

## Penurunan Amonia pada Air Limbah Domestik Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan Penambahan Mikroalga *Chlorella Sp.*

Lestari Ayu Septian Pamungkas<sup>1</sup>, Firra Rosariawari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Afiliasi: Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: [lestariayusp@gmail.com](mailto:lestariayusp@gmail.com); [firra.tl@upnjatim.ac.id](mailto:firra.tl@upnjatim.ac.id)

### ABSTRAK

Limbah domestik berkontribusi sebesar 60% terhadap pencemaran air, yang mana disebabkan rumah tangga membuang limbahnya ke saluran drainase tanpa pengolahan. Limbah domestik mengandung polutan organik dan anorganik seperti BOD, COD, TSS, dan amonia. Pengolahan biologis dapat mengurangi kadar polutan dalam limbah domestik dengan menggunakan mikroalga *Chlorella sp.* dalam suspensi dan melekat membentuk biofilm pada MBBR. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menentukan efektivitas MBBR dengan mikroalga *Chlorella sp.* dalam pengolahan limbah domestik, dengan fokus pada peran biofilm mikroalga dalam mengurangi konsentrasi amonia. Pada penelitian digunakan MBBR dengan volume media kaldnes 3 yang berbeda (10%, 20%, dan 30%) dan waktu tinggal yang berbeda (8 jam, 24 jam, 60 jam, dan 120 jam). Metode penelitian diawali dengan seeding, aklimatisasi, dilanjutkan penelitian utama yang melibatkan pencampuran air limbah dengan mikroalga hasil aklimatisasi dan kaldnes 3 sesuai variasi penelitian. Hasil penelitian menunjukkan pembentukan biofilm mikroalga *Chlorella sp.* tertinggi terjadi pada reaktor C7 (kaldnes 20%) dengan kepadatan sel awal  $10.630 \times 10^4$  sel/mL pada waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Reaktor dengan mikroalga *Chlorella sp.* memiliki kemampuan penghilangan amonia terbaik dibandingkan reaktor kontrol. Penghilangan tertinggi terjadi pada reaktor C7 (kaldnes 20%) dengan persentase penyisihan sebesar 98,84% dan sisa amonia sebesar 0,048 mg/L pada waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Mikroalga *Chlorella sp.* dapat mengoksidasi amonia dengan mengubah menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi yang melibatkan bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*.

**Kata Kunci:** *Chlorella sp.*, Mikroalga, Air Limbah Domestik.

### ABSTRACT

Domestic wastewater contributes 60% of water pollution, primarily due to households disposing their wastewater into drainage channels without treatment. Domestic wastewater contains organic and inorganic pollutants such as BOD, COD, TSS, and ammonia. Biological treatment can reduce the pollutant levels in domestic wastewater by using microalgae *Chlorella sp.* in suspension and attached to form biofilm on MBBR. The research aims to examine and determine the effectiveness of MBBR with microalgae *Chlorella sp.* in domestic wastewater treatment, focusing on the role of microalgae biofilm in reducing ammonia concentration. The study uses MBBR with different volumes of kaldnes 3 media (10%, 20%, and 30%) and different retention times (8 hours, 24 hours, 60 hours, and 120 hours). The research method began with seeding, acclimatization, followed by the main research involving the mixing of wastewater with acclimatized microalgae and Kaldnes 3 according to research variations. The results showed that the highest formation of *Chlorella sp.* microalgal biofilm occurred in reactor C7 (Kaldnes 20%) with an initial cell density of  $10.630 \times 10^4$  cells/mL at a residence time of 60 hours (2.5 days). The reactors with microalgae *Chlorella sp.* had the best ammonia removal ability compared to the control reactors. The highest removal was in reactor C7 (kaldnes 20%) with 98.84% removal and 0.048 mg/L residual ammonia at a retention time of 60 hours (2.5 days). Microalgae *Chlorella sp.* can oxidize ammonia to nitrate through nitrification process involving *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* bacteria.

**Key words:** *Chlorella sp.*, Microalgae, Domestic Wastewater.

#### Submitted:

13 Oktober 2023

#### Reviewed:

15 Januari 2024

#### Revised

18 Feb 2024

#### Published:

01 August 2024

### PENDAHULUAN

Air limbah domestik memberikan kontribusi pencemaran di badan air sebesar 60% (Indaryani & Purnomo, 2021; Salman, 2021). Hal ini terjadi akibat banyaknya rumah tangga yang membuang air limbahnya ke saluran drainase. Berdasarkan Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesmas) Tahun 2018 Rumah Tangga yang membuang air limbah dari kamar mandi, tempat cuci dan kegiatan dapur langsung ke saluran

drainase/ sungai sebesar 61,4% dan 65% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018). Air limbah domestik memiliki kandungan bahan organik dan anorganik seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan Amonia yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan (Aniriani et al., 2022; Salman & Aryanti, 2020).

