

**PENYERAPAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN  
TIMBAL (Pb) OLEH *Spirulina* sp. DALAM SKALA  
LABORATORIUM**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di  
Jurusan Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**EUIS DESTIA**

**08041281722053**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb)  
oleh *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratorium

Nama Mahasiswa : Euis Destia

NIM : 08041281722053


Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 30 Juli 2021 di Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

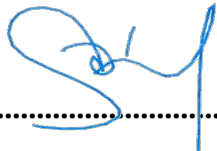
**Indralaya, Agustus 2021**

### **Pembimbing:**

**1. Prof. Dr. Hj. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA**

(  
.....)

**2. Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si.**

(  
.....)

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb)  
oleh *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratorium

Nama Mahasiswa : Euis Destia

NIM : 08041281722053

Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Juli 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukkan Panitia Sidang Ujian Skripsi.

Ketua:

1. Prof. Dr. Hj. Hilda Zulkifli, M. Si, DEA. (..........)

Anggota:

1. Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, S. Si., M. Si. (..........)

2. Doni Setiawan, S.Si., M. Si. (..........)

3. Dr. Zazili Hanafiah, M. Sc. (..........)

4. Drs. Sarno, M. Si. (..........)

Indralaya, Agustus 2021

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Arum Setiawan, M.Si.  
NIP. 197211221998031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Euis Destia  
NIM : 08041281722053  
Fakultas/Jurusan : FMIPA/Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Inderalaya, Juli 2021

Penulis,



Euis Destia  
NIM. 08041281722053

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Euis Destia  
NIM : 08041281722053  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) oleh *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratorium”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). dengan hak bebas royalti nonekklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/ mengformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasi tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, Juli 2021

Penulis,



Euis Destia  
NIM. 08041281722053

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Kupersembahkan skripsi ini untuk:*

*Diri sendiri*

*Kedua orang tua*

*Orang-orang yang selalu bertanya “kapan sempro?”*

*“kapan semhas?” “kapan sidang?” “kapan  
wisuda?”*

*Saya mengucapkan terima kasih banyak karena kalian adalah alasan*

*saya menyelesaikan skripsi ini tepat waktu*

*MOTO:*

*“Seseorang dinyatakan kalah, hanya ketika dia berhenti  
berjuang”*

*“Berhati-hatilah dengan kata nyaman dan waktu senggang yang  
lebih banyak menutup ruang dan membunuh peluang”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) oleh *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratorium”. Penulisan skripsi ini disusun dengan bertujuan untuk memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) bidang studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Hj. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA. dan Dr.rer.nat. Risifidian Mohadi, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing, memberi arahan serta saran-saran selama penyelesaian skripsi ini serta kepada Doni Setiawan S.Si., M.Si. dan Dr. Zazili Hanafiah, M.Sc. selaku dosen pembahas yang telah mengarahkan serta memberi saran kepada penulis.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Hermansyah, S.Si., M. Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Arum Setiawan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Sarno, M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Dr. Hj. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama perkuliahan
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
6. Kak Andi, Kak Bambang, dan Pak Nanang yang telah membantu proses administrasi selama perkuliahan.
7. Kak Novran selaku analis Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya Palembang yang telah banyak membantu selama penelitian tugas akhir.

8. Teman Lab (Yahya Muhaimin dan Indah Rahmasari) yang telah membantu selama penelitian tugas akhir dan juga selalu memberikan semangat serta dukungan dan juga keceriaan selama penelitian.
9. Kak Yonna, kak Sarah dan kak Aulia yang telah memberikan masukan dan saran selama penelitian tugas akhir.
10. My bestie a.k.a my partner in crime yang telah menjadi teman sekaligus saudara dari awal perkuliahan hingga saat ini.
11. Orang tua dan keluarga yang telah membantu dan memberikan dukungan.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi.

Semoga Allah SWT melipatgandakan kebaikan kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu penulis. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Inderalaya, Juli 2021

Penulis



**ABSORBENTION OF HEAVY METALS COPPER (Cu) AND LEAD (Pb)  
BY *Spirulina* sp. IN LABORATORY**

**Euis Destia  
08041281722053**

**RESUME**

Heavy metals Pb and Cu are one of the water pollution pollutants. To minimize heavy metals in the waters did bioremediation using microalgae. One of the wetland water microalgae used as a bioremediation agent is *Spirulina* sp. The ability of *Spirulina* sp. in reducing the concentration of heavy metals is different for each heavy metal. This research aims to study the growth of *Spirulina* sp. in culture media with the addition of heavy metals Cu and Pb and tested the potential of *Spirulina* sp. in absorbing heavy metals Cu and Pb.

