

PENYISIHAN NITROGEN TOTAL DALAM LIMBAH CAIR HOTEL DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* MENGUNAKAN *Chlorella* sp.

Mustika Chairani, Shinta Elystia*, Sri Rezeki Muria

Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Riau
Pekanbaru, Indonesia

e-mail: *shintaelystia@yahoo.com, Chairanimustika@gmail.com,
sri_muria@gmail.com

Abstrak

Limbah cair hotel dapat dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya sehingga dapat menurunkan kadar nitrogen total. Salah satu proses pengolahan limbah yang dapat meningkatkan pertumbuhan mikroalga yaitu *Moving Bed Biofilm Reactor*. Pada prinsipnya, *Moving Bed Biofilm Reactor* merupakan pertumbuhan suspensi yang ditingkatkan dengan menambahkan *biocarrier* di dalam reaktor sebagai tempat perkembangbiakan mikroorganisme, sehingga terjadi dua proses pengolahan yakni pertumbuhan suspensi dan pertumbuhan melekat. Penelitian ini mempelajari pengaruh volume pengisian *biocarrier* Kaldnes 1 (K1) terhadap penurunan kadar nitrogen total dalam limbah cair hotel. Penelitian ini dilakukan secara *batch* dengan perlakuan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) terhadap penurunan kadar nitrogen total dalam limbah cair hotel dengan 4 level yang berbeda, yaitu 0% (tanpa penambahan Kaldnes 1 (K1)), volume pengisian Kaldnes 1 (K1) sebanyak 10%, 20%, 30% (volume limbah). Proses pengolahan dilakukan selama 5 hari dengan penyinaran cahaya matahari dalam MBBR. Perlakuan dengan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% mampu menyisihkan nitrogen total dengan efisiensi penyisihan sebesar 91,96% pada waktu kontak terbaik yaitu hari ke-5.

Kata kunci: *Chlorella* sp., MBBR, Limbah Cair Hotel, Nitrogen Total

Abstract

Hotel wastewater can be utilized by microalgae *Chlorella* sp. as a source of nutrition for its growth so its reduce total nitrogen levels. One of the wastewater treatment processes that can increase the growth of microalgae is the *Moving Bed Biofilm Reactor*. In principle, *Moving Bed Biofilm Reactor* is suspended growth that is increased by adding *biocarriers* in the reactor as a place for the propagation of microorganisms, so there are two treatment process happened inside, suspended growth and attached growth. The purposes of this research is to know the effect of *biocarrier* Kaldnes 1 (K1) filling volume to decreasing organic content in hotel wastewater. This study conducted in batches by varying of Kaldnes 1 (K1), Kaldnes 1 (K1) filling volume as many as 10%, 20%, and 30% (wastewater volume). The processing is carried out for 5 days with solar irradiation in the MBBR. The treatment with 20% Kaldnes 1 (K1) filling volume was able to reduce total nitrogen with 91,96% removal efficiency at the best removing contact time, happened in days-5.

Keywords : *Chlorella* sp., MBBR, Hotel Wastewater, Total Nitrogen

PENDAHULUAN

Pembangunan hotel di Kota Pekanbaru meningkat 13,75% rata-rata pertahunnya seiring dengan jumlah limbah cair yang dihasilkan (Pemerintah Kota Pekanbaru, 2017). Hotel-hotel tertentu membuang air limbah secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu yang dapat menyebabkan tingginya kadar pencemar dalam badan air. Konsentrasi bahan pencemar yang tinggi akan menyebabkan masalah bagi badan air, yaitu dapat menurunkan kandungan *Dissolved Oxygen* (DO), memicu terjadinya eutrofikasi dan meningkatkan kadar toksisitas badan air, sehingga diperlukan pengolahan limbah yang tepat dalam menyisihkan bahan pencemar (Anisa dan Herumurti, 2017).

Salah satu cara untuk mereduksi bahan pencemar dalam limbah cair hotel adalah dengan memanfaatkan pengolahan biologis (Rekabi, 2015 dalam Imania dan Herumurti, 2018). Pengolahan biologis yang dapat digunakan adalah pengolahan biologis berbasis biofilm. Jenis pengolahan biologis berbasis biofilm yang biasanya digunakan adalah *trickling filter*, *rotating biological contactors* (RBC), dan *granular media biofilters*. Tetapi, ada beberapa kelemahan dalam menggunakan proses pengolahan limbah berbasis biofilm tersebut antara lain volume kerja tidak efektif dengan *trickling filter*, kerusakan mekanis sering dialami RBC, dan *granular media biofilters* membutuhkan *backwash* sehingga pengoperasiannya sering berhenti. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka dilakukan proses pengolahan limbah menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) (Pinjankar, 2017).

MBBR adalah pengolahan biologis kombinasi yang menggunakan konsep pertumbuhan tersuspensi seperti pada lumpur aktif konvensional dan melekat seperti pada biofilter (Ningtias dkk, 2015). Prinsip kerja MBBR didasari pada penggunaan media sebagai tempat perkembangbiakan mikroorganisme (Said dan Santoso, 2015). Media dijaga agar terus bergerak di dalam tangki aerasi sehingga biomassa akan tumbuh membentuk biofilm di permukaannya

(Imania dan Herumurti, 2018). Biomassa yang potensial adalah mikroalga.

