

# Potensi Mikroalga *Chlorella sp* untuk Menghilangkan Nutrien dari Grey Water pada Sistem Reaktor Biofilm Batch Sequencing

Melina Dwi Anggraini<sup>1</sup>, Shinta Elystia<sup>2\*</sup>, David Andrio<sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kampus Bina Widya, Pekanbaru, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received August 15, 2022

Revised August 19, 2022

Accepted March 03, 2023

Available online April 25, 2023

### Kata Kunci:

SBBR, *Chlorella sp*, Grey Water, Penyisihan Nutrien

### Keywords:

SBBR, *Chlorella sp*, Grey Water, Removal Nutrien



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

## ABSTRAK

Pada umumnya limbah cair domestik dibagi menjadi dua yaitu *black water* dan *grey water*. Limbah *grey water* biasanya dibuang langsung ke drainase maupun badan air tanpa dilakukannya pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, sehingga dapat berpotensi menyebabkan pencemaran pada air. Limbah *grey water* yang dibuang langsung ke drainase maupun badan air berpotensi menyebabkan pencemaran badan air karena tingginya kandungan bahan organik di dalam *grey water* tersebut. Limbah *grey water* sebelum dibuang ke badan air harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu salah satunya dengan menggunakan mikroalga *Chlorella sp.*, karena mikroalga tersebut dapat memanfaatkan bahan organik sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya sehingga dapat menurunkan beban organik di dalam air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menyisihkan parameter COD dan amonia yang terkandung di dalam *grey water*. Pengolahan SBBR dilakukan dengan variasi perbandingan waktu pengisian dan reaksi yaitu 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% serta jumlah siklus 4 dan 6 siklus. Hasil penelitian diperoleh jumlah sel mikroalga tertinggi pada variasi 30% : 70% selama 4 siklus dengan jumlah sel mikroalga berbasis suspensi sebesar  $1,82 \times 10^6$  sel/ml dan berbasis *biofilm* sebesar  $1,54 \times 10^6$  sel/ml. penyisihan terbaik untuk COD 85% yaitu sebesar 30,4 mg/l dan amonia 77% yaitu sebesar 2,31 mg/l pada reaktor dengan perbandingan waktu pengisian dan reaksi 30% : 70% dan jumlah siklus yaitu 4 siklus.

## ABSTRACT

In general, domestic wastewater is divided into two, namely black water and gray water. Gray water waste is usually disposed of directly into drainage and water bodies without prior treatment before being discharged into water bodies, so that it can potentially cause water pollution. Grey water waste that is discharged directly into drainage or water bodies has the potential to cause pollution in water bodies. The high content of organic matter in grey water causes grey water waste to be treated first. One of the grey water treatment that can be done is by utilizing microorganisms. The microalgae *Chlorella sp.* can utilize organic matter as a source of nutrients for growth. This study aims to remove COD and ammonia parameters contained in grey water. SBBR processing is carried out with variations in the comparison of filling and reaction time, namely 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% and 60% : 40% and variation in the number of cycles of 4 cycles and 6 cycles. The best results for COD removal was 85% and ammonia removal was 77% in a reactor with comparison of filling and reaction time of 30% : 70% and the number of cycles is 4 cycles.

## 1. PENDAHULUAN

Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga termasuk salah satu sumber limbah yang banyak dihasilkan di negara Indonesia. Hal ini disebabkan karena tingginya jumlah penduduk di Indonesia sehingga volume limbah domestik yang dihasilkan juga sangat tinggi. Pada umumnya limbah cair domestik dibagi menjadi dua yaitu *black water* dan *grey water*. Limbah *grey water* biasanya dibuang langsung ke drainase maupun badan air tanpa dilakukannya pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, sehingga dapat berpotensi menyebabkan pencemaran pada air (Natsir, Amaludin., Astisa, & Anzakiyah, 2021; Rizal et al., 2020). Pengolahan limbah cair dapat dilakukan menggunakan proses biologi dengan memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme untuk mengoksidasi zat-zat pencemar di dalam limbah cair (Ningtias, Setyo, Cindy, & Nusa, 2015; Restuhadi, Zalfiatri, & Pringgondani, 2017). Salah satu pengolahan biologi dengan menggunakan mikroalga *Chlorella sp.* karena mikroalga dapat menguraikan senyawa-senyawa organik dalam limbah cair (Restuhadi et al., 2017). Mikroalga *Chlorella sp.* dipilih sebagai sarana pengolahan limbah cair, karena mikroalga dapat berkembang biak dengan cepat, mudah dalam membudidayakan, menghasilkan oksigen dari proses fotosintesis serta mengandung protein yang tinggi. Mikroalga dapat menguraikan karbon dan nitrogen untuk proses metabolisme sel (Elystia, Muria, & Pertiwi, 2019).

\*Corresponding author.

E-mail addresses: [shinta.elystia@lecturer.unri.ac.id](mailto:shinta.elystia@lecturer.unri.ac.id) (Shinta Elystia)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dapat diketahui bahwa mikroalga *Chlorella* sp. mampu menyisihkan nitrogen total sebesar 91,96% dan COD sebesar 81,58% (Elystia, Chairani, & Muria, 2021; Narayanan et al., 2021). Salah satu metode pengolahan biologi untuk limbah cair yaitu *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR). *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) yaitu pengolahan biologi untuk menangani limbah cair dengan memanfaatkan mikroorganisme (biasanya melekat pada media penyangga atau pembawa plastik). *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) memiliki kemampuan efisiensi penyisihan polutan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan *Sequencing Batch Reactor* (SBR), lumpur yang dihasilkan rendah, sangat efektif dalam menyisihkan nitrogen dan fosfor, efektif dalam penyisihan COD yang tinggi (Al-Rekabi, Samar, Ayman, & Husein, 2021; Bito, Okumura, Fujishima, & Watanabe, 2020). *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) merupakan penggabungan *Sequencing Batch Reactor* (SBR) dengan *biofilm* yang tumbuh pada media *biocarrier*. SBBR sangat efektif dalam mengurangi zat-zat pencemar dalam limbah cair. Sistem SBBR sukses dalam menyisihkan kandungan nitrogen yang tinggi serta perlindungan terhadap bakteri aktif dengan *biofilm* nya (Hong et al., 2020; Rana, Bhushan, Sudhakar, & Prajapati, 2020). Pengolahan air limbah menggunakan SBBR dapat menurunkan kandungan COD sebesar 78% dan nitrogen sebesar 65,8% (Tang et al., 2017). Proses pengolahan air limbah menggunakan SBBR harus dilakukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui efektivitas dalam penyisihan kadar polutan di dalam SBBR.

Berdasarkan uraian tersebut, maka tujuan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi serta pengaruh jumlah siklus pada proses *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR) menggunakan simbiosis alga dan bakteri untuk menyisihkan kadar COD dan amonia pada limbah *grey water* dengan pemanfaatan mikroalga *Chlorella* sp. yang pertumbuhannya secara (*suspended growth*) tersuspensi pada medium limbah *grey water* dan terlekat (*attached growth*) pada media *Kaldness K1* sebagai *biocarrier*.

## 2. METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Adapun variabel terikat pada penelitian ini yaitu jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp., COD, amonia dan pengukuran *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS). Teknis analisis data yang digunakan untuk pengujian COD mengacu pada SNI 6989.73:2009, pengujian amonia menggunakan SNI 06-6989.30-2005. Perhitungan jumlah sel mikroalga dilakukan menggunakan alat *thomacytometer*. Pengukuran *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS) menggunakan metode gravimetri. Metoda pengumpulan data dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan penelitian yang pertama yaitu melakukan persiapan awal meliputi persiapan peralatan, preparasi limbah cair domestik, kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dan aklimatisasi. Limbah cair domestik jenis *grey water* yang digunakan berasal dari IPAL Komunal Perumahan Widya Graha II, RT VIII, Kelurahan Delima, Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Metode pengambilan sampel dilakukan sesuai SNI 6989-59-2008. Kemudian dilakukan penyaringan pada limbah cair domestik jenis *grey water* untuk memisahkan pasir dan partikel yang berukuran lebih besar. Selanjutnya, limbah cair domestik jenis *grey water* yang telah disaring dilakukan uji karakteristik awal yaitu kadar COD, amonia (NH<sub>3</sub>), pH dan suhu. Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan bertujuan untuk memperbanyak jumlah sel mikroalga atau meningkatkan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. hingga berada pada fase eksponensial yaitu  $1 \times 10^6$  sel/ml.