This research was conducted from January 2021 to March 2021. The research design used was a Completely Random Design (CRD) with 5 treatments and 3 replications. The variables observed in this research were the growth of *Spirulina* on heavy metals Pb and Cu, *Spirulina*'s ability to absorb Pb and Cu.

The result of this research is the growth of *Spirulina* sp. in culture media was influenced by the presence of heavy metals Cu and Pb, it was proven on a laboratory scale a decrease in the growth of *Spirulina* sp. which is characterized by a decrease in the value of OD. In addition, *Spirulina* sp. able to absorb heavy metal Pb 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm and 7 ppm respectively as much as 53%, 45%, 45% and 15%, while for heavy metal Cu as much as 68%, 18%, 3% and 2%.

Keywords: Cu, Heavy Metals, Microalgae, OD, Pb, Growth, Absorption, *Spirulina*.

# **PENYERAPAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb) OLEH *Spirulina* sp. DALAM SKALA LABORATORIUM**

**Euis Destia  
08041281722053**

## **RINGKASAN**

Logam berat Pb dan Cu merupakan salah satu polutan pencemaran air. Upaya yang dilakukan untuk meminimalisir keberadaan logam berat di perairan yaitu dengan bioremediasi menggunakan mikroalga. Salah mikroalga perairan lahan basah yang digunakan sebagai agen bioremediasi yaitu *Spirulina* sp. Kemampuan *Spirulina* sp. dalam menurunkan konsentrasi logam berat berbeda pada setiap logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam media kultur dengan penambahan logam berat Cu dan Pb dan menguji potensi *Spirulina* sp. dalam menyerap logam berat Cu dan Pb.

Penelitian ini dilakukan pada Januari 2021 hingga Maret 2021. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Variabel pengamatan pada penelitian ini yaitu pertumbuhan *Spirulina* pada logam berat Pb dan Cu, kemampuan *Spirulina* dalam menyerap logam Pb dan Cu.

Hasil dari penelitian ini yaitu pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam media kultur dipengaruhi oleh keberadaan logam berat Cu dan Pb, terbukti pada skala laboratorium terjadi penurunan pertumbuhan *Spirulina* sp. yang ditandai dengan penurunan nilai OD. Selain itu, *Spirulina* sp. mampu menyerap logam berat Pb 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm dan 7 ppm berturut-turut sebanyak 53%, 45%, 45% dan 15%, sedangkan pada logam berat Cu berturut-turut sebanyak 68%, 18%, 3% dan 2%.

Kata kunci : Cu, Logam berat, Mikroalga, OD, Pb, Pertumbuhan, Penyerapan, *Spirulina*.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Pengelompokkan Alga.....	4
2.2. Pertumbuhan Mikroalga .....	5
2.3. Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	7
2.4. <i>Spirulina</i> sp.....	7
2.5. Distribusi <i>Spirulina</i> .....	9
2.6. Reproduksi <i>Spirulina</i> .....	9
2.7. Logam Berat .....	9
2.8. Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Mikroalga .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>

