

PERTUMBUHAN BIOMASSA DAN PENYISIHAN COD MENGGUNAKAN *SEQUENCING BATCH BIOFILM REACTOR* (SBBR) PADA LIMBAH GREY WATER

Kiki Ramadanti¹, Shinta Elystia^{*1}, David Andrio¹

¹) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email: shintaelystia@yahoo.com

ABSTRAK

Grey water berasal dari kegiatan mencuci, mandi dan memasak yang umumnya langsung dibuang ke saluran drainase maupun badan air penerima. Karakteristik *grey water* pada umumnya mengandung senyawa organik yang tinggi sehingga diperlukan pengolahan agar tidak mencemari badan air, salah satunya menggunakan *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) dengan tambahan biomassa mikroalga *Chlorella* sp. Senyawa organik yang terdapat dalam *grey water* akan dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai sumber nutrisi. Tujuan penelitian adalah (1) Mengetahui jumlah maksimum sel mikroalga *Chlorella* sp. yang terlekat dan tersuspensi, (2) Memperoleh jumlah media *biocarrier Kaldness 1* (K1) dan waktu reaksi terbaik dalam penyisihan COD pada *grey water*. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jumlah media *biocarrier Kaldness 1* (K1) (0, 20, 40, dan 60%) serta waktu reaksi (60, 90 dan 120 menit) dengan variabel tetap waktu pengisian 90 menit, pengendapan 45 menit, pemisahan 45 menit, waktu diam 120 menit dan dilakukan dengan empat siklus, suspensi alga 25% serta kecepatan pengadukan 60 rpm. Hasil penelitian menunjukkan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis terlekat dan tersuspensi $1,32 \times 10^6$ sel/ml dan $1,73 \times 10^6$ sel/ml. Penyisihan COD terbaik terjadi pada jumlah media *biocarrier Kaldness 1* (K1) 20% dan waktu reaksi selama 120 menit. Konsentrasi akhir COD diperoleh 64 mg/L dan efisiensi sebesar 78%.

Kata kunci— *Chlorella* sp.; *grey water*; media *biocarrier*; SBBR.

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Said (2017) membedakan limbah domestik menjadi dua antara lain, *grey water* dan *black water*. Pengolahan wajib dilakukan terhadap *grey water* guna memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. *Grey water* memiliki karakteristik TSS sebesar 85–137 mg/l, COD 320,54–360,78 mg/l, BOD 134,9–197,32 mg/l (Tsamara & Raharjo, 2021). Kandungan senyawa organik dalam *grey water* dapat diuraikan dengan bantuan mikroorganisme atau yang dikenal dengan pengolahan biologi (Rusten dkk., 2006).

Salah satu mikroorganisme yang digunakan dalam pengolahan biologis adalah mikroalga *Chlorella* sp. Beberapa keuntungan menggunakan mikroalga yaitu mampu menyerap organik dan nutrisi dalam air limbah serta menghasilkan oksigen sehingga mengurangi kandungan COD dan BOD dalam limbah dengan bantuan bakteri pengurai zat organik. Mikroalga dalam pertumbuhannya juga akan menggunakan nitrogen dalam air limbah. Nitrogen merupakan unsur kedua yang sangat dibutuhkan oleh mikroalga setelah karbon (Hadiyanto & Azim, 2012). Mikroalga dalam penelitian ini akan ditumbuhkan secara tersuspensi dan terlekat pada media *biocarrier* atau yang dikenal dengan *biofilm*.

Penelitian ini menggunakan *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) yang merupakan salah satu pengolahan biologi. SBBR banyak digunakan untuk mengolah air limbah, selain itu teknologi ini mengkombinasikan mikroorganisme dan media penyangga sebagai tempat melekat. SBBR mampu meningkatkan keberagaman mikroorganisme sehingga efisiensi penyisihan polutan juga ikut meningkat (Makowska & Maciejewska, 2016). Prinsip kerja dari reaktor ini terdiri dari lima tahapan yaitu pengisian, pereaksian, pengendapan, pemisahan dan stabilisasi (Said, 2017).

Media *biocarrier* pada penelitian ini adalah *Kaldness 1* (K1). Beberapa karakteristik *Kaldness 1* (K1), antara lain terbuat dari bahan *High Density Polyethylene* (HDPE), bentuk menyilang di dalam silinder dan sirip memanjang di luar, berat jenis $\pm 0,95$ g/cm³, panjang 7 mm, diameter 10 mm serta luas permukaan spesifik media sekitar 500 m²/m³ (Metcalf & Eddy, 2003). Pemilihan media *biocarrier*

harus dilakukan dengan cermat sesuai dengan kondisi dan jenis air limbah yang akan diolah (Kemenkes RI, 2011).