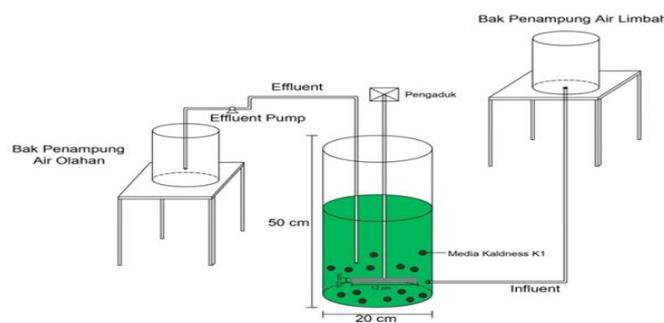
Proses kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan selama enam hari di dalam medium Dahril *Solution* yang dilakukan di Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Adapun proses kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. yaitu : Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dengan menambahkan 100 ml Mikroalga *Chlorella* sp. Kemudian ditambahkan dengan 400 ml medium Dahril *Solution*. Selanjutnya ditambahkan aquades sebanyak 3,5 liter. Setelah itu, diberikan aerasi menggunakan aerator dan sinar matahari. Kultivasi *Chlorella* sp. dilaksanakan sampai pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. berada pada fase eksponensial dan mencukupi  $1 \times 10^6$  sel/ml. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dihitung setiap 24 jam sekali menggunakan alat *thomacytometer* dengan bantuan *cover glass* dan *hand counter* dan dilakukan pengamatan di bawah mikroskop cahaya. Mikroalga *Chlorella* sp. yang sudah mencapai fase eksponensial pada tahap kultivasi kemudian akan digunakan pada tahapan aklimatisasi.

Aklimatisasi bertujuan untuk menyesuaikan mikroalga terhadap lingkungan baru, serta sumber makanannya. Proses aklimatisasi dilaksanakan selama 6-10 hari dengan cara mencampurkan mikroalga hasil kultivasi dalam medium Dahril *Solution* dengan limbah cair *grey water* secara bertahap. Aklimatisasi dilaksanakan dalam dua tahapan dengan volume kerja 4 liter. Adapun cara kerja aklimatisasi tahap pertama yaitu: Mikroalga *Chlorella* sp. yang sudah mencapai fase eksponensial pada tahapan kultivasi diaduk hingga tercampur sempurna kemudian digunakan untuk aklimatisasi tahap pertama. Pada aklimatisasi tahap pertama yaitu dengan cara mencampurkan 50% (2 liter) alga hasil kultivasi, 50% (2 liter) limbah cair domestik jenis *grey water*. Serta dengan menambahkan semua media *biocarrier Kaldness K1* sebanyak 893 buah ke dalam masing-masing botol aklimatisasi. Kemudian diberikan aerasi menggunakan aerator dan

diberikan sinar matahari. Dilakukan perhitungan jumlah sel mikroalga pada biakan tersuspensi dan terlekat setiap 24 jam sekali menggunakan *thomacytometer* dengan bantuan *cover glass* dan *handcounter* di bawah mikroskop cahaya. Setelah itu, tahapan selanjutnya dapat dilaksanakan apabila mikroalga pada tahap pertama telah mencapai fase pertumbuhan eksponensial atau kepadatan sel mikroalga hingga  $1 \times 10^6$  sel/ml.

Aklimatisasi tahap dua dilakukan di dalam botol aklimatisasi sebanyak 4 buah dengan volume kerja 4 liter. Adapun cara kerja aklimatisasi tahap kedua yaitu: Mikroalga *Chlorella sp.* yang sudah mencapai fase eksponensial pada aklimatisasi tahap pertama diaduk hingga tercampur sempurna kemudian digunakan pada aklimatisasi tahap dua. Pada aklimatisasi tahap kedua dilakukan dengan cara mencampurkan 75% (3 liter) biakan dari aklimatisasi pertama dengan 25% (1 liter) limbah cair domestik jenis *grey water*. Dengan tetap menambahkan media *biocarrier Kaldness K1* sebanyak 893 buah ke dalam masing-masing botol aklimatisasi. Kemudian diberikan aerasi menggunakan aerator dan diberikan cahaya yang bersumber dari sinar matahari. Setelah itu, dilakukan perhitungan jumlah sel mikroalga *Chlorella sp.* pada proses biakan tersuspensi dan terlekat setiap 24 jam sekali menggunakan *thomacytometer* dengan bantuan *cover glass* dan *handcounter* di bawah mikroskop cahaya. Adapun cara perhitungan jumlah sel mikroalga *Chlorella sp.* Dilakukan pengukuran pada pH dan suhu selama aklimatisasi agar dapat mengetahui apakah kondisi tersebut dapat mendukung pertumbuhan mikroalga yang optimal.

Kedua, Percobaan utama dengan menggunakan *Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR)*. Pada percobaan utama dilakukan kultivasi mikroalga *Chlorella sp.* pada limbah cair domestik jenis *grey water* di dalam SBBR dengan volume kerja 5 liter. Proses yang sama dilakukan pada setiap variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi serta jumlah siklus. Adapun gambar instalasi *Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR)* dapat dilihat pada [Gambar 1](#).



**Gambar 1.** Instalasi *Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR)*

Pada percobaan utama menggunakan empat reaktor dengan masing-masing reaktor diisi dengan suspensi alga, limbah cair domestik jenis *grey water* dan media *Kaldness 1 (K1)*. Adapun uraian perhitungan dari setiap reaktor pada percobaan ini dapat dilihat pada [Tabel 1](#).

**Tabel 1.** Perhitungan Setiap Reaktor

Reaktor I	
Limbah cair <i>grey water</i>	3750 ml
Suspensi alga	1000 ml
Media <i>Kaldness K1</i>	250 ml
Pengisian ( <i>fill</i> )	45 menit
Reaksi ( <i>react</i> )	105 menit
Pengendapan ( <i>settle</i> )	45 menit
Pemisahan ( <i>decant</i> )	45 menit
Stabilisasi ( <i>idle</i> )	120 menit
Reaktor II	
Limbah cair <i>grey water</i>	3750 ml
Suspensi alga	1000 ml
Media <i>Kaldness K1</i>	250 ml
Pengisian ( <i>fill</i> )	60 menit
Reaksi ( <i>react</i> )	90 menit
Pengendapan ( <i>settle</i> )	45 menit
Pemisahan ( <i>decant</i> )	45 menit
Stabilisasi ( <i>idle</i> )	120 menit

<b>Reaktor III</b>	
Limbah cair <i>grey water</i>	3750 ml
Suspensi alga	1000 ml
Media <i>Kaldness</i> K1	250 ml
Pengisian ( <i>fill</i> )	75 menit
Reaksi ( <i>react</i> )	75 menit
Pengendapan ( <i>settle</i> )	45 menit
Pemisahan ( <i>decant</i> )	45 menit
Stabilisasi ( <i>idle</i> )	120 menit
<b>Reaktor IV</b>	
Limbah cair <i>grey water</i>	3750 ml
Suspensi alga	1000 ml
Media <i>Kaldness</i> K1	250 ml
Pengisian ( <i>fill</i> )	90 menit
Reaksi ( <i>react</i> )	60 menit
Pengendapan ( <i>settle</i> )	45 menit
Pemisahan ( <i>decant</i> )	45 menit
Stabilisasi ( <i>idle</i> )	120 menit

