terlarut (DO) agar > 2 mg/L, sedangkan pengadukan pada kondisi *anoxic* dilakukan hanya menggunakan pompa *submersible* dan kondisi oksigen dijaga agar berada pada < 2 mg/L.



Gambar 2. Reaktor MBBR Pada Proses *Oxic* (Kiri) dan *Anoxic* (Kanan)

Seeding dan Aklimatisasi

Seeding dilakukan untuk mengembangkan mikroorganisme pada media. Proses *seeding* dilakukan dengan sistem *batch* dan diamati setiap hari pertumbuhan *biofilm* pada media. aerator dan pompa *submersible* dinyalakan secara bersamaan agar kebutuhan oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme terpenuhi. Total waktu *seeding* adalah 17 hari saat *biofilm* sudah tumbuh merata pada media dan dapat dilihat secara visual.

Parameter	Kaldnes K5			Spons (<i>Biocube</i>)		
Diameter media	2,5 cm			-		
Panjang media	-			4 cm		
Lebar media	-			1,5 cm		
Tinggi media	-			1,5 cm		
Tebal media	0,4 cm			1,5 cm		
Luas permukaan media	9,8 cm ²			28,5 cm ²		
Jumlah media di dalam reaktor	25%	35%	45%	25%	35%	45%
	100 buah	140 buah	180 buah	62 buah	112 buah	152 buah
Luas permukaan total	980 cm ²	1.372 cm ²	1.764 cm ²	1.767 cm ²	3.192 cm ²	4.332 cm ²
Gambar media						

Gambar 3. Karakteristik Media

Aklimatisasi adalah penyesuaian mikroorganisme menggunakan limbah yang digunakan pada penelitian yaitu lindi. Aklimatisasi dilakukan setelah tahap *seeding* selesai, sama seperti *seeding* aklimatisasi dilakukan dengan sistem *batch* dengan menyalakan aerator dan pompa *submersible* secara bersamaan untuk memenuhi kebutuhan oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme. Tahap aklimatisasi dilakukan dengan menambahkan lindi secara bertahap yaitu dengan konsentrasi 50% dan 100%. Total waktu aklimatisasi adalah 6 hari pada saat penurunan COD stabil dan tidak lebih dari 10% (*steady state*).

Penelitian Utama

Lindi ditampung pada bak penampung awal, kemudian dialirkan menuju bak pengatur debit dengan bantuan pompa. Pada bak pengatur debit, debit diatur sesuai dengan yang telah diperhitungkan dan menuju reaktor MBBR. Reaktor MBBR dioperasikan dengan waktu tinggal yang telah ditentukan yaitu 6 jam (*oxic* 4 jam – *anoxic* 2 jam), 8 jam (*oxic* 5 jam – *anoxic* 3 jam), 11 jam (*oxic* 7 jam – *anoxic* 4 jam), 17 jam (*oxic* 10 jam – *anoxic* 7 jam), dan 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam). Media yang digunakan pada penelitian ini adalah kaldnes K₅ dan spons (*biocube*) dengan volume 25%, 35%, dan 45%. Lindi yang telah melewati reaktor MBBR lalu menuju bak penampung akhir.

Pengecekan sampel dilakukan pada saat sebelum melalui proses dan pada rangkaian akhir reaktor MBBR yaitu pada saat kondisi *anoxic* telah selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Analisis Awal Karakteristik Lindi (*Leachate*)

Analisis awal dilakukan untuk melihat nilai parameter seperti COD, BOD, NH₃-N pada lindi sebelum melalui proses pengolahan. Berikut adalah hasil analisis awal lindi :