Kadar pencemar dalam air limbah domestik dapat dikurangi menggunakan pengolahan biologis, dengan menambahkan mikroalga *Chlorella sp.* secara suspensi dan terlekat dengan membentuk biofilm pada reaktor *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Pengolahan biologi berbasis biofilm yang biasanya digunakan adalah *trickling filter*, *rotating biological contactors* (RBC), *granular media biofilters Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR), dan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Pengolahan biologis berbasis biofilm terbaik yaitu menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) karena mudah dalam perawatan, tidak memerlukan lahan yang luas, dan tidak membutuhkan *backwash* (Chairani et al., 2021; Salman et al., 2022).

Pertumbuhan mikroalga baik pada waktu retensi pendek karena semakin lama mikroalga akan mencapai titik jenuh (*fase stationer*) dimana terjadi penurunan laju pertumbuhan dan sel anak masih masa pertumbuhan (Kang & Kim, 2021). Sehingga penambahan mikroalga pada MBBR dilakukan untuk mempercepat waktu retensi reaktor. Mikroalga *Chlorella sp.* pada reaktor akan tumbuh secara terlekat dan tersuspensi dapat meningkatkan efisiensi pengurangan amonia pada *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Penelitian sebelumnya, penggunaan mikroalga *Chlorella sp.* pada *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) mampu meremoval Nitrogen Total sebesar 92% dengan media K1 (Chairani et al., 2021) dan Amonia sebesar 89,82% dengan media sedotan plastik (Putri et al., 2020). Kemudian Mikroalga *Chlorella sp.* digunakan pada *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) secara terlekat dan tersuspensi memiliki efisiensi penyisihan COD sebesar 78% selama waktu tinggal 120 menit (Ramadanti et al., 2022). Penggunaan mikroalga

*Chlorella sp.* pada reaktor *Rotary Biofilm Reactor* (RABR) untuk pengolahan Air Limbah Tahu memberikan removal amonia sebesar 80,45% (Elystia et al., 2023).

Kondisi lingkungan mempengaruhi efisiensi reaktor dalam pembentukan biofilm, sehingga perlu memperhatikan tingkat kandungan oksigen, intensitas cahaya, nutrisi, suhu, pH, dan waktu retensi dalam reaktor (Wang et al., 2018). Interaksi antara mikroalga dan bakteri dalam pembentukan biofilm dapat meningkatkan efisiensi pengurangan amonia (Chai et al., 2021). Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji dan mengetahui efektivitas *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan penambahan mikroalga *Chlorella sp.* pada air limbah domestik, dengan fokus penelitian pada peran biofilm mikroalga *Chlorella sp.* pada MBBR dalam mengurangi konsentrasi Amonia pada air limbah domestik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Jawa Timur selama bulan Juli – September 2023. Reaktor yang digunakan adalah *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan penambahan mikroalga *Chlorella sp.* untuk membentuk biofilm pada media kaldnes 3. Mikroalga *Chlorella sp.* diperoleh dari Laboratorium Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Situbondo. Reaktor MBBR digunakan untuk menurunkan kadar amonia dalam air limbah domestik rumah tangga yang berasal dari Rusunawa Penjaringan Sari III, Pandugo, Surabaya, dengan lokasi pengambilan sampel seperti pada Gambar 1. Variasi yang digunakan adalah volume kaldnes 3 (10%, 20%, dan 30%) dan waktu tinggal (8 jam, 24 jam, 60 jam, dan 120 jam).



**Gambar 1.** Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik

Penelitian dimulai dengan melakukan perbanyak mikroalga pada tahap seeding, kemudian hasil seeding digunakan untuk aklimatisasi. Pada tahap aklimatisasi mikroalga akan beradaptasi dan membentuk biofilm. Mikroalga dan biofilm hasil aklimatisasi digunakan untuk penelitian utama yang ditambahkan air limbah domestik. Metode penelitian ini sesuai dengan bagan alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

## Prosedur Kerja

### Seeding Mikroalga

Seeding mikroalga *Chlorella sp.* adalah proses memperbanyak mikroalga sesuai keperluan penelitian. Seeding dilakukan dengan cara mencampur mikroalga *Chlorella sp.* dengan air laut dengan salinitas sekitar 28-30 ppt ke dalam reaktor dengan perbandingan 1:3 dan dilakukan penambahan *trace metal*, vitamin B12, dan Walne (masing-masing 1 ml/L). Proses seeding dilakukan pemberian aerasi dan pencahayaan dengan lampu selama kurang lebih 14 hari hingga kerapatan mikroalga mencapai  $10^6$  sel/ml (Nurdiana et al., 2021). Pertumbuhan dapat diamati secara fisik berupa perubahan warna hijau bening menjadi hijau pekat. Perhitungan jumlah sel dilakukan menggunakan *Haemocytometer* dan diamati melalui mikroskop.

