
PENYISIHAN KADAR AMONIA (NH₃) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR) SEDERHANA PADA LIMBAH INDUSTRI PUPUK UREA

Juliansyah Harahap¹, Mutia Zuhra², Husnawati Yahya³, dan Syafrina Sari Lubis⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia

⁴Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia

Received :

Accepted :

Published :

ABSTRACT

The urea fertilizer industry produces waste containing ammonia (NH₃) which is toxic so that if it is discharged directly into the environment it can pollute the environment and damage the ecosystem. One of the methods used to reduce ammonia (NH₃) levels is the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) method, which is a biological treatment method that uses Kaldness media as a breeding ground for microorganisms or for the formation of biofilms. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) method in degrading the parameters Ammonia (NH₃), pH, TSS, and COD in urea fertilizer industry waste. This study used a variation of the media in the reactor as much as 30% and 50% of the waste volume with variations in contact time for 24 hours, 48 hours and 72 hours. The highest decrease in pH parameter levels occurred at a 24-hour time variation with a media variation of 50%, namely 8.5 from an initial concentration of 9.1. TSS levels increased at 72 hours with 50% of the media, from the initial level of 16 mg/l to 474 mg/L. The highest decrease in COD levels occurred at 72 hours with 0% media variation in the control reactor, from an initial value of 243 mg/L to 5 mg/L. Meanwhile, the highest decrease in levels of the pollutant ammonia (NH₃) occurred at a time variation of 72 hours with a media variation of 50% with an initial level of 112.04 mg/L to 86.53 mg/L. So the MBBR method is effective in processing Ammonia (NH₃), pH, TSS, and COD parameters except for TSS parameters.

Keywords: Ammonia Waste; MBBR Method; Media Kaldness; Biofilm

ABSTRAK

Industri pupuk urea menghasilkan limbah yang mengandung amonia (NH₃) yang bersifat racun sehingga jika dibuang langsung ke lingkungan dapat mencemari lingkungan dan merusak ekosistem. Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan kadar amonia (NH₃) adalah metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) yang merupakan metode pengolahan biologis yang menggunakan media *Kaldness* sebagai tempat pengembangbiakan mikroorganisme atau tempat pembentukan biofilm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas dari metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dalam mendegradasi parameter Amonia (NH₃), pH, TSS, dan COD pada limbah industri pupuk urea. Penelitian ini menggunakan variasi media dalam reaktor sebanyak 30% dan 50% dari volume limbah dengan variasi waktu kontak selama 24 jam, 48 jam dan 72 jam. Penurunan kadar parameter pH tertinggi terjadi pada variasi waktu 24 jam dengan variasi media sebanyak 50% yaitu 8,5 dari konsentrasi awal 9,1. Kadar TSS semakin meninggi pada variasi waktu 72 jam dengan media sebanyak 50% yang dari kadar awalnya 16 mg/l menjadi 474 mg/L. Penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu 72 jam dengan variasi media 0% pada reaktor kontrol yaitu dari nilai awal 243 mg/L menjadi 5 mg/L. Sedangkan penurunan kadar polutan amonia (NH₃) tertinggi terjadi pada variasi waktu 72 jam dengan variasi media sebanyak 50% dengan kadar awal 112,04 mg/L menjadi 86,53 mg/L. Maka metode MBBR efektif pada pengolahan parameter Amonia (NH₃), pH, TSS, dan COD kecuali pada parameter TSS.

Kata Kunci: Limbah Amonia; Metode MBBR; Media *Kaldness*; Biofilm

Corresponding Author:

Juliansyah Harahap

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh
23111, Indonesia

Email: juliansyah.harahap@ar-raniry.ac.id

PENDAHULUAN

Amonia merupakan salah satu senyawa yang dihasilkan dari proses industri pupuk yang sifatnya toksik dan mencemari lingkungan. Limbah amonia berasal dari sejumlah unit yang terdapat dalam *plant urea* yang ditampung ke dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Di Berbagai wilayah di Indonesia sudah terbangun banyak pabrik pupuk urea yang akan banyak menghasilkan limbah diantaranya Pupuk Iskandar Muda di Aceh, Pupuk Sriwijaya di Palembang, Pupuk Kujang di Karawang dan Pupuk Kaltim di Kalimantan Timur. Tidak diherankan hasil akhir dari pengolahan pupuk urea akan menghasilkan limbah berkisar antara 170 ppm – 300 ppm per harinya (Dinny & puji, 2019). Keberadaan industri pupuk urea dapat memberikan dampak negatif berupa limbah pencemar yang berbahaya dan salah satu diantaranya adalah amonia yang merupakan bahan utama pembuatan dari pupuk tersebut yang bersifat korosif dan dapat menyebabkan kerusakan jaringan badan (PP. No 18 Tahun 1999).