Untuk menghitung jumlah media *Kaldness* K1 yang terdapat pada setiap reaktor dengan menggunakan gelas ukur berukuran 1000 ml. Air sebanyak 750 ml diisi ke dalam gelas ukur, kemudian ditambahkan dengan media *Kaldness* K1 hingga volume air mencapai 1000 ml. Banyaknya jumlah media *Kaldness* K1 yang digunakan untuk kenaikan 250 ml air yaitu 893 buah. Pada penelitian ini, pengolahan akan dilakukan dengan waktu pengendapan (*settle*) 45 menit, pemisahan (*decant*) 45 menit dan waktu diam (*idle*) 120 dengan variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% (45 : 105 menit), 40% : 60% (60 : 90 menit), 50% : 50% (75 : 75 menit) dan 60% : 40% (90 : 60 menit). Proses pengolahan pada SBBR ini akan dilaksanakan dengan variasi jumlah siklus yaitu 4 dan 6 siklus dengan kecepatan pengadukan sebesar 60 rpm. Setelah percobaan utama telah dilakukan kemudian dilakukan analisis parameter terhadap kandungan COD, amonia, jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dan *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS). Pengujian parameter COD menggunakan SNI 6989.73:2009, pengujian amonia menggunakan SNI 06-6989.30-2005. Perhitungan jumlah sel mikroalga dilakukan menggunakan alat *thomacytometer*. Pengukuran *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS) menggunakan metode gravimetri. Efisiensi penyisihan parameter COD dan amonia dapat dihitung menggunakan persamaan efisiensi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

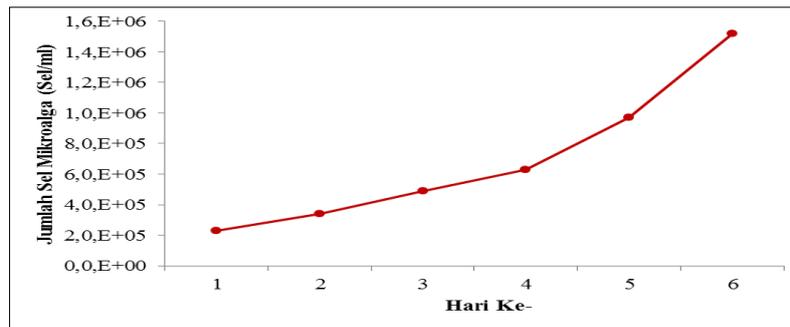
#### Hasil

Uji karakteristik awal dilakukan bertujuan untuk mengetahui konsentrasi awal dari limbah cair domestik jenis *grey water*. Parameter pencemar yang diukur yaitu COD dan amonia. Berikut ini merupakan hasil uji karakteristik awal limbah cair domestik jenis *grey water* dapat dilihat pada [Tabel 2](#).

**Tabel 2.** Karakteristik Awal Limbah *Grey Water*

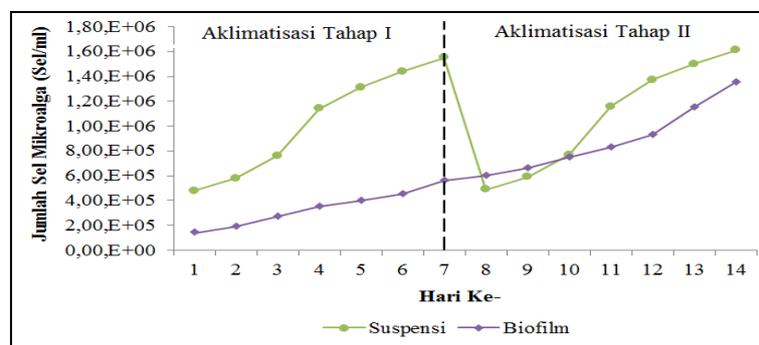
Parameter	Hasil Uji (mg/L)	Permen LHK No P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
COD	198	100
Amonia	9,87	10

Berdasarkan [Tabel 2](#) dapat diketahui bahwa konsentrasi COD dan amonia pada limbah cair *grey water* masih berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permen LHK No P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Oleh karena itu, limbah cair *grey water* dengan konsentrasi yang tinggi memerlukan pengolahan yang tepat agar tidak menambah beban organik serta pencemar yang dapat mengganggu ekosistem perairan. Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. bertujuan untuk memperbanyak jumlah sel mikroalga atau meningkatkan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. hingga berada pada fase eksponensial yaitu  $1 \times 10^6$  sel/ml. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. setelah dikultivasi dengan menggunakan medium *Dahril Solution* yaitu  $1,52 \times 10^6$  sel/ml. Adapun grafik rata-rata jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. pada tahap kultivasi dapat dilihat pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella* sp. Tahap Kultivasi

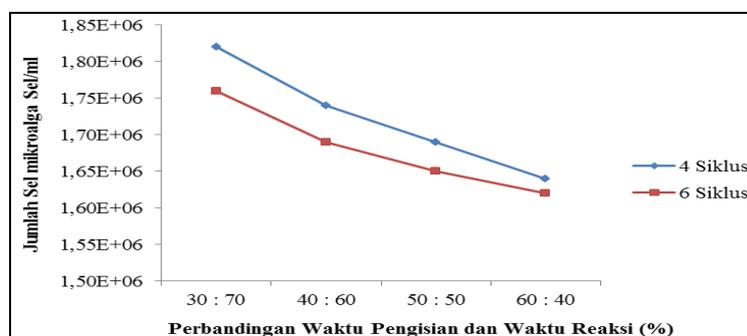
Proses aklimatisasi berlangsung selama 14 hari dengan masing-masing tahap aklimatisasi berlangsung selama 7 hari. Adapun rata-rata jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. pada aklimatisasi tahap satu dan dua berbasis suspensi dan *biofilm* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Jumlah Sel Mikroalga Tahap Aklimatisasi

Pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi pada aklimatisasi tahap satu telah mencapai fase eksponensial pada hari ke tujuh dengan tingkat kepadatan sel yaitu  $1,55 \times 10^6$  sel/ml, sedangkan untuk jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm* pada aklimatisasi tahap satu dengan tingkat kepadatan yaitu  $0,56 \times 10^6$  sel/ml. Proses aklimatisasi tahap dua dilakukan selama tujuh hari. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi dan *biofilm* pada aklimatisasi tahap dua sudah mencapai fase eksponensial di hari ke tujuh dengan tingkat kepadatan sel berturut-turut yaitu  $1,61 \times 10^6$  sel/ml dan  $1,35 \times 10^6$  sel/ml.

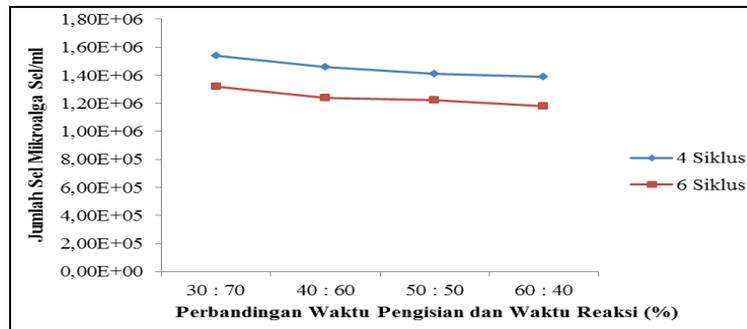
Selama proses pengolahan limbah cair *grey water*, sel mikroalga *Chlorella* sp. yang tersuspensi di dalam reaktor akan dihitung pada akhir proses pengolahan. Untuk dapat mengetahui pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dengan menghitung banyaknya tingkat kepadatan mikroalga *Chlorella* sp. Adapun grafik jumlah sel mikroalga berbasis suspensi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella* sp. Berbasis Suspensi pada Variasi Perbandingan Waktu Pengisian dan Waktu Reaksi serta Jumlah Siklus

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa pada variasi 4 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% menghasilkan jumlah sel mikroalga secara berturut-turut yaitu  $1,82 \times 10^6$  sel/ml,  $1,74 \times 10^6$  sel/ml,  $1,69 \times 10^6$  sel/ml dan  $1,64 \times 10^6$

sel/ml. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. tersebut bertambah seiring dengan menurunnya waktu pengisian dan meningkatnya waktu reaksi. Pada perlakuan variasi 4 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% diperoleh jumlah sel mikroalga terbanyak yaitu sebesar  $1,82 \times 10^6$  sel/ml. Pertumbuhan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm* dipengaruhi oleh perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi. Adapun grafik jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm* dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella* sp. Berbasis *Biofilm* pada Variasi Perbandingan Waktu Pengisian dan Waktu Reaksi serta Jumlah Siklus

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa pada variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% memiliki jumlah sel mikroalga berbasis *biofilm* tertinggi. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm* pada variasi 4 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% secara berturut-turut yaitu  $1,54 \times 10^6$  sel/ml,  $1,46 \times 10^6$  sel/ml,  $1,41 \times 10^6$  sel/ml dan  $1,39 \times 10^6$  sel/ml. Perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% pada 4 siklus memperoleh jumlah sel terbaik yaitu  $1,54 \times 10^6$  sel/ml.