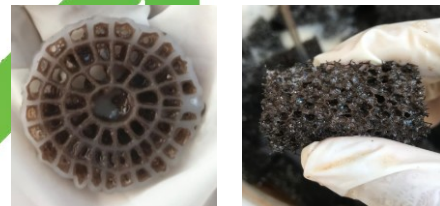
Tabel 1. Hasil Analisis Awal

Parameter	Satuan	Hasil
COD	1238	mg/L
BOD	666	mg/L
NH ₃ -N	234	mg/L

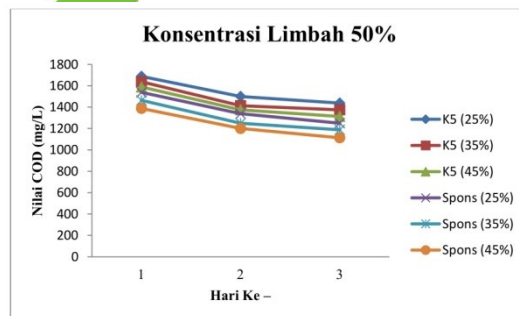
Sumber : Hasil Analisis, 2021

Seeding dan Aklimatisasi

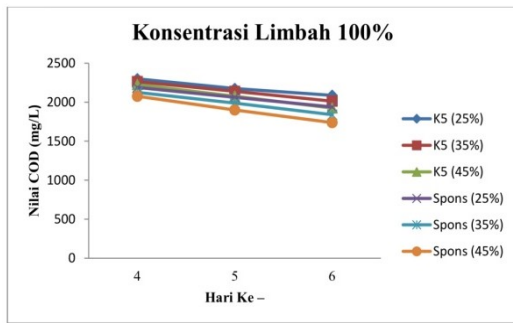
Seeding berlangsung selama 17 hari. Pada hari ke – 17 pertumbuhan *biofilm* di masing – masing media sudah merata dan bisa dilihat secara visual.



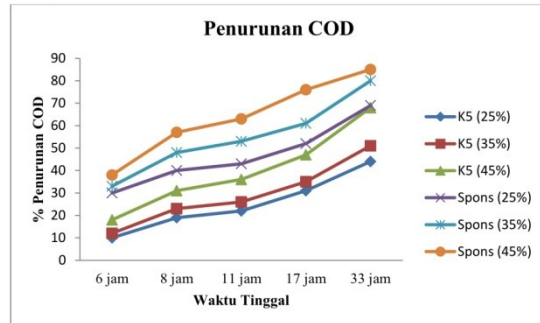
Gambar 4. Pertumbuhan *Biofilm* Pada Media



Gambar 5. Aklimatisasi Konsentrasi Limbah 50%



Gambar 6. Aklimatisasi Konsentrasi Limbah 100%



Gambar 7. Hubungan Waktu Tinggal dan Volume Media dengan % Removal COD

Aklimatisasi pada hari ke – 2 sempat terjadi kenaikan % removal COD dikarenakan penyesuaian dengan konsentrasi limbah yang ada. Hasil aklimatisasi hari ke – 4 sampai hari ke – 6 penurunan COD sudah konstan dan tidak lebih dari 10% (*steady state*) sehingga bisa dilanjutkan dengan penelitian utama.

Pengaruh Waktu Tinggal dan Volume Media Pada Penurunan COD

Waktu Tinggal	Variasi Reaktor	COD (mg/L)		% Removal
		COD Awal	COD Akhir	
6 Jam (Oxic 4 jam – Anoxic 2 jam)	K5 (25%)	1238	1113	10
	K5 (35%)		1088	12
	K5 (45%)		1013	18
	Spons (25%)		863	30
	Spons (35%)		825	33
	Spons (45%)		763	38
8 Jam (Oxic 5 jam – Anoxic 3 jam)	K5 (25%)	1238	1000	19
	K5 (35%)		950	23
	K5 (45%)		850	31
	Spons (25%)		738	40
	Spons (35%)		638	48
	Spons (45%)		538	57
11 Jam (Oxic 7 jam – Anoxic 4 jam)	K5 (25%)	1238	963	22
	K5 (35%)		913	26
	K5 (45%)		788	36
	Spons (25%)		700	43
	Spons (35%)		588	53
	Spons (45%)		463	63
17 Jam (Oxic 10 jam – Anoxic 7 jam)	K5 (25%)	1238	850	31
	K5 (35%)		800	35
	K5 (45%)		650	47
	Spons (25%)		600	52
	Spons (35%)		488	61
	Spons (45%)		300	76
33 Jam (Oxic 20 jam – Anoxic 13 jam)	K5 (25%)	1238	688	44
	K5 (35%)		613	51
	K5 (45%)		400	68
	Spons (25%)		388	69
	Spons (35%)		250	80
	Spons (45%)		188	85