Mikroalga menghasilkan *Soluble Algal Products* (SAP) ekstraseluler yang terdiri dari protein dan polisakarida yang berguna dalam proses melekatnya mikroalga pada permukaan media *biocarrier* (Wang dkk, 2018). Mikroalga *Chlorella* sp. memiliki kandungan protein 55-60% (Paniagua, 2015) dan polisakarida 18-22% (Sui, 2012) sehingga memiliki kemampuan untuk melekat yang cukup tinggi

Media *biocarrier* yang seringkali digunakan adalah media biofilm Kaldnes 1 (K1), media ini memiliki luas permukaan $\pm 500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ sehingga dapat menyediakan luas permukaan yang cukup besar untuk melekatnya mikroalga membentuk biofilm. Biofilm yang ideal pada MBBR adalah tipis dan terdistribusi secara merata pada permukaan media (*carrier*) sehingga volume pengisian *biocarrier* pada reaktor perlu disesuaikan dengan turbulensi yang tersedia untuk menyalurkan substrat ke biofilm dan mempertahankan ketebalan yang rendah pada biofilm (Said dan Sya'bani, 2014).

Pada penelitian ini akan dipelajari mengenai pengolahan limbah cair hotel menggunakan MBBR bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume pengisian media *biocarrier* Kaldnes 1 (K1) terhadap penyisihan kadar nitrogen total, mlss, suhu, pH dan jumlah sel *Chlorella* sp. dalam limbah cair hotel. Selain itu, pada penelitian ini akan dilihat pengaruh waktu kontak terhadap penyisihan parameter pencemar dalam limbah cair hotel. Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengatasi pencemaran perairan yang diakibatkan oleh limbah cair hotel dengan pengolahan biologi berbasis mikroalga menggunakan MBBR.

METODE

Alat

Proses penyisihan nitrogen total dalam limbah cair hotel dilakukan di dalam MBBR dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 30 cm dengan pencahayaan menggunakan sinar matahari serta debit aerasi sebesar 4,5 liter/menit. Media yang

digunakan dalam MBBR adalah media Kaldnes 1 (K1).

Bahan

Limbah yang digunakan yaitu limbah cair hotel di Pekanbaru. Mikroalga yang digunakan yaitu *Chlorella* sp. dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.

Cara Kerja

Preparasi Limbah Cair Hotel

Limbah cair hotel diambil sebanyak 11 Liter pada bak pengumpul kedua sesuai SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Kemudian dilakukan uji nitrogen total dari limbah cair hotel tersebut.

Perbanyak Mikroalga Chlorella sp.

Chlorella sp. diperbanyak dalam medium Dahril *Solution* selama sepuluh hari dengan cara menambahkan 100 ml *Chlorella* sp. dan 400 ml medium Dahril *Solution* kedalam 3,5 liter akuades. Sumber cahaya berasal dari cahaya matahari. Perbanyak *Chlorella* sp. dilakukan hingga hingga pertumbuhan sel *Chlorella* sp. berada pada fase eksponensial dan mencukupi 1×10^6 sel/ml (Oktafiani, 2013).

Aklimatisasi

Kultur mikroalga hasil perbanyak dalam medium Dahril *Solution* akan melalui tahap aklimatisasi dalam reaktor sehingga kondisi alga hasil perbanyak *Chlorella* sp. beradaptasi dengan limbah cair hotel yang di dalamnya terdapat media Kaldnes 1 (K1) (Filliazati dkk, 2013). Aklimatisasi dilakukan selama 6-10 hari hingga fase eksponensial mencapai 1×10^6 sel/ml. Tahap awal dilakukan dengan mencampurkan 50 % alga hasil *seeding* dan 50 % limbah cair hotel. Kemudian tahap berikutnya dilakukan dengan cara mencampurkan alga dari tahap pertama dan limbah cair hotel dengan rasio alga : limbah cair hotel sebesar 75% : 25%.

Percobaan Utama

Pada percobaan utama, dilakukan kultivasi *Chlorella* sp. pada medium limbah cair hotel dalam MBBR dengan volume

kerja 3 liter. Limbah cair hotel, suspensi alga dan media *biocarrier* dimasukkan kedalam MBBR sesuai dengan masing-masing variasi perlakuan, yaitu dengan variasi volume pengisian media *biocarrier* Kaldnes 1 (K1) sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% v/v (volume media: volume kerja). Konsentrasi suspensi alga yang dimasukkan pada percobaan ini adalah tetap yaitu sebesar 25% dari volume kerja (750 ml) (Zulfarina dkk, 2013). Dari setiap variasi tersebut diberikan sumber cahaya yang berasal dari sinar matahari. Dalam hal ini dilakukan perhitungan jumlah sel awal dari suspensi alga itu sendiri.

Analisa Jumlah Sel Mikroalga Chlorella sp.

Perhitungan jumlah sel dilakukan setiap hari menggunakan *thomacytometer* diamati di bawah mikroskop cahaya dengan bantuan *hand counter*. Jumlah sel diukur pada proses biakan suspensi dan melekat. Mikroalga yang melekat pada *biocarrier* dicuci dengan akuades ke dalam wadah. Suspensi yang dihasilkan kemudian diencerkan hingga 10 ml dan digunakan untuk mengukur parameter pertumbuhan (Zhuang dkk, 2016).

Analisa pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter dengan cara mencelupkan elektroda ke dalam contoh uji masing-masing reaktor sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Pengukuran pH dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.11-2004.

Analisa Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan *thermometer* dan dilakukan untuk memastikan bahwa pengaruh suhu tidak akan menyebabkan terjadinya lisis pada sel mikroalga.

Analisa MLSS

MLSS diukur pada proses biakan suspensi dan melekat. Metode pengujian MLSS mengacu pada APHA, 1975. Berat awal dan akhir kertas saring diukur untuk mengukur konsentrasi MLSS. Pengurangan berat kertas saring tersebut dibandingkan dengan berat kertas saring

awal untuk menentukan konsentrasi MLSS.