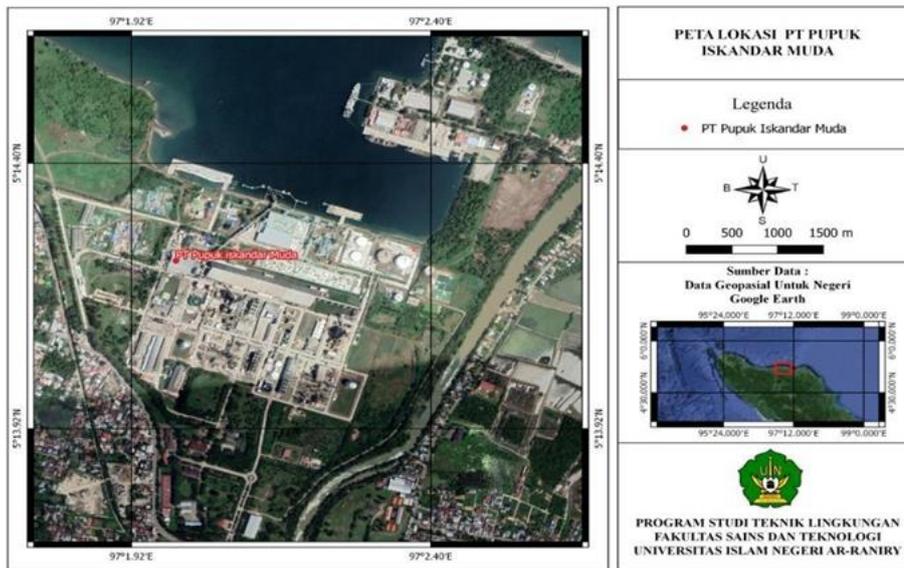
Upaya dalam pengurangan dan penyisihan amonia yang sering digunakan oleh beberapa pabrik di Indonesia yaitu *stripping tower aeration*, *stripping tower aeration* adalah prose pemisahan amoniak dengan cara penguapan atau diterbangkan ke udara bebas dengan perlakuan mengalirkan udara ke dalam aliran cairan dan dinaikkan suhu menjadi 600°C. Hal ini akan membuat amonia akan terlarut dalam air dan akan mencemari perairan. Metode *adsorption as ammonium ion onto zeolite* dirasa kurang efektif dengan pengolahan limbah skala besar karena permukaan adsorben zeolit yang terbatas sedangkan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* adalah salah satu metode yang menggunakan proses *Biological treatment* yang menggunakan biomassa organik sebagai media pengolahan polutan (Chandrika, 2017).

Moving Bed Biofilm Reactor merupakan pengolahan biologis kombinasi yang menggunakan media dan memanfaatkan dua bentuk biomassa diantaranya yaitu flok tersuspensi dan melekat (*biofilm*). Prinsip kerja dari *Moving Bed Biofilm Reactor* ini didasari dengan penggunaan media sebagai tempat pengembangbiakan mikroorganisme. Media ini akan dijaga agar terus bergerak didalam tangki aerasi yang diberikan aerator penggerak sehingga biomassa akan tumbuh membentuk biofilm di permukaan (Arina & Welley, 2018). Oleh karena itu penulis tertarik untuk meneliti pengembangan teknologi pada pengolahan limbah industri terutama pada industri pupuk yang berfokus pada penyisihan amonia dengan menggunakan metode MBBR ini.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan eksperimen limbah cair industri pupuk urea yang di aplikasikan dengan menggunakan metode MBBR yang kemudian diuji parameter amonia, pH, TSS, dan COD.