3.1. Waktu dan Tempat.....	14
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.3. Rancangan Percobaan.....	15
3.4. Metode Penelitian .....	15
3.5. Analisis Data.....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
4.1. Pengaruh Logam Berat terhadap Pertumbuhan <i>Spirulina</i> .....	20
4.2. Kemampuan Penyerapan Logam Berat oleh <i>Spirulina</i> sp.....	27
4.3. Perbandingan Kemampuan <i>Spirulina</i> sp. dalam Menyerap Logam Berat Pb dan Cu .....	33
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>36</b>
5.1. Kesimpulan .....	36
5.2. Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Rancangan Penelitian.....	15
Tabel 4.1. Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. pada berbagai konsentrasi logam berat Pb.....	20
Tabel 4.2. Hasil Uji DMRT Pengaruh Logam Berat Pb terhadap Pertumbuhan <i>Spirulina</i> .....	23
Tabel 4.3. Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. pada berbagai konsentrasi logam berat Pb.....	24
Tabel 4.4. Hasil Uji DMRT Pengaruh Logam Berat Cu terhadap Pertumbuhan <i>Spirulina</i> .....	27
Tabel 4.5. Penurunan Konsentrasi Pb .....	27
Tabel 4.6. Hasil Uji DMRT Penyerapan Logam berat Pb oleh <i>Spirulina</i> .....	30
Tabel 4.7. Penurunan Konsentrasi Cu.....	30
Tabel 4.8. Hasil Uji DMRT Penyerapan Logam berat Cu oleh <i>Spirulina</i> .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Morfologi <i>Spirulina</i> sp. ....	8
Gambar 4.1. Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. dalam medium yang mengandung variasi logam berat Pb .....	20
Gambar 4.2. Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. dalam medium yang mengandung variasi logam berat Pb .....	24
Gambar 4.3. Efisiensi penyerapan pada logam Cu dan Pb .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Medium BG-11 .....	43
Lampiran 2. Nilai OD <i>Spirulina</i> pada Logam Berat Pb.....	44
Lampiran 3. Nilai OD <i>Spirulina</i> pada Logam Berat Cu .....	46
Lampiran 4. Kelimpahan <i>Spirulina</i> pada Logam Berat Pb .....	48
Lampiran 5. Kelimpahan <i>Spirulina</i> pada Logam Berat Cu .....	50
Lampiran 6. Rata-Rata Pertumbuhan <i>Spirulina</i> pada Logam Berat .....	52
Lampiran 7. Hasil Analisis ANOVA dan Uji DMRT Pertumbuhan <i>Spirulina</i> pada Cu.....	53
Lampiran 8. Hasil Analisis ANOVA dan Uji DMRT Pertumbuhan <i>Spirulina</i> pada Cu.....	54
Lampiran 9. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).....	55
Lampiran 10. Analisis ANOVA dan Uji DMRT Penyerapan <i>Spirulina</i> pada Pb.56	
Lampiran 11. Analisis ANOVA dan Uji DMRT Penyerapan <i>Spirulina</i> pada Cu.57	
Lampiran 12. Hasil Anova Two Factor Perbandingan Pb dan Cu.....	58
Lampiran 13. Hasil <i>Independent t-test</i> .....	59
Lampiran 14. <i>Spirulina</i> pada Media Kultur .....	61
Lampiran 15. <i>Spirulina</i> di Bawah Mikroskop.....	62
Lampiran 16. Pengukuran OD menggunakan Spektrofotometer UV-VIS .....	63
Lampiran 17. Pengukuran Logam Berat menggunakan AAS.....	64

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pencemaran perairan merupakan masalah serius yang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan kehidupan biota yang ada di dalamnya dikarenakan air tergolong komponen lingkungan yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup. Salah satu polutan dari pencemaran air diantaranya yaitu logam berat. Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena memiliki potensi dalam pencemaran lingkungan. Menurut Rumhayati (2019), pada perairan, logam berat terdapat dalam bentuk ion bebas sehingga terakumulasi ke jaringan lemak makhluk hidup yang mengkonsumsinya.

Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang diperlukan organisme dalam jumlah yang sangat rendah dan akan menjadi toksik jika melebihi ambang batas (Cahyani *et al.*, 2012), sedangkan timbal (Pb) merupakan unsur mikroelemen dan memiliki tingkat potensial toksisitas yang tinggi. Berdasarkan Berdasarkan PP no. 22 tahun 2021 menyatakan bahwa baku mutu logam berat Cu di perairan sebesar 0.2 mg/L dan Pb sebesar 0.5 mg/L. Biota perairan akan menyerap logam berat secara kontinu jika keberadaannya tersedia. Penanggulangan pencemaran logam berat seperti Cu dan Pb di perairan dilakukan dengan cara bioremediasi menggunakan organisme yang potensial yaitu mikroalga. Berdasarkan penelitian Gunawan dan Wiyanto (2016), mikroalga *Synechococcus* sp. sebagai agen



bioremediasi mampu mengakumulasi logam berat Fe sebanyak 1,146 mg/L pada konsentrasi 5 mg/L.

Salah satu mikroalga yang digunakan sebagai agen bioremediasi untuk menurunkan konsentrasi unsur toksik adalah *Spirulina* sp. Mikroalga ini merupakan alga biru hijau yang tergolong *Cyanobacteria*, memiliki bentuk spiral, bersel satu, memiliki kandungan protein yang tinggi (Notonegoro *et al.*, 2018). Ion logam akan masuk ke dinding sel mikroalga yang terdapat variasi polisakarida dan protein yang memiliki sejumlah sisi aktif yang mampu berikatan dengan ion logam (Purnamawati *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Zulkifli *et al* (2016), *Spirulina* memiliki gugus fungsi hidroksil, karbonil, rantai alifatik dan ether.