### Aklimatisasi

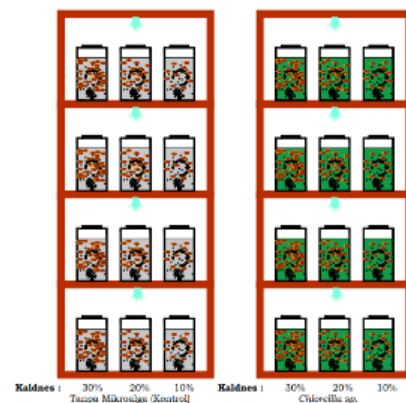
Aklimatisasi dilakukan agar mikroalga beradaptasi dengan air limbah dan membentuk biofilm yang dilakukan selama 6-10 hari hingga kerapatan mencapai  $10^6$  sel/ml dengan pemberian oksigen secara terus menerus. Aklimatisasi dilakukan dua tahap dengan perbandingan antara mikroalga hasil seeding dan air limbah sebesar 50%:50% (500 mL dan 500 mL) dan tahap II sebesar 75%:25% (750 mL:250 mL). Kaldnes 3 ditambahkan sesuai dengan variasi sebesar 10%, 20%, dan 30% dari suspensi mikroalga (250 mL). Setiap tahapan

aklimatisasi dilakukan selama 7 hari. Hasil aklimatisasi digunakan untuk penelitian utama dengan menambah air limbah (Chairani et al., 2021).

Volume Kaldnes 3 yang ditambahkan diketahui dengan menggunakan gelas ukur 1000 mL yang berisi air 700 mL. Kaldnes dimasukkan pada gelas ukur, volume Kaldnes akan diamati dengan adanya kenaikan cairan. Jumlah air yang naik adalah volume Kaldnes, kemudian dihitung jumlah Kaldnes yang digunakan (Ramadanti et al., 2022).

### Penelitian Utama

Pengolahan air limbah domestik dengan reaktor MBBR yang berisi media kaldnes 3 (K3) yang sudah dilapisi biofilm mikroalga. Penelitian dimulai dengan menambahkan air limbah domestik dengan volume 1.000 mL dan suspensi mikroalga hasil aklimatisasi sebesar 250 mL pada masing-masing reaktor. Kemudian dilakukan aerasi dengan waktu tinggal 8 jam, 24 jam, 60 jam, dan 120 jam. selanjutnya dilakukan analisis ketebalan biofilm yang terbentuk dan kemampuan penyisihan Amonia. Gambar ilustrasi reaktor yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Aklimatisasi dan Penelitian Utama

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Awal Air Limbah Domestik Rumah Susun

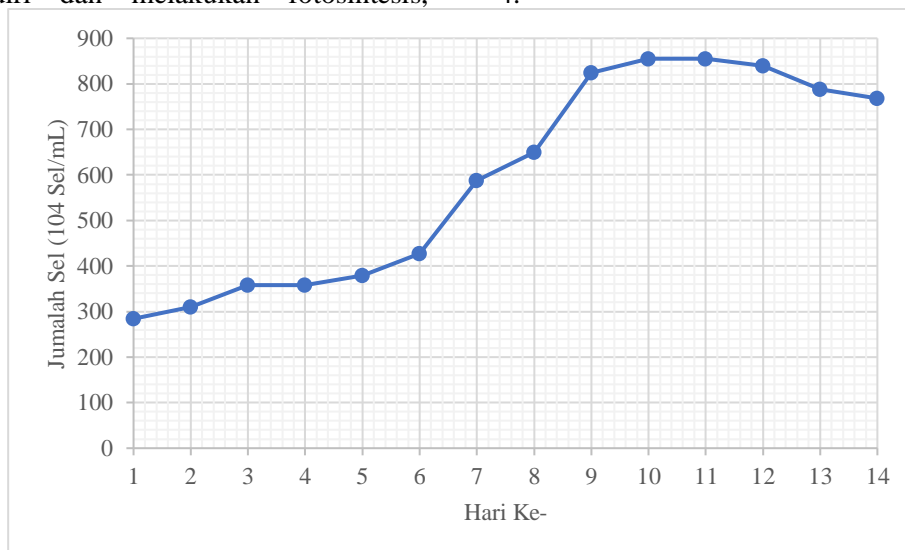
Air Limbah Domestik berasal dari Rumah Susun Rusunawa Penjaringan III bersumber dari *Greywater* dan *Blackwater* yang telah melalui pengolahan berupa penyaringan dan pengendapan. Air limbah domestik yang telah melalui proses penyaringan dan pengendapan digunakan pada penelitian ini. Pengambilan air limbah domestik dilakukan satu kali dengan jumlah volume sesuai kebutuhan agar kadar Amonia pada air limbah seragam. Sampel air limbah dilakukan pengujian Amonia di PT Mitra Buana Laboratorium dengan hasil analisis 4,14 mg/L.