Adapun lokasi pengambilan sampel limbah amonia adalah dari salah satu industri pupuk urea yaitu PT. Pupuk Iskandar Muda yang terletak di Jl. Medan-Banda Aceh Keude Krueng Geukueh, Kec. Dewantara, Kabupaten Aceh Utara. PT. Pupuk Iskandar Muda sendiri merupakan industri yang bergerak dalam perdagangan dan jasa di bidang perpupukan, petrokimia, dan kimia lainnya. Titik koordinat lokasi pengambilan sampel adalah 92°2.40'E dan 5°13.92'N.

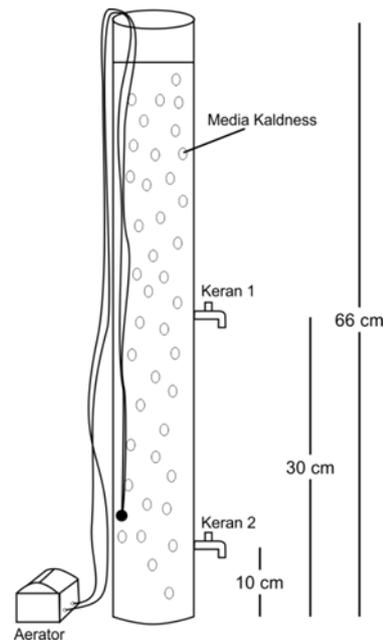


Gambar.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari alat pembuatan reaktor yang menggunakan pipa PVC yaitu gergaji atau alat pemotong pipa dan meteran (alat ukur panjang), Sedangkan pada proses *seeding* alat yang digunakan adalah bak pengendapan dan aerator aquarium untuk penguplai oksigen. Untuk pengecekan amonia instrumen alat yang akan digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis, labu ukur, erlenmeyer, neraca analitik, beaker gelas, pipet ukur, pipet tetes dan beaker gelas. Untuk pengecekan pH akan digunakan Ph meter, pengecekan TSS akan menggunakan serangkaian alat pengecekan TSS, dan untuk pengecekan COD digunakan alat Instrumen Pengecekan COD.

Penelitian ini dilakukan dalam skala kecil. Reaktor *Moving Bed Biofilm* terbuat dari pipa PVC berdiameter 10,16 cm (4 inchi) dengan tinggi 66 cm. Volume pengolahan pada reaktor MBBR ini 3 Liter. Media yang digunakan adalah media *Kaldness 1* (K1) yang dibuat dari bahan *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan berat jenis 0,9 g/ml . Reaktor akan mempunyai dengan 2 kran

yang berfungsi sebagai pengambil sampel limbah dan pengurasan. Kran yang pertama berada 10 cm dari bawah dasar pipa, dan kran kedua berada 30 cm dari dasar bawah pipa. Reaktor dilengkapi dengan aerator sebagai pompa untuk memberikan suplai oksigen dan menjaga media agar selalu bergerak didalam reaktor. Setiap reaktor akan diisi dengan media yang berbeda sebesar 30%, dan 50%. Desain reaktor *Moving Bed Biofilm* merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Wida *et al.*, 2018) tetapi dalam skala volume yang berbeda. Hal ini secara jelas diuraikan dalam sketsa dan dapat dilihat pada gambar III.4 berikut ini:



Gambar.2 Kriteria Desain Reaktor

HASIL DAN PEMBAHASAN

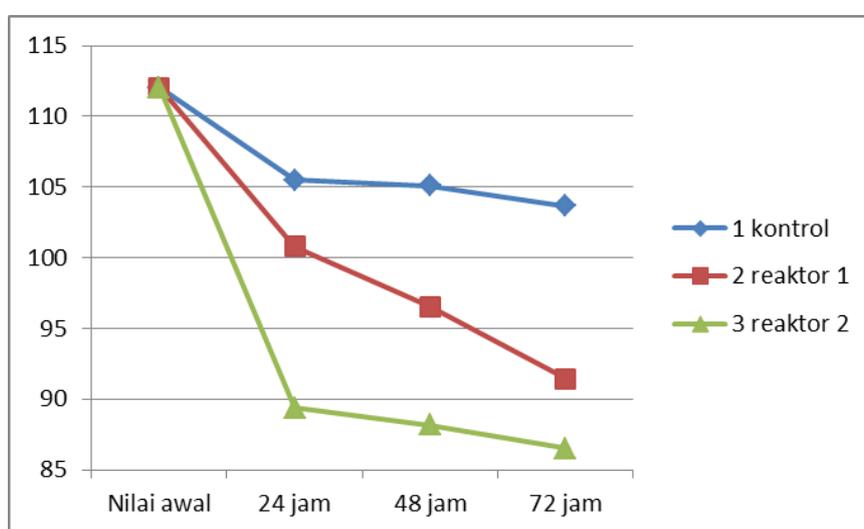
Hasil pengukuran parameter Amonia (NH_3), pH, TSS, dan COD dan jumlah koloni bakteri pada setiap reaktor yang dilakukan pengolahan pada limbah cair amonia industri pupuk urea sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan menggunakan metode MBBR dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel .1 Tabel hasil pengujian parameter pH, TSS, COD, Amonia (NH_3) pada limbah cair amonia industri pupuk urea