Ozturk (2019) melaporkan bahwa penyisihan fosfor dan nitrogen dalam pengolahan air limbah susu dapat dicapai hingga 95% dan 70% menggunakan SBBR. Salah satu faktor yang memengaruhi kinerja dari SBBR yaitu persen pengisian media *biocarrier*. Kinerja proses *biofilm* tergantung pada banyaknya pengisian media di dalam reaktor (Ødegaard et al., 2000). Aygun dkk (2013) dalam penelitiannya membandingkan kinerja SBR dan SBBR dalam mengolah limbah. Reaktor yang digunakan sebanyak empat buah. Tiga dari empat reaktor dioperasikan sebagai SBBR 1, 2 dan 3 serta satu reaktor untuk SBR. Media yang digunakan adalah *Kaldness 1 (K1)* dengan persen pengisian yaitu 40, 50 dan 60% dari volume reaktor. Penyisihan COD untuk SBR, SBBR 1, SBBR 2, dan SBBR 3 berturut-turut adalah 86; 88,5; 90,6 dan 94,2%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SBBR lebih unggul dibandingkan SBR.

Essa (2017) melakukan penelitian dengan tujuan penyisihan COD pada limbah cair rumah sakit menggunakan SBBR. Variasi yang digunakan adalah waktu aerasi pada proses reaksi yaitu 8, 12 dan 18 jam. Hasil yang diperoleh adalah aerasi 8 jam menghasilkan penyisihan COD 21,73 % - 29,75 %, aerasi 12 jam 46,53 % - 54,25 % dan aerasi 18 jam 67,88 % - 74,17 %. Kondisi ini menunjukkan semakin lama waktu yang digunakan, maka penyisihan yang dihasilkan semakin besar.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa jumlah media *biocarrier* dan waktu reaksi pada proses *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) menggunakan mikroalga *Chlorella sp.* yang ditumbuhkan secara tersuspensi dan terlekat pada *Kaldness 1 (K1)* akan berpengaruh terhadap penyisihan kandungan COD dalam *grey water*. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui jumlah maksimum sel mikroalga *Chlorella sp.* yang terlekat dan tersuspensi, dan (2) untuk memperoleh jumlah media *biocarrier Kaldness 1 (K1)* serta waktu reaksi terbaik dalam penyisihan COD pada *grey water*.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan yaitu *grey water* yang berasal dari Perumahan Bumi Miraj Riau, Kota Pekanbaru, mikroalga *Chlorella sp.* yang berasal dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau serta material-material pendukung lain seperti akuades dan medium Dahril *Solution*. Alat-alat yang digunakan adalah *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) berbentuk silinder dengan tinggi 50 cm dan diameter 20 cm yang dilengkapi dengan *paddle wheel* berukuran diameter 12 cm dan lebar 1,2 cm, *thomacytometer*, media *Kaldness 1 (K1)*, *thermometer*, pH meter serta jerigen 30 liter.

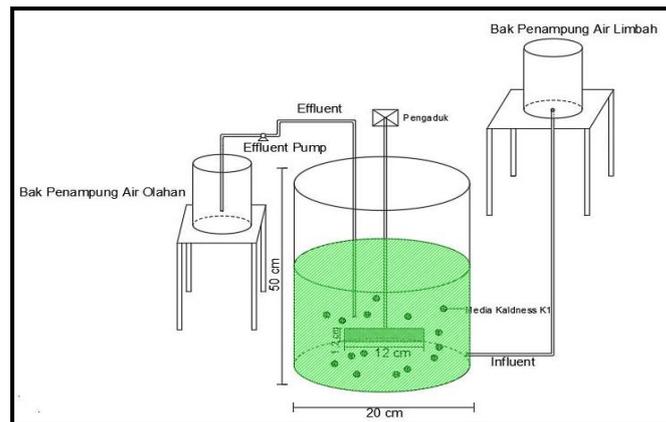
B. Pelaksanaan Penelitian

1. Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel yaitu variabel tetap, variabel bebas dan variabel terikat. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah dimensi SBBR yaitu tinggi 50 cm dan diameter 20 cm, waktu pengisian 90 menit, pengendapan 45 menit, pemisahan 45 menit, waktu diam 120 menit dan dilakukan dengan empat siklus, suspensi alga 25% serta kecepatan pengadukan 60 rpm. Variabel bebas terdiri dari volume pengisian media *biocarrier Kaldness 1 (K1)* 0, 20, 40 dan 60% serta waktu reaksi 60, 90 dan 120 menit. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah sel mikroalga *Chlorella sp.* dan COD.