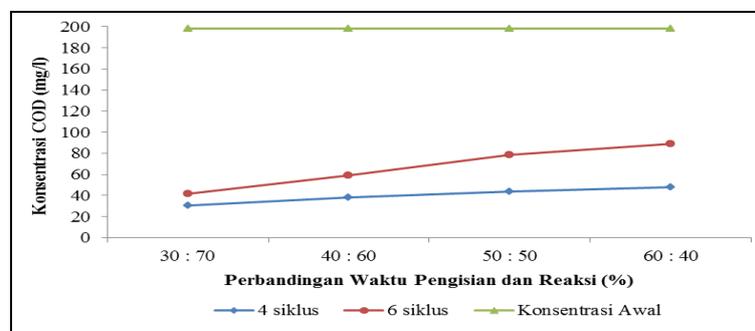
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran faktor lingkungan yaitu pH dan suhu. Rentang pH dan suhu pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. selama proses pengolahan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rentang pH dan Suhu Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. Selama Proses Pengolahan

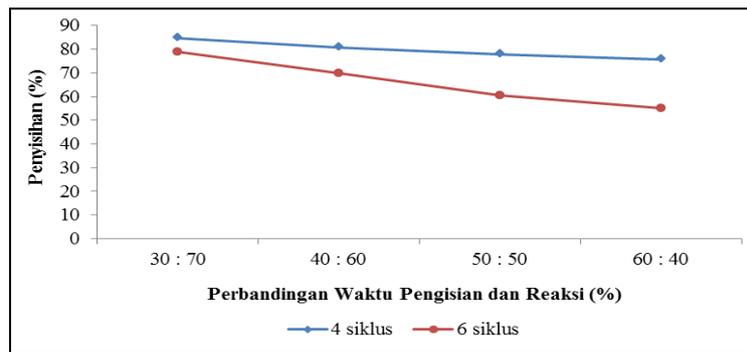
Faktor Lingkungan	Rentang Nilai
pH	7,83-8,54
Suhu	28,5-30°C

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui rentang nilai pH pertumbuhan mikroalga selama proses pengolahan yaitu berkisar antara 7,83-8,54. Nilai pH tersebut sudah masuk ke dalam rentang pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Suhu pertumbuhan mikroalga dalam penelitian ini yaitu berkisar antara 28,5-30°C. Rentang suhu dalam penelitian ini masih memenuhi kriteria bagi pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.

Hasil konsentrasi dan efisiensi penyisihan COD selama proses pengolahan di dalam SBBR menggunakan *Chlorella* sp. dipengaruhi oleh perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi serta jumlah siklus dapat dilihat pada Gambar 6, dan Gambar 7.

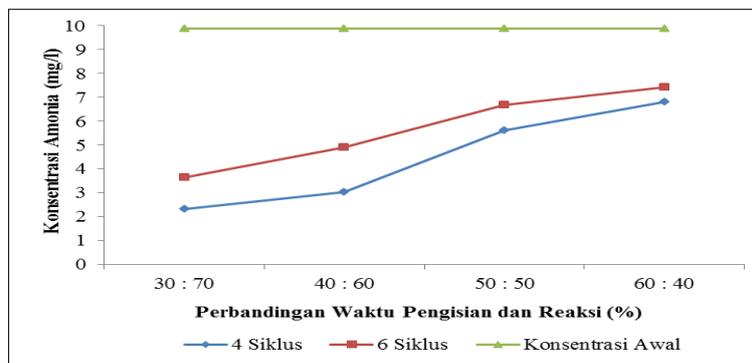


**Gambar 6.** Grafik Konsentrasi COD Selama Proses Pengolahan

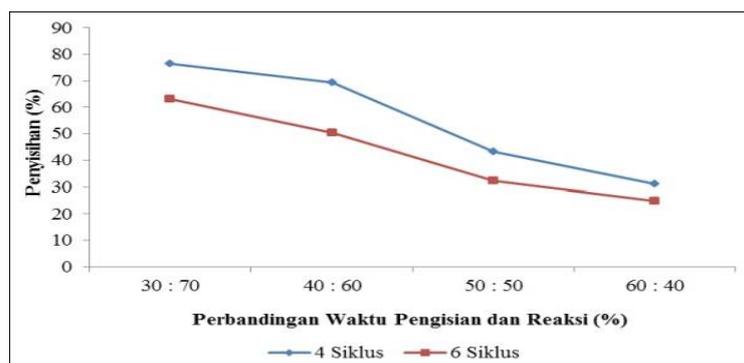


Gambar 7. Grafik Efisiensi Penyisihan COD

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30 : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% selama 4 siklus memperoleh efisiensi penyisihan masing-masing yaitu 85%; 81%; 78% dan 76%. Sedangkan pada variasi 6 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% memperoleh efisiensi penyisihan masing-masing yaitu 79%; 70%; 60% dan 55%. Efisiensi penyisihan amonia mempunyai kecenderungan yang sama dengan penyisihan COD. Adapun grafik konsentrasi dan efisiensi penyisihan amonia selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 8, dan Gambar 9.



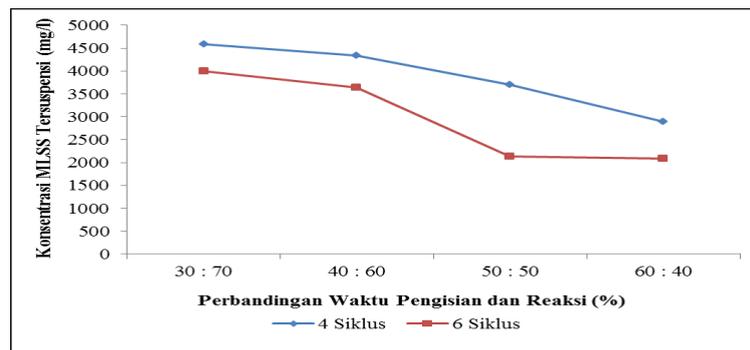
Gambar 8. Grafik Konsentrasi Amonia Selama Proses Pengolahan



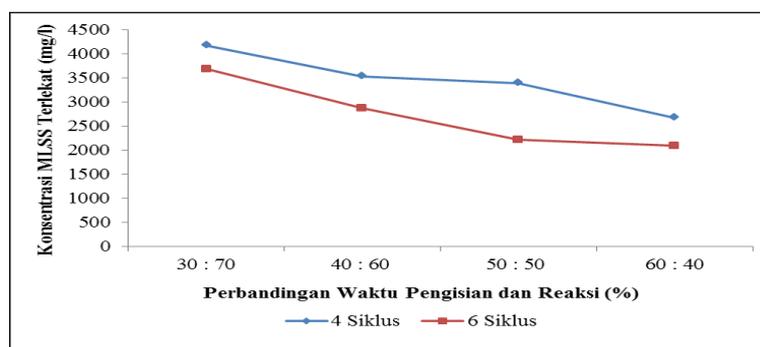
Gambar 9. Grafik Efisiensi Penyisihan Amonia

