

BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DENGAN MENGGUNAKAN *Spirogyra* sp

¹Baihaqi, ²Mujibul Rahman, ³Ilham Zulfahmi dan ⁴Muslich Hidayat

^{1,2}Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Al-Muslim.

³Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

⁴Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Email: ilhamgravel@yahoo.com

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* sp. sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit serta mengkaji pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Spirogyra* sp. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli tahun 2017. Rancangan penelitian terdiri dari lima perlakuan yaitu perlakuan A kontrol (0 mL.L⁻¹), perlakuan B (25 mL.L⁻¹), perlakuan C (50 mL.L⁻¹), perlakuan D (75 mL.L⁻¹) dan perlakuan E (100 mL.L⁻¹). 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* sp. mampu tumbuh dengan baik pada media pemeliharaan yang mengandung limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 25 mL.L⁻¹ (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* sp., 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* sp. as a bioremediation agent of palm oil liquid waste and to examine the effect of palm oil liquid waste on the growth of *Spirogyra* sp. This research was conducted from March to July 2017. The research design consisted of five treatments, treatment A control (0 mL.L⁻¹), B treatment (25 mL.L⁻¹), C treatment (50 mL.L⁻¹), Treatment D (75 mL.L⁻¹) and E treatment (100 mL.L⁻¹). Observation parameters include absolute growth, relative growth rate, doubling time and water quality parameters (pH, temperature, salinity, dissolved oxygen and COD). The statistic 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* sp. was able to grow well on maintenance media containing oil palm liquid waste with concentration 25 mL.L⁻¹ (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* sp., 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*). Setiap ton pengolahan minyak mentah kelapa sawit dapat menghasilkan limbah cair sebanyak 2,5 ton [1]. 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 menurunkan kualitas perairan [2]. Kandungan BOD dalam limbah cair kelapa sawit berkisar antara 21.500 – 28.500

mg.L⁻¹, COD berkisar antara 45.000 – 65.000 mg.L⁻¹ dan *Total suspended solid* (TSS) berkisar antara 15.660 – 23.560 mg.L⁻¹ [3]. Kandungan minyak dan lemak pada limbah cair kelapa sawit mencapai 4000 mg.L⁻¹ [4] dengan pH antara 3.4–4.7 [5]. Limbah sawit juga mengandung berbagai senyawa *Hidrokarbon aromatik polisiklik* (PAH) antara lain *Naphthalene*, *Fluorene* *Phenanthrene*, *Fluoranthene* dan *Pyren* [6].

COD dan BOD merupakan parameter penting yang dapat digunakan sebagai indikator komposisi dampak lingkungan dari air limbah. COD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua polutan dalam volume tertentu [3]. 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 sehingga mengurangi kemampuan ganggang dan plankton untuk menghasilkan makanan dan oksigen bagi organisme perairan lainnya.

Pemanfaatan alga sebagai agen pereduksi limbah merupakan bagian dari metode penanganan limbah industri secara biologi disamping dengan menggunakan bantuan enzim, bakteri, dan fungi [7]. Alga juga dapat dimanfaatkan untuk mereduksi berbagai jenis limbah lainnya seperti limbah budidaya [8] dan logam berat [9]. Salah satu jenis alga yang berpotensi mereduksi limbah cair kelapa sawit adalah *Spirogyra* sp. *Spirogyra* sp. mampu mereduksi logam berat cadmium sampai dengan 70% [10]. Pada sisi lain *Spirogyra* sp. yang ditumbuhkan pada media air limbah juga memiliki pertumbuhan yang baik [11].

