

**BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DENGAN MENGGUNAKAN  
*Spirogyra Sp*  
[BIOREMEDIATION OF PALM OIL MILL EFFLUENT BY USING *Spirogyra Sp*]**

Baihaqi<sup>1</sup>, Mujibul Rahman<sup>1\*)</sup>, Ibrahim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim  
) Email: bulmuji3@gmail.com

Diterima 6 Juli 2017/Disetujui 13 September 2017

**ABSTRAK**

Salah satu jenis alga yang berpotensi mereduksi limbah cair kelapa sawit adalah *Spirogyra sp.* *Spirogyra sp.* memiliki sebaran yang luas di pesisir Indonesia dan masih kurang dimanfaatkan oleh petani tambak. Penelitian ini bertujuan menguji efisiensi dari *Spirogyra* sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit serta mengkaji pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Spirogyra*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli tahun 2017. Rancangan penelitian terdiri dari lima perlakuan yaitu perlakuan A kontrol (0 mL.L<sup>-1</sup>), perlakuan B (25 mL.L<sup>-1</sup>), perlakuan C (50 mL.L<sup>-1</sup>), perlakuan D (75 mL.L<sup>-1</sup>) dan perlakuan E (100 mL.L<sup>-1</sup>). Parameter pengamatan meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan relatif, waktu penggandaan dan nilai kualitas air (pH, suhu, salinitas, oksigen terlarut dan COD). Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan ANOVA satu arah. Kriteria berbeda nyata yang digunakan pada penelitian ini adalah pada tingkat kepercayaan 95% ( $p < 0,05$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Spirogyra* mampu tumbuh dengan baik pada media pemeliharaan yang mengandung limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 25 mL.L<sup>-1</sup> (perlakuan B). Hal ini terlihat dari laju pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan relatif yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan C, D dan E.

Kata kunci: Limbah Cair Kelapa Sawit, *Spirogyra*, Laju Pertumbuhan Relatif, COD.

**ABSTRACT**

*One type of algae that potentially reduces palm oil mill effluent is Spirogyra sp. Spirogyra sp. Has a wide distribution on the coast of Indonesia and is still underutilized by pond farmers. This study aims to test the efficiency of Spirogyra as a bioremediation agent of palm oil liquid waste and to examine the effect of palm oil liquid waste on the growth of Spirogyra. This research was conducted from March to July 2017. The research design consisted of five treatments, namely treatment A control (0 mL.L<sup>-1</sup>), B treatment (25 mL.L<sup>-1</sup>), C treatment (50 mL.L<sup>-1</sup>), Treatment D (75 mL.L<sup>-1</sup>) and E treatment (100 mL.L<sup>-1</sup>). Observation parameters include absolute growth, relative growth rate, doubling time and water quality values (pH, temperature, salinity, dissolved oxygen and COD). The statistical analysis used in this study uses one way ANOVA. The obvious different criteria used in this study was at a 95% confidence level ( $p < 0.05$ ). The results showed that Spirogyra was able to grow well on maintenance media containing oil palm liquid waste with concentration 25 mL.L<sup>-1</sup> (treatment B). This can be seen from the absolute growth rate and the relative growth rate better than the treatment of C, D and E.*

Keywords: Palm Oil Mill Effluent, *Spirogyra*, Relative Growth Rate, COD.

**PENDAHULUAN**

Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan oleh adanya industri pengolahan kelapa sawit adalah meningkatnya limbah cair kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) yang merupakan buangan atau efek samping dari kegiatan industri pengolahan kelapa sawit. Taha & Ibrahim (2014) mengungkapkan bahwa untuk setiap ton pengolahan minyak mentah kelapa sawit

dapat menghasilkan limbah cair sebanyak 2,5 ton. Limbah cair kelapa sawit memiliki potensi sebagai bahan pencemar lingkungan karena memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan padatan tersuspensi yang tinggi sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran yang dapat kualitas suatu perairan (Chan *et al.*, 2013).

Kandungan BOD dalam limbah cair kelapa

sawit berkisar antara 21.500 – 28.500 mg.L<sup>-1</sup>, COD berkisar antara 45.000 – 65.000 mg.L<sup>-1</sup> dan *Total suspended solid* (TSS) berkisar antara 15.660 – 23.560 mg.L<sup>-1</sup> (Wong *et al.*, 2009). Kandungan minyak dan lemak pada limbah cair kelapa sawit mencapai 4000 mg.L<sup>-1</sup> (Ahmad *et al.*, 2003) dengan pH antara 3.4 – 4.7 (Belo *et al.*, 2013). Fairolzukry *et al.*, (2008) menjelaskan bahwa limbah sawit juga mengandung berbagai senyawa *Hidrokarbon aromatik polisiklik* (PAH) antara lain *Naphthalene*, *Fluorene Phenanthrene*, *Fluoranthene* dan *Pyren*.