### Seeding *Chlorella Sp.*

Mikroalga *Chlorella sp.* diperbanyak dengan media air laut yang sudah disterilkan dengan salinitas 28 – 30 ppt. Perubahan warna hijau yang semakin pekat menunjukkan mikroalga dapat tumbuh. Berdasarkan jumlah sel mikroalga pada hari ke-1 pertumbuhan mikroalga sebesar  $284 \times 10^4$  sel/mL dan mencapai optimum pada hari ke-10 sebesar  $855 \times 10^4$  sel/mL. Selama hari ke-1 sampai hari ke-5, mikroalga *Chlorella sp.* melakukan adaptasi dengan media kultur sehingga jumlah sel cenderung stabil. Pada hari ke-5 hingga hari ke-10 sel mikroalga mengalami peningkatan dan mencapai fase eksponensial. Peningkatan jumlah sel terjadi karena kemampuan sel mikroalga untuk membelah diri dan melakukan fotosintesis,

sehingga terjadi peningkatan jumlah sel (Fogg, G. E. dan Thake, 1987), serta terpenuhinya nutrisi untuk melakukan metabolisme (Afifah et al., 2021).

Seiring berjalannya waktu nutrisi akan habis sehingga timbul persaingan antar mikroalga dan mengakibatkan penurunan laju pertumbuhan dan memasuki fase kematian (Elystia et al., 2019). Nilai pH *Chlorella sp.* berada pada rentang 6-8,2, sedangkan suhu pada saat seeding antara  $28,2^\circ\text{C}$  –  $30,3^\circ\text{C}$  yang masih sesuai dan ideal untuk pertumbuhan mikroalga (Purnamawati et al., 2013). Laju pertumbuhan dari awal hingga fase eksponensial untuk *Chlorella sp.* adalah 3,1 kali yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan Waktu Tinggal dan Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella sp.* Terhadap Waktu Tinggal

### Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi mikroalga akan menyesuaikan diri pada media air limbah domestik agar tidak mengalami *shock loading* pada saat penelitian utama. Air limbah domestik, mikroalga, dan media kaldnes 3 akan dilakukan aerasi selama 14 hari untuk membentuk biofilm mikroalga dan meningkatkan kerapatan sel. Kemampuan mikroalga dilihat dari peningkatan jumlah sel secara tersuspensi dan pembentukan biofilm.

Aklimatisasi dapat mempengaruhi pertumbuhan, metabolisme, dan komposisi kimia mikroalga pada penelitian utama. Tahap aklimatisasi akan meningkatkan jumlah sel mikroalga yang melatkat pada media kaldnes 3 (Harianja et al., 2019).

Kerapatan sel mikroalga tersuspensi tertinggi terjadi pada reaktor C12 (kaldnes 30%) sesuai dengan

**Tabel 1** . Pada tahap I, kerapatan awal atau hari ke-1 sebesar  $428 \times 10^4$  sel/mL dan meningkat sebesar  $1.439 \times 10^4$  3 sel/mL pada hari ke-13. Penurunan kerapatan sel mikroalga pada hari ke-7 disebabkan oleh pengenceran dengan 75% hasil aklimatisasi tahap I dan 25% air limbah domestik (Ramadanti et al., 2022). Pada reaktor C2,

pertumbuhan *Chlorella sp.* cukup lambat dibandingkan reaktor lainnya karena mikroalga beradaptasi, sehingga sangat sensitif terhadap nutrisi, temperatur, dan kondisi lingkungan (Elystia et al., 2019).

**Tabel 1.** Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella sp.* Terhadap Kemampuan Adaptasi

Kode	Aklimatisasi I (50:50%)			Aklimatisasi II (75:25%)			
	Nilai Kerapatan Hari Ke- ( $10^4$ sel/mL)						
	1	3	5	7	9	11	13
C1	310	316	332	157	113	43	33
C2	259	184	45	37	42	56	67
C3	264	279	281	224	239	296	326
C4	290	285	285	188	193	210	210
C5	261	228	258	157	188	226	254
C6	265	293	294	212	248	283	319
C7	259	258	288	207	207	255	297
C8	318	318	375	249	368	467	539
C9	287	266	268	216	257	335	405
C10	299	386	660	411	518	739	1205
C11	261	353	525	336	418	467	512
C12	428	433	449	338	519	991	1439

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Mikroalga *Chlorella sp.* membentuk biofilm pada media Kaldnes 3 yang berwarna hijau. Hasil Tabel 2. Biofilm mulai terbentuk pada hari ke-3 dengan kemampuan pembentukan biofilm tertinggi terjadi pada reaktor C7 dengan volume isian kaldnes 20%. Kerapatan pada hari ke-3 sebesar  $1.523 \times 10^4$  sel/mL dan meningkat hingga  $7.238 \times 10^4$  sel/mL di hari ke-13. Hal ini disebabkan karena pergerakan kaldnes 3 secara perlahan dan seragam, sehingga tidak memicu lepasnya biofilm akibat pergerakan yang terlalu cepat dan sempitnya ruang gerak (Ramadanti et al., 2022). Sementara reaktor C4 (kaldnes 10%) pembentukan biofilm lebih lambat karena jumlah nutrisi limbah