Spirogyra sp. sp. memiliki sebaran yang luas di pesisir Indonesia dan masih kurang dimanfaatkan oleh petani tambak. Beberapa penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa *Spirogyra* sp. berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biofuel [12;13], suplemen pakan ternak [8] serta penyerap karbon dioksida yang ada di atmosfer sebagai upaya mengurangi pemanasan global [11]. Pemanfaatan *Spirogyra* sp. sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit merupakan salah satu potensi yang layak

dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efisiensi dari *Spirogyra* sp. sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit serta mengkaji pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Spirogyra* sp.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli tahun 2017. Tahap budidaya *Spirogyra* sp. 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 Syaukath 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* sp. 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 sedimen dan organisme lainnya yang tertempel pada *Spirogyra* sp. Wadah pemeliharaan *Spirogyra* sp. berupa toples plastik beralas bundar dengan volume 5 Liter air dan diberi aerasi. Air yang digunakan sebagai media pertumbuhan *Spirogyra* sp. adalah air payau dengan kisaran salinitas 15-24 ‰ [14]. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari sebelum *Spirogyra* sp. siap untuk diuji cobakan.

Rancangan penelitian terdiri dari lima perlakuan yaitu perlakuan A kontrol (0 mL.L⁻¹ limbah cair kelapa sawit), perlakuan B (25 mL.L⁻¹ limbah cair kelapa sawit), perlakuan C (50 mL.L⁻¹ limbah cair kelapa sawit), perlakuan D (75 mL.L⁻¹ limbah cair kelapa sawit) dan perlakuan E (100 mL.L⁻¹ limbah cair kelapa sawit) dengan tiga ulangan untuk masing masing perlakuan. *Spirogyra* sp. dengan biomassa 10 gram ditempatkan pada

masing-masing wadah 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 yang diukur dengan menggunakan 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 mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh *Spirogyra sp.* 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. Laju pertumbuhan relatif (*Relative Growth Rate/RGR*) diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [15;16]:

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

Dimana W_t adalah biomassa basah akhir *Spirogyra sp.* (gram), W_0 adalah biomassa basah awal *Spirogyra sp.* (gram), $t_x - t_0$ adalah lama pemeliharaan (hari). Sedangkan waktu penggandaan (*doubling time/DT*) diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Analisis statistik yang digunakan untuk melihat pertumbuhan *Spirogyra sp.* 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 dan 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 sp.*

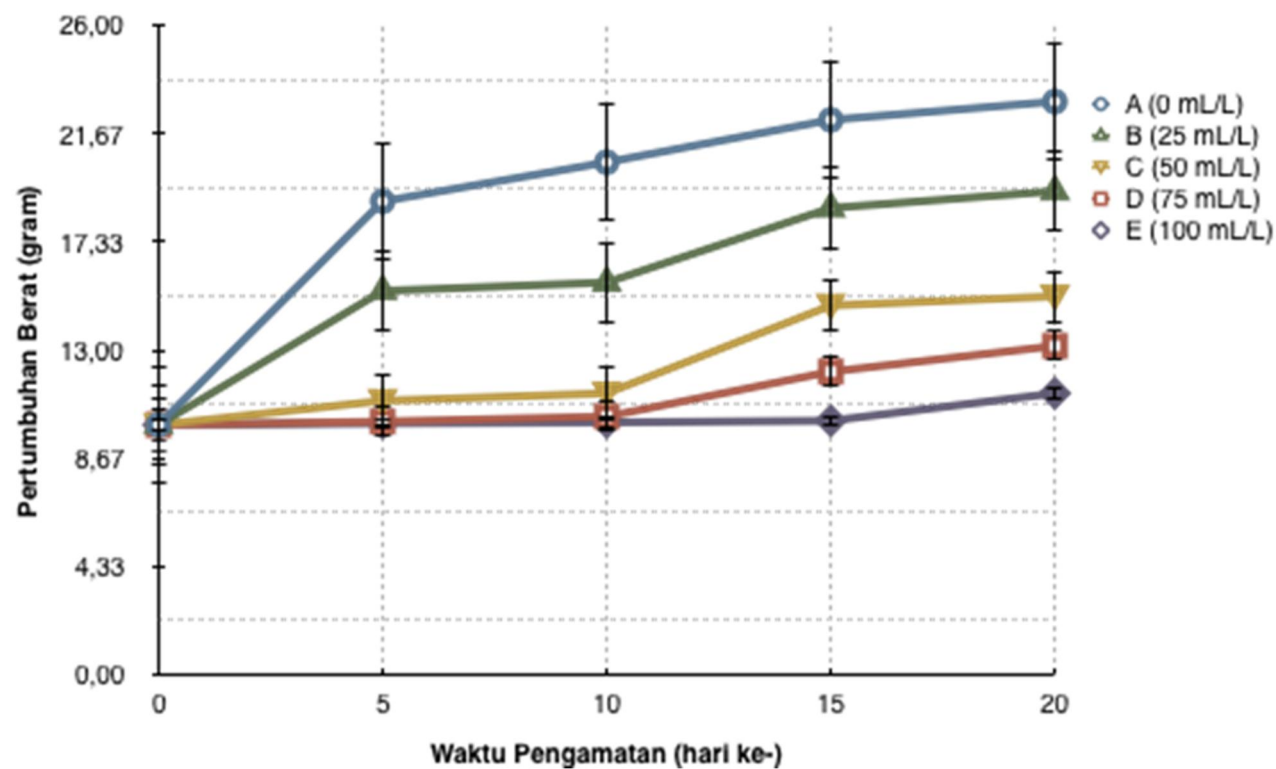
Pengamatan yang dilakukan terhadap laju pertumbuhan berat mutlak pada setiap perlakuan diketahui bahwa laju pertumbuhan berat tertinggi *Spirogyra sp.* terdapat pada perlakuan A (kontrol) sedangkan laju pertumbuhan terendah terdapat pada perlakuan E (100 mL.L^{-1}).