COD dan BOD merupakan parameter penting yang digunakan sebagai indikator komposisi dan dampak lingkungan dari air limbah. COD merupakan indikator umum yang digunakan untuk mengukur kontaminasi suatu perairan, COD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua polutan dalam volume tertentu (Ahmad *et al.*, 2003). Padatan tersuspensi yang berasal dari limbah cair kelapa sawit dapat menyumbat insang ikan sehingga berdampak kepada laju pertumbuhan dan keberlangsungan hidup ikan. Padatan tersuspensi juga akan mengurangi penetrasi cahaya ke perairan. Hal ini akan mengurangi kemampuan ganggang dan plankton untuk menghasilkan makanan dan oksigen bagi organisme perairan lainnya.

Pemanfaatan alga sebagai agen perekduksi limbah merupakan bagian dari metode penanganan limbah industri secara biologi disamping dengan menggunakan bantuan enzim, bakteri, dan fungi (Bapjai, 2015). Alga juga dapat dimanfaatkan untuk mereduksi berbagai jenis limbah lainnya seperti limbah budidaya (Park *et al.*, 2009) dan logam berat (Gupta *et al.*, 2008). Salah satu jenis alga yang berpotensi mereduksi limbah industri kertas adalah *Spirogyra sp.* Bishnoi *et al.* (2007) membuktikan bahwa *Spirogyra* mampu mereduksi logam berat Cadmium sampai dengan 70%. Di sisi lain *Spirogyra* yang ditumbuhkan pada media air limbah juga memiliki pertumbuhan yang baik (Kamyab *et al.*, 2015).

*Spirogyra sp.* memiliki sebaran yang luas di pesisir Indonesia dan masih kurang dimanfaatkan oleh petani tambak. Beberapa penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa *Spirogyra* berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biofuel (Sheenan *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2008), suplemen pakan ternak (Park *et al.*, 2009) serta penyerap karbon dioksida yang ada di atmosfer sebagai upaya mengurangi pemanasan global (Kamyab *et al.*, 2015). Pemanfaatan *Spirogyra* sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit merupakan salah satu potensi yang layak dikembangkan. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan menguji efisiensi dari *Spirogyra* sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit serta mengkaji pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Spirogyra*.

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL). Model RAL digunakan karena unit percobaan yang digunakan relatif homogen, yaitu unit

percobaan menggunakan satu jenis alga filamen *Spirogyra*, dengan perbedaan pada konsentrasi media tumbuh. Penelitian dilakukan di laboratorium, sehingga kehomogenan unit percobaan bisa dijamin. Wadah yang digunakan sebagai media pertumbuhan *Spirogyra* adalah aquarium berukuran 40x20x30 cm dengan volume air sebanyak 16 Liter.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan maret hingga juli tahun 2017. Tahap budidaya *Spirogyra* pada media yang terpapar limbah cair kelapa sawit dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Perairan, Program studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim sedangkan proses Analisis parameter kimia air berupa COD dilakukan di Laboratorium Analisis Limbah Badan Standarisasi Nasional (Baristan) Aceh.

Toksikan limbah cair kelapa sawit berasal dari pabrik kelapa sawit PT Syaokath Sejahtera yang berlokasi di Gampong Cot Jabet kecamatan Geurugok kabupaten Bireuen. Sampel limbah diangkut ke laboratorium dengan menggunakan transportasi darat. Sampai dengan masa ujicoba, sampel ditempatkan dalam suatu wadah penampung yang dilengkapi aerasi. *Spirogyra* untuk penelitian ini dikoleksi dari kecamatan Jangka kabupaten Bireuen provinsi Aceh, sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Budidaya Perairan Universitas Almuslim dan dicuci dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan sediment dan organisme lainnya yang tertempel pada *Spirogyra*. Selanjutnya sampel *Spirogyra* ditempatkan dalam wadah toples plastik beralas bundar dengan volume 5 Liter air dan diberi aerasi. Air yang digunakan sebagai media pertumbuhan *Spirogyra* adalah air payau dengan kisaran salinitas 15-24 ‰ (Raikar *et al.*, 2001). Aklimatisasi ini dilakukan selama 7 hari sebelum *Spirogyra* siap untuk diuji cobakan.