2. Persiapan Peralatan

Alat yang digunakan adalah empat buah reaktor SBBR berbentuk silinder yang terbuat dari akrilik dengan diameter 20 cm dan tinggi 50 cm. Volume kerja 5 liter. Reaktor dilengkapi dengan pengaduk. Pengaduk yang digunakan jenis *paddle wheel* dengan ukuran diameter 12 cm dan lebar 1,2 cm. Reaktor untuk masing-masing perlakuan penelitian diberikan cahaya dengan sumber cahaya matahari secara langsung. Instalasi *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Media *biocarrier* yang digunakan adalah *Kaldness 1 (K1)*. Spesifikasi *Kaldness 1 (K1)* dapat dilihat pada Tabel 1.



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

Tabel 1. Spesifikasi media *biocarrier* Kaldness 1 (K1)

Spesifikasi Media <i>Biocarrier</i>	Keterangan
Bahan	<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)
Berat Jenis	$\pm 0,95 \text{ g/cm}^3$
Panjang	7 mm
Diameter	10 mm (tidak termasuk sirip)

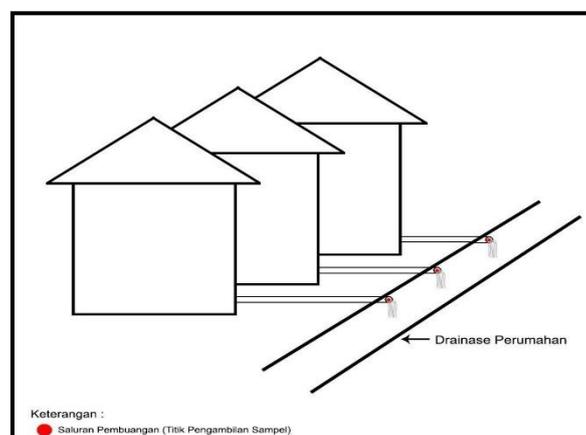
Menurut Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan (2011), media *biocarrier* yang dapat digunakan adalah media yang terbuat dari bahan yang tidak korosif, tahan terhadap pembusukan dan perusakan secara kimia. Gambar 2 menunjukkan media *biocarrier* Kaldness 1 (K1) yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Media *biocarrier* Kaldness 1 (K1)

3. Preparasi *Grey Water*

Grey water yang berasal dari Perumahan Bumi Miraj Riau, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau, diambil sebanyak 30 Liter sesuai SNI 6989-59-2008 dengan metode komposit waktu dan tempat serta dilakukan uji karakteristik awal yaitu kandungan COD. Titik pengambilan *grey water* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik pengambilan *grey water*

4. Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp.

Chlorella sp. yang berasal dari Laboratorium Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau dikultivasi dalam medium Dahril *Solution*. Kultivasi dilakukan dengan mencampurkan 100 ml mikroalga *Chlorella* sp., 400 ml medium Dahril *Solution* dan 3,5 liter akuades. Kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dihentikan apabila pertumbuhan sel mikroalga sudah berada pada fase eksponensial dan mencapai 1×10^6 sel/ml. Perhitungan jumlah sel dilakukan setiap 24 jam menggunakan *thomacytometer* dengan bantuan *cover glass* dan *hand counter* yang diamati di bawah mikroskop.

5. Aklimatisasi Mikroalga *Chlorella* sp.

Aklimatisasi dilakukan selama 6–10 hari dengan cara mencampurkan mikroalga hasil kultivasi dan *grey water* secara bertahap. Aklimatisasi dilakukan dua tahap dengan volume kerja 4L. Tahap pertama yaitu 50% (2L) hasil kultivasi dan 50% (2L) *grey water* dicampurkan dengan penambahan media *biocarrier Kaldness 1* (K1). Mikroalga pada tahap pertama yang telah mencapai kepadatan sel 1×10^6 sel/ml akan dilakukan tahap aklimatisasi dua. Tahap kedua dilakukan dengan mencampurkan 75% (3L) kultur dari tahap aklimatisasi pertama dan 25% (1L) *grey water* dengan tetap melibatkan media *biocarrier Kaldness 1* (K1). Aklimatisasi tahap dua dilakukan hingga kepadatan sel mikroalga mencapai 1×10^6 sel/ml. Pengukuran pH dan suhu dilakukan selama aklimatisasi untuk mengetahui apakah kondisi tersebut sudah mendukung pertumbuhan mikroalga.

6. Percobaan Utama Menggunakan *Sequencing Batch Biofilm Reactor* (SBBR)

Volume kerja pada percobaan utama ini adalah 5 liter. Suspensi alga yang dimasukkan pada percobaan ini adalah 25% dari volume kerja (1250 ml). Variasi volume pengisian media *biocarrier Kaldness 1* (K1) sebesar 0, 20, 40 dan 60% dari volume suspensi alga. Berikut adalah uraian dari variasi penambahan media *biocarrier Kaldness 1* (K1) yang digunakan pada percobaan ini.