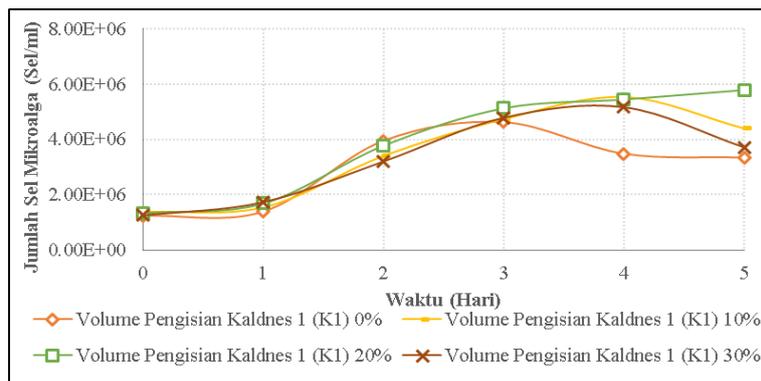
Analisa Kadar Nitrogen Total

Analisa kadar nitrogen total dilakukan dengan variasi waktu kontak (0, 1, 2, 3, 4, 5 hari) yang mengacu pada SNI 4146-2013 menggunakan metode kjeldahl secara titrasi. Kadar nitrogen total dihitung melalui perkalian antara konsentrasi HCl, 100%, dan 14,008. Kadar nitrogen total influen dan effluen diukur untuk menentukan efisiensi penyisihannya. Pengurangan kadar nitrogen total tersebut

dibandingkan dengan kadar nitrogen total awal untuk menentukan nilai efisiensinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN Pengaruh Volume Pengisian Kaldnes 1 (K1) Terhadap Pertumbuhan Sel *Chlorella* sp. Berbasis Suspensi Selama Proses Pengolahan

Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. berbasis suspensi ditandai dengan peningkatan jumlah sel. Grafik jumlah sel mikroalga berbasis suspensi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Jumlah Sel *Chlorella* sp. Berbasis Suspensi pada Volume Pengisian Kaldnes 1 (K1) 10%, 20%, 30% dan Kontrol

Volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% mengalami fase eksponensial pada hari ke 2 hingga hari ke 5 sehingga tidak mengalami fase-fase berikutnya selama proses pengolahan. Hal ini dikarenakan pergerakan *biocarrier* yang seragam dapat mencegah lepasnya lapisan biofilm mikroalga ke dalam suspensi air limbah sehingga mikroalga dapat memanfaatkan nutrisi dengan baik tanpa bersaing dengan mikroalga lainnya.

Fase eksponensial juga dialami oleh volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10%, 30% dan kontrol. Volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10% mengalami fase eksponensial pada hari ke 2 hingga hari ke 4 dikarenakan lepasnya sel mikroalga yang melekat pada media *biocarrier* Kaldnes 1 (K1) sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan mikroalga berbasis suspensi. Volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 30% tetap mengalami fase eksponensial pada pertumbuhan suspensi namun jumlah selnya tidak sebanyak volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10% dan

20%. Hal ini dikarenakan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 30% berjumlah 636 buah sehingga dengan debit aerasi 4,5 L/menit yang telah ditetapkan menyebabkan pergerakan *biocarrier* menjadi lambat. Akibatnya, akumulasi mikroalga suspensi yang melekat pada media *biocarrier* meningkat. Perlakuan kontrol mengalami fase eksponensial yang tidak lama dibandingkan dengan adanya penambahan *biocarrier*. Menurut Vayenas (2011), kandungan bahan organik dan nutrisi menjadi berkurang dikarenakan tidak adanya *biocarrier* yang dapat mencegah akumulasi sel mikroalga berbasis suspensi.

Fase penurunan pertumbuhan pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 30% terjadi pada hari ke 5. Hal ini dikarenakan pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) yang tinggi, cahaya yang masuk ke dalam media suspensi terhalangi oleh akumulasi mikroalga yang melekat pada media *biocarrier* Kaldnes 1 (K1), sehingga mikroalga suspensi tidak memperoleh

cahaya yang cukup dan akhirnya menurunkan produktivitas mikroalga berbasis suspensi (Vayenas, 2011). Selain itu, lapisan mikroalga biofilm yang terlalu padat dapat menghambat nutrisi dan CO₂ untuk berdifusi ke lapisan biofilm terdalam sehingga menyebabkan sel mikroalga lisis (pecah). Sel mikroalga yang lisis dapat larut ke medium dan mengganggu pertumbuhan mikroalga berbasis suspensi (Hadiyanto dan Azim, 2012).

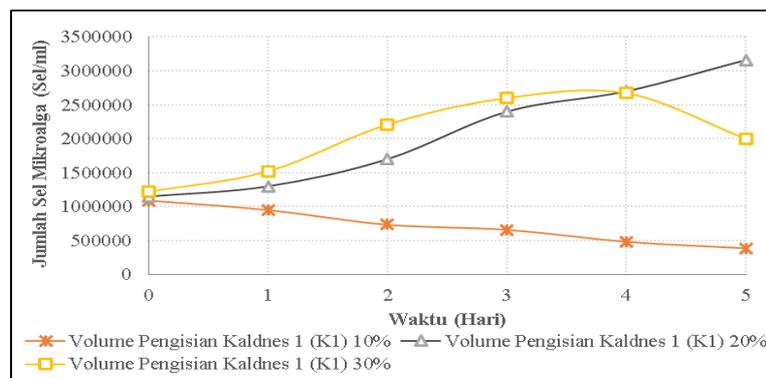
Pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10% mengalami fase penurunan pertumbuhan pada hari ke 5. Hal ini dikarenakan pergerakan media *biocarrier* yang terlalu cepat sehingga menyebabkan lepasnya sel mikroalga yang melekat pada media *biocarrier*. Sedangkan pada perlakuan kontrol mengalami fase penurunan pertumbuhan pada hari ke 4. Fase penurunan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya disebabkan oleh tidak adanya *biocarrier* yang dapat mencegah akumulasi sel mikroalga pada pertumbuhan suspensi dengan cara melekat pada media *biocarrier* Kaldnes 1 (K1). Dari kedua perlakuan tersebut menyebabkan sel mikroalga berbasis suspensi meningkat dan tidak diikuti dengan penambahan nutrisi. Hal ini sejalan dengan penelitian Istirokhatun dkk (2017), bahwa fase ini terjadi dikarenakan jumlah nutrisi yang tersedia tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan konsumsi nutrisi mikroalga. Selain itu, fase penurunan pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh akumulasi

oksigen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesis dan cahaya. Akumulasi oksigen dapat mempengaruhi keasaman sel (Hadiyanto dan Azim, 2012), sedangkan intensitas cahaya yang diserap oleh mikroalga dapat berkurang karena adanya bayangan dari mikroalga itu sendiri (*self-shading*) (Lebeharia, 2016).