Rancangan penelitian terdiri dari lima perlakuan yaitu perlakuan A kontrol (0 mL.L<sup>-1</sup>), perlakuan B (25 mL.L<sup>-1</sup>), perlakuan C (50 mL.L<sup>-1</sup>), perlakuan D (75 mL.L<sup>-1</sup>) dan perlakuan E (100 mL.L<sup>-1</sup>) dengan tiga ulangan untuk masing masing perlakuan. *Spirogyra* dengan biomassa 10 gram ditempatkan pada masing masing aquarium perlakuan dan diberi aerasi secara konstan.

Pemeliharaan *Spirogyra sp* dilakukan selama 20 hari dengan periode pengambilan sampel air dan pengukuran berat dilakukan setiap lima hari. Pengukuran biomassa *Spirogyra sp* dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Parameter fisik dan kimia air yang dianalisis meliputi COD diukur dengan spektrofotometer. Suhu media diukur dengan menggunakan Termometer Digital, sedangkan pH, Salinitas dan Oksigen terlarut masing masing diukur dengan menggunakan pH meter, Salinometer dan *Dissolved Oxygen* meter.

Laju pertumbuhan/produktivitas *Spirogyra sp* dianalisis melalui penentuan waktu penggandaan

(doubling time/DT). Penentuan waktu penggandaan bertujuan untuk untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh *Spirogyra* untuk menggandakan biomassa sebanyak dua kali lipat dari biomassa awal. Penentuan waktu penggandaan dapat dilakukan dengan pendekatan laju pertumbuhan relatif (*Relative Growth Rate/RGR*), yakni dengan memperhatikan biomassa awal dengan biomassa akhir selama pengamatan. Waktu penggandaan biomassa *Spirogyra* ditentukan menggunakan persamaan *Relative Growth Rate* (Mitchell 1974; Vonshak dan Maske 1982) sebagai berikut:

$$RGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t_x - t_0}$$

dimana  $W_t$  adalah biomassa basah akhir *Spirogyra* (gram),  $W_0$  adalah biomassa basah awal *Spirogyra* (gram),  $t_x - t_0$  adalah lama pemeliharaan (hari). Sedangkan DT diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{doublingtime}(DT) = \frac{\ln 2}{RGR}$$

#### Analisis statistik

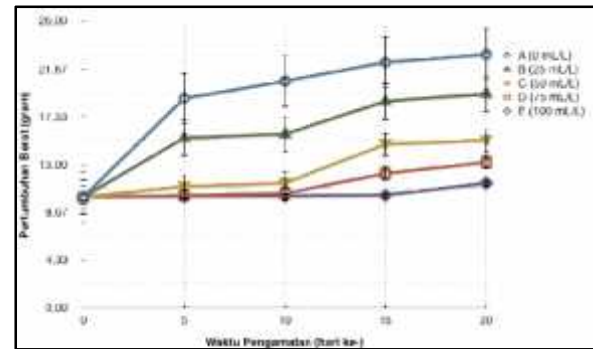
Analisis statistik yang digunakan untuk melihat pertumbuhan *Spirogyra* dan kemampuannya dalam mereduksi limbah cair kelapa sawit adalah menggunakan ANOVA satu arah. Parameter yang diuji statistik meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan relatif, waktu penggandaan nilai COD. Kriteria berbeda nyata yang digunakan pada penelitian ini adalah pada tingkat kepercayaan 95% ( $p < 0,05$ ). Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan bantuan Software SPSS 22.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Laju Pertumbuhan *Spirogyra*

Pengamatan yang dilakukan terhadap laju pertumbuhan berat mutlak pada setiap perlakuan diketahui bahwa, Laju pertumbuhan berat tertinggi *Spirogyra* terdapat pada perlakuan A (kontrol) sedangkan laju pertumbuhan terendah terdapat pada perlakuan E ( $100 \text{ mL.L}^{-1}$ ). Laju pertumbuhan berat *Spirogyra* yang dipelihara pada perlakuan B menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan perlakuan perlakuan C, D dan E ( $p < 0,05$ ) dengan persentase pertumbuhan mencapai 93,7 % (19,37 gram) dari berat awal selama 20 hari masa pemeliharaan (Gambar 1). Sedangkan persentase pertumbuhan *Spirogyra* pada perlakuan C hanya 51,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa *Spirogyra* masih dapat tumbuh dengan baik pada media pemeliharaan yang mengandung  $25 \text{ mL.L}^{-1}$  limbah cair kelapa sawit.