Tabel 2. Hasil Analisis COD

Gambar 7 menunjukkan bahwa hubungan antara waktu tinggal dengan volume media dalam menurunkan parameter pencemar COD terlihat cukup baik. Pengolahan menggunakan MBBR dengan proses oxic–anoxic mampu menurunkan COD tertinggi sebesar 85% dan sudah memenuhi standar baku mutu yang digunakan. Pengaruh waktu tinggal terbaik untuk menurunkan parameter COD terlihat pada kurva berwarna jingga yaitu pada waktu tinggal 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam) dengan variasi media spons dan volume media sebesar 45%.

Pada reaktor MBBR dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu tinggal yang digunakan maka % penurunan COD akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu tinggal maka akan semakin lama juga waktu kontak media dengan air limbah, sehingga mikroorganisme mempunyai peluang yang lebih besar untuk kontak dengan air limbah dan meremoval parameter yang ada (Jaafari et al., 2017). Pada penelitian ini, waktu tinggal *oxic* yang semakin lama menunjukkan % penurunan COD yang cukup baik, karena semakin lama waktu *oxic* suplai oksigen yang dihasilkan akan lebih banyak sehingga pada saat kondisi *anoxic* berlangsung oksigen yang dibutuhkan masih terpenuhi (Aljumriana, 2015). Waktu tinggal *oxic* yang lebih panjang mempunyai pengaruh terbaik dalam meremoval zat organik melalui oksidasi organik (Chen et al., 2008).

Volume media 45% mampu meremoval parameter COD lebih baik dibandingkan dengan volume media yang lain. Hal ini dikarenakan semakin besar volume media yang digunakan tentunya semakin besar pula luas permukaan media dan persentase ruang kosong yang ada. Luas media dan persentase ruang kosong merupakan faktor penting yang mempengaruhi sebuah media, karena apabila semakin besar luas media dan ruang kosong tentunya akan semakin banyak mikroorganisme yang dapat menempel dan tumbuh pada media (Farahdiba et al., 2019).

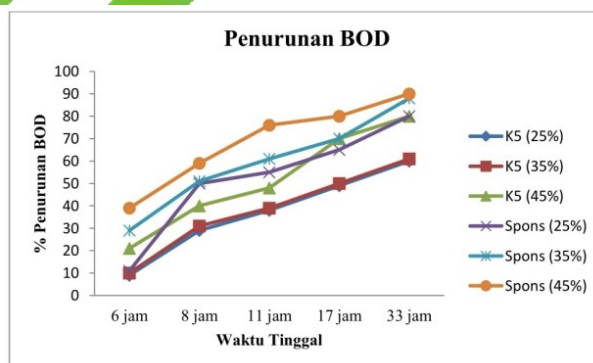
Pada penelitian ini media spons (*biocube*) menunjukkan pengurangan COD yang lebih baik dibandingkan media kaldnes K₅ karena media yang terbuat dari PE (*polyethylene*) plastik seperti kaldnes K₅ pada umumnya *biofilm* tumbuh hanya pada permukaan yang dilindungi, sedangkan pada permukaan luar yang tidak terlindungi *biofilm* akan rontok dikarenakan bertabrakan dengan media yang lain (Ødegaard, 1999). Selain itu, kaldnes K₅ memiliki luas permukaan yang lebih kecil dibandingkan media spons (*biocube*). Semakin besar luas permukaan yang dimiliki media, maka akan semakin banyak pula kesempatan mikroorganisme dapat tumbuh dan menempel (Al Kholif & Febrianti, 2019). Spons (*biocube*) yang digunakan pada penelitian ini mempunyai ketebalan yang lebih tinggi daripada media kaldnes K₅. Ketebalan media ikut berpengaruh karena bisa menyebabkan timbulnya kondisi *anoxic* yang lebih maksimal (Sandip & Kalyanraman, 2019). Volume rongga (porositas) besar yang dimiliki media spons (*biocube*) juga memiliki pengaruh yang besar dalam terbentuknya *biofilm* karena mikroorganisme yang dapat tumbuh dan terperangkap ke dalam pori – pori akan semakin banyak, sehingga *biofilm* yang terbentuk akan lebih banyak dibandingkan dengan media plastik lainnya (Sonwani et al., 2019).