Perlakuan kontrol mengalami fase stasioner pada hari ke 5 setelah fase penurunan pertumbuhan (hari ke 4) dengan jarak yang singkat. Hal ini didukung oleh penelitian Istirokhatun dkk (2017) yang menyatakan bahwa jarak fase penurunan pertumbuhan dan fase stasioner umumnya relatif singkat sehingga dibutuhkan perhitungan dengan intensitas yang lebih dari sekali dalam 24 jam sesuai dengan kebutuhan peneliti. Fase stasioner ditandai dengan peningkatan jumlah sel tidak terjadi lagi atau tetap sama dengan sebelumnya dikarenakan laju reproduksi dan laju kematian relatif sama.

Pengaruh Volume Pengisian Kaldnes 1 (K1) Terhadap Pertumbuhan Sel *Chlorella* sp. Berbasis Biofilm Selama Proses Pengolahan

Jumlah sel mikroalga berbasis biofilm dipengaruhi oleh volume pengisian Kaldnes 1 (K1). Grafik hubungan antara jumlah sel mikroalga melekat dan waktu pada variasi volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10%, 20% dan 30% dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Jumlah Sel *Chlorella* sp. Berbasis Biofilm pada Volume Pengisian Kaldnes 1 (K1) 10%, 20%, 30% dan Kontrol

Pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20%, jumlah sel mikroalga

mengalami peningkatan hingga hari ke 5 dan merupakan jumlah sel tertinggi dari

perlakuan lainnya. Pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% *biocarrier* bergerak seragam dan membantu mencegah terjadinya akumulasi kelebihan biomassa pada media *biocarrier* serta hilangnya biomassa karena tabrakan antar media. Selain itu, pada volume pengisian *biocarrier* 20% akan terbentuk lapisan biofilm yang tipis sehingga dapat meningkatkan difusi cahaya ke lapisan biofilm terdalam yang berguna untuk fotosintesis biofilm mikroalga (Vayenas, 2011).

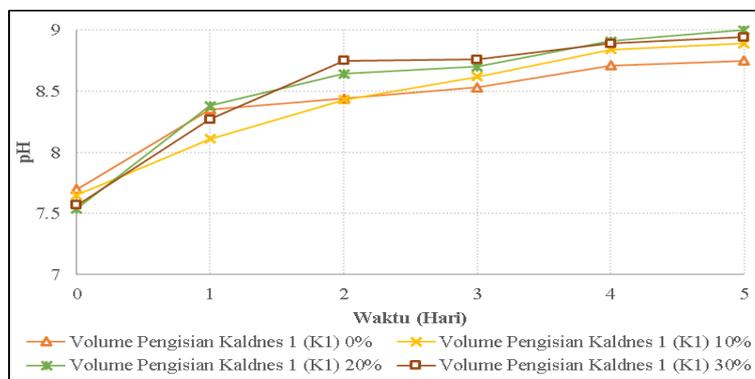
Pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 30% mengalami penurunan pertumbuhan pada hari ke 5. Hal ini dikarenakan penetrasi cahaya berkurang seiring dengan peningkatan volume pengisian Kaldnes 1 (K1). Ketika biofilm mencapai ketebalan tertentu, cahaya yang masuk ke lapisan biofilm menjadi terbatas karena terhalangi oleh mikroalga yang melekat itu sendiri sehingga terdapat mikroalga yang tidak mendapatkan cahaya dan akhirnya menurunkan produktivitas mikroalga. Sel mikroalga yang berada pada lapisan biofilm mikroalga dapat lisis atau pecah dan mengganggu pertumbuhan suspensi mikroalga. Menurut Vayenas (2011), ketebalan lapisan biofilm dapat menyebabkan terjadinya pembusukan sel endogen dan lisis (pecah) pada lapisan interior biofilm yang mengakibatkan kehilangan kemampuan untuk melekat

pada media *biocarrier*. Selain itu, sebagian besar atau keseluruhan lapisan biofilm dapat terlepas dari media *biocarrier* dan larut ke dalam medium (*Sloughing*).

Jumlah sel mikroalga pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10% terus mengalami penurunan dimulai dari hari ke 1 hingga hari ke 5. Menurut Shresta (2013), penurunan jumlah sel mikroalga disebabkan oleh pergerakan *biocarrier* yang terlalu cepat dalam reaktor sehingga menyebabkan terjadinya tabrakan besar antar media *biocarrier*. Akibatnya, mikroalga yang melekat pada media *biocarrier* sangat mudah untuk lepas dan meningkatkan jumlah sel mikroalga berbasis suspensi.