Baiknya pertumbuhan *Spirogyra* pada perlakuan B juga terlihat dari rata rata nilai laju



Gambar 1 Laju Pertumbuhan Berat *Spirogyra* pada Setiap Perlakuan

pertumbuhan relatif yaitu sebesar 0,034 gram/hari, lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan C, D dan E masing-masing sebesar 0,017 gram/hari, 0,014 gram/hari dan 0,006 gram/hari. Walaupun demikian rata-rata nilai laju pertumbuhan relatif *Spirogyra* pada perlakuan B masih lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan A (0,042 gram/hari). Analisis Statistik menunjukkan bahwa nilai yang didapat pada perlakuan B berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya ( $p < 0,05$ )

Tabel 1 Rata-Rata Laju Pertumbuhan Relatif *Spirogyra* pada Setiap Perlakuan

Perlakuan	Rata Rata Berat Awal (gram)	Rata Rata Berat Akhir (gram)	Laju Pertumbuhan Relatif (gram/hari)	Standar Deviasi
A ( $0 \text{ mL.L}^{-1}$ )	10	22,97	0,042*	±0,003
B ( $25 \text{ mL.L}^{-1}$ )	10	19,37	0,034*	±0,006
C ( $50 \text{ mL.L}^{-1}$ )	10	15,11	0,017*	±0,007
D ( $75 \text{ mL.L}^{-1}$ )	10	12,31	0,014*	±0,004
E ( $100 \text{ mL.L}^{-1}$ )	10	11,27	0,006*	±0,001

\*Nilai dengan superskrip yang berbeda, menunjukkan nilai yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

### Waktu Penggandaan (*Doubling Time/DT*) *Spirogyra*

Waktu Penggandaan (*Doubling Time*) adalah waktu yang dibutuhkan oleh *Spirogyra* untuk menggandakan pertumbuhan berat biomasanya sebanyak dua kali lipat dari berat biomassa awal. Penentuan waktu penggandaan dapat dilakukan dengan pendekatan laju pertumbuhan relatif (*Relative Growth Rate/RGR*) yakni dengan memperhatikan biomassa awal dengan biomassa akhir selama pengamatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu penggandaan tercepat terdapat pada perlakuan A yaitu selama 16,7 hari, sedangkan waktu penggandaan terlama terdapat pada perlakuan E yaitu selama 123,22 hari. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair kelapa sawit dalam media pemeliharaan maka waktu penggandaan yang dibutuhkan oleh *Spirogyra* menjadi semakin lama. Waktu Penggandaan (*Doubling Time*) *Spirogyra* disajikan pada Tabel 2.

Walaupun demikian, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara waktu penggandaan *Spirogyra* pada perlakuan A dengan perlakuan B ( $p > 0,05$ ). Hal ini

Tabel 2 Waktu Pengandaan (*Doubling Time*) *Spirogyra* pada Setiap Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata Berat Awal (grsm)	Rata-Rata Berat akhir (grsm)	Waktu Pengandaan (hari)	Standar Deviasi
A (0 mL.L <sup>-1</sup> )	10	22,97	16,70*	±1,563
B (25 mL.L <sup>-1</sup> )	10	19,37	21,20*	±1,561
C (50 mL.L <sup>-1</sup> )	10	15,15	41,15**	±19,30
D (75 mL.L <sup>-1</sup> )	10	13,17	14,51*	±16,85
F (100 mL.L <sup>-1</sup> )	10	11,97	12,97*	±19,89

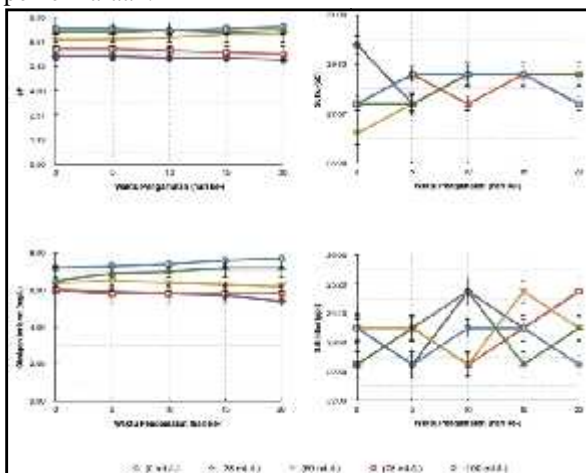
\*Salai dengan susutkap sama tidak beda, menunjukkan nilai sangat baik beda nyata (p < 0,05).

memperkuat pendapat bahwa *Spirogyra* yang dipelihara pada media yang mengandung limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi sebesar 25 mL.L<sup>-1</sup> masih mampu hidup dalam keadaan yang optimal.