Laju pertumbuhan berat *Spirogyra sp.* yang dipelihara pada perlakuan B menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan 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 sp.* pada perlakuan C hanya 51,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa *Spirogyra sp.* masih dapat tumbuh dengan baik pada media pemeliharaan yang mengandung 25 mL.L^{-1} limbah cair kelapa sawit.

Baiknya pertumbuhan *Spirogyra sp.* pada perlakuan B juga terlihat dari rata-rata nilai laju pertumbuhan relatif yaitu sebesar 0,034 gram/hari, lebih tinggi 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 sp.* pada perlakuan B masih lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan A (0,042 gram/hari). Analisis Statistik menunjukkan bahwa nilai laju pertumbuhan relatif yang didapat pada perlakuan B berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya ($p < 0,05$) dapat dilihat pada Tabel 1.

Waktu Penggandaan (*Doubling Time/DT*) *Spirogyra sp.*

Waktu Penggandaan (*Doubling Time*) adalah waktu yang dibutuhkan oleh *Spirogyra*



Gambar 1. Laju Pertumbuhan Berat *Spirogyra* sp. pada Setiap Perlakuan

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

Perlakuan	Rata-Rata Berat Awal (gram)	Rata-Rata Berat akhir (gram)	Laju Pertumbuhan Relatif (gram/ hari)	Standar Deviasi
A (0 mL.L ⁻¹)	10	22,97	0,042 ^a	±0,003
B (25 mL.L ⁻¹)	10	19,37	0,034 ^b	±0,006
C (50 mL.L ⁻¹)	10	15,15	0,017 ^{cd}	±0,002
D (75 mL.L ⁻¹)	10	13,17	0,014 ^{cd}	±0,004
E (100 mL.L ⁻¹)	10	11,27	0,006 ^e	±0,001

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

sp. untuk menggandakan pertumbuhan berat biomasanya sebanyak dua kali lipat dari berat biomassa awal. Penentuan waktu penggandaan dilakukan dengan pendekatan laju pertumbuhan relatif (*Relative Growth Rate/RGR*) yaitu 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* sp. menjadi semakin lama. Waktu Penggandaan (*Doubling Time*) *Spirogyra* sp. Untuk setiap perlakuan

dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara waktu pengangandaan *Spirogyra* sp. pada perlakuan A dengan perlakuan B ($p > 0,05$). Hal ini memperkuat pendapat bahwa *Spirogyra* sp. yang dipelihara pada media yang mengandung limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi sebesar 25 mL.L⁻¹ masih mampu hidup dalam keadaan yang optimal.