analisis jumlah sel mikroalga yang melekat pada kaldnes 3 yang ditampilkan dalam baru tidak sesuai dengan jumlah sel tersuspensi sehingga terjadi persaingan (Melo et al., 2018). Tujuannya adalah untuk mempersiapkan mikroalga agar tidak mengalami shock loading pada penelitian utama dan memastikan reaktor bekerja secara optimal. Selain itu, diharapkan meningkatkan jumlah sel mikroalga yang menempel pada media dan mempengaruhi pertumbuhan, metabolisme, dan komposisi kimia mikroalga pada penelitian utama (Harianja et al., 2019).

**Tabel 2.** Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella sp.* Terhadap Kemampuan Pembentukan Biofilm

Kode	Aklimatisasi I (50:50%)			Aklimatisasi II (75:25%)			
	Nilai Kerapatan Hari Ke- ( $10^4$ sel/mL)						
	1	3	5	7	9	11	13
C1	0	315	1000	1333	865	938	1175
C2	0	253	845	1138	1305	2553	5093
C3	0	305	1023	1025	738	758	898
C4	0	298	803	803	455	525	618
C5	0	410	890	890	570	955	1185
C6	0	420	1120	1158	630	775	938
C7	0	1523	3480	3480	3548	4565	7238
C8	0	465	1450	1475	1340	1005	665
C9	0	258	868	983	983	1203	1475
C10	0	465	1638	1390	1390	1230	1155
C11	0	118	1158	1630	1590	2430	3013
C12	0	313	965	1000	1510	2178	2850

Sumber: Hasil Analisis, 2023

### Kemampuan Membentuk Biofilm pada Reaktor MBBR dengan *Chlorella sp.*

Mikroalga *Chlorella sp.* akan tumbuh secara terlekat dan tersuspensi pada reaktor *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dijalankan secara *batch* dengan hasil analisis pH dalam rentang 8 – 8,7 dan suhu dalam rentang 26 – 28°C. Kondisi pH dan Suhu hasil analisis sesuai dengan kondisi optimal untuk pertumbuhan mikroalga secara tersuspensi

dan terlekat (biofilm). Analisis pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp.* secara tersuspensi dan terlekat untuk membentuk biofilm ditampilkan pada Tabel 3. Laju pertumbuhan tertinggi terjadi pada reaktor C11 (kaldnes 30%) dengan waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Kerapatan awal sebesar  $512 \times 10^4$  sel/mL dan meningkat hingga  $1.187,75 \times 10^4$  sel/mL pada waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Kepadatan awal mikroalga berasal dari

proses aklimatisasi yang dilanjutkan untuk penelitian utama, sehingga mikroalga melakukan adaptasi kembali dengan memanfaatkan nutrisi

dari limbah baru. Pada suhu dan pH yang stabil jumlah suspensi mikroalga mengalami penurunan karena membentuk biofilm.

**Tabel 3.** Pengaruh Waktu Sampling terhadap Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella sp.* Tersuspensi dan Terlekat/ Biofilm

Kode	Aklimatisasi I (50:50%)				Aklimatisasi II (75:25%)		
	Nilai Kerapatan Hari Ke- ( $10^4$ sel/mL)						
	1	3	5	7	9	11	13
C1	0	315	1000	1333	865	938	1175
C2	0	253	845	1138	1305	2553	5093
C3	0	305	1023	1025	738	758	898
C4	0	298	803	803	455	525	618
C5	0	410	890	890	570	955	1185
C6	0	420	1120	1158	630	775	938
C7	0	1523	3480	3480	3548	4565	7238
C8	0	465	1450	1475	1340	1005	665
C9	0	258	868	983	983	1203	1475
C10	0	465	1638	1390	1390	1230	1155
C11	0	118	1158	1630	1590	2430	3013
C12	0	313	965	1000	1510	2178	2850

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pada reaktor C11 dengan kaldnes 30% (60 jam/ 2,5 hari) memiliki jumlah sel tertinggi hal ini menunjukkan mikroalga dapat beradaptasi. Seiring bertambahnya jumlah sel mikroalga dalam air, kontak antara *biocarrier*, dan mikroalga menjadi semakin sering terjadi sehingga akan meningkatkan biofilm yang terbentuk. Jumlah sel mikroalga *Chlorella sp.* yang membentuk biofilm dapat dilihat pada Tabel 3.