### Parameter Fisik dan Kimiawi Media Pemeliharaan *Spirogyra*

Parameter fisik dan kimia yang diukur pada penelitian ini meliputi pH, suhu, oksigen terlarut, salinitas dan COD. Perubahan nilai parameter pH, suhu, oksigen terlarut dan salinitas antar setiap perlakuan selama 20 hari masa pemeliharaan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Walaupun demikian pada parameter pH dan oksigen terlarut terbentuk sebuah pola yang menggambarkan bahwa terdapat kenaikan pH pada perlakuan A, B dan C sedangkan pada perlakuan D dan E terjadi penurunan nilai pH. Begitu pula dengan nilai oksigen terlarut, terdapat tren peningkatan pada perlakuan A dan B serta degradasi kandungan oksigen terlarut pada perlakuan C, D dan E (Gambar 2).

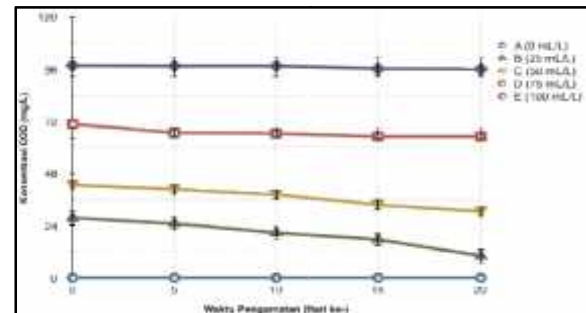
Peningkatan nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan C yaitu sebesar 4,41% dari pH awal. Sedangkan penurunan pH tertinggi terdapat pada perlakuan D juga sebesar 4,41 % dari pH awal (Gambar 2.a). Kenaikan pH yang terjadi pada perlakuan B dan C diduga disebabkan adanya penyerapan bahan organik yang berasal dari limbah cair kelapa sawit yang terdapat pada media pemeliharaan.



Gambar 2 Nilai Parameter fisik dan kimiawi media pemeliharaan *Spirogyra* pada setiap perlakuan. (a) pH, (b) Suhu, (c) Oksigen Terlarut, dan d) (Salinitas).

Peningkatan kandungan oksigen terlarut tertinggi terdapat pada perlakuan B yaitu sebesar 10,7 % dibandingkan dengan kandungan oksigen terlarut pada awal masa pemeliharaan. Sedangkan penurunankandungan oksigen terlarut tertinggi terdapat pada perlakuan E yaitu sebesar 10 % (Gambar 2.c). Pengamatan terhadap suhu dan salinitas media pemeliharaan tidak menunjukkan adanya tren atau pola tertentu untuk setiap perlakuan. Suhu media selama masa pemeliharaan *Spirogyra* berada pada kisaran 27-30 °C, sedangkan nilai salinitas berada dalam kisaran 23-25 ppt.

Pengamatan dan analisis yang dilakukan terhadap nilai COD merupakan salah satu indikator untuk menilai keberhasilan proses remediasi limbah cair kelapa sawit (Kamyab *et al.*, 2015). Hal ini diantaranya didasarkan kepada pendapat yang menyatakan bahwa toksisitas yang terjadi pada perairan akibat limbah cair kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kandungan COD tinggi yang dikandungnya (Zulfahmi *et al.*, 2017).



Gambar 3 Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) Media Pemeliharaan *Spirogyra* Pada Setiap Perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kandungan COD tertinggi terdapat pada perlakuan B yaitu sebesar 63,6 % dari 27,65 mL.L<sup>-1</sup> pada awal masa pemeliharaan menjadi 10,05 mL.L<sup>-1</sup> pada akhir masa pemeliharaan. Sedangkan penurunan COD terendah ditunjukkan oleh perlakuan E yaitu hanya 1,16 % dari 97,77 mL.L<sup>-1</sup> menjadi 96,19 mL.L<sup>-1</sup> (Gambar 4.3). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penurunan COD yang terdapat pada perlakuan B memiliki nilai yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (p < 0,05).

### Pembahasan

Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan oleh banyaknya industri pengolahan kelapa sawit adalah meningkatnya potensi pencemaran limbah cair kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) terutama bagi lingkungan perairan. Muliari dan Zulfahmi (2016) menyebutkan bahwapaparan limbah cair kelapa sawit telah menimbulkan efek negatif terhadap komunitas fitoplankton. Selain dari pada itu, limbah cair kelapa sawit juga memiliki tingkat toksisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan paparan limbah minyak

mentah dan nitrit (Zulfahmi *et al.*, 2017).