No	Parameter	Nilai Awal	24 Jam			48 Jam			72 Jam			Baku Mutu
			R-K	R-1	R-2	R-K	R-1	R-2	R-K	R-1	R-2	
1	Amonia (mg/L)	112,04	105,51	100,81	89,38	105,10	96,53	88,16	103,67	91,42	86,53	100
2	pH	9,1	9,0	8,8	8,5	9,0	8,8	8,7	9,0	8,9	9,0	6-9
3	TSS (mg/L)	16	247	247	321	257	320	392	442	462	474	100
4	COD (mg/L)	243	68	77	72	9	65	52	5	15	14	200
5	Total Koloni (CFU/mL)	0	$2,3 \times 10^7$	$2,3 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	$1,3 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	11×10^6	8×10^6	$1,06 \times 10^7$	-

Keterangan: R-k = Reaktor, Kontrol R-1= Reaktor 1, dan R-2= Reaktor

Konsentrasi amonia (NH_3) pada pengujian awal sebelum pengolahan adalah 112,04 mg/L dimana nilai konsentrasi ini berada di atas ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan. Dapat dilihat pada Tabel 4.1 setelah dilakukan pengolahan limbah amonia pada reaktor kontrol masih berada pada skala >100 dan hal ini membuat reaktor kontrol belum bisa menurunkan amonia (NH_3) secara signifikan. Namun pada reaktor 1 dan reaktor 2 sudah berada di skala <100 dan berada dibawah ambang batas baku mutu dikarenakan pada reaktor 1 dan reaktor 2 sudah diberikan media *Kaldness* dengan variasi yang berbeda. Hal ini diduga amonia menjadi sumber makanan mikroorganisme yang berada pada media *kaldness K1*. Pada pengolahan dengan Variasi reaktor konsentrasi amonia (NH_3) sudah berada dibawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.30 Tahun 2015 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Pupuk Urea.



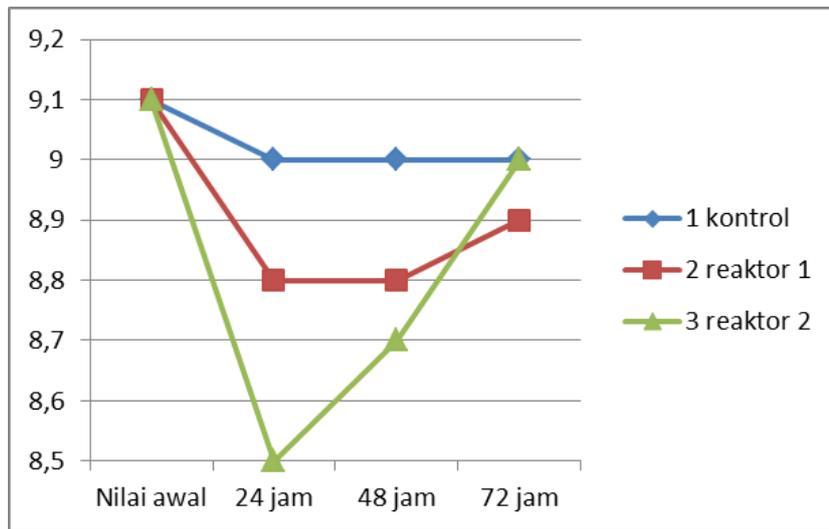
Gambar.3 Grafik Hasil Uji Parameter Amonia (NH_3) Setelah Perlakuan