Penurunan COD berjalan dikarenakan adanya mikroorganisme pada reaktor. Zat organik yang ada direduksi oleh mikroorganisme tersebut menjadi zat yang lebih stabil seperti CO₂ dan H₂O, selain itu juga terbentuk biomassa dan energi yang bisa dimanfaatkan untuk proses metabolisme mikroorganisme (Said, 2017).

Pengaruh Waktu Tinggal dan Volume Media Pada Penurunan BOD

Waktu Tinggal	Variasi Reaktor	BOD (mg/L)		% Removal
		BOD Awal	BOD Akhir	
6 Jam (Oxic 4 jam – Anoxic 2 jam)	K5 (25%)	666	606	9
	K5 (35%)		599	10
	K5 (45%)		529	21
	Spons (25%)		590	11
	Spons (35%)		476	29
	Spons (45%)		405	39
8 Jam (Oxic 5 jam – Anoxic 3 jam)	K5 (25%)	666	472	29
	K5 (35%)		459	31
	K5 (45%)		400	40
	Spons (25%)		334	50
	Spons (35%)		328	51
	Spons (45%)		270	59
11 Jam (Oxic 7 jam – Anoxic 4 jam)	K5 (25%)	666	414	38
	K5 (35%)		405	39
	K5 (45%)		348	48
	Spons (25%)		299	55
	Spons (35%)		262	61
	Spons (45%)		161	76
17 Jam (Oxic 10 jam – Anoxic 7 jam)	K5 (25%)	666	338	49
	K5 (35%)		334	50
	K5 (45%)		203	70
	Spons (25%)		230	65
	Spons (35%)		201	70
	Spons (45%)		131	80
33 Jam (Oxic 20 jam – Anoxic 13 jam)	K5 (25%)	666	269	60
	K5 (35%)		262	61
	K5 (45%)		134	80
	Spons (25%)		136	80
	Spons (35%)		82	88
	Spons (45%)		68	90

Tabel 3. Hasil Analisis BOD



Gambar 8. Hubungan Waktu Tinggal dan Volume Media dengan % Removal BOD

Pada Gambar 8 menunjukkan hubungan antara waktu tinggal dengan volume media yang digunakan dalam menurunkan parameter BOD. Penurunan parameter BOD terlihat cukup baik, dapat dilihat dari hasil penurunan BOD yang tertinggi yaitu sebesar 90% sudah sesuai dengan standar baku mutu. Penurunan BOD yang terbaik dapat dilihat dari kurva berwarna jingga dengan variasi waktu tinggal selama 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam) dengan variasi media spons dan volume media sebesar 45%.

Reaktor MBBR dengan waktu tinggal yang paling lama yaitu 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam) dapat mendegradasi BOD paling baik dibandingkan dengan waktu tinggal yang lain. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu tinggal tentunya akan semakin lama juga waktu kontak antara air limbah dan mikroorganisme yang ada, sehingga mikroorganisme dapat meremoval parameter pencemar lebih optimal dengan waktu kontak yang lebih lama (Jaafari et al., 2017). Waktu *oxic* yang semakin lama menunjukkan hasil penurunan yang lebih baik, dikarenakan dengan semakin lamanya waktu *oxic* maka suplai oksigen yang dihasilkan akan lebih banyak, sehingga pada saat kondisi *anoxic* berlangsung kebutuhan oksigen masih bisa terpenuhi (Aljumriana, 2015). Waktu tinggal *oxic* yang lebih panjang mempunyai pengaruh terbaik dalam meremoval zat organik melalui oksidasi organik (Chen et al., 2008).