Pengolahan limbah cair kelapa sawit dimaksudkan untuk mendapatkan konsentrasi yang limbah yang aman sebelum dibuang ke perairan, sehingga efek negatif yang ditimbulkan oleh limbah menjadi minimal. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair kelapa sawit dapat dilakukan dengan beberapa metode. Secara fisika pengolahan limbah cair kelapa sawit dapat dilakukan diantaranya dengan menggunakan Bioreaktor Anaerobik biakan (Rahardjo, 2008), sedimentasi dan sentrifugasi (Mashitah, 2002) dan teknologi plasma *Dielectric Barrier Discharge* (Yulastri *et al.*, 2013). Secara kimiawi pengolahan limbah cair kelapa sawit dilakukan melalui koagulasi dan flokulasi (Wu *et al.*, 2010) Serta absorpsi (Ahmad *et al.*, 2004). Sedangkan secara biologi dilakukan melalui bioremediasi baik menggunakan tumbuhan (fitoremediasi) (Kamyab *et al.*, 2015) maupun mikroorganisme (Irvan *et al.*, 2014).

Berdasarkan analisa terhadap laju pertumbuhan berat diketahui bahwa *Spirogyra* yang dipelihara pada media yang terpapar limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 25 mL.L<sup>-1</sup> mampu hidup baik. Hal ini terlihat dari laju pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan relatif yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan C, D dan E. Baiknya pertumbuhan tersebut diduga karena *Spirogyra* masih memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan konsentrasi limbah pada media pemeliharaan. Sebaliknya pada perlakuan C, D dan E tingginya konsentrasi limbah cair kelapa sawit pada media pemeliharaan tidak mampu lagi ditolerir oleh *Spirogyra*. Hal senada juga diungkapkan oleh Apriadi *et al.* (2014) dimana *Spirogyra* yang dipelihara pada konsentrasi limbah budidaya sidat yang terlalu tinggi dapat mengganggu pertumbuhannya.

Hasil uji statistik terhadap waktu penggandaan *Spirogyra* juga menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara *Spirogyra* yang dipelihara pada perlakuan B dengan perlakuan A (kontrol). Hal ini memperkuat pendapat bahwa *Spirogyra* mampu hidup dengan optimal. Pertumbuhan *Spirogyra* sangat dipengaruhi oleh kondisi parameter fisik dan kimiawi lingkungannya (Pratiwi *et al.*, 2016). Beberapa parameter fisik dan kimiawi air yang ikut mempengaruhi pertumbuhan *Spirogyra* adalah pH, suhu, oksigen terlarut dan Salinitas.

pH media pemeliharaan pada perlakuan A dan B berkisar antara 6,6 – 7,7 sedangkan untuk perlakuan lainnya nilai pH pemeliharaan lebih rendah dari 6,5. pH media pemeliharaan untuk perlakuan A dan B berada dalam kisaran optimal untuk mendukung pertumbuhan *Spirogyra*. Schuett (2007) menyatakan bahwa pada perairan alami kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan *Spirogyra sp.* berkisar antara 7,2-8,2. Nilai suhu, salinitas dan oksigen terlarut untuk setiap perlakuan cenderung fluktuatif walaupun tidak signifikan.

Kemampuan *Spirogyra* dalam mereduksi limbah cair kelapa sawit terlihat dari kemampuannya untuk mengurangi nilai COD yang terdapat dalam media pemeliharaan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penurunan kandungan COD tertinggi terdapat pada perlakuan B (63,6 %). Kemampuan *Spirogyra* dalam mereduksi nilai COD lebih baik dari beberapa tumbuhan air lainnya seperti Lili air (*Nymphaea Sp.*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang mampu mereduksi COD masing masing sebesar 44,51 % dan 50 % (Hadiyanto *et al.*, 2013).

Nilai COD yang tinggi ikut mempengaruhi ikut mempengaruhi beberapa parameter fisik kimiawi air pada media pemeliharaan *Spirogyra*. Kandungan COD yang tinggi ikut mempengaruhi pH, kandungan oksigen terlarut dan tingkat kecerahan media (Apriadi *et al.*, 2014). Pada perlakuan B terlihat bahwa pH yang rendah mempengaruhi pertumbuhan dan kemampuan *Spirogyra* dalam mereduksi limbah pada awal masa pemeliharaan. Akan tetapi seiring dengan proses adaptasi, *Spirogyra* mampu tumbuh dengan baik yang diikuti dengan kemampuannya untuk mereduksi limbah. Kemampuan tumbuh ini terlihat dari adanya tren positif pada nilai oksigen terlarut sebagai efek dari optimalnya proses fotosintesis.