- 0% media (3750 ml *grey water* + 1250 ml suspensi alga, tanpa penambahan media *biocarrier Kaldness 1* (K1))
- 20% media (3750 ml *grey water* + 1000 ml suspensi alga + 250 ml media *biocarrier Kaldness 1* (K1))
- 40% media (3750 ml *grey water* + 750 ml suspensi alga + 500 ml media *biocarrier Kaldness 1* (K1))
- 60% media (3750 ml *grey water* + 500 ml suspensi alga + 750 ml media *biocarrier Kaldness 1* (K1))

Perhitungan media *Kaldness 1* (K1) yaitu dengan menggunakan gelas kimia 1000 ml. Gelas kimia diisi air sebanyak 900 ml, lalu ditambahkan *Kaldness 1* (K1) hingga volume air mencapai 1000 ml. Banyak media *Kaldness 1* (K1) yang digunakan untuk kenaikan 100 ml air adalah 357 buah. Jumlah pengisian media dalam reaktor untuk 250 ml adalah 892 buah, jumlah pengisian media dalam reaktor untuk 500 ml adalah 1784 buah dan jumlah pengisian media dalam reaktor untuk 750 ml adalah 2676 buah.

Pengolahan dilakukan dengan pengisian 90 menit, pengendapan 45 menit, pemisahan 45 menit, waktu diam 120 menit serta waktu reaksi dengan variasi 60, 90 dan 120 menit, pengolahan dengan empat siklus dan kecepatan pengadukan sebesar 60 rpm.

7. Analisis dan Pengolahan Data

Analisis dilakukan untuk mengetahui kadar parameter setelah dilakukan pengolahan yang mengacu pada SNI yang berlaku. Analisis parameter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Parameter

Analisis	Metode/Alat
Jumlah Sel	<i>Thomacytometer</i>
pH	SNI 06-6989.11-2004
Suhu	<i>Thermometer</i>
COD	SNI 6989.73:2009

Efisiensi penurunan parameter diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Di mana:

C_{in} = Konsentrasi *influent* (mg/L)

C_{ef} = konsentrasi *effluent* (mg/L)

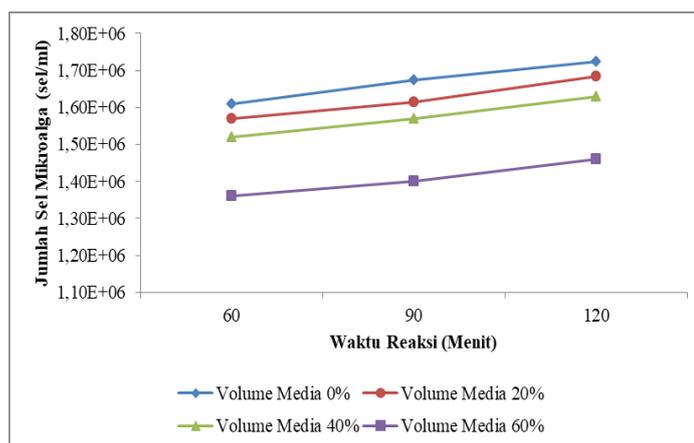
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Awal Grey Water

Konsentrasi awal COD pada *grey water* yang berasal dari Perumahan Bumi Miraj Riau, Kota Pekanbaru. adalah 288 mg/L. Angka ini melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permen LHK No P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu 100n mg/l. Limbah domestik mengandung komponen utama berupa bahan organik Bahan organik pada limbah cair dapat berupa protein, karbohidrat serta minyak dan lemak. Sehingga diperlukan pengolahan sampai menghasilkan air olahan yang memenuhi persyaratan untuk dibuang ke badan air salah satunya dengan teknologi *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) dengan biomassa mikroalga *Chlorella* sp.

B. Analisis Jumlah Sel Mikroalga Berbasis Suspensi

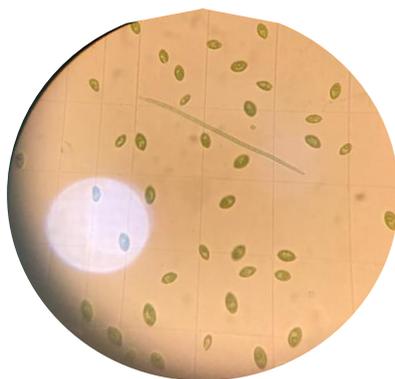
Suspensi mikroalga *Chlorella* sp. yang digunakan pada percobaan utama berasal dari proses aklimatisasi tahap dua dengan jumlah sel $1,45 \times 10^6$ sel/ml. Gambar 4 menunjukkan jumlah sel mikroalga berbasis suspensi terhadap variasi jumlah media *Kaldness* 1 (K1) dan waktu reaksi.



Gambar 4. Pengaruh volume pengisian media *Kaldness* 1 dan waktu reaksi terhadap jumlah sel berbasis suspensi

Gambar 4 menunjukkan pada waktu reaksi 60, 90 dan 120 menit terjadi peningkatan jumlah sel mikroalga untuk volume pengisian media 0, 20, 40 dan 60%. Peningkatan sel ini mengindikasikan bahwa *Chlorella* sp. mampu bertahan hidup dan melakukan pembelahan sel. Volume pengisian media 0% pada waktu reaksi 120 menit memiliki jumlah sel mikroalga tertinggi yaitu $1,73 \times 10^6$ sel/ml. Kondisi ini terjadi karena volume pengisian media *biocarrier* 0% menerima suspensi mikroalga lebih banyak dibanding volume pengisian media 20, 40 dan 60%. Zulfarina (2020) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi awal *Chlorella Pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah industri karet, maka semakin tinggi pula produksi biomassa yang terjadi.

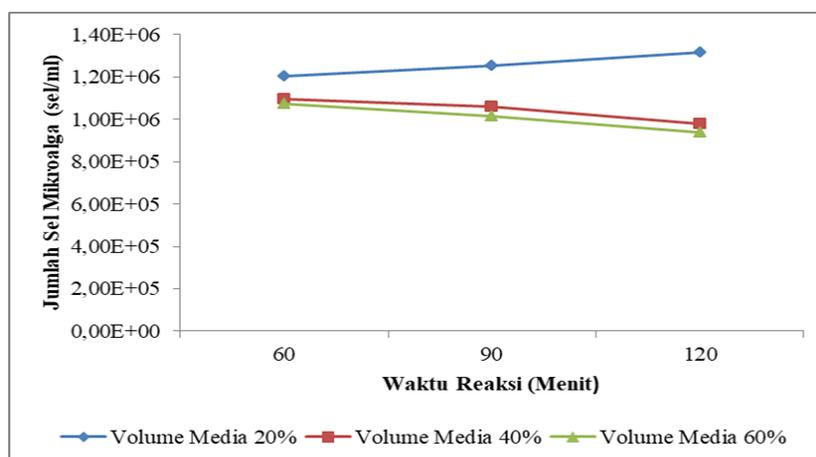
Jumlah sel mikroalga berbasis suspensi berbanding lurus dengan lamanya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi, maka kontak yang terjadi antara mikroalga dan *grey water* juga semakin lama. Kondisi ini menyebabkan mikroalga mampu menurunkan kandungan pencemar yang terdapat dalam air limbah dan memanfaatkannya sebagai sumber nutrisi untuk replikasi sel biomassa yang baru. Pembelahan sel akan terjadi ketika *Chlorella* sp. mampu melakukan aktivitas metabolismenya (Singh dkk., 2012). Sel mikroalga *Chlorella* sp. dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Bentuk sel mikroalga *Chlorella* sp. secara mikroskopis

C. Analisis Jumlah Sel Mikroalga Berbasis Terlekat

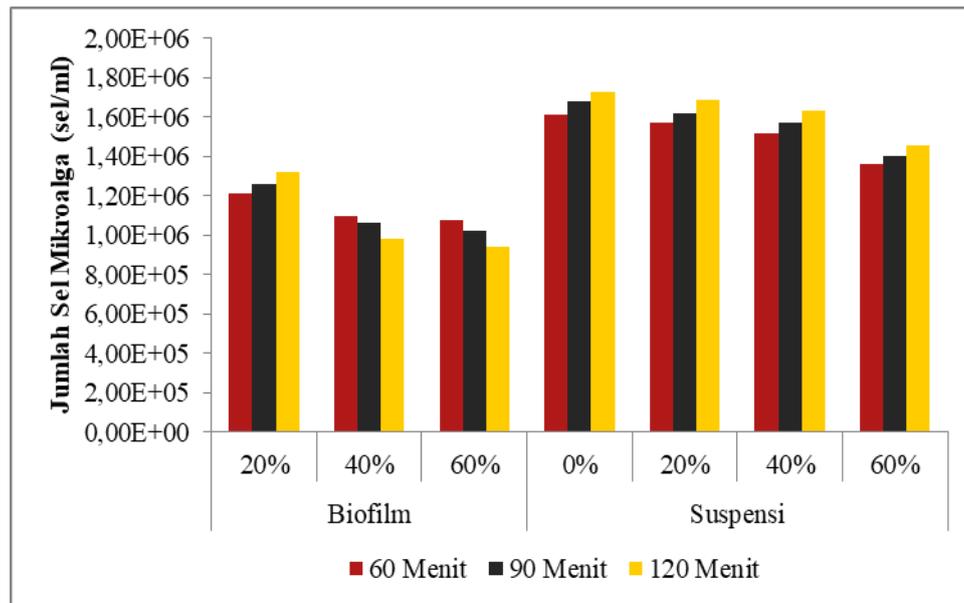
Jumlah sel mikroalga berbasis terlekat dipengaruhi oleh volume pengisian *Kaldness* 1 (K1). Gambar 6 di bawah merupakan grafik jumlah sel mikroalga berbasis terlekat terhadap variasi jumlah media *Kaldness* 1 (K1) dan waktu reaksi.



Gambar 6. Pengaruh volume pengisian media *Kaldness* 1 dan waktu reaksi terhadap jumlah sel berbasis terlekat

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa volume pengisian media *biocarrier* 20% memiliki jumlah sel mikroalga yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Gerakan yang seragam terjadi pada volume pengisian media *biocarrier* 20% sehingga mencegah lepasnya lapisan *biofilm*. Gerakan yang terjadi diakibatkan oleh pengadukan pada saat fase reaksi. Volume pengisian media 40 dan 60% memiliki jumlah sel mikroalga yang lebih sedikit. Hal ini diakibatkan oleh terlalu banyaknya media di dalam reaktor sehingga pergerakannya menjadi lambat. Banyaknya media *biocarrier* dapat menghalangi masuknya cahaya matahari. Kurangnya cahaya yang masuk dapat menghambat proses fotosintesis dan mempercepat terjadinya fase kematian (Hadiyanto & Azim, 2012). Menurut Shrestha dkk (2012) pergerakan *biocarrier* di dalam reaktor dapat menjadi salah satu penyebab tabrakan antar media *biocarrier*. Keadaan ini memungkinkan mikroalga yang sudah melekat pada media menjadi lepas.

Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. yang melekat berasal dari proses aklimatisasi tahap dua pada media *Kaldness* 1 (K1) dengan kepadatan sel $1,13 \times 10^6$ sel/ml. Gambar 6 menunjukkan bahwa volume pengisian media *biocarrier* *Kaldness* 1 (K1) 20% dan waktu reaksi 120 menit menghasilkan jumlah sel mikroalga berbasis *biofilm* terbaik yaitu $1,32 \times 10^6$ sel/ml. Perbandingan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi dan *biofilm* dapat dilihat pada Gambar 7.

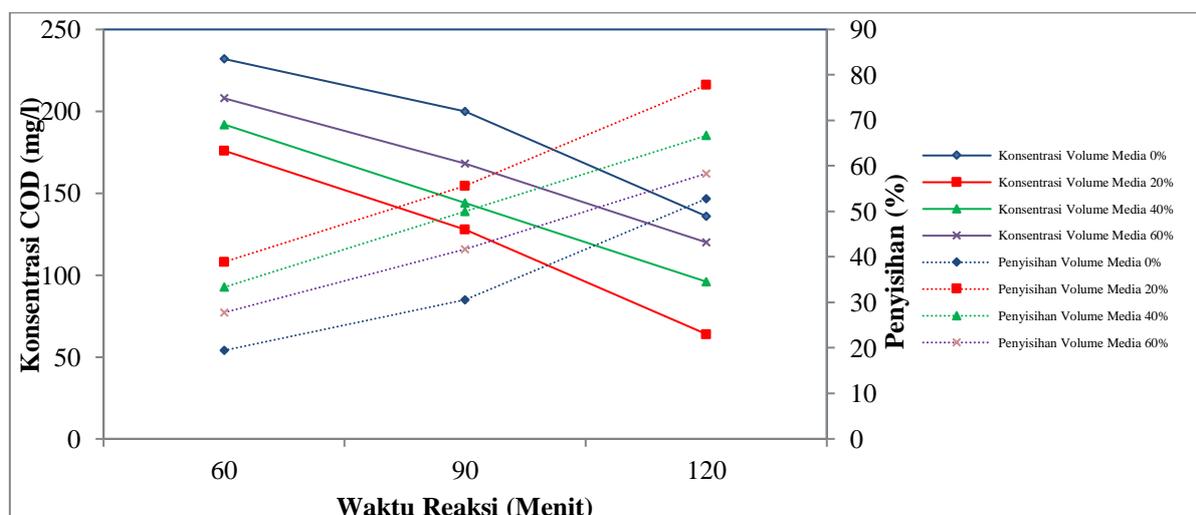


Gambar 7. Grafik perbandingan jumlah sel mikroalga berbasis suspensi dan *biofilm*

Gambar 7 menunjukkan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi lebih tinggi daripada jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis *biofilm*. Hal ini terjadi karena pembentukan *biofilm* dipengaruhi oleh lebih banyak faktor dibandingkan pertumbuhan tersuspensi diantaranya efek substratum, hidrodinamik, karakteristik medium dan EPS yang dihasilkan. Media *biocarrier* dengan volume pengisian 40 dan 60% memiliki jumlah sel berbasis *biofilm* yang lebih sedikit dibandingkan volume pengisian 20%. Terlalu banyaknya media menyebabkan mikroalga yang ada pada *biocarrier* lepas ketika pengadukan sehingga menurunkan jumlah sel melekat dalam pengolahan. Hal ini didukung oleh Shrestha dkk (2012) yang menyatakan bahwa pergerakan *biocarrier* di dalam reaktor dapat menjadi salah satu penyebab tabrakan besar antar media *biocarrier*. Keadaan ini menyebabkan mikroalga yang melekat pada media *biocarrier* sangat mudah untuk lepas.

D. Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran konsentrasi parameter COD bertujuan guna mengetahui besarnya penyisihan zat organik dalam pengolahan. Hasil uji konsentrasi COD selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penurunan konsentrasi dan efisiensi penyisihan COD selama proses pengolahan

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada volume pengisian media *biocarrier* 20% dengan waktu reaksi 120 menit terjadi penurunan konsentrasi COD sebesar 224 mg/l dari konsentrasi awal 288 mg/l menjadi 64 mg/l. Nilai ini sudah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu di bawah 100 mg/l. Optimalnya volume pengisian *biocarrier* mengakibatkan pergerakan media merata sehingga mikroalga dapat memanfaatkan senyawa organik sebaik mungkin. Perlakuan volume pengisian *biocarrier* 20, 40 dan 60% menghasilkan efisiensi penyisihan COD yang lebih tinggi daripada pengisian *biocarrier* 0%. *Grey water* yang diolah tanpa *biocarrier* mengalami penurunan COD, namun tidak seoptimal pada limbah cair dengan penambahan *Kaldness* 1 (K1). Proses pendegradasian COD lebih baik jika menggunakan media dibandingkan jika tidak menggunakan media. Hal ini dikarenakan pada reaktor tanpa media, proses pendegradasian hanya dilakukan oleh mikroorganisme dengan biakan tersuspensi, sedangkan reaktor yang menggunakan media pendegradasian dilakukan oleh dua proses yakni, proses biakan tersuspensi (*suspended growth*) dan proses biakan melekat (*attached growth*) (Said & Santoso, 2018). Zhuang dkk (2016) menyatakan bahwa adanya *biofilm* mikroalga lebih baik dalam menyisihkan senyawa organik dibandingkan hanya memanfaatkan suspensi mikroalga.

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi, maka penyisihan COD semakin tinggi dan efisiensi penyisihan COD terbaik selama pengolahan terjadi pada volume pengisian media *biocarrier* 20% dengan waktu reaksi 120 menit yaitu 78%. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Rajput & Khambete (2015) dalam mengolah limbah cair domestik menggunakan *sequencing batch biofilm reactor* (SBBR) menggunakan waktu reaksi selama 5 jam dengan efisiensi penyisihan COD yang diperoleh adalah sebesar 80,14%. Menurut Said & Santoso (2018) penyisihan COD lebih baik jika ditambahkan media *biocarrier*. Hal ini didukung oleh Zhuang dkk (2016) yang menyatakan bahwa adanya *biofilm* mikroalga lebih baik dalam menyisihkan senyawa organik dibandingkan hanya memanfaatkan suspensi mikroalga. Penurunan ini juga membuktikan kandungan yang dimiliki *grey water* khususnya senyawa organik dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.

Mikroalga memanfaatkan senyawa organik melalui respirasi. Proses ini merombak karbohidrat, protein dan lemak menjadi monomer penyusunnya (Poedjiadi, 2007). Simbiosis mutualisme antara mikroalga dan bakteri juga membantu penurunan konsentrasi COD. Mikroalga dapat meningkatkan aktivitas bakteri dengan melepaskan senyawa ekstraseluler tertentu seperti asam glikolat dan mengkonsumsi CO₂ yang dilepaskan dari bakteri (Tang, 2014). Bakteri mengkonsumsi O₂ yang dilepaskan mikroalga dalam proses fotosintesis untuk membantu dekomposisi polutan organik serta menyederhanakan senyawa kompleks menjadi bentuk yang dapat diasimilasi mikroalga dan pada saat yang sama memanfaatkan bagian dari senyawa organik (Tan, K. A. dkk., 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. yang terlekat dan tersuspensi adalah $1,32 \times 10^6$ sel/ml dan $1,73 \times 10^6$ sel/ml.
2. Efisiensi penyisihan COD tertinggi selama proses pengolahan terjadi pada SBBR dengan volume pengisian media *biocarrier* 20% dan waktu reaksi 120 menit dengan efisiensi penyisihan 78%. Konsentrasi COD yang ada dalam *grey water* setelah pengolahan menggunakan SBBR sebesar 64 mg/l sudah memenuhi baku mutu sesuai dengan Permen LHK No P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Limbah Domestik yaitu COD 100 mg/l.
3. Pengolahan air limbah domestik dengan proses SBBR yang diisi dengan media *kaldness* cukup efektif untuk menurunkan COD.

UCAPAN TERIMAKASIH

Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan Fakultas Teknik dan Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Aygun, A., Nas, B., Berkay, A., & Ates, H. (2014). Application of sequencing batch biofilm reactor for treatment of sewage wastewater treatment: effect of power failure. *Desalination and Water Treatment*, 52(37–39), 6956–6965. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.823354>
- Essa, N. (2017). Aplikasi Sequencing Batch Biofilter Granular Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit dalam Skala Laboratorium.
- Hadiyanto, & Azim, M. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Penerbit & Percetakan UPT UNDIP Press SEMARANG, 1–138.
- Kemendes RI. (2011). *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan.
- Makowska, M., & Maciejewska, E. (2016). Effect of aeration time on the operation of SBR and SBBR reactor. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15(2), 105–116. <https://doi.org/10.15576/asp.fc.2016.2.105>
- Ødegaard, H., Gisvold, B., & Strickland, J. (2000). The influence of carrier size and shape in the moving bed biofilm process. *Water Science and Technology*, 41(4–5), 383–391. <https://doi.org/10.2166/wst.2000.0470>
- Ozturk, A., Aygun, A., & Nas, B. (2019). Application of sequencing batch biofilm reactor (SBBR) in dairy wastewater treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 36(2), 248–254. <https://doi.org/10.1007/s11814-018-0198-2>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Poedjiadi, A. (2007). *Dasar-dasar Biokimia*. Edisi Revisi. Jakarta: UI Press.
- Rajput, D. C., & Khambete, A.K. (2015). Performance of Sequencing Batch Biofilm Reactor on Low Filling Ratio to Treat Sewage, 1(10), 269–273.
- Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., & Lygren, E. (2006). Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 322–331. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.002>
- Said, N. I., & Santoso, T. I. (2018). Penghilangan Polutan Organik Dan Padatan Tersuspensi Di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr). *Jurnal Air Indonesia*, 8(1), 33–46. <https://doi.org/10.29122/jai.v8i1.2382>
- Said, Nusa Idaman. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Erlangga.
- Shrestha, R., Ranabhat, S., & Tiwari, M. (1912). Histopathologic analysis of appendectomy specimens. *Journal of Pathology of Nepal*, 2(3), 215–219. <https://doi.org/10.3126/jpn.v2i3.6025>
- Singh, S. K., Bansal, A., Jha, M. K., & Dey, A. (2012). An integrated approach to remove Cr(VI) using immobilized *Chlorella minutissima* grown in nutrient rich sewage wastewater. *Bioresource Technology*, 104, 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.044>
- Tan, K. A., Morad, N., Harlina, A., & Ong, S. L. (2018). Removal of COD, BOD and nutrients in swine manure wastewater using freshwater green microalgae. *Malaysian Journal of Microbiology*, (May). <https://doi.org/10.21161/mjm.176118>
- Tang, M. (2014). Identifying opportunities to cultivate algae combined with wastewater recycling as a source of renewable energy in Southeast Asia School of Engineering and Information Technology Master of Science in Renewable Energy. *Murdoch University School of Engineering and Information Technology*.
- Tsamara, G., & Raharjo, W. (2021). Analisis Kualitas BOD, COD dan TSS Limbah Cair Domestik (Grey Water) pada Rumah Tangga di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 1–16.
- Zhuang, L. L., Azimi, Y., Yu, D., Wang, W. L., Wu, Y. H., Dao, G. H., & Hu, H. Y. (2016). Enhanced attached growth of microalgae *Scenedesmus*. LX1 through ambient bacterial pre-coating of cotton fiber carriers. *Bioresource Technology*, 218, 643–649. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.013>
- Zulfarina, Z. (2020). Potential Utilization of Algae *Chlorella Pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Journal of Technology*. 1(3).