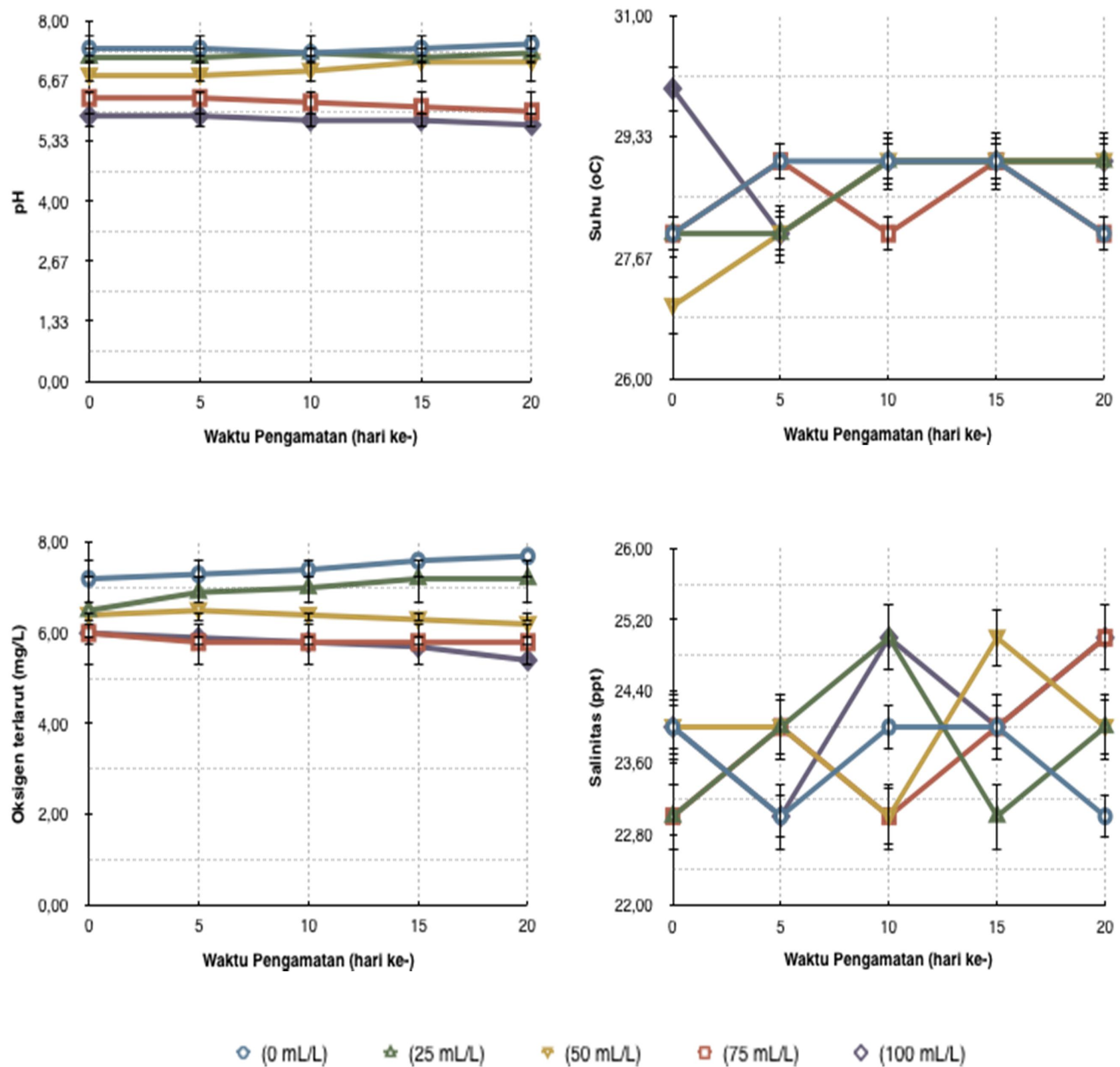
Parameter Fisik dan Kimiawi Media Pemeliharaan *Spirogyra* sp.