*Spirogyra* memanfaatkan nitrogen dan fosfat yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit sebagai nutrient untuk tumbuh. Hal ini sesuai dengan penelitian Hadiyanto *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa pertumbuhan Lili air (*Nymphaea sp.*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam media pemeliharaan mengandung limbah cair kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh serapan nitrogen dan fosfat sebagai number nutrient. Walaupun demikian pada perlakuan C, D dan E serapan nutrient tersebut berdampak tidak optimal terhadap pertumbuhan *Spirogyra* disebabkan tingkat kecerahan media pemeliharaan yang terlalu rendah akibat paparan limbah cair kelapa sawit sehingga proses fotosintesis menjadi terhambat.

Remediasi limbah cair kelapa sawit menggunakan tumbuhan sebagai agen bioremediasi mempunyai beberapa keuntungan apabila dibandingkan dengan menggunakan metode fisik dan kimia walaupun proses bioremediasi limbah biasanya membutuhkan waktu yang lebih lama (Kamyab *et al.*, 2015). Beberapa keuntungan tersebut diantaranya adalah biaya yang lebih murah, ramah lingkungan serta pemanfaatan tumbuhan agen remediasi untuk berbagai peruntukan lainnya. *Spirogyra* sangat potensial untuk dikembangkan sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit karena selain mampu mereduksi kandungan COD dengan tinggi, *Spirogyra* juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri pakan komersil (Ali *et al.*, 2005), bahan baku biofuel (Sheenan *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2008), dan sumber pakan alami ikan (Pratiwi *et al.*, 2015).

### SIMPULAN

- a. *Spirogyra* mampu tumbuh dengan baik pada media pemeliharaan yang mengandung limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 25 mL.L<sup>-1</sup> (perlakuan B). Hal ini terlihat dari laju pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan relatif yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan C, D dan E.
- b. Pertumbuhan *Spirogyra* yang optimal pada perlakuan B didukung oleh hasil uji statistik yang menunjukkan bahwa tidak pebedaan yang signifikan antara waktu penggandaan perlakuan A (kontrol) dan Perlakuan B ( $p > 0,05$ ).
- c. Kemampuan reduksi COD tertinggi selama masa pemeliharaan (20 hari) ditunjukkan pada perlakuan B yaitu sebesar 63,6 %. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jendral Perguruan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, yang telah mendanai penelitian ini melalui program Penelitian Unggulan Dasar BOPTN 2014.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa 2017.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad AL, Ismail S, Bhatia S. 2003. Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology. *Desalination*, (157):87–95.
- Ahmad AL, Sumathi S, Hameed BH. 2004. Chitosan: a natural biopolymer for the adsorption of residue oil from oily wastewater. *Adsorption Science & Technology*, 22(1): 75 – 88.
- Ali A, Memon MS, Sahato GA, Arbani SN. 2005. Use of Fresh Water Alga *Spirogyra ellipsospora* Transeau AS Feed Supplement to Broiler Chicks. *Hamhard Medicus*, 48 (3). 128 – 134.
- Apriadi T. 2014. Pemanfaatan Alga Berfilamen (*Spirogyra* sp.) dan Kijing Lokal (*Pilsbryconcha exilis*) Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Budidaya Sidat [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Apriadi T, Pratiwi TMP, Hariyadi S. 2014. Fitoremediasi limbah budidaya sidat menggunakan filamentous algae (*Spirogyra* sp.). *Depik*, 3(1):46-55.
- Badan Pusat Statistik Aceh. 2014. Aceh Dalam Angka 2013. Banda Aceh.
- Bajpai Pratima. 2015. Management of Pulp and Paper Mill Waste. Springer International Publishing AG. 197 pp.
- Belo MM, Nourouzi MM, Abdullah LC, Choong TSY, Koay YS, Keshani S. 2013. POME is treated for removal of color from biologically treated POME in fixed bed column: applying wavelet neural network (WNN). *Journal of Hazardous Materials*, 262: 106–113.
- Chan YJ, Mei-Fong C, Chung-Lim L. 2013. Optimization of palm oil mill effluent treatment in an integrated anaerobic-aerobic bioreactor. *Sustainable Environment Research*, 23(3): 153-170.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2013-2015*. Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian: 68 hal.
- Eshaq FS, Ali MN, Mohd MK. 2010. *Spirogyra* biomass a renewable source for biofuel (bioethanol) production. *International Journal Environmental Science and Technology*, 2:7045-7054.
- Fairolzuky AR, Marsin SM, Wan AWI, Ahmedy AN. 2008. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Palm Oil Mill Effluent By Soxhlet Extraction and Gas Chromatography-Flame Ionization Detection. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12(1): 16-21.
- Gupta N, Khan DK, Santra SC. 2008. An assessment of heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. *Bulletin of Environmental Contamination*.
- Hadiyanto, Christwardana M, Soetrisnanto D. 2013. Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent by Using Aquatic Plants and Microalga for Biomass Production. *Journal of Environmental Science and Technology*: 1-12.
- Irvan, Trisakti B, Vincent M, Tandean Y. 2012. Pengolahan Lanjut Limbah Cair Kelapa Sawit Secara Aerobik Menggunakan Effective Microorganism Guna Mengurangi Nilai TSS. *Jurnal Teknik Kimia* 1(2): 27 – 30.
- John RP, Anisha GS, Nampoothiri KM, Pandey A. 2011. Micro and macroalgal biomass: a renewable source for bioethanol. *Bioresources and Technology* 102: 186-193.