Konsentrasi amonia bisa berubah dikarenakan terjadinya proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrifikasi adalah konversi nitrogen amonia ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) menjadi nitrat ($\text{NO}_3^+\text{-N}$) yang dilakukan oleh bakteri heterotrof maupun autotrof. Bakteri autotrof pada dasarnya menggunakan materi anorganik sebagai sumber karbon utama. Senyawa karbon yang dibutuhkan adalah CO_2 senyawa ini digunakan oleh bakteri autotrof dalam aktivitas mengurai karbon. Genus bakteri yang biasanya melaksanakan proses nitrifikasi adalah *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Genus bakteri ini adalah bakteri gram negatif yang memiliki kandungan lipid pada dinding sel berkisar antara 11-12%. Bakteri ini dapat menghasilkan enzim urease dan melepaskan amonia (Berliana *et al.*, 2020).

Bakteri nitrifikasi memanfaatkan amonia (NH_3) sebagai sumber energi dan pembentukan sel. Penurunan dan peningkatan jumlah amonia (NH_3) akibat proses metabolisme mikroorganisme dan biofilm dari limbah industri pupuk urea dijadikan sebagai makanan mikroba. Mikroorganisme akan melewati proses pertumbuhan dan kematian. Hal ini dapat dilihat pada Tabel IV.1 pada proses perhitungan koloni bakteri yang semakin berkurang berdasarkan variasi waktu yang terjadi. Karena setelah

pemberian waktu kontak selama 72 jam maka mikroorganismenya akan berada di fase kematian (Afrianty *et al.*, 2017).

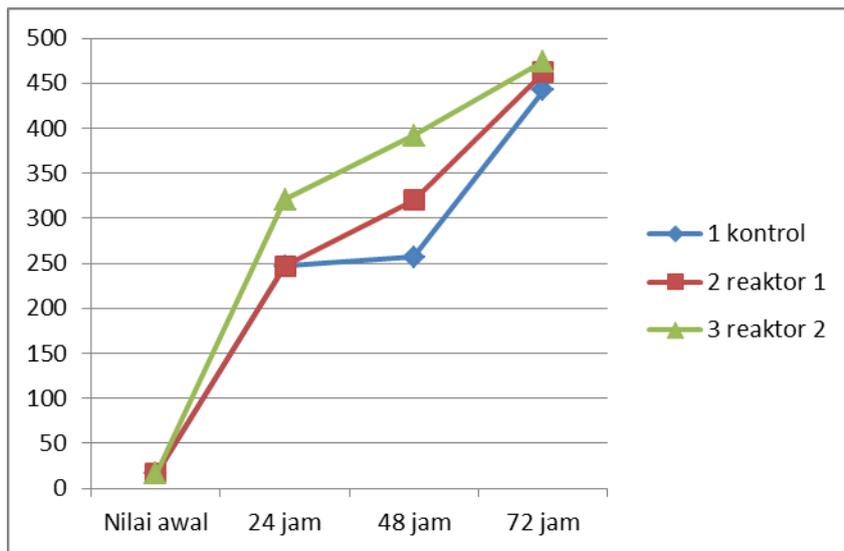
Dalam parameter pH, pH suatu larutan berkisar pada skala 0 sampai dengan 14. Pengujian pH pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pH meter yang berada di Laboratorium Teknik Lingkungan. Pada pengujian awal mengenai parameter pH memiliki nilai di atas ambang batas baku mutu yaitu 9,1. Seiring dengan pengolahan nilai pH mengalami penurunan tetapi tidak secara signifikan dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar.4 Grafik Hasil Uji Parameter pH Setelah Perlakuan

Menurut Gading *et al.*, (2019) pH pada suatu pengolahan limbah dapat mengalami penurunan disebabkan oleh pemberian aerator atau aerasi pada suatu reaktor pengolahan sehingga dapat mengakibatkan bertambahnya oksigen terlarut pada limbah pengolahan tersebut. pH juga dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dikarenakan pH yang terlalu tinggi akan menghambat aktivitas bakteri dan pH yang terlalu rendah atau bersifat asam dapat mengakibatkan pertumbuhan jamur dan akan terjadi persaingan antara bakteri dan jamur dalam metabolisme materi organik.