Pengaruh Perubahan pH Selama Proses Pengolahan

pH pertumbuhan mikroalga pada tiap perlakuan mengalami perubahan selama proses pengolahan. Pada penelitian ini pH pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. berkisar antara 7,54-9. Menurut Kuo dkk (2017), mikroalga *Chlorella* sp. dapat tumbuh dengan baik pada rentang pH 6,0-11,0 sehingga pH pada penelitian ini masih berada dalam rentang pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Adapun grafik perubahan pH selama proses pengolahan menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi dan melekat dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Perubahan pH Selama Proses Pengolahan

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada perlakuan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% selama proses pengolahan memiliki nilai pH tertinggi dengan peningkatan pH hingga 9 dari pH

awal 7,54. Menurut Osorio dkk (2019), peningkatan pH dipengaruhi oleh pembentukan biofilm mikroalga. Peningkatan pH yang lebih tinggi dari pada perlakuan lainnya mengindikasikan

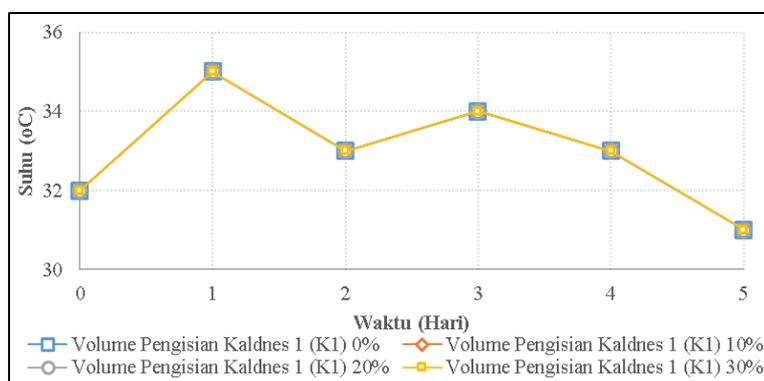
bahwa pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20%, pertumbuhan mikroalga berbasis suspensi dan melekat seimbang sehingga tiap sel mikroalga baik pada pertumbuhan berbasis suspensi dan melekat dapat mengalami pertumbuhan dan metabolisme sel ditandai dengan meningkatnya pH. Hal ini sejalan dengan penelitian Zulfarina dkk (2013) yang menyatakan bahwa peningkatan pH terjadi diasumsikan sejalan dengan jumlah sel mikroalga, dimana meningkatnya jumlah sel mikroalga berarti meningkatkan metabolisme dalam kultur mikroalga.

Nilai pH awal pada perlakuan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10%, 20%, 30%, dan kontrol secara berturut-turut adalah 7,65; 7,54; 7,57; dan 7,7. Menurut Muttaqin dan Wachda (2016), nilai pH yang rendah disebabkan oleh adanya penambahan limbah. Perbedaan pH pada tiap perlakuan disebabkan oleh volume limbah cair hotel yang tidak sama. Hal ini didukung oleh penelitian Purba (2011) yang mempelajari rasio volume air limbah terhadap alga. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa volume air limbah berpengaruh terhadap persebaran nutrisi yang terdapat di dalam air limbah sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan pH pada perlakuan awal. Nilai pH awal pada penelitian ini cenderung

netral sehingga sangat mendukung pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. CO₂ berada dalam bentuk bebas di dalam air limbah pada lingkungan netral sehingga dapat berdifusi dengan mudah ke dalam sel mikroalga *Chlorella* sp. Akibatnya, CO₂ sebagai sumber karbon utama untuk proses fotosintesis cukup tersedia sehingga proses metabolisme dapat berlangsung.

Pengaruh Perubahan Suhu Selama Proses Pengolahan

Pada penelitian ini suhu medium selama kultivasi berkisar antara 31-35 °C. Menurut Sutamihardja (1975), *Chlorella* sp. mampu hidup dan tumbuh secara optimum pada kisaran suhu 5 – 35°C sehingga kisaran suhu pada penelitian ini masih termasuk dalam rentang pertumbuhan *Chlorella* sp. Secara keseluruhan, jika dilihat dari grafik pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. yang dikultivasi dalam medium limbah cair hotel tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhannya. Ini dikarenakan kondisi suhu pada kultivasi mikroalga termasuk dalam rentang optimum bagi pertumbuhan *Chlorella* sp. Grafik perubahan suhu selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perubahan Suhu Selama Proses Pengolahan

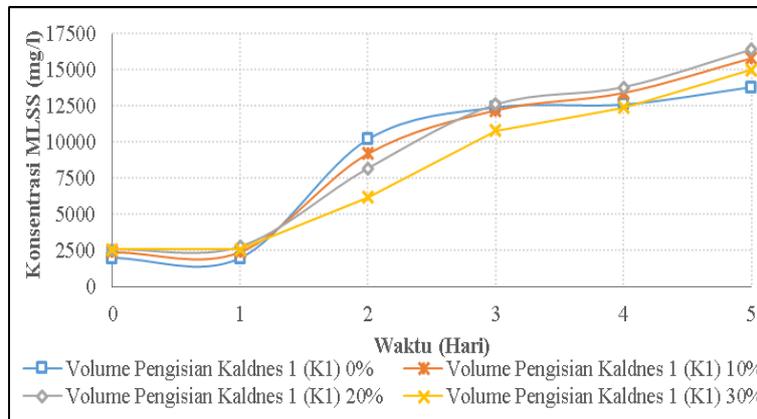
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan suhu pada tiap perlakuan. Perubahan suhu mengakibatkan terjadinya fluktuasi suhu dari awal hingga akhir perlakuan, tetapi fluktuasi suhu tidak mengganggu pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. karena masih dalam rentang optimum

pertumbuhannya. Suhu selama proses kultivasi mikroalga tergantung pada lokasi yang digunakan. Pada penelitian ini lokasi penelitian berada pada ruangan terbuka sehingga fluktuasi suhu dipengaruhi oleh kondisi cuaca selama proses pengolahan.

Pengaruh Konsentrasi MLSS Terhadap Pertumbuhan Berbasis Suspensi Selama Proses Pengolahan

Ketersediaan mikroorganisme (termasuk bakteri) yang terdapat di dalam suspensi air limbah dapat diketahui

melalui pengukuran *Mixed Liqour Suspended Solid* (MLSS) Adapun grafik konsentrasi MLSS pada proses pertumbuhan suspensi dapat dilihat pada Gambar 5.