Dapat diketahui bahwa penurunan konsentrasi amonia selama proses pengolahan dipengaruhi oleh perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi serta jumlah siklus. Berdasarkan Gambar 9 atas menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan amonia pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% selama 4 siklus memperoleh efisiensi penyisihan masing-masing yaitu 77%; 69%; 43% dan 31%. Sedangkan pada variasi 6 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% memperoleh efisiensi penyisihan masing-masing yaitu 63%; 50%; 32%, dan 25%. Selain menguji parameter COD dan amonia pada percobaan utama dilakukan pengukuran MLSS. Pengukuran MLSS dilakukan pada proses biakan

tersuspensi dan terlekat. Adapun grafik konsentrasi MLSS berbasis suspensi dan terlekat dapat dilihat pada Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik Konsentrasi MLSS Tersuspensi



Gambar 11. Grafik Konsentrasi MLSS Terlekat

Berdasarkan Gambar 10, dan Gambar 11 dapat diketahui konsentrasi MLSS tertinggi terjadi pada variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% atau (45 : 105 menit) selama 4 siklus dengan nilai konsentrasi MLSS tersuspensi dan terlekat secara berturut-turut yaitu 4580 mg/l dan 4180 mg/l. Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan bahwa konsentrasi MLSS tersuspensi pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% selama 4 siklus yaitu 4580 mg/l, 4340 mg/l, 3700 mg/l dan 2900 mg/l. Sedangkan konsentrasi MLSS *biofilm* pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% selama 4 siklus yaitu 4180 mg/l, 3540 mg/l, 3400 mg/l, 2680 mg/l.

### Pembahasan

Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. bertujuan untuk meningkatkan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. hingga berada pada fase eksponensial yaitu  $1 \times 10^6$  sel/ml. Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan menggunakan medium Dahril *Solution*. Medium Dahril *Solution* mengandung nutrisi yang dapat meningkatkan pertumbuhan sel mikroalga serta metabolisme sel mikroalga *Chlorella* sp. Proses kultivasi mikroalga dilakukan dengan menambahkan aerasi menggunakan aerator yang bertujuan agar semua kultur mikroalga memperoleh suplai oksigen yang cukup (Amalo, Gaol, & Beribe, 2019; Prajapati, Malik, & Kumar, 2014). Sumber cahaya yang digunakan dalam proses kultivasi berasal dari cahaya matahari untuk membantu mikroalga dalam melakukan fotosintesis dan pembelahan sel. Mikroalga yang sudah mencapai fase eksponensial pada tahapan kultivasi kemudian dilakukan aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan bertujuan untuk menyesuaikan mikroalga *Chlorella* sp. terhadap kondisi lingkungan baru yaitu pada medium limbah cair *grey water* untuk pertumbuhan suspensi dan media *Kaldness* (K1) untuk pertumbuhan melekat yang akan digunakan pada percobaan utama. Proses aklimatisasi dilakukan dengan dua tahap, hal ini bertujuan agar tidak terjadinya *shock loading* pada mikroalga sehingga mikroalga dapat beradaptasi pada medium baru yaitu limbah cair *grey water* dan dapat tumbuh dengan cara melekat pada media *Kaldness* (K1). Penentuan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dapat diketahui melalui perhitungan jumlah populasi sel mikroalga *Chlorella* sp. setiap 24 jam sekali (Regista., Ambeng., Litaay, & Umar, 2017). Hal ini dikarenakan, mikroalga *Chlorella* sp. mempunyai tingkat reproduksi yang tinggi sehingga setiap sel mikroalga *Chlorella* sp. dapat berkembang biak menjadi 10.000 sel dalam waktu 24 jam (Utami, Yuniarti, & Haetami, 2012). Terjadinya pembelahan sel pada mikroalga dikarenakan sel-sel mikroalga dapat tumbuh

dengan memanfaatkan bahan-bahan organik dari limbah cair *grey water* sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya (Elystia, 2020; Jiang, Ma, Hao, Wu, & Wang, 2021). Terjadi penurunan jumlah sel pada hari pertama aklimatisasi tahap dua yang diakibatkan karena adanya pengenceran dari penambahan limbah cair domestik *grey water*.

Jumlah suspensi awal sel mikroalga *Chlorella* sp. yang ditambahkan ke dalam limbah cair domestik jenis *grey water* yaitu  $1,61 \times 10^6$  sel/ml. Berdasarkan gambar grafik pertumbuhan jumlah sel mikroalga berbasis suspensi dapat diketahui bahwa pada variasi 4 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50% dan 60% : 40% menghasilkan jumlah sel mikroalga secara berturut-turut yaitu  $1,82 \times 10^6$  sel/ml,  $1,74 \times 10^6$  sel/ml,  $1,69 \times 10^6$  sel/ml dan  $1,64 \times 10^6$  sel/ml. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. tersebut bertambah seiring dengan menurunnya waktu pengisian dan meningkatnya waktu reaksi. Peningkatan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. mengindikasikan bahwa sel mikroalga *Chlorella* sp. mampu untuk bertahan hidup serta melakukan pembelahan sel. Terjadinya peningkatan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. membuktikan bahwa mikroalga mampu memanfaatkan nutrisi di dalam limbah cair *grey water* untuk pertumbuhannya sehingga terjadi peningkatan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. Pada variasi 4 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% diperoleh jumlah sel mikroalga terbanyak yaitu sebesar  $1,82 \times 10^6$  sel/ml. Kondisi ini terjadi karena pada variasi 30% : 70%, aliran air limbah yang masuk ke dalam reaktor lebih cepat sehingga tidak menyebabkan keterbatasan substrat bagi mikroalga untuk dapat melakukan pertumbuhan, hal ini dikarenakan mikroalga dapat melakukan pertumbuhan yang optimal apabila memperoleh konsentrasi substrat yang tinggi bila dibandingkan ketika memperoleh substrat yang rendah, selain itu semakin lama waktu reaksi akan menyebabkan kontak antara mikroalga dan limbah cair domestik jenis *grey water* berlangsung lama sehingga mikroalga dapat memanfaatkan nutrisi pada air limbah dengan optimal untuk pertumbuhannya. Semakin bertambahnya jumlah siklus menyebabkan terjadinya penurunan jumlah sel mikroalga, hal ini diakibatkan banyaknya pengulangan siklus yang mengakibatkan semakin rendahnya kandungan nutrisi yang terkandung di dalam limbah cair domestik jenis *grey water* sehingga terjadi persaingan antar sel untuk memperoleh nutrisi yang semakin lama semakin berkurang. Mikroalga *Chlorella* sp. mampu memanfaatkan dan menyerap bahan-bahan organik di dalam limbah cair *grey water* sehingga menyebabkan kandungan bahan-bahan organik di dalam limbah cair menjadi menurun. Semakin tinggi kepadatan sel mikroalga *Chlorella* sp. dalam suatu medium maka semakin banyak unsur hara yang dimanfaatkan oleh mikroalga sehingga menyebabkan efisiensi penyisihan akan semakin tinggi (Restuhadi et al., 2017).