Pada pengujian awal parameter TSS memiliki nilai 16 mg/L dan konsentrasi ini berada di bawah ambang batas baku mutu, namun setelah pengolahan nilai TSS meningkat pada setiap reaktor dan pada setiap variasi waktu kontak. Konsentrasi nilai TSS setelah pengolahan yaitu berada pada kisaran skala >200 dapat dilihat pada Tabel IV.1. Konsentrasi TSS setelah pengolahan melebihi batas ambang batas baku mutu yang ditetapkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.30 Tahun 2015 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Pupuk Urea. Variasi media dalam reaktor dan variasi waktu kontak sangat mempengaruhi konsentrasi TSS.

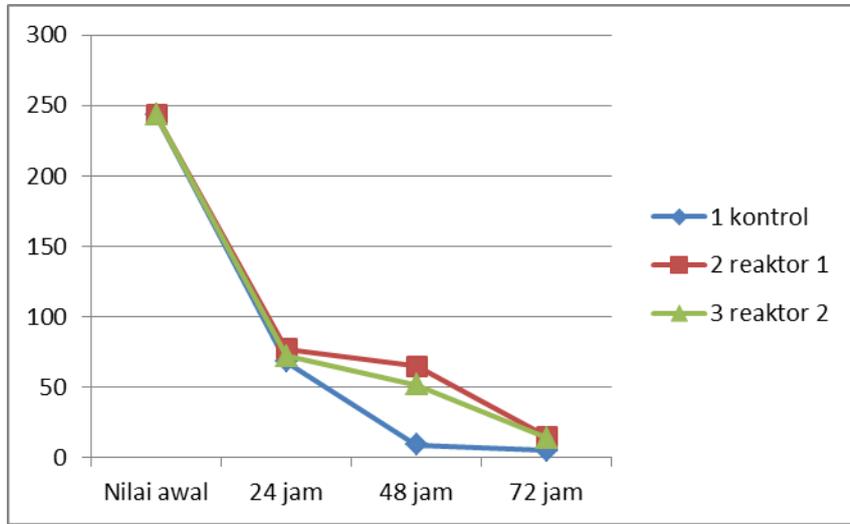


Gambar.5 Grafik hasil uji parameter TSS setelah perlakuan

Kenaikan TSS pada pengolahan ini dapat terjadi karena kegiatan metabolisme dari mikroorganisme yang akan menjadi padatan tersuspensi yang tidak dapat terlarut dalam air dan dapat mengakibatkan kekeruhan pada air tersebut. Kenaikan dan penurunan kadar TSS pada suatu larutan limbah cair disebabkan oleh kemampuan mikroorganisme pendegradasi. Sebagian mikroorganisme dapat memecahkan molekul kompleks bahan pencemar organik menjadi molekul yang lebih sederhana. Senyawa dari hasil hidrolisis ini digunakan untuk metabolisme mikroorganisme sehingga dihasilkan CO_2 , H_2O , energi dan sisa metabolisme berupa lumpur yang mudah mengendap, sehingga dengan mekanisme tersebut bahan pencemar organik yang terdapat pada air limbah menjadi padatan tersuspensi yang semakin lama semakin berkurang. (Anggrian, 2017).

Pada pengujian limbah awal sebelum dilakukan pengolahan konsentrasi COD adalah 243 mg/L dan berada di atas ambang batas baku mutu namun setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode MBBR konsentrasi COD mengalami penurunan berkisaran <100 mg/L. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Farahdiba *et al.*, (2019) nilai COD pada pengolahan ini dapat berkurang sebanyak 97.73% dari debit awal berkisar >450 mg/L dan dapat diturunkan sehingga menjadi 15 mg/L dengan variasi waktu kontak 600 menit. Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai MBBR karakteristik COD dalam suatu proses pengolahan bahwa meningkatnya jumlah mikroorganisme akan meningkatkan nilai COD. Hal ini disebabkan oleh sel mikroorganisme yang tumbuh di media semakin banyak. Semakin banyak sel yang tumbuh akan menyebabkan semakin banyak sel yang lepas dari reaktor. Jika semakin banyak

mikroorganisme maka semakin banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba dalam mendegradasi BOD (Berliana *et al.*, 2020)



Gambar.6 Grafik Hasil Uji Parameter COD Setelah Perlakuan

Data perhitungan total koloni sampel limbah amonia industri pupuk urea setelah perlakuan dengan menggunakan metode MBBR dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 2. Perhitungan Total Koloni Sampel Limbah Amonia Industri Pupuk Urea Setelah Perlakuan Dengan Menggunakan Metode MBBR