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

Tabel 2. Waktu Peggandaan (*Doubling Time*) *Spirogyra sp.* pada Setiap Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata Berat Awal (gram)	Rata- Rata Berat akhir (gram)	Waktu Peggandaan (hari)	Standar Deviasi
A (0 mL.L ⁻¹)	10	22,97	16,70 ^a	±1,362
B (25 mL.L ⁻¹)	10	19,37	21,20 ^a	±4,561
C (50 mL.L ⁻¹)	10	15,15	41,15 ^{ab}	±19,30
D (75 mL.L ⁻¹)	10	13,17	54,51 ^b	±16,65
E (100 mL.L ⁻¹)	10	11,27	123,22 ^c	±19,89

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



Gambar 2. Nilai Parameter Fisik dan Kimiawi Media Pemeliharaan *Spirogyra sp.* pada setiap Perlakuan. (a) pH, (b) Suhu, (c) Oksigen Terlarut, dan d (Salinitas)

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.

Peningkatan kandungan oksigen terlarut tertinggi terdapat pada perlakuan B yaitu sebesar 10,7 % dibandingkan dengan kandungan oksigen terlarut pada awal masa pemeliharaan. Sedangkan penurunan kandungan oksigen terlarut tertinggi terdapat pada perlakuan E yaitu sebesar 10 % (Gambar 2.c).

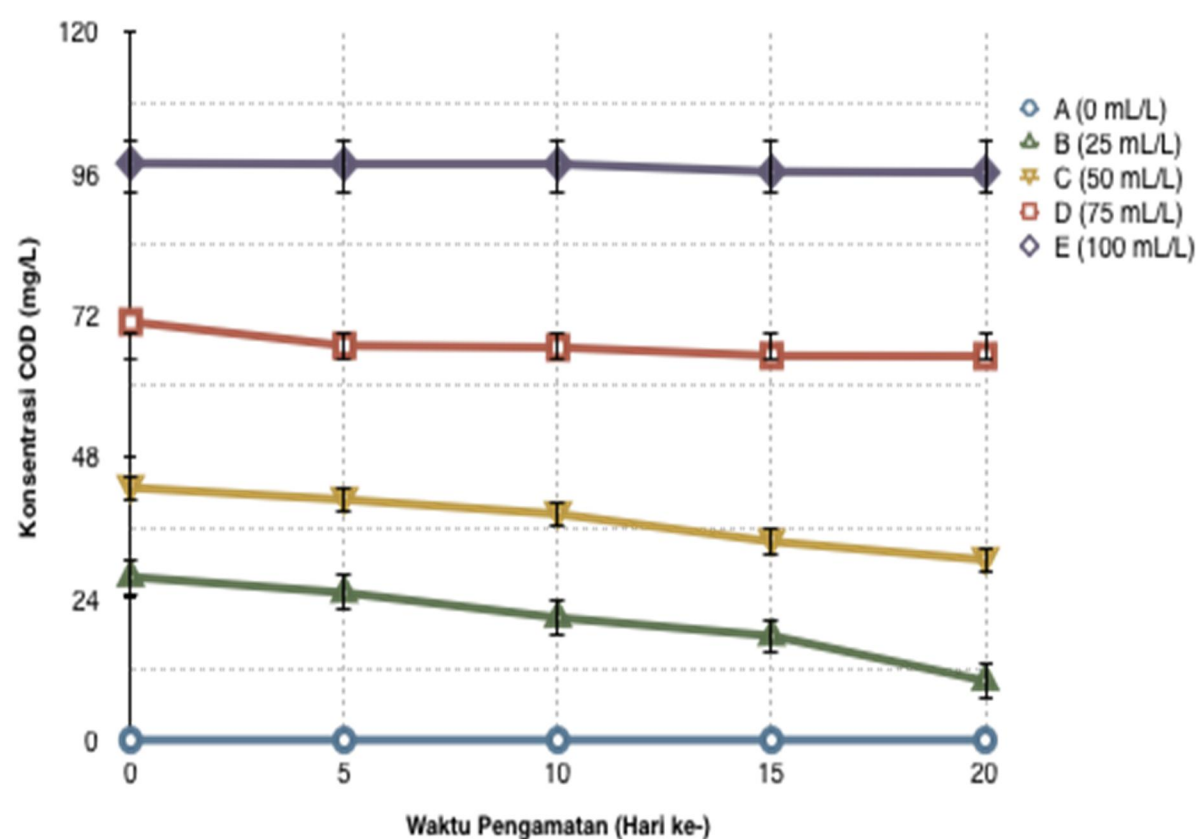
Pengamatan terhadap suhu dan salinitas media pemeliharaan tidak menunjukkan adanya tren atau pola tertentu untuk setiap perlakuan.