Pertumbuhan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm* dipengaruhi oleh perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi. Perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% pada 4 siklus memperoleh jumlah sel terbaik yaitu  $1,54 \times 10^6$  sel/ml. Hal ini dikarenakan pada waktu pengisian yang singkat, mikroalga berada dalam kondisi substrat yang tinggi sehingga menyebabkan mikroalga dapat tumbuh dengan optimal. Selain itu, semakin lama waktu reaksi maka akan semakin lama waktu kontak antara mikroalga dengan air limbah yang menyebabkan efisiensi penyisihan menjadi meningkat. Variasi 4 siklus merupakan jumlah siklus terbaik pada penelitian ini, hal ini dikarenakan pada variasi 4 siklus kandungan nutrisi di dalam limbah cair domestik jenis *grey water* belum menurun, sehingga masih dapat memenuhi kebutuhan mikroalga dalam melakukan pertumbuhannya. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi lebih tinggi bila dibandingkan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm*. Hal ini diakibatkan karena pembentukan *biofilm* dipengaruhi oleh lebih banyak faktor dibandingkan pertumbuhan tersuspensi diantaranya seperti efek substratum, hidrodinamik, karakteristik medium, penyerapan CO<sub>2</sub> dan EPS yang dihasilkan oleh bakteri.

pH dan suhu merupakan faktor lingkungan yang penting untuk diperhatikan bagi pertumbuhan mikroalga (Gunawan., 2012). Hal ini dikarenakan pH berpengaruh terhadap metabolisme sel mikroalga sedangkan suhu dapat mempengaruhi aktivitas enzim pada sel mikroalga. Nilai pH pada penelitian sudah masuk ke dalam rentang pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Hal ini sesuai, penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pengkulturan mikroalga *Chlorella* sp. memiliki pH optimal yaitu pada rentang 6,8-9,4 (Jelizanur., Padil., & Muria, 2019). Selama proses pengolahan nilai pH mengalami kenaikan dari pH awal, adapun pH awal pada limbah cair domestik *grey water* yaitu 6,9. Kenaikan pH yang terjadi diduga sejalan dengan meningkatnya tingkat kepadatan sel mikroalga, dimana dengan meningkatnya tingkat kepadatan sel mikroalga berarti meningkatkan metabolisme dalam kultur mikroalga (Zulfarina., I., & Putri, 2013). Terjadinya perubahan pH dari pH awal diakibatkan karena adanya aktivitas fotosintesis oleh mikroalga (Nurhayati, Hamzah, & Pambayun, 2014). Mikroalga melakukan penyerapan CO<sub>2</sub> bebas dan bikarbonat sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> terlarut dan peningkatan nilai pH. Suhu pertumbuhan mikroalga dalam penelitian ini yaitu berkisar antara 28,5-30°C. Suhu optimal bagi pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. adalah 20-30°C. Oleh karena itu, rentang suhu dalam penelitian ini masih memenuhi kriteria bagi pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Peningkatan suhu yang terjadi pada medium mengindikasikan

bahwa terjadinya peningkatan jumlah sel mikroalga dari proses metabolisme sel. Kecepatan metabolisme pada mikroalga meningkat sejalan dengan peningkatan suhu sampai di suhu optimal dan akan mengalami penurunan apabila telah melewati titik optimal.

Penurunan konsentrasi COD mengindikasikan bahwa adanya aktivitas mikroalga dalam mengurangi kadar pencemar zat organik di dalam air limbah (Nugroho, Sumiyati, & Hadiwidodo, 2014). Efisiensi penyisihan COD tertinggi terjadi pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% atau (45 : 105 menit) selama 4 siklus yaitu sebesar 85% dari nilai awal konsentrasi limbah *grey water* yaitu 198 mg/l menjadi 30,4 mg/l. Sedangkan efisiensi penyisihan COD terendah terjadi pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 60% : 40% atau (90 : 60 menit) selama 6 siklus dengan efisiensi COD sebesar 55%. Pada waktu pengisian singkat menyebabkan aliran air limbah yang masuk ke dalam reaktor lebih cepat sehingga distribusi air limbah lebih merata. Distribusi air limbah yang merata menyebabkan tidak terjadinya keterbatasan substrat dan mikroorganisme berada dalam kondisi kaya akan substrat sehingga mendukung bagi pertumbuhan biomassa. Periode pengisian yang singkat menciptakan kondisi substrat yang tinggi sehingga proses pendegradasian akan lebih baik serta menghasilkan lumpur biomassa yang lebih tebal. Selain itu waktu pengisian yang lama menyebabkan mikroorganisme secara terus menerus memperoleh substrat yang sangat rendah, akibatnya mikroorganisme tidak dapat melakukan pertumbuhan (Chiavola, Baciocchi, & Barducci, 2010). Selain itu waktu reaksi juga berperan penting terhadap penyisihan polutan. Waktu reaksi yang lebih lama menyebabkan kontak antara biomassa dengan limbah cair domestik *grey water* akan berlangsung lebih lama, sehingga meningkatkan efisiensi penyisihan. Sesuai dengan pernyataan, yang menyatakan bahwa peningkatan waktu reaksi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan senyawa organik di dalam air limbah, hal ini diakibatkan karena lamanya waktu kontak antara mikroorganisme dengan air limbah pada saat kondisi substrat yang berlebih sehingga proses pendegradasian senyawa organik dapat berjalan lebih optimal.

Pada perlakuan variasi 4 siklus menghasilkan efisiensi penyisihan COD yang tinggi dibandingkan dengan 6 siklus. Perbedaan efisiensi yang terjadi karena adanya penurunan jumlah sel mikroalga seiring bertambahnya jumlah siklus. Pada variasi 6 siklus dengan perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% diperoleh jumlah sel mikroalga berbasis suspensi sebesar  $1,76 \times 10^6$  sel/ml, sedangkan pada variasi 4 siklus jumlah sel mikroalga berbasis suspensi yaitu  $1,82 \times 10^6$  sel/ml. Terjadinya penurunan jumlah sel mikroalga diakibatkan karena banyaknya proses pengulangan siklus sehingga menyebabkan konsentrasi nutrisi semakin lama akan menjadi semakin berkurang sehingga terjadi persaingan antar sel mikroalga untuk mendapatkan nutrisi bagi pertumbuhannya. Tingginya jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. menyebabkan konsentrasi COD di dalam limbah *grey water* menjadi menurun. Penurunan konsentrasi COD membuktikan bahwa bahan organik yang terdapat di dalam limbah domestik *grey water* dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai sumber nutrisi untuk proses metabolismenya. Senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair dapat di serap atau dimanfaatkan oleh mikroalga melalui proses respirasinya. Pada proses respirasi, glukosa akan diubah menjadi piruvat melalui proses glikolisis kemudian didekarboksilasi menghasilkan Asetil Koenzim-A. Pada proses transaminasi, protein diuraikan menjadi asam amino yang selanjutnya diubah menjadi asam piruvat kemudian menghasilkan Asetil Koenzim-A. Pada proses lipolisis, lemak diuraikan menjadi asam lemak. Asam lemak hasil proses lipolisis kemudian dioksidasi menjadi Asetil Koenzim-A. Asetil Koenzim-A yang dihasilkan adalah bahan dasar siklus Krebs yang dilanjutkan dengan rantai transport elektron untuk menghasilkan ATP. Di dalam ATP terdapat energi, energi tersebut dimanfaatkan oleh mikroalga untuk pertumbuhan dan pembelahan selnya (Larasati & Poedjiastoeti, 2016). Menurunnya kadar COD pada setiap perlakuan variasi juga terjadi karena adanya hubungan simbiosis mutualisme mikroalga dengan bakteri. Mikroalga dapat melakukan fotosintesis di dalam limbah cair serta menghasilkan oksigen sebagai produk reaksinya, sehingga memberikan kebutuhan oksigen pada bakteri aerob untuk mempercepat proses penguraian. Mikroalga mampu menggunakan karbondioksida sebagai sumber karbon utama untuk sintesis sel baru serta melepaskan oksigen melalui mekanisme fotosintesis. Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang diperoleh merupakan hasil perombakan bakteri pengurai dan oksigen terlarut yang dihasilkan mikroalga dimanfaatkan bakteri aerob untuk proses penguraian (Restuhadi et al., 2017).