Pada reaktor MBBR, volume media sebanyak 45% dapat mendegradasi kandungan BOD lebih baik dibandingkan dengan volume media yang lain. Hal ini dikarenakan semakin besar volume media maka semakin banyak juga luas media dan persentase ruang kosong yang ada, sehingga semakin banyak kesempatan untuk mikroorganisme dapat menempel dan tumbuh pada media yang ada (Farahdiba et al., 2019).

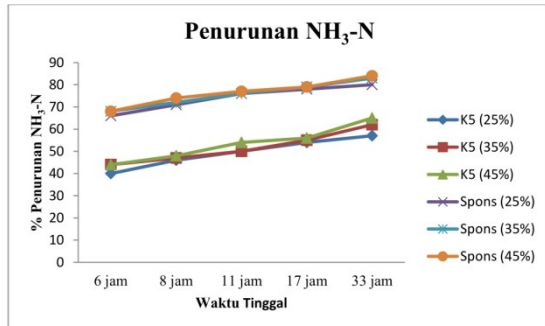
Pada penelitian ini menggunakan dua variasi media, yaitu kaldnes K₅ dan spons (*biocube*). Penggunaan media spons (*biocube*) memiliki hasil % removal BOD yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan kaldnes K₅. Hal ini dikarenakan pada media spons (*biocube*) memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan kaldnes K₅, karena semakin besarnya luas permukaan yang dimiliki suatu media maka akan semakin banyak mikroorganisme yang dapat hidup dan merekat pada media tersebut (Al Kholif & Febrianti, 2019). Media spons (*biocube*) lebih tebal dibandingkan kaldnes K₅, ketebalan pada media berpengaruh terhadap timbulnya kondisi *anoxic* yang lebih maksimal (Sandip & Kalyanraman, 2019). Besarnya volume rongga (porositas) yang dimiliki media spons (*biocube*) juga berpengaruh terhadap pembentukan *biofilm*, karena semakin besar pori – pori media maka akan semakin besar pula kesempatan mikroorganisme dapat tumbuh dan terperangkap ke dalam pori – pori yang ada, sehingga *biofilm* yang terbentuk akan lebih banyak dibandingkan dengan media plastik lainnya (Sonwani et al., 2019). Hasil % removal BOD pada kaldnes K₅ lebih rendah dikarenakan media kaldnes K₅ terbuat dari PE (*polyethylene*) plastik, media yang terbuat dari bahan plastik umumnya *biofilm* yang tumbuh hanya pada permukaan yang dilindungi, sedangkan pada permukaan luar yang tidak terlindungi *biofilm* akan rontok dikarenakan bertabrakan dengan media yang lain (Ødegaard, 1999).

Penurunan BOD terjadi dikarenakan adanya mikroorganisme pada reaktor MBBR. Mikroorganisme tersebut mengubah zat organik menjadi zat – zat yang semakin stabil seperti CO₂ dan H₂O, selain itu juga terbentuk biomassa dan energi yang bisa dimanfaatkan untuk proses metabolisme mikroorganisme (Said, 2017).

Pengaruh Waktu Tinggal dan Volume Media Pada Penurunan NH₃-N

Waktu Tinggal	Variasi Reaktor	NH ₃ -N Awal (mg/L)	NH ₃ -N Akhir (mg/L)	% Remo
6 Jam (Oxic 4 jam – Anoxic 2 jam)	K5 (25%)	234	140	40
	K5 (35%)		132	44
	K5 (45%)		131	44
	Spons (25%)		79.8	66
	Spons (35%)		74.5	68
8 Jam (Oxic 5 jam – Anoxic 3 jam)	K5 (25%)	234	126	46
	K5 (35%)		124	47
	K5 (45%)		122	48
	Spons (25%)		67.7	71
	Spons (35%)		66.2	72
11 Jam (Oxic 7 jam – Anoxic 4 jam)	K5 (25%)	234	60.9	74
	K5 (35%)		117	50
	K5 (45%)		116	50
	Spons (25%)		108	54
	Spons (35%)		56.3	76
17 Jam (Oxic 10 jam – Anoxic 7 jam)	Spons (45%)	234	55.6	76
	K5 (25%)		107	54
	K5 (35%)		105	55
	K5 (45%)		102	56
	Spons (25%)		51.8	78
33 Jam (Oxic 20 jam – Anoxic 13 jam)	Spons (35%)	234	49.8	79
	Spons (45%)		48.8	79
	K5 (25%)		101	57
	K5 (35%)		88.9	62
	K5 (45%)		82.9	65
	Spons (25%)		47.2	80
	Spons (35%)		39.3	83
	Spons (45%)		36.6	84

