

**JURNAL**

**TOKSISITAS KADMIUM (Cd) DAN TEMBAGA (Cu) TERHADAP  
PERTUMBUHAN MIKROALGA *Isochrysis galbana*  
DAN KANDUNGAN KLOOROFIL-*a***

**OLEH**

**HERBIN SEMBIRING**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN  
UNIVERSITAS RIAU  
PEKANBARU  
2019**

**Toxicity of Cadmium (Cd) and Copper (Cu) on Growth of Microalgae  
*Isochrysis galbana* and chlorophyll- *a* Content**

**Herbin Sembiring<sup>1)</sup>, Irvina Nurrachmi<sup>2)</sup>, Dwi Hindarti<sup>3)</sup>**

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Science  
University of Riau, Pekanbaru, Indonesia  
herbin.sembiring09@gmail.com

**ABSTRACT**

The research was conducted from Mei until June 2019 at the Laboratory of Marine Chemistry and Ecotoxicology, Research Center of Oceanography, Indonesian Institute of Sciences, Jakarta. The purpose of this research was to determine the 96-h IC<sub>50</sub>, LOEC, NOEC and the chlorophyll-*a* content after the exposure of cadmium and copper to microalgae *I. galbana*. The result showed that the response due to the treatment given is not from the influence of water quality parameters, the 96-h IC<sub>50</sub> value of cadmium and copper for growth of *I. galbana* was 1.3706 mg/l and 0.0117 mg/l, respectively the LOEC cadmium and copper was 0.32 mg/l and 0.0056 mg/l, the NOEC cadmium and copper was <0.32 mg/l and <0.0056 mg/l. Based on data IC<sub>50</sub>, copper was more toxic than cadmium to the microalgae *I. galbana*. The chlorophyll-*a* content correlates with the percent decrease in microalgae cell density.

**Keyword : IC<sub>50</sub>, LOEC, NOEC, *I. galbana*, Toxicity**

---

- 1) Student of Faculty of Fisheries and Marine Science
- 2) Lecture of Faculty of Fisheries and Marine Science
- 3) Research Center of Oceanography, Indonesian Institute of Science

# Toksisitas Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Isochrysis galbana* dan Kandungan Klorofil-*a*

Oleh

Herbin Sembiring<sup>1)</sup>, Irvina Nurrachmi<sup>2)</sup>, Dwi Hindarti<sup>3)</sup>

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan  
Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia  
herbin.sembiring09@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian dilakukan pada bulan Mei sampai Juni 2019 di Laboratorium Kimia Laut dan Ekotoksikologi, Pusat Penelitian Oseanografi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O-LIPI) Ancol, Jakarta Utara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai IC<sub>50</sub> selama 96 jam, menentukan nilai LOEC dan NOEC serta kandungan klorofil-*a* setelah diberikan toksikan berupa kadmium dan tembaga pada mikroalga *I. galbana*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, respon akibat perlakuan yang diberikan bukan dari pengaruh parameter kualitas air, IC<sub>50</sub>-96 jam logam berat kadmium dan tembaga terhadap pertumbuhan jumlah sel *I. galbana* adalah 1,3706 mg/l dan 0,0117 mg/l, nilai LOEC 96 jam kadmium dan tembaga adalah 0,32 mg/l dan 0,0056 mg/l, nilai NOEC 96 jam untuk kadmium dan tembaga adalah <0,32 mg/l dan <0,0056 mg/l. Berdasarkan data IC<sub>50</sub>, NOEC dan LOEC logam berat tembaga lebih toksik daripada kadmium pada biota uji *I. galbana* dan kandungan klorofil-*a* berkorelasi dengan persentase penurunan kepadatan sel mikroalga.

**Kata kunci :** IC<sub>50</sub>, LOEC, NOEC, *I. galbana*, Toxicity

- 
- 1) Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau, Pekanbaru
  - 2) Dosen Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau, Pekanbaru
  - 3) Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

## PENDAHULUAN

Toksistas adalah kemampuan suatu bahan atau senyawa kimia untuk menimbulkan kerusakan pada saat mengenai bagian dalam atau permukaan tubuh yang peka. Uji toksistas digunakan untuk mempelajari pengaruh suatu bahan kimia toksik atau bahan pencemar terhadap organisme tertentu (Priyanto, 2009).

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di perairan pesisir. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mencemari laut. Selain mencemari air, logam berat juga akan mengendap di dasar perairan yang mempunyai waktu tinggal (residence time) sampai ribuan tahun dan logam berat akan terkonsentrasi ke dalam tubuh makhluk hidup dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui beberapa jalan yaitu: melalui saluran pernapasan, sirkulasi dan melalui kulit (Darmono, 2001).

Kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) adalah jenis logam berat yang sering digunakan untuk bahan baku maupun bahan tambahan suatu industri. Kadmium biasanya dimanfaatkan oleh beberapa industri seperti industri