Penurunan konsentrasi amonia selama proses pengolahan dipengaruhi oleh perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi serta jumlah siklus. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya penyerapan amonia yang dilakukan oleh mikroalga. Penurunan konsentrasi amonia tertinggi selama proses pengolahan terjadi pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% (45 : 105 menit) selama 4 siklus dengan nilai konsentrasi amonia sebesar 2,31 mg/l. Konsentrasi amonia tersebut menurun sebesar 7,56 mg/l dari konsentrasi amonia awal yaitu 9,87 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi amonia terendah terjadi pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 60% : 40% selama 6 siklus dengan konsentrasi amonia sebesar 7,43 mg/l. Hal ini dikarenakan, pada periode waktu pengisian yang singkat aliran air limbah lebih cepat dibandingkan dengan waktu pengisian yang lama, sehingga menciptakan kondisi substrat yang tinggi dan tidak terjadinya keterbatasan substrat bagi mikroalga untuk dapat melakukan proses penguraian. Hal

ini sejalan dengan pernyataan yang menyatakan bahwa waktu pengisian yang singkat pada *Sequencing Batch Reactor* (SBR) menyebabkan mikroorganisme yang berada dalam kondisi lapar akan memperoleh substrat yang tinggi sehingga proses pendegradasian senyawa organik akan lebih cepat (Cassidy & Belia, 2005). Konsentrasi substrat yang terlalu rendah dapat mengakibatkan mikroorganisme mengalami kondisi kekurangan substrat dan akhirnya mengalami kematian (Indriani, 2020). Penyisihan kadar amonia juga dipengaruhi oleh lamanya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi, maka penyisihan amonia akan semakin meningkat. Hal ini diakibatkan karena adanya kontak antara limbah cair domestik dan mikroorganisme berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Waktu reaksi yang singkat akan mempengaruhi pengoptimalan proses degradasi senyawa amonia yang dilakukan oleh mikroorganisme. Semakin pendek waktu reaksi di dalam reaktor, maka akan semakin rendah pula efisiensi pengolahan dalam penyisihan kadar amonia (Said & Muhammad, 2014).

Variasi 4 siklus pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% menghasilkan penyisihan amonia terbaik dengan efisiensi 77%. Pada variasi 4 siklus, pertumbuhan jumlah sel mikroalga lebih tinggi bila dibandingkan dengan variasi 6 siklus. Pertumbuhan jumlah sel mikroalga yang tinggi pada variasi 4 siklus dikarenakan mikroalga mengalami pengulangan siklus yang singkat sehingga kebutuhan nutrisi masih mencukupi bagi pertumbuhan mikroalga. Lumpur yang diperkaya di dalam *Sequencing Batch Reactor* (SBR) yang dioperasikan dengan siklus pendek dapat meningkatkan ketahanan lumpur serta dapat meningkatkan efisiensi penyisihan nitrogen. Nitrogen merupakan salah satu unsur pembentukan komponen intraseluler mikroalga. Terjadinya peningkatan jumlah sel mikroalga dari proses fotosintesis menyebabkan penurunan konsentrasi amonia di dalam limbah cair. Zat klorofil yang dimiliki oleh mikroalga berperan dalam proses fotosintesis, dengan bantuan H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> dan sinar matahari sehingga menghasilkan energi baru. Energi tersebut digunakan untuk biosintesis sel, pertumbuhan dan pertambahan sel, bergerak atau berpindah serta bereproduksi. Oksigen (O<sub>2</sub>) yang dihasilkan dari proses fotosintesis digunakan oleh bakteri pada limbah cair untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel-sel baru, sedangkan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh bakteri digunakan oleh mikroalga sebagai sumber karbon. Peningkatan jumlah sel mikroalga diindikasikan dari adanya pemanfaatan nitrogen sebagai nutrisi bagi pertumbuhan mikroalga sehingga menyebabkan kandungan amonia di dalam limbah cair semakin menurun. Berikut ini merupakan proses fotosintesis oleh mikroalga dapat dilihat sebagai berikut (Hadiyanto & Azim, 2012).

Konsentrasi MLSS tertinggi terjadi pada variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% atau (45 : 105 menit) selama 4 siklus dengan nilai konsentrasi MLSS tersuspensi dan terlekat secara berturut-turut yaitu 4580 mg/l dan 4180 mg/l. Sedangkan pada variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 60% : 40% atau (90 : 60 menit) selama 6 siklus memperoleh konsentrasi MLSS terendah dengan nilai konsentrasi MLSS tersuspensi dan terlekat secara berturut-turut yaitu 2080 mg/l dan 2100 mg/l. Hal ini diakibatkan karena jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. pada variasi 30% : 70% selama 4 siklus lebih tinggi. Pada waktu pengisian yang singkat, mikroorganisme mengalami kondisi kekurangan substrat selama fase *idle* sebelumnya, sehingga dengan adanya substrat yang berlimpah selama fase pengisian singkat, menyebabkan terjadinya pertumbuhan mikroorganisme yang optimal, selain itu pada fase pengisian singkat mikroorganisme tidak cepat mengalami kematian (Alomari, Ramasamy, Kiper, & Potvin, 2020). Mikroalga dapat melakukan pertumbuhan sel yang optimal ketika memperoleh substrat yang tinggi bila dibandingkan dengan kondisi substrat yang rendah pada saat fase pengisian yang lama. Sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan pada konsentrasi substrat yang rendah mikroalga akan mengalami fase penurunan pertumbuhan sel yang lebih cepat bila dibandingkan pada saat memperoleh substrat yang tinggi (Istirokhatun, Aulia, & Sudarno., 2017). Dengan demikian dapat diindikasikan bahwa terjadinya peningkatan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. sejalan dengan meningkatnya konsentrasi MLSS. Pada waktu reaksi yang lama, menyebabkan terjadinya kontak antara mikroalga dengan limbah cair domestik menjadi semakin lama, sehingga mikroalga dapat memanfaatkan bahan organik dengan optimal untuk pertumbuhannya. Mikroorganisme membutuhkan waktu yang cukup untuk dapat berkembang biak serta komponen nutrisi yang dibutuhkan terpenuhi, maka mikroorganisme akan berkembang pesat (Soepartono, 2013). Semakin meningkatnya konsentrasi MLSS yang terdapat di dalam suatu sistem pengolahan mengindikasikan bahwa terdapat lebih banyak bahan organik yang dioksidasi.

Meningkatnya konsentrasi MLSS mengindikasikan bahwa adanya EPS yang dihasilkan oleh bakteri dapat mempercepat proses perlekatan sel mikroalga dalam membentuk *biofilm*. Senyawa polutan yang terdapat di dalam limbah cair misalnya senyawa organik (COD, amonia dan lain lain) akan berdifusi ke dalam *biofilm* yang melekat pada permukaan medium penyangga. Pada waktu bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang berada di dalam lapisan *biofilm* dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa.