Suhu media selama masa pemeliharaan *Spirogyra* sp. 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 [11]. Hal ini didasari pada pendapat yang menyatakan bahwa toksisitas yang terjadi pada perairan akibat limbah cair kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kandungan COD tinggi yang dikandungnya [17].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kandungan COD tertinggi terdapat pada perlakuan B yaitu sebesar 63,6 % dari 27,65 mL.L⁻¹ pada awal masa pemeliharaan menjadi 10,05 mL.L⁻¹ pada akhir masa pemeliharaan. Sedangkan penurunan COD terendah ditunjukkan oleh perlakuan E yaitu hanya 1,16 % dari 97,77 mL.L⁻¹ menjadi 96,19 mL.L⁻¹ (Gambar 3). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penurunan COD yang terdapat pada perlakuan B memiliki nilai yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya ($p < 0,05$).

Limbah cair kelapa sawit memiliki dampak yang dapat mengganggu kualitas perairan. Paparan limbah cair kelapa sawit telah menimbulkan efek negatif terhadap komunitas fitoplankton [18]. Selain itu, limbah cair kelapa sawit juga memiliki tingkat



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

toksitas yang lebih tinggi terhadap ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dibandingkan dengan paparan limbah minyak mentah dan nitrit [17]

Pengolahan limbah cair kelapa sawit dimaksudkan untuk mendapatkan konsentrasi 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 [19], sedimentasi dan sentrifugasi [20] serta teknologi plasma *Dielectric Barrier Discharge* [21]. Secara kimiawi pengolahan limbah cair kelapa sawit dilakukan melalui koagulasi dan flokulasi [22] serta absorpsi [23]. Sedangkan secara biologi dilakukan melalui bioremediasi baik menggunakan tumbuhan (fitoremediasi) [11] maupun mikroorganisme [24].

Berdasarkan analisa terhadap laju pertumbuhan berat diketahui bahwa *Spirogyra* sp. yang dipelihara pada media yang terpapar limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 25 mL.L^{-1} 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* sp. 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* sp. Penelitian serupa juga menunjukkan bahwa *Spirogyra* sp. yang dipelihara pada konsentrasi limbah budidaya sidat yang terlalu tinggi dapat mengganggu pertumbuhannya [25].

Hasil uji statistik terhadap waktu penggandaan *Spirogyra* sp. juga menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara *Spirogyra* sp. yang dipelihara pada perlakuan B dengan perlakuan A (kontrol). Hal ini memperkuat pendapat bahwa *Spirogyra* sp. mampu hidup dengan optimal. Pertumbuhan *Spirogyra* sp. sangat dipengaruhi oleh kondisi parameter fisik dan kimiawi lingkungannya

[26]. Beberapa parameter fisik dan kimiawi air yang ikut mempengaruhi pertumbuhan *Spirogyra* sp. 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* sp. Pada perairan alami kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan *Spirogyra* sp. berkisar antara 7,2-8,2 [27]. Nilai suhu, salinitas dan oksigen terlarut untuk setiap perlakuan cenderung fluktuatif walaupun tidak signifikan.

Kemampuan *Spirogyra* sp. 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* sp. 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 % [28].