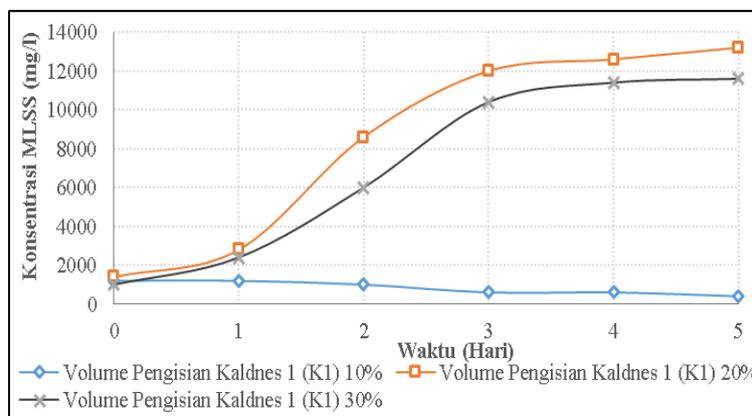
Gambar 5. Grafik Pengaruh Konsentrasi MLSS Terhadap Pertumbuhan Berbasis Suspensi

Nilai MLSS tertinggi terdapat pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% dengan MLSS sebesar 16400 mg/l. Hal ini dikarenakan jumlah sel mikroalga pada reaktor tersebut tinggi. Mikroalga dapat melepaskan O₂ yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme termasuk bakteri, sedangkan bakteri dapat melepaskan CO₂ yang dapat diserap oleh mikroalga untuk berfotosintesis. Selain itu, adanya aerasi pada penelitian ini berpengaruh terhadap peningkatan MLSS. Volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% menyebabkan aerasi

merata baik pada pertumbuhan suspensi maupun melekat. Menurut Hadiyanto dan Azim (2012), aerasi dapat meningkatkan aktifitas mikroba aerob sehingga dapat mengkonsumsi komponen organik yang ada pada air limbah.

Pengaruh Konsentrasi MLSS Terhadap Pertumbuhan Berbasis Biofilm Selama Proses Pengolahan

Grafik konsentrasi MLSS pada proses pertumbuhan melekat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Konsentrasi MLSS Terhadap Pertumbuhan Berbasis Biofilm

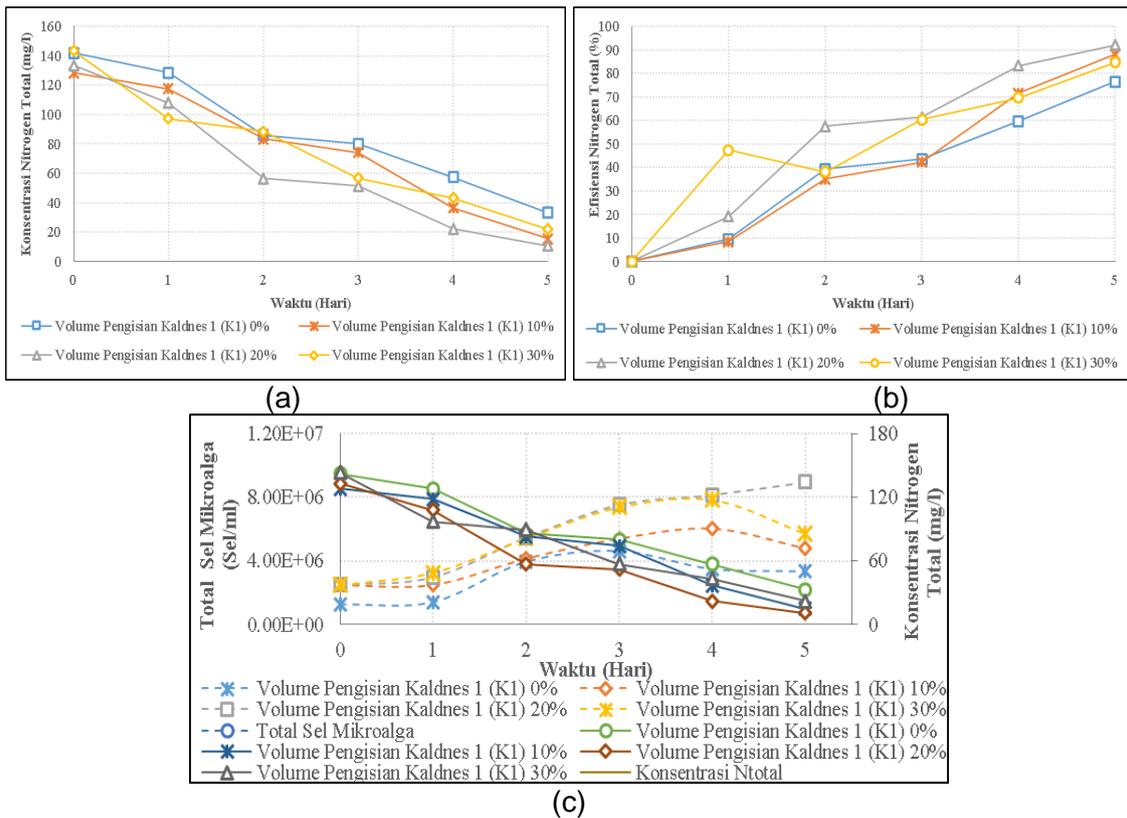
Perlakuan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% memiliki konsentrasi MLSS yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya. Pada volume pengisian

Kaldnes 1 (K1) 20% pergerakan Kaldnes 1 (K1) seragam dan dapat mencegah terjadinya tabrakan antar media Kaldnes 1 (K1) sehingga mampu mempertahankan

mikroorganisme yang melekat pada media Kaldnes 1 (K1). Pada volume pengisian *biocarrier* 20% akan terbentuk lapisan biofilm yang tipis sehingga biomassa dapat memanfaatkan bahan organik dan nutrisi dengan baik. Banyaknya bahan organik yang dioksidasi dapat meningkatkan konsentrasi MLSS. Menurut Waizh (2018), semakin tinggi konsentrasi MLSS yang terdapat dalam sistem pengolahan mengindikasikan bahwa terdapat lebih banyak bahan organik yang dioksidasi.