Kemampuan *Spirulina* sp. dalam menurunkan konsentrasi logam berat berbeda pada setiap logam berat. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui potensi *Spirulina* sp. dalam penanggulangan logam berat dan menurunkan konsentrasi logam berat Pb dan Cu. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium agar lingkungan tidak menjadi faktor pembatas yang utama.

## 1.2. Rumusan Masalah

Pencemaran logam berat Cu dan Pb di perairan menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan biota. Salah satu cara yang digunakan untuk menanggulangi pencemaran logam berat yaitu dengan menggunakan alga yang terdapat di perairan yaitu *Spirulina* sp. sebagai agen bioremediasi. Maka dari itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui potensi *Spirulina* sp. dalam mengadsorpsi logam berat Cu dan Pb.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mempelajari pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam media kultur dengan penambahan logam berat Cu dan Pb selama 14 hari pengamatan dalam skala laboratorium.
2. Menguji potensi *Spirulina* sp. dalam menyerap logam berat Cu dan Pb dalam skala laboratorium.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam meminimalisir pencemaran logam berat dengan menurunkan konsentrasi dari logam berat menggunakan *Spirulina* sebagai agen bioremediasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, L.R., M. Farina dan A.M. Filho. 2004. Effects of Copper on *Enteromorpha flexuosa* (Chlorophyta) in vitro. *Ecotoxicol. Environ. Safe.* 58:117-125.
- Armanda, D. T. 2013. Pertumbuhan Kultur Mikroalga Diatom *Skeletonema Costatum* (Greville) Isolat Jepara Pada Medium F/2 Dan Medium Conway. *Jurnal Bioma.* 2(1): 49-63.
- Bold, H. C. dan Wynne, M. J. 1978. *Introduction To The Algae.* New York: Prentice Hall.
- Budiastuti, P., Raharjo, M. dan Dewanti, N. A. Y. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 4(5): 119-125.
- Budiman, A., Kusumaningtyas, R. D., Pradana, Y. S. dan Lestari, N. A. 2017. *Biodiesel Bahan Baku Proses dan Teknologi.* Yogyakarta: Ugm press
- Cahyani, M. D., Nuraini, T. R. A. dan Yulianto, B. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara Granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal Of Marine Research.* 1(2): 73-79.
- Christwardana, M., Nur, M. M. A. dan Hadiyanto, H. H. 2013. *Spirulina Platensis*: Potensinya Sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.* 2(1): 1-4.
- Costa, J. A. V. Colla, L. M. dan Filho, P. D., 2003. *Spirulina Platensis* Growth In Open Raceway Ponds Using Fresh Water Supplemented With Carbon, Nitrogen And Metal Ions. *Zeitschrift Für Naturforschung C.* 58(1):. 76-80.
- Dewi, D. C. 2012. Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Makanan Kaleng Menggunakan Destruksi Basah dan Destruksi Kering. *Alchemy.* 2(1): 12-25.
- Dewi, E. R. S. dan Nuravivah, R. (2018). Potential Of Microalgae *Chlorella vulgaris* as Bioremediation Agents of Heavy Metal Pb (Lead) On Culture Media. *E3S Web of Conferences.* 31:1-5.
- Dina, A. O., Kartika, I. W. D. dan Perwira, I. Y. 2020. Tingkat Reduksi Kromium Heksavalen (Cr<sup>6+</sup>) pada Air dengan Menggunakan Kombinasi Kultur