Tabel 4. Hasil Analisis NH₃-N



Gambar 9. Hubungan Waktu Tinggal dan Volume Media dengan % Removal NH₃-N

Dapat dilihat pada gambar 9 merupakan hubungan antara waktu tinggal dengan volume media dalam menurunkan parameter NH₃-N. Penurunan parameter NH₃-N paling baik terlihat pada kurva berwarna jingga dengan variasi waktu tinggal selama 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam) dan variasi media spons dan volume media sebanyak 45% yang menunjukkan hasil sebesar 84%. Hasil akhir parameter NH₃-N pada penelitian ini masih belum sesuai dengan standar baku mutu yang ada, hal ini dikarenakan

kurangnya oksigen, sedangkan penguraian senyawa NH₃-N secara biologis sendiri memerlukan oksigen yang tinggi (Said & Sya'bani, 2014).

Waktu tinggal selama 33 jam (*oxic* 20 jam – *anoxic* 13 jam) mendapatkan hasil yang paling baik dalam mendegradasi parameter NH₃-N dibandingkan dengan waktu tinggal yang lain. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu tinggal maka akan semakin lama waktu kontak mikroorganisme dengan air limbah yang ada, sehingga mikroorganisme akan meremoval parameter pencemar lebih optimal dengan waktu kontak yang lebih lama (Jaafari et al., 2017). Semakin lama waktu *oxic* maka semakin banyak suplai oksigen yang dihasilkan, sehingga kebutuhan oksigen pada saat *anoxic* berlangsung akan tetap terpenuhi (Aljumriana, 2015).

Volume media sebanyak 45% memberikan persen removal NH₃-N lebih baik dibandingkan dengan volume media yang lain. Hal ini dikarenakan semakin besar volume media, maka akan semakin luas juga permukaan media dan persentase ruang kosong yang ada. Luas media dan persentase ruang kosong ikut berpengaruh dalam tumbuhnya mikroorganisme, karena semakin besar luas media dan ruang kosong, maka akan semakin banyak mikroorganismenya yang dapat tumbuh dan menempel pada media (Farahdiba et al., 2019).

Media yang digunakan adalah kaldnes K₅ dan spons (*biocube*). Media spons (*biocube*) menghasilkan % removal yang lebih baik dibandingkan media yang lain, hal ini dikarenakan media spons (*biocube*) memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan media kaldnes K₅, luas permukaan berpengaruh karena semakin besar luas permukaan yang dimiliki akan semakin banyak mikroorganisme yang dapat hidup pada media (Al Kholif & Febrianti, 2019). Ketebalan yang dimiliki media spons (*biocube*) juga lebih besar dibandingkan media kaldnes K₅, ketebalan media ikut berpengaruh terhadap timbulnya kondisi *anoxic* yang lebih maksimal (Sandip

& Kalyanraman, 2019). Media spons (*biocube*) memiliki volume rongga (porositas) yang lebih besar daripada media kaldnes K₅, pori – pori yang besar berpengaruh dalam pembentukan *biofilm*, karena semakin besar pori – pori media maka akan semakin besar pula mikroorganisme dapat tumbuh dan menempel pada pori – pori yang ada, sehingga *biofilm* yang terbentuk akan lebih banyak dibandingkan dengan media plastik lainnya (Sonwani et al., 2019). Kaldnes K₅ memiliki hasil penurunan yang lebih rendah dikarenakan kaldnes K₅ merupakan media yang terbuat dari PE (*polyethylene*) plastik. *Biofilm* yang tumbuh pada media dari bahan plastik umumnya hanya tumbuh pada permukaan yang dilindungi, sedangkan pada permukaan luar yang tidak terlindungi *biofilm* akan rontok dikarenakan bertabrakan dengan media yang lain (Ødegaard, 1999).