Nilai COD yang tinggi ikut mempengaruhi beberapa parameter fisik kimiawi air pada media pemeliharaan *Spirogyra* sp. Kandungan COD yang tinggi ikut mempengaruhi pH, kandungan oksigen terlarut dan tingkat kecerahan media [25]. Pada perlakuan B terlihat bahwa pH yang rendah mempengaruhi pertumbuhan dan kemampuan *Spirogyra* sp. dalam mereduksi limbah pada awal masa pemeliharaan. Akan tetapi seiring dengan proses adaptasi, *Spirogyra* sp. 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 sp. memanfaatkan nitrogen dan fosfat yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit sebagai nutrisi untuk tumbuh. Hal ini sesuai dengan penelitian 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 nutrien [28]. Walaupun demikian pada perlakuan C, D dan E serapan nutrien tersebut berdampak tidak optimal terhadap pertumbuhan *Spirogyra* sp. disebabkan tingkat kecerahan media pemeliharaan yang terlalu rendah akibat pemaparan 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 [11]. Beberapa keuntungan tersebut diantaranya adalah biaya yang lebih murah, ramah lingkungan serta pemanfaatan tumbuhan agen remediasi untuk berbagai peruntukan lainnya. *Spirogyra* sp. sangat potensial untuk dikembangkan sebagai agen bioremediasi limbah cair kelapa sawit

karena selain mampu mereduksi kandungan COD dengan tinggi, *Spirogyra* sp. juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri pakan komersil [29], bahan baku biofuel [12;13] dan sumber pakan alami ikan [30].

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah: 1) *Spirogyra* sp. mampu tumbuh dengan baik pada media pemeliharaan yang mengandung limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 25 mL.L⁻¹ (perlakuan B). Hal ini terlihat dari laju pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan relatif yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan C, D dan E; 2) Pertumbuhan *Spirogyra* sp. yang optimal pada perlakuan B didukung oleh hasil uji statistik yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu penggandaan perlakuan A (kontrol) dan Perlakuan B ($p > 0,05$); dan 3) Kemampuan reduksi COD tertinggi selama masa pemeliharaan (20 hari) ditunjukkan pada perlakuan B yaitu sebesar 63,6 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Ahmad AL, Ismail S, Bhatia S. 2003. Water Recycling from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Membrane Technology. *Desalination*, (157): 87–95.
- [5] 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.
- [6] Fairolzukry 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.
- [7] Bajpai Pratima. 2015. Management of Pulp and Paper Mill Waste. Springer International Publishing AG. 197 pp.
- [8] 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.
- [9] 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*.
- [10] Bishnoi NR, Rajender K, Sunil K, Suman R. 2007. Biosorption of Cr (III) from Aqueous Solution Using Algal Biomass *Spirogyra* spp. *Journal of Hazardous Materials*, 145(2): 142-147.
- [11] Kamyab H, Fadhil MMD, Keyvanfarb A, Zaimi MA, Talaiekhosania A, Shafaghatb 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.
- [12] 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.
- [13] Li Y, Horsman M, Wu N, Lan CQ, Dubois CN. 2008. Biofuels from Microalgae. *Biotechnology Progress*, 24(4): 815–820.
- [14] 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.
- [15] Mitchell DS. 1974. *Aquatic Vegetation and its Use and Control*. Paris (FR): UNESCO.
- [16] Vonshak A, Maske H. 1982. *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. Oxford (GB): Pergamon Pr. 66-72 pp.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] Wu TY, Mohammad AW, Jamaliah MJ, Nurina A. 2010. Pollution Control Technologies for the Treatment of Palm Oil Mill Effluent (POME) through end-of-pipe Processes. *Journal Environmental. Management*, 91 (7): 1467-1490.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] Apriadi T, Pratiwi TMP, Hariyadi S. 2014. Fitoremediasi Limbah Budidaya Sidat Menggunakan Filamentous Algae (*Spirogyra* sp.) *Depik*, 3(1) :46-55.
- [26] Pratiwi NTM, Ayu IP, Nugraha B. 2016. Produktivitas dan Serapan Nutrien Harian *Spirogyra* sp. dan *Hydrodictyon* sp. *Jurnal Biologi Indonesia* 12 (1): 137-143.

- [27] 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.
- [28] Hadiyanto, Christwardana M, Soetrisnanto D. 2013. Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent by Using Aquatic Plants and Microalge for Biomass Production. *Journal of Environmental Science and Technology*: 1-12.
- [29] Ali A, Memon MS, Sahato GA, Arbani SN. 2005. Use of Fresh Water Alga *Spirogyra* sp. Ellipsospora Transeau AS Feed Supplement to Broiler Chicks. *Hamhard Medicus*, 48 (3). 128 – 134.
- [30] 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.