No	Reaktor	Pertumbuhan Koloni		
		24 jam	48 jam	72 jam
1	R-K	 $2,4 \times 10^7$	 $1,8 \times 10^7$	 $1,3 \times 10^7$
2	R-1	 $2,4 \times 10^7$	 $1,7 \times 10^7$	 8×10^6

No	Reaktor	Pertumbuhan Koloni		
		24 jam	48 jam	72 jam
3	R-2	 1,3x10 ⁷	 1,8x10 ⁷	 7x10 ⁶

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai penyisihan kadar amonia (NH₃) pada limbah industri pupuk urea dengan menggunakan metode MBBR dapat menurunkan parameter pH, TSS, COD, dan Amonia (NH₃) dapat disimpulkan bahwa kadar parameter pH dan COD pada R-K, R-1 dan R-2 berada dibawah ambang batas baku mutu yaitu berkisar antara 8,5-9 dan 5 mg/L – 77 mg/L. Kadar parameter TSS semua reaktor berada di atas ambang batas baku mutu yaitu 247 mg/L – 474 mg/L. Sedangkan pada parameter amonia (NH₃) dibawah ambang batas baku mutu yaitu pada nilai 86,53 mg/L – 100 mg/L. Waktu optimum pengolahan yaitu pada waktu 72 jam untuk mengurangi parameter pH, COD, Amonia (NH₃).

DAFTAR PUSTAKA.

- Ajeng R. Chandrika. (2017) *Penyisihan Amonia Dari Air Limbah Melalui Kombinasi Proses Membran Dan Ozonisasi Menggunakan Larutan Penyerap Bahan Alami Variasi Laju Sirkulasi Limbah* : Depok.
- Agriani, S., & S DJ, R. (2020). Efisiensi Penyisihan Logam Fe Dengan Menggunakan Instalasi Pengolahan Lindi Compact (IPLC). *Jurnal Reka Lingkungan*, 8(2), 78–89. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v8i2.78-89>.
- Anggraeni, A., & Triajie, H. (2021). Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) Dalam Proses Biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 176–185. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.1175>
- Berliana, C. Dkk (2020). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Anoksik-Aerobik Moving Bed Biofilm Reaktor (Studi Kasus: Penyisihan Amonia Dan Karbon Dalam Air Limbah Domestik). *Jurnal Pusat Teknologi Lingkungan*. 8 (2)

- Bush A., & Hess (2021) Sunscreen Mucilage: A Photoprotective Adaptation Found In Terrestrial Green Algae. *European Journal Of Phycology*. 00 (00). 1-18.
- Dinny & Puji (2019). Analisis Kandungan Amonia Dalam Limbah Outlet Kppl Pt . Pupuk Iskandar Muda (PT . PIM) Lhokseumawe Quimica. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. Vol 2 no 1.
- Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Pemerintah Dki Jakarta No. 122 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Pupuk.
- Said, N. I., & Sya, M. R. (2019). Removal Ammonia In Domestic Wastewater Using Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) Process. *Jurnal Air Indonesia*, 7(1).
- Standar Nasional Indonesia 2332. 2 (2015). Tentang Karakteristik Parameter Kimia Dan Parameter Fisika Pada Limbah Industri Pupuk Urea.
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.03 (2019). Tentang Pengukuran Parameter TSS Secara Gravimetri.
- Standar Nasional Indonesia 6989.73 (2019). Tentang Pengukuran Parameter COD Secara Trimetri.
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.30 (2005). Tentang Pengukuran Parameter Amonia Dengan Menggunakan Metode Fenat.
- Sudarman, R., Budiastuti, H., Djenar, N. S., Panggalo, E. S., & Nurhasyim, A. (2020). Penyisihan Kadar Amoniak Dalam Limbah Cair Industri Pupuk Menggunakan Sequencing Batch Reactor. *Fluida*, 13(2), 65–72. <https://doi.org/10.35313/Fluida.V13i2.2264>
- Tetty Afriani, Nainggola. Dkk (2017) Bakteri Degradasi Amonia Limbah Cair Karet Pontianak Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. Vol 4. No 2
- Wida, A., Herumurti, W., Lingkungan, D. T., Sipil, F. T., & Lindi, A. (2018). *Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) Dengan Pre-Treatment Ozon Untuk Menurunkan Konsentrasi Cod*.