Pembentukan biofilm tertinggi terjadi pada reaktor C7 (kaldnes 20%) dengan kerapatan awal  $7.238 \times 10^4$  sel/mL dan meningkat hingga  $10.630 \times 10^4$  sel/mL pada waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Peningkatan jumlah sel berbanding lurus dengan waktu tinggal pada reaktor. Biofilm mikroalga *Chlorellabentuk sp.* terbentuk pada permukaan kaldness 3 dan berwarna hijau seperti



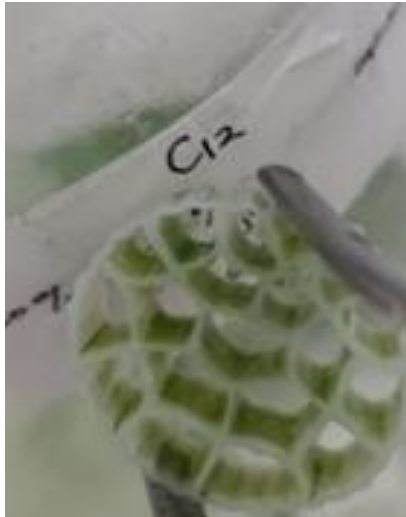
b)

**Gambar 5.**



a)

pada gambar a)



b)

**Gambar 5.** Biofilm Pada Reaktor *Chlorella sp.*

**Kemampuan Penyisihan Amonia pada Reaktor MBBR dengan *Chlorella sp.***

Mikroalga menghasilkan Ekstraselular Polimerik Substansi (EPS) untuk menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat pada air limbah sebagai nutrisi. Namun air limbah domestik ditemukan kadar Amonia bukan nitrat. Oleh karena itu, amonia perlu diubah menjadi nitrat agar dapat diserap oleh mikroalga. Proses ini disebut nitrifikasi dan dilakukan oleh bakteri nitrifikasi (Hendrawan et al., 2021). Nitrat yang dihasilkan akan diserap mikroalga sebagai sumber nutrisi dalam pertumbuhannya (Ramadanti et al., 2022). Hasil analisis pengujian pada waktu tinggal 8 jam, 24 jam, 60 jam dan 120 jam diperoleh data pada

**Tabel 4.**



**Tabel 4.** Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Kemampuan Penyisihan Amonia (NH<sub>3</sub>N)

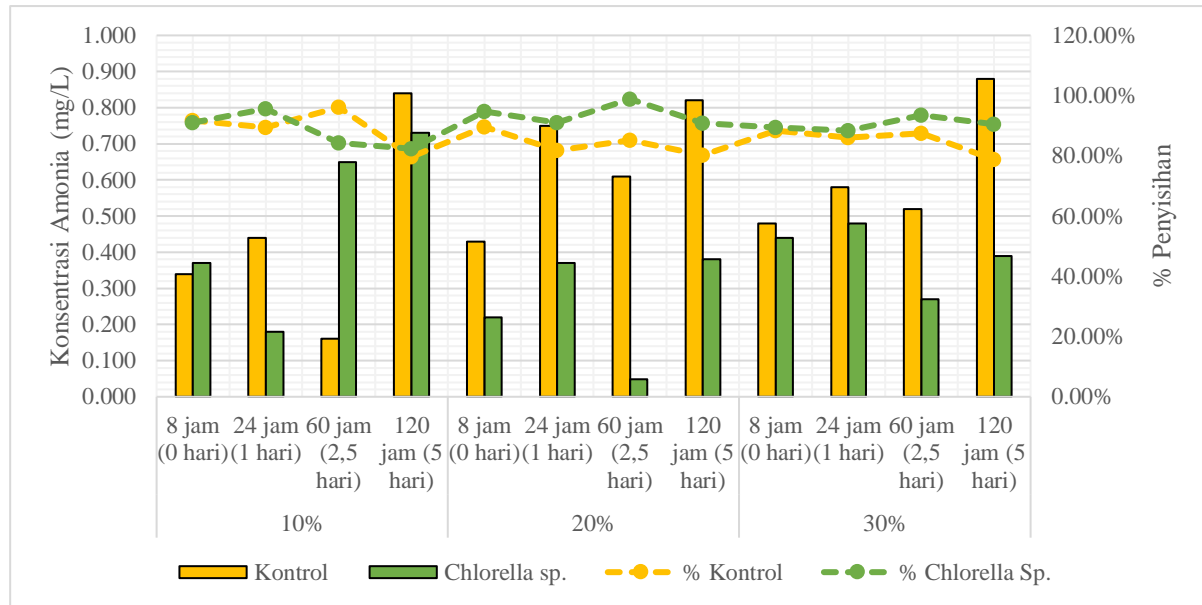
Kaldness 3	Waktu Tinggal (jam; hari)	Kontrol			<i>Chlorella sp.</i>		
		Kode	Amonia (mg/L)	% Penyisihan	Kode	Amonia (mg/L)	% Penyisihan
10%	8; 0	K1	0,340	91,79%	C1	0,370	91,06%
	24; 1	K2	0,440	89,37%	C2	0,180	95,65%
	60; 2,5	K3	0,160	96,14%	C3	0,650	84,30%
	120; 5	K4	0,840	79,71%	C4	0,730	82,37%
20%	8; 0	K5	0,430	89,61%	C5	0,220	94,69%
	24; 1	K6	0,750	81,88%	C6	0,370	91,06%
	60; 2,5	K7	0,610	85,27%	C7	0,048	98,84%
	120; 5	K8	0,820	80,19%	C8	0,380	90,82%
30%	8; 0	K9	0,480	88,41%	C9	0,440	89,37%
	24; 1	K10	0,580	85,99%	C10	0,480	88,41%
	60; 2,5	K11	0,520	87,44%	C11	0,270	93,48%
	120; 5	K12	0,880	78,74%	C12	0,390	90,58%