Pengaruh Volume Pengisian Kaldnes 1 (K1) Terhadap Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan Nitrogen Total

Konsentrasi nitrogen total dan efisiensi penyisihan tiap perlakuan berbeda-beda. Adapun grafik konsentrasi dan efisiensi penyisihan nitrogen total serta hubungannya dengan total sel mikroalga pada proses pertumbuhan suspensi dan melekat selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. (a) Grafik Konsentrasi Nitrogen Total (b) Grafik Efisiensi Nitrogen Total (c) Grafik Hubungan Total Sel Mikroalga Terhadap Konsentrasi Nitrogen Total

Pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% memiliki efisiensi penyisihan nitrogen total tertinggi dengan tingkat efisiensi sebesar 91,96%. Hal ini dikarenakan pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20%, *biocarrier* bergerak seragam dan membantu mencegah terjadinya akumulasi kelebihan biomassa pada permukaan *biocarrier* serta hilangnya biomassa karena tabrakan antar media. Dengan demikian, biomassa yang melekat pada media *biocarrier* bisa mengkonsumsi lebih banyak bahan

organik dan nutrisi dibandingkan dengan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10% dan 30%. Pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 10% dapat diamati bahwa *biocarrier* bergerak dengan cepat dalam reaktor sehingga dapat menyebabkan terjadinya tabrakan besar antar media *biocarrier* yang membuat mikroalga yang melekat pada media *biocarrier* sangat mudah untuk lepas, sedangkan pada volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 30% *biocarrier* bergerak perlahan dalam reaktor dan lapisan padat biomassa terbentuk sekitar

permukaan *biocarrier*. Menurut Shresta (2013), Lapisan padat pada biofilm mikroalga dapat menghalangi cahaya, nutrisi dan bahan organik untuk berdifusi ke lapisan biofilm mikroalga terdalam.

Efisiensi penyisihan limbah pada perlakuan kontrol tanpa Kaldnes 1 (K1) memperoleh efisiensi penyisihan terendah sebesar 76,52% dibandingkan dengan perlakuan dengan penambahan Kaldnes 1 (K1). Hal ini dikarenakan tidak adanya aktivitas penguraian pada biofilm mikroalga yang mendukung proses penguraian pada pertumbuhan suspensi. Pada proses pembentukan biofilm mikroalga terdapat EPS yang merupakan zat ekstraseluler yang mengandung protein, fosfolipid dan polisakarida. Menurut Salama dkk (2015), EPS pada

biofilm mikroalga memiliki kemampuan untuk menyerap garam anorganik seperti nitrogen yang bersumber dari limbah sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga, sekaligus dapat menurunkan parameter pencemar. Hal ini didukung oleh penelitian Zhuang dkk (2016) yang menyatakan bahwa EPS pada *biocarrier* dapat meningkatkan sintesis protein di dalam sel dimana sintesis protein merupakan peran nitrogen dalam proses sintesis asam amino.

Perbandingan Efisiensi Penyisihan Nitrogen Total pada Penelitian Lainnya

Adapun perbandingan efisiensi penyisihan nitrogen total pada penelitian lainnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Efisiensi Penyisihan Nitrogen Total pada Penelitian Lainnya

No.	Mikroalga	<i>Biocarrier</i> yang Digunakan (Volume Pengisian)	Limbah yang Digunakan	Efisiensi (%)	Referensi
1.	<i>Chlorella</i> sp. dan <i>Scenedesmus</i> didominasi	AnoxKaldnes K5 (50%v)	Limbah Cair Domestik	91,8	Hultberg dkk, 2016
2.	Kombinasi mikroalga dan lumpur aktif	AnoxKaldness™ (1/3v)	Limbah Cair Industri Pemurnian Gula (Molase)	35	Tsioptionsias dkk, 2016
3.	<i>Chlorella</i> sp.	Kaldnes 1 (K1) (20%v)	Limbah Cair Hotel	91,96	Penelitian ini

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa pengolahan limbah cair hotel menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. dan *biocarrier* Kaldnes 1 (K1) menghasilkan efisiensi tertinggi dibandingkan penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan pergerakan *biocarrier* yang seragam menjadikan lapisan biofilm mikroalga tipis sehingga nutrisi dapat berdifusi ke lapisan biofilm mikroalga terdalam. Penelitian Hultberg dkk (2016) membuktikan bahwa pada volume pengisian *biocarrier* yang tinggi tetap dapat menyisihkan nitrogen total, sedangkan penelitian Tsioptionsias dkk (2016) menghasilkan efisiensi yang rendah dikarenakan terdapat endapan mikroalga di dinding reaktor yang berbentuk tabung sehingga mengurangi penetrasi cahaya dalam reaktor.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa (1) efisiensi penyisihan nitrogen total tertinggi selama proses pengolahan terjadi pada MBBR dengan volume pengisian Kaldnes 1 (K1) 20% dengan efisiensi penyisihan nitrogen total 91,96% pada hari kelima. (2) Waktu kontak terbaik selama proses pengolahan terjadi pada hari kelima. Semakin lama waktu kontak pada penelitian ini maka semakin besar efisiensi penyisihan nitrogen total. (3) Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. tertinggi pada pertumbuhan suspensi dan melekat berturut-turut yaitu $5,78 \times 10^6$ sel/ml dan $3,16 \times 10^6$ sel/ml.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah (1) perlu

dilakukan kultivasi mikroalga hasil aklimatisasi pada medium limbah cair hotel dengan meningkatkan waktu kontak hingga mencakup seluruh fase pertumbuhan dari mikroalga. (2) penelitian lanjutan dengan menambahkan bakteri untuk mempercepat proses pembentukan biofilm mikroalga dan meningkatkan kinerja alga dalam menyisihkan bahan organik dalam limbah cair hotel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, A., & Herumutri, W. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik Untuk Menurunkan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 361-366.
- Filliazati, M., Apriani, I., dan Zahara, T. A. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1-10.
- Hadiyanto., dan Azim, M. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Semarang: UPT UNDIP Press.
- Hultberg, M., Olsson, L. E., Birgersson, G., Gustafsson, S., dan Sievertsson, B. (2016). Microalgal Growth in Municipal Wastewater Treated in an Anaerobic Moving Bed Biofilm Reactor. *Journal of Bioresource Technology*, 19-23.
- Imania, A. W., dan Herumurti, W. (2018). Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Pretreatment Ozon untuk Menurunkan Konsentrasi COD. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 203-206.
- Istirokhatun, T., Aulia, Mustika., Sudarno. (2017). Potensi *Chlorella* sp. Untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 14(2), 88-96.
- Kuo, C. M, Lin, H. T., Yang, Y. C., Zhang, W. X., Lai, J. T., Wu, H. T., Chang, J. S., dan Lin, C. S. (2017). Ability of an Alkali-Tolerant Mutant Strain of The Microalga *Chlorella* sp. AT1 to Capture Carbon Dioxide for Increasing Carbon dioxide Utilization Efficiency. *Journal of Bioresource Technology*, 244, 243-251.
- Lebeharia, S. M. 2016. Pertumbuhan dan Kualitas Biomassa *Spirulina Platensis* yang di Produksi pada Media Zarouk Modifikasi. *Skripsi*, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Muttaqin, S. S., dan Wachda. (2016). Peningkatan Kandungan Lipid pada Kultur *Arthrospira Maxima* (Setchell & N.L Gardner) sebagai Biodiesel dengan Medium Limbah Cair Tahu. *Journal of Inovation Science Writing Competition (Instinct)*.
- Ningtias, B. C., Moersidik, S. S., Priadi, C. R., dan Said, N. I. (2015). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Anoksik-Aerobik Moving Bed Biofilm Reactor (Studi Kasus: Penyisihan Amonia dan Karbon Dalam Air Limbah Domestik). *JAI*, 8(2), 177-188.
- Oktafiani, M. 2013. Pengaruh Konsentrasi Nutrien dan Konsentrasi Bakteri Pada Produksi Alga Dalam Sistem Bioreaktor Proses Batch. *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Osorio, J. H. M., Pinto, G., Pollio A., Frunzo, L., Lens, P. N. L., dan Esposito, G. (2019). Start-up of a nutrient removal system using *Scenedesmus vacuolatus* dan *Chlorella vulgaris* biofilms. *Journal of*

- Biosources dan Bioprocessing*, 6(27):1-16.
- Paniagua, M. J. (2015). *Microalgal Nutraceuticals*. Mexico: Handbook of Marine Microalgae.
- Pemerintah Kota Pekanbaru. 2017. *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Pemko. Pekanbaru.
- Pinjankar, A. B., Jagtap, R. D., Solanke, C. K., dan Mehta, H. H. (2017). The Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *International Advanced Research Journal in Science*, 4(3), 63-66
- Purba, N. T., 2011. Pemanfaatan Mikroalga Untuk Pengolahan Limbah dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Biofuel. *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Said, N. I., dan Santoso, T. I. (2015). Penghilangan Polutan Organik dan Padatan Tersuspensi di dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *JAI*, 8(1), 33-45.
- Said, N. I., dan Sya'bani, M. R. (2014). Penghilangan Amoniak di dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *JAI*, 7(1), 44-65.
- Salama, Y., Chennaoui, M., Sylla, A., Mountadar, M., Rihani, M., dan Assobhei, O. (2015). Characterization, Structure, and Function of Extracellular Polymeric Substances (EPS) of Microbial Biofilm in Biological Wastewater Treatment Systems: A Review. *Journal of Desalination and Water Treatment*, 1-18.
- Shresta, A. 2013. Specified Moving Bed Biofilm Reactor in Nutrient removal from Municipal Wastewater. *Tesis*, Faculty of Engineering and Information Technology, University of Technology, Sydney.
- Sui, Z., Gizaw, Y., dan Miller, B. J. N. (2012). Extraction of Polysaccharides From A Species Of *Chlorella*. *Carbohydrate Polymers*, 90(1), 1-7.
- Sutamihardja, R. T. M. 1975. *Pengetrapan Chlorella sp. dan Ganggang Lainnya sebagai Penambah Bahan Makanan di Indonesia*. Bogor: IPB.
- Tsiptsias, C., Lionta, G., Deligiannis A., dan Samaras, P. (2016). Enhancement of The Performance of A Combined Microalgae-Activated Sludge System For The Treatment of High Strength Molasses Wastewater. *Journal of Environmental Management*, 30, 1-7.
- Vayenas, D. V. (2011). Attached Growth Biological Systems in The Treatment of Potable Water and Wastewater. *Journal of Comprehensive Biotechnology*, 371-383.
- Waizh, N. T. (2018). Pengaruh Densitas Alga dan Kedalaman Reaktor Terhadap Penurunan BOD & COD Limbah Cair Domestik. *Dspace Repository*.
- Zhuang, L. L., Azimi, Y., Yu, D., Wang, W. L., Wu, Y. H., Dao, G. H., dan Hu, H. Y. (2016). Enhanced Attached Growth of Microalgae *Scenedesmus*. LXI Through Ambient Bacterial Pre-Coating Of Cotton Fiber Carriers. *Journal of Bioresource Technology*, 1-31.
- Zulfarina. Sayuti, I., dan Putri, H. (2013). Potential Utilization of Algae *Chlorella Pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Journal of Technology*, 1(3).