#### 4. SIMPULAN

Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. terbaik yaitu pada variasi perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% selama 4 siklus dengan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi sebesar  $1,82 \times 10^6$  sel/ml dan berbasis biofilm sebesar  $1,54 \times 10^6$  sel/ml. Efisiensi COD dan amonia tertinggi selama proses pengolahan pada SBBR terjadi pada perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% selama 4 siklus dengan efisiensi penyisihan COD 85% dan amonia 77%. Perbandingan waktu pengisian dan waktu reaksi 30% : 70% mampu menyisihkan kadar COD dan amonia pada *grey water* tertinggi karena pada periode waktu pengisian yang singkat berpengaruh terhadap aliran air limbah yang masuk ke dalam reaktor lebih cepat sehingga tidak menyebabkan keterbatasan substrat bagi mikroalga untuk dapat melakukan pertumbuhan. Selain itu, semakin lama waktu reaksi maka efisiensi penyisihan COD dan amonia semakin tinggi. Optimalnya 4 siklus menyebabkan kondisi lingkungan yang mendukung bagi mikroalga untuk tetap dapat melakukan pertumbuhan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Rekabi, W. S., Samar, A. A., Ayman, H. H., & Husein, J. (2021). Effectiveness of sequencing batch biofilm reactor technology to treat domestic wastewater in basrah city. *Journal of Ecological Engineering*, 22(8), 234–242. <https://doi.org/10.12911/22998993/138999>.
- Alomari, H. W., Ramasamy, V., Kiper, J. D., & Potvin, G. (2020). A User Interface (UI) and User eXperience (UX) evaluation framework for cyberlearning environments in computer science and software engineering education. *Heliyon*, 6(5), e03917. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03917>.
- Amalo, D., Gaol, M. L., & Beribe, H. D. (2019). Pengaruh konsentrasi air kelapa terhadap pertumbuhan mikroalga *Chlorella Vulgaris*. *Jurnal Biotropikal Sains*, 16(1), 28–39.
- Bito, T., Okumura, E., Fujishima, M., & Watanabe, F. (2020). Potential of *Chlorella* as a Dietary Supplement to Promote Human Health. *Nutrients*, 12(9), 2524. <https://doi.org/10.3390/nu12092524>.
- Cassidy, D. P., & Belia, E. (2005). Nitrogen and phosphorus removal from an abattoir wastewater in a sbr with aerobic granular sludge. *Water Research*, 39, 4817–4823. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.09.025>.
- Chiavola, A., Baciocchi, R., & Barducci, F. (2010). 3-Chlorophenol biodegradation in a sequencing batch reactor: Kinetic study and effect of the filling time. *Water Air Soil Pollut*, 212, 219–229. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0334-z>.
- Elystia, S. (2020). Cultivation of pyrenoidosa as a raw material for the production of biofuels in plam oil mill effluent medium with the addition of urea anf triple super phosphate. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 7(1). <https://doi.org/10.34172/EHEM.2020.01>.
- Elystia, S., Chairani, M., & Muria, S. R. (2021). Penyisihan nitrogen total dalam limbah cair hotel dengan sistem moving bed biofilm reactor menggunakan *Chlorella* sp. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 10(1), 16–27. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.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 Dan Teknologi Lingkungan*, 11(1), 25–43. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol11.iss1.art3>.
- Gunawan. (2012). Pengaruh perbedaan ph pada pertumbuhan mikroalga kelas Chlorophyta. *BIOSCIENTIAE*, 9(2), 62–65. <https://doi.org/10.20527/b.v9i2.3875>.
- Hadiyanto, H., & Azim, M. (2012). *Mikroalga sumber pangan dan energi masa depan. Edisi pertama*. Semarang: UPT UNDIP Press. Retrieved from [http://eprints.undip.ac.id/48607/1/Buku\\_Mikroalga\\_\\_B5.pdf](http://eprints.undip.ac.id/48607/1/Buku_Mikroalga__B5.pdf).
- Hong, P., Xingqiang, W., Yilin, S., Chunbo, W., Cuicui, T., & Hailong, W. (2020). Bioaugmentation treatment of nitrogen rich wastewater with a denitrifier with biofilm formation and nitrogen removal capacities in a sequencing batch biofilm reactor. *Journal Bioresourch Technology*, 303, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122905>.
- Indriani, V. M. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Microsoft Power Point Pada Subtema Keberagaman Budaya Bangsaku Kelas IV Sekolah Dasar. *Jpgsd*, 8, 1044–1052.
- Istirokhatun, T., Aulia, M., & Sudarno. (2017). Potensi *Chlorella* sp. untuk menyisihkan cod dan nitrat dalam limbah cair tahu. *Jurnal Presipitasi*, 14(2), 88–96. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v14i2.88-96>.
- Jelizanur., Padil., & Muria, S. R. (2019). Kultivasi mikroalga menggunakan media af6 pada berbagai pH. *Jom FTEKNIK*, 6(2), 1–5. Retrieved from <https://jnse.ejournal.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/23519>.
- Jiang, J., Ma, L., Hao, L., Wu, D., & Wang, K. (2021). Comparative Study on Advanced Nitrogen Removal of Landfill Leachate Treated by SBR and SBBR. *Water*, 13(3240), 3240.

- <https://doi.org/10.3390/w13223240>.
- Larasati, L. D., & Poedjiastoeti, S. (2016). Pengembangan Permainan Kartu Domino Kimia Sebagai Media Pembelajaran Pada Materi Unsur Bagi Siswa SMALB Tunarungu. *Journal of Chemical Education*, 5(1), 115–119. <https://doi.org/10.26740/ujced.v5n1.p%25p>.
- Narayanan, M., Prabhakaran, M., Natarajan, D., Kandasamy, S., Raja, R., Carvalho, I. S., ... Pugazhendhi, A. (2021). Phycoremediation potential of *Chlorella* sp. on the polluted Thirumanimutharu river water. *Chemosphere*, 277, 130246. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130246>.
- Natsir, M. F., Amaludin., Astisa, A. L., & Anzakiyah, D. F. (2021). Analisis kualitas BOD, COD dan TSS limbah cair domestik (grey water) pada rumah tangga di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 4(1), 20-25.
- Ningtias, B. C., Setyo, S. M., Cindy, R. P., & Nusa, I. S. (2015). Pengolahan air limbah domestik dengan anoksik-aerobik moving bed biofilm reactor (studi kasus: penyisihan amonia dan karbon dalam air limbah domestik). *Jurnal Air Indonesia*, 8(2), 177–188. <https://doi.org/10.29122/jai.v8i2.2377>.
- Nugroho, S. Y., Sumiyati, S., & Hadiwidodo, M. (2014). Penurunan kadar COD dan TSS pada limbah industri pencucian pakaian (laundry) dengan teknologi biofilm menggunakan media filter serat plastik dan tembikar dengan susunan random. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2).
- Nurhayati, C., Hamzah, B., & Pambayun, R. (2014). Pengaruh pH, konsentrasi isolat *Chlorella vulgaris* dan waktu pengamatan terhadap tingkat cemaran limbah cair Crumb Rubber. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 25(2), 97-106. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v25i2.515>.
- Prajapati, S. K., Malik, A., & Kumar, V. V. (2014). Comparative evaluation of biomass production and bioenergy generation potential of *Chlorella* spp. through anaerobic digestion. *Applied Energy*, 114, 790–797. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.021>.
- Rana, M. S., Bhushan, S., Sudhakar, D. R., & Prajapati, S. K. (2020). Effect of iron oxide nanoparticles on growth and biofuel potential of *Chlorella* spp. *Algal Research*, 49, 101942. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101942>.
- Regista., Ambeng, Litaay, M., & Umar, M. R. (2017). Pengaruh pemberian vermikompos cair lumbricus rubellus hofmeister pada pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Biologi Makassar*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.20956/bioma.v2i1.1346>.
- Restuhadi, F., Zalfiatri, Y., & Pringgondani, D. A. (2017). Pemanfaatan simbiosis mikroalga *Chlorella* sp. dan starbact untuk menurunkan kadar polutan limbah cair sagu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11(2), 140–153. <https://doi.org/10.31258/sagu.v18i1.7863>.
- Rizal, W. A., Suryani, R., Wahono, S. K., Anwar, M., Amdani, R. Z., Suwanto, A., & Februanata, N. (2020). Pirolisis Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Campuran: Parameter Proses dan Analisis Produk Asap Cair. *Jurnal Riset Industri Balai Riset Dan Standarisasi Industri Samarinda*, 14(2), 353–364. <https://doi.org/https://doi.org/10.26578/jrti.v14i2.6606>.
- Said, N. I., & Muhammad, R. S. (2014). Penghilangan amoniak di dalam air limbah domestik dengan proses moving bed biofilm reactor (mbbr). *Jurnal Air Indonesia*, 7(1), 44–65. <https://doi.org/10.29122/jai.v7i1.2399>.
- Soepartono. (2013). Sarana dan Prasarana Olahraga. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional. *Jurnal Pendidikan Olahraga Dan Kesehatan*, 1(1), : 144-149.
- Tang, C. C., Zuo, W., Tian, Y., Wang, Z. W., Zhang, J., & He, Z. W. (2017). Enhanced nitrogen and phosphorus removal from domestic wastewater via algae-assisted sequencing batch biofilm reactor. *Bioresour Technol*, 250, 185-190. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.028>.
- Utami, P. N., Yuniarti, M. S., & Haetami, K. (2012). Pertumbuhan *Chlorella* sp. yang dikultur pada perioditas cahaya yang berbeda. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 3(3), 237-244. Retrieved from <http://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/1467/1465>.
- Zulfarina, I., S., & Putri, H. (2013). Potential utilization of algae *Chlorella pyrenoidosa* for rubber waste management. *Journal of Technology*, 1(3).