*Sumber: Hasil Analisis, 2023*

Hasil uji amonia (NH<sub>3</sub>N) berdasarkan

**Tabel 4**, diperoleh data penurunan Amonia ( $\text{NH}_3\text{N}$ ) pada variasi kaldnes 10%. Removal tertinggi pada reaktor S3 (24 jam/ 1 hari) dengan penyisihan sebesar 98,77% dan konsentrasi sisa amonia 0,051 mg/L. Kemudian pada reaktor dengan volume kaldnes 20%, removal tertinggi pada reaktor C7 pada waktu tinggal 60 jam/ 2,5

hari sebesar 98,84% dengan sisa amonia 0,048 mg/L. Sedangkan pada volume kaldnes 30% penyisihan tertinggi pada reaktor S10 (24 jam/ 1 hari) dengan kemampuan penyisihan sebesar 98,45% dan konsentrasi sisa amonia sebesar 0,064 mg/L. Kemampuan penyisihan Amonia pada setiap reaktor ditampilkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Kemampuan Penyisihan Amonia

Reaktor dengan mikroalga *Chlorella* sp. memiliki kemampuan penyisihan amonia terbaik dibandingkan dengan reaktor tanpa mikroalga dengan presentase penyisihan 98,45%. Pada penelitian sebelumnya penyisihan amonia pada reaktor MBBR *Chlorella* sp. dengan media sedotan plastik mampu menyisihkan sebesar 89,92% (Putri et al., 2020), penelitian lain menggunakan konsorsium mikroalga *Scenedesmus* sp. dan *Chlorella* sp. mampu menyisihkan amonia sebesar 90% (Hultberg et al., 2016). Penggunaan *Chlorella* sp. untuk reaktor Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR) mampu menyisihkan Amonia sebesar 80,45% (Elystia et al., 2023).

Mikroalga *Chlorella* sp. dapat mengoksidasi amonia menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi yang melibatkan bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* untuk mengubah amonia ( $\text{NH}_3$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2$ ) dan kemudian menjadi nitrat ( $\text{NO}_3$ ) (Nurrahma & Rosariawati, 2021). Selama proses fotosintesis, *Chlorella* sp. menghasilkan oksigen, yang dapat meningkatkan oksidasi amonia menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi (Anisa & Herumurti, 2017).

## KESIMPULAN

Kemampuan mikroalga *Chlorella* sp. dalam membentuk biofilm dan mengolah air limbah

domestik menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) terbaik pada reaktor C7 dengan kerapatan sel mikroalga sebesar  $10.630 \times 10^4$  sel/mL. Reaktor C7 berisi media kaldnes 3 sebesar 20%, sehingga mampu memberikan ruang gerak yang seragam dan tidak terlalu cepat. Reaktor MBBR dengan *Chlorella* sp. dan kaldnes 20% (C7) memiliki kemampuan tertinggi untuk menyisihkan Amonia ( $\text{NH}_3\text{N}$ ) sebesar 98,84% dengan waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Hal ini disebabkan oleh jumlah sel mikroalga yang tinggi yang dapat meningkatkan produksi oksigen melalui fotosintesis, sehingga meningkatkan oksidasi bahan organik dan Amonia ( $\text{NH}_3\text{N}$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. S., Prajati, G., Adicita, Y., & Darwin. (2021). Variasi Penambahan Nutrien (NPK cair) dalam Kultivasi Mikroalga *Chlorella* Sp. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 11(1), 101–107.
- Aniriani, G. W., Putri, M. S. A., & Nengseh, T. (2022). Efektivitas Penambahan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Terhadap Kualitas Air Limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(1), 67.