- Kamyab H, Fadhil MMD, Keyvanfarb A, Zaimi MA, Talaiekhosania A, Shafaghathb A, Tin CL, Jeng LS, Haidar HI. 2015. Efficiency of Microalgae *Chlamydomonas* on the Removal of Pollutants from Palm Oil Mill Effluent (POME). *Energy Procedia* (75): 2400 – 2408.
- Li Y, Horsman M, Wu N, Lan CQ, Dubois CN. 2008. Biofuels from Microalgae. *Biotechnology Progress*,24(4): 815–820.
- Mashitah MD, Masitah H, Kamaruddin MY. 2002. Palm oil mill effluent: A potential substrate for cellulase production. The Proceedings of RSCE and 16th SOMChE, Malaysia, 29-216.
- Mitchell DS. 1974. Aquatic Vegetation and its use and control. Paris (FR): UNESCO.
- Muliari & Zulfahmi I. 2016. Dampak Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Komunitas Fitoplankton di Sungai Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 6(2): 137-146.
- Park KY, Lim BR, Lee K. 2009. Growth of Microalgae in Diluted Process Water of the Animal Wastewater Treatment Plant. *Water Science & Technology*, 59(11): 2111–2116.
- Pratiwi NTM, Krisanti M, Iswantari A, Ayu IP, Apriadi T. 2015. Serapan Kalsium dan Nutrien Oleh Alga Berfilamen *Spirogyra sp.* Pada Lama Penyinaran Berbeda. *Limnotek*, 22 (1): 96 – 105.
- Pratiwi NTM, Ayu IP, Nugraha B. 2016. Produktivitas dan Serapan Nutrien Harian *Spirogyra sp.* dan *Hydrodictyon sp.* *Jurnal Biologi Indonesia* 12 (1): 137-143.
- Rahardjo PN. 2008. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Anaerobik Biakan Melekat Dalam Skala Laboratorium (Pengamatan Pengurangan BOD, COD dan TSS Dengan Variabel Waktu Tinggal). *Jurnal Teknik Lingkungan*: 49 – 57.
- Raikar SV, Lima M, Fujita Y. 2001. Effect of temperature, salinity and light intensity on the growth of *Glacilaria spp* (Glacilariales, Rhodophyta) from Japan, Malaysia and India. *Indian Journal of Marine Science*, 30: 98-104.
- Schulet J, Townsend S, Douglas M, Webster I, Skinner S, Casanova M. 2007. Recommendations For Nutrient Resource Condition Targets For The Daly River. Darwin (AU): Charles Darwin University.
- Sheehan J, Dunahay T, Benemann T, Roessler P. 2008. A Look Back at the US Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae. U.S: Knowledge Publications Corporation.
- Suresh V, Bhujel RC. 2012. Aquaculture: farming aquatic animals and plants. United Kingdom: Wiley-Blackwell Publishing Company. pp: 338–364.
- Taha MR, Ibrahim AH. 2014. COD removal from anaerobically treated palm oil mill effluent (AT-POME) via aerated heterogeneous Fenton process: Optimization study. *Journal of Water Process Engineering*, (1): 8–16
- Vonshak A, Maske H. 1982. Techniques in Bioproducity and Photosynthesis. Oxford (GB): Pergamon Pr. 66-72 pp.
- Wong FPS, Nandong J, Samyudia Y. 2009. Optimised treatment of palm oil mill effluent. *International Journal of Environment and Waste Management*, 3(3/4): 265-277.
- Yulastri, Hazmi A, Desmiarti R. 2013. Aplikasi Plasma Dengan Metoda *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*,2(2): 46 – 50 .
- Zhang Y, Yan L, Qiao X, Chi L, Niu X, Mei Z. 2008. Integration of biological method and membrane technology in treating palm oil mill effluent. *Journal Environmental Science*,(20): 558–64.
- Zulfahmi I, Muliari, Mawaddah I. 2017. Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linneus 1758) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Froskall 1755). *Agricola*, 7(1): 44-55.