- Chlorella* sp. dan *Spirulina* sp. *Current Trends in Aquatic Science*. 3(1): 23-29.
- Dmytryk, A., Saeid, A. dan Chojnacka, K. 2014. Biosorption of Microelements by *Spirulina* : Toward Technology of Mineral Feed Supplements. *The Scientific World Journal*. 2014: 1-15.
- Gunawan dan Wianto, T. 2016. Respon Pertumbuhan Mikroalga Indigenous *Synechococcus* sp. dan Penurunan Konsentrasi Logam Berat Fe pada Media Kultur. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah*. 1: 244-249.
- Guschina, I. A. dan Hardwood, J. L., 2006. Lipids and Lipid Metabolism In Eukaryotic Algae. *Progress In Lipid Research*. 45(2): 160-186.
- Hadiyanto dan Azim, M. 2012. *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Semarang: UPT UNDIP Press.
- Hala, Y., Suryati, E. dan Taba, P. 2012. Biosorpsi Campuran Logam Pb<sup>2+</sup> dan Zn<sup>2+</sup> Oleh *Chaetoceros Calcitrans*. *Chem. Prog.* 5(2): 86-92.
- Handayanto, E., Nuraini, Y. dan Muddarisna, N. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang: UB Press.
- Hanifa, L. dan Zulaika, E. 2014. Potensi Sel *Chlorella* sp. Inaktif Sebagai Biosorben Logam Berat Cd<sup>2+</sup>. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 3(2): 33-37.
- Hariyati, R. 2008. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp dalam Skala Laboratoris. *Bioma*. 10(1): 19-22.
- Hartanto, H. S. B., Hariyati, R. dan Soeprbowati, T. R. 2013. Pertumbuhan Populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck dengan Perlakuan Penambahan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Skala Laboratorium. *Jurnal Akademika Biologi*. 2(1): 19-27.
- Hoek, V. D., Man, D. G. dan Jahns, H. M. 1995. *Algae : An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press.
- Hongmei, G., Yunlai, T., Jia, W., Xiaogang, W. 2008. Characterization of Photosystem Li in Salt-Stressed Cyanobacterial *Spirulina* sp. *Plants is Cell. Biochimica et Biophysica acta*. 17 (77): 488-495.
- Hutchings, P., Kingsford, M. dan Guldberg, H. 2019. *The Great Barrier Reef ; Biology, Environment And Management*. Csiro Publishing.
- Juneidi, W. 2004. *Rumput Laut, Jenis dan Morfologisnya*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

- Kabinawa, I. N. K. 2006. *Spirulina Ganggang Penggempur Aneka Penyakit*. Jakarta : Agromedia.
- Kasim, M. 2016. *Makro Alga. Kajian Biologi, Pemanfaatan dan Budidaya*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Sari, D. W., dan Augustine, D. 2009. Pertumbuhan Spesifik *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. Berdasarkan Perbedaan Nutrien dan Fotoperiode. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia Jilid*. 16(1): 73-77.
- Lamai, C., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham, E. S. dan Soonthornsarathool. 2005. Toxicity and Accumulation of Lead and Cadmium in Filamentous Green Alga *Cladophora fracta* (O.F. Muller ex Vahl). *Kutzing: A Laboratory Study*, Science Asia.
- Kresnadipayana, D., Pratiwi, R., Primadevi, S. 2016. Biosorpsi Cu(II) oleh Limbah Padat Kayu Aren (*Arenga pinnata*) Teraktivasi. *Biomedika*. 9(1).
- Marianingsih, P., Amelia, E. dan Suroto, T. 2013. Inventaris dan identifikasi Makroalga di Perairan Pulau Untung Jawa. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 219-223.
- Maulana, P. M., Karina, S. dan Mellisa, S. 2017. Pemanfaatan Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Em4 Sebagai Alternatif Nutrisi Bagi Mikroalga *Spirulina* sp. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*. 2(1):. 104-112.
- Meritasari, D., Mubarak, A. S., Sulmartiwi, L. dan Masithah, E. D. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Limbah Ikan Lemuru (*Sardinella* sp.) dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(1): 27-32
- Mohadi, R., Mavala, H. dan Zulkifli, H. 2020. The Effect of Metal Ion Cd (II) Concentration on the Growth of *Spirulina* sp. Cultured on BG-11 Medium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 530(1): 1-6.
- Nisak, K., Rahardja, B. S. dan Masithah, E. D. 2013. Studi Perbandingan Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 5(2): 175-180.
- Notonegoro, H., Setyaningsih, I. dan Tarman, K. 2018. Kandungan Senyawa Aktif *Spirulina platensis* yang ditumbuhkan pada Media Walne dengan Konsentrasi NaNO<sub>3</sub> Berbeda. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 13(2): 111-122.