Penurunan parameter NH₃-N terjadi sebab adanya proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Pada proses nitrifikasi terdapat dua tahapan yaitu, tahap nitritasi dimana ion ammonium (NH₄⁺) dioksidasi menjadi nitrit (NO₂⁻) dengan bantuan bakteri *nitrosomonas*. Tahap setelah nitritasi yaitu nitritasi, nitritasi adalah proses oksidasi nitrit (NO₂⁻) menjadi nitrat (NO₃⁻) dengan bantuan bakteri *nitrobacter*. Denitrifikasi adalah proses mengubah nitrat (NO₃⁻) menjadi nitrit (NO₂⁻) lalu kemudian dilepaskan menjadi gas nitrogen (N₂) dengan bantuan *pseudomonas* (Said & Sya'bani, 2014).

KESIMPULAN

Variasi volume media yang paling efektif yaitu pada media spons (*biocube*) dengan volume media sebesar 45% dengan efisiensi penurunan tertinggi untuk parameter COD dan BOD yaitu sebesar 85% dan 90%, penurunan tersebut sudah memenuhi standar baku mutu, sedangkan untuk parameter NH₃-N memiliki efisiensi sebesar 84% dan tidak memenuhi standar baku mutu yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., & Febrianti, E. (2019). Penerapan Teknologi Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Bermedia Kaldnes Dalam Menurunkan Pencemar Air Lindi. *Jurnal*, 2(1), 87–98.
- Aljumriana. (2015). *Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Pada Proses Aerobik-Anoksik*.
- Chen, S., Sun, D., & Chung, J. S. (2008). Simultaneous removal of COD and ammonium from landfill leachate using an anaerobic-aerobic moving-bed biofilm reactor system. *Waste Management*, 28(2), 339–346.
- Farahdiba, A. U., Purnomo, Y. S., Sakti, S. N., & Kamal, M. F. (2019). Pengolahan Limbah Domestik Rumah Makan Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbbr). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1), 65–74.
- Ghanbari, F., Wu, J., Khatebasreh, M., Ding, D., & Lin, K. Y. A. (2020). Efficient treatment for landfill leachate through sequential electrocoagulation, electrooxidation and PMS/UV/CuFe₂O₄ process. *Separation and Purification Technology*, 242.
- Jaafari, J., Seyedsalehi, M., Safari, G. H., Ebrahimi Arjestan, M., Barzanouni, H., Ghadimi, S., Kamani, H., & Haratipour, P. (2017). Simultaneous biological organic matter and nutrient removal in an anaerobic/anoxic/oxic (A2O) moving bed biofilm reactor (MBBR) integrated system. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(2), 291–304.
- Mohajeri, S., Aziz, H. A., Isa, M. H., Bashir, M. J. K., Mohajeri, L., & Adlan, M. N. (2010). Influence of Fenton reagent oxidation on mineralization and decolorization of municipal landfill leachate. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 45(6), 692–698.

- Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Said, N. I., & Hartaja, D. R. K. (2018). Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dan Denitrifikasi. *Jurnal Air Indonesia*, 8(1).
- Said, N. I., & Sya'bani, M. R. (2014). *Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*. 7.
- Sandip, M., & Kalyanraman, V. (2019). Enhanced simultaneous nitrification and denitrification in aerobic moving bed biofilm reactor containing polyurethane foam-based carrier media. *Water Science & Technology*, 1-8.
- Sonwani, R. K., Swain, G., Giri, B. S., Singh, R. S., & Rai, B. N. (2019). A novel comparative study of modified carriers in moving bed biofilm reactor for the treatment of wastewater: Process optimization and kinetic study. *Bioresour Technol*, 281, 335-342.
- Ødegaard, H. (1999). The moving bed biofilm reactor. In: *Water Environmental Engineering and Reuse of Water*. Hokkaido Press.