- <https://doi.org/10.35799/jis.v22i1.35562>
- Anisa, A., & Herumurti, W. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Nitrogen Ana. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).
- Chai, W. S., Chew, C. H., Munawaroh, H. S. H., Ashokkumar, V., Cheng, C. K., Park, Y. K., & Show, P. L. (2021). Microalgae and Ammonia: A Review on Inter-relationship. *Fuel*, 303(February), 121303. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121303>
- Chairani, M., Elystia, S., & Muria, S. R. (2021). Penyisihan Nitrogen Total dalam Limbah Cair Hotel dengan Sistem Moving Bed Biofilm Reactor Menggunakan Chlorella sp. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 10(1), 16–27. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v10i1.24131>
- Elystia, S., Muria, S. R., & Pertiwi, S. I. P. (2019). Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Sp untuk Produksi Lipid dalam Media Limbah Cair Hotel dengan Variasi Rasio C:N dan Panjang Gelombang Cahaya. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 11(1), 25–43. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol11.iss1.art3>
- Elystia, S., Nasution, F. H. M., & Sasmita, A. (2023). Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR) Using Microalgae Chlorella sp. for Tofu Wastewater Treatment. *Materials Today: Proceedings*, 87(2), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.206>
- Fogg, G. E. dan Thake, B. (1987). *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology 3rd ed.* The University of Wisconsin Press.
- Harianja, D. C. N., Muria, S. R., & Chairul. (2019). Kultivasi Mikroalga Chlorella sp. Secara Fed-Batch dalam Media POME sebagai Bahan Baku Bioetanol. *JOM Fteknik*, 6(2), 1–5.
- Hendrawan, A. K. F., Afiati, N., & Rahman, A. (2021). Laju Nitrifikasi pada Bioremediasi Air Limbah Organik Menggunakan Chlorella sp. dan Bakteri Nitrifikasi-Denitrifikasi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 11(2), 309–323. <https://doi.org/10.29244/jpsl.11.2.309-323>
- Hultberg, M., Olsson, L. E., Birgersson, G., Gustafsson, S., & Sievertsson, B. (2016). Microalgal growth in municipal wastewater treated in an anaerobic moving bed biofilm reactor. *Bioresource Technology*, 207, 19–23.
- <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.001>
- Indaryani, F., & Purnomo, A. (2021). Evaluasi dan Desain Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Susun Sederhana Sewa Randu Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54864>
- Kang, D., & Kim, K. (2021). Real Wastewater Treatment Using a Moving Bed and Wastewater-Borne Algal–Bacterial Consortia with a Short Hydraulic Retention Time. *Processes*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/pr9010116>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar 2018. In *Kementerian Kesehatan RI*.
- Melo, M., Fernandes, S., Caetano, N., & Borges, M. T. (2018). Chlorella vulgaris (SAG 211-12) biofilm formation capacity and proposal of a rotating flat plate photobioreactor for more sustainable biomass production. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 887–899. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1290-4>
- Nurdiana, J. I., Candrahanifa, N., Kamilalita, N., & Hidayah, E. N. (2021). Perbandingan Antara Mikroalga Chlorella sp dan Spirulina plantesis dalam Penurunan Nitrat Fosfat pada Air Limbah Domestik Menggunakan Oxidation Ditch Algae Reactor (Odar). *Prosiding ESEC*, 2(1), 14–19.
- Nurrahma, A., & Rosariawari, F. (2021). Pengolahan Lindi (Leacheate) Dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbf) Dengan Proses Aerobik-Anoksik Untuk Menurunkan Konsentrasi Cod, Tss, Dan Amonia. *EnviroUS*, 1(2), 54–58. <https://doi.org/10.33005/enviro.us.v1i2.37>
- Purnamawati, F. S., Soeprbowati, T. R., & Izzat, M. (2013). Pertumbuhan Chlorella Vulgaris Beijerinck Dalam Medium Yang Mengandung Logam Berat Cd Dan Pb Skala Laboratorium. In S. Indra Gunawan, S. Sunariyah, Ss. Widodo, & Ms. Sugiyatno (Eds.), *Peran Biologi dalam Meningkatkan Produktivitas yang Menunjang Ketahanan Pangan* (pp. 104–116). Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Matematika Universitas Diponegoro.
- Putri, I. A. D., Elystia, S., & Muria, S. R. (2020). Pemanfaatan Biocarrier Dari Limbah Sedotan Plastik Sebagai Media Tumbuh

- Chlorella sp. dalam Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) untuk Penyisihan Bahan Polutan dalam Limbah Cair Domestik. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik*, 17(2), 1–7.
- Ramadanti, K., Elystia, S., & Andrio, D. (2022). Pertumbuhan Biomassa dan Penyisihan COD Menggunakan Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) pada Limbah Grey Water. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 26(1).
- Salman, N. (2021). Analysis and Monitoring of River Water Quality in Tasikmalaya City. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 5(1), 33–40. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v5i1.3786>
- Salman, N., & Aryanti, D. (2020). Pra-rancangan Instalasi Pengolahan Lindi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Nangkaleah Kecamatan Wangunreja, Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 4(2), 33–45. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v4i2.3805>
- Salman, N., Taqwa, F. M. L., & Lutfi, M. (2022). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Perumahan Griya Prima Sriwijaya dan Perumahan Deyhan Abadi, Kota Palembang. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 5(2), 95. <https://doi.org/10.32832/komposit.v5i2.6294>
- Wang, J. H., Zhuang, L. L., Xu, X. Q., Deantes-Espinosa, V. M., Wang, X. X., & Hu, H. Y. (2018). Microalgal Attachment and Attached Systems for Biomass Production and Wastewater Treatment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(March), 331–342. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.081>