- Palar, H. 2008. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rieneka Cipta Press.
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 tentang Baku mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan Batu Bara.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Prambodo, M. S., Hariyati, R. dan Soeprbowati, T. R. 2016. *Spirulina platensis* Geitler sebagai Fikoremediator Logam Berat Pb Skala Laboratorium. *Bioma*. 18(1): 64-69.
- Pranajaya, R. H., Djunaedi, A., dan Yulianto, B. 2014. Tembaga (Cu) Menurunkan Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah, *Porphyridium cruentum*. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 19(2): 97-104.
- Pratiwi, D. C., Pratiwi, N., Guntur., Kinanti, R. D. dan Soegiarto, A. 2019. Potential Heavy Metals Remediation Test On *Chaetoceros cacitrans*. *Pol res*. 38:18-21.
- Purnamawati, F. S., Soeprbowati, T. R. dan Izzati, M. 2015. Potensi *Chlorella vulgaris* Beijerinck dalam Remediasi. *Bioma*. 16(2): 102-113.
- Puspasari, R. 2006. Logam dalam Ekosistem Perairan. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*. 1(2): 43-47.
- Puspitasari, R., Purbonegoro, T. dan Agustin, A. T. 2018, February. Cu Toxicity On Growth And Chlorophyll-A Of *Chaetoceros* sp. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 118(1): 1-5.
- Rahmadiani, W. D. D. dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) Oleh *chaetoceros calcitrans* pada Konsentrasi Sublethal. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. 2(2): 202-206.
- Regista, R., Ambeng, A., Litaay, M. dan Umar, M. R. 2017. Pengaruh Pemberian Vermikompos Cair Lumbricys Rubellus Hoffmeister Pada Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Biologi Makasar*. 2(1): 1-8.
- Richmond, A. 2004. *Biological Principles Of Mass Cultivation*. Biotechnology And Applied Phycology : Blackwell

- Rumhayati, B. 2019. *Sedimen Perairan (Kajian Kimiawi, Analisis dan Peran)*. Malang: UB Press.
- Santosa, V. dan Limantara, L. 2007. Kultivasi *Spirulina*. *BioS: Majalah Biologi Populer*. 1(2): 14-16.
- Siagian, H. S., Gultom, R. P. J. dan Anggraeni, R., 2019. *Modifikasi Alang-Alang Sebagai Filler Adsorben Logam Berat*. Yogyakarta: Deepublish.
- Stanier, R. Y., Kunisawa, R., Mandel, M. dan Cohen-Bazire, G. 1971. Purification and Properties of Unicellular Blue-Green Algae (Order Chroococcales). *Bacteriol. Rev.* 35: 171-205.
- Syaichurrozi, I. dan Jayanudin, J. 2016. Potensi Limbah Cair Sebagai Media Tumbuh *Spirulina platensis*. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(2): 64-68.
- Vilkhu, K., Manasseh, R., Mawson, R. dan Ashokkumar, M. 2011. Ultrasonic Recovery and Modification Food Ingredients. In *Ultrasound Technologies For Food and Bioprocessing*. New York: Springer.
- Vonshak, A. 1997. *Spirulina Platensis Arthrospira: Physiology, Cell-Biology And Biotechnology*. London: CFC Press.
- Vuuren, S. J. P., Taylor, J., Ginkel, C. V. dan Gerber, A. 2006. *Easy Identification Of The Most Common Freshwater Algae*. North West University And Department Of Water Affairs And Forestry.
- Widiyani, P. dan Dewi, E. R. S. 2014. Penurunan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* pada Media Kultur. *Bioma*. 3(2): 17-26.
- Winahyu, D. A., Anggraini, Y., Rustiati, E. L., Master, J. dan Setiawaan, A. 2013. Studi Pendahuluan Mengenai Keanekaragaman Mikroalga di Pusat Konservasi Gajah, Taman Nasional Way Kambas. *Prosiding Semirata 2013*. 1(1).
- Yanuhar, U. 2016. *Mikroalga Laut Nannochloropsis Oculata*. Malang: UB Press.
- Yulis, P. A. R. 2018. Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*. 2(1): 28-36.
- Yusuf, D. M. 2014. Pertumbuhan Populasi *Spirulina platensis* (Geitler) pada Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu). *Jurnal Biologi*. 3(1): 1-9.

Zulkifli, H., Hanafiah, Z., Jasantri, D. dan Lesbani, A. 2016. The Relationship Of Culture Media Composition And Chemical Composition On *Spirulina* sp For Metal Ion Adsorbent. *Sriwijaya Journal Of Environment*. 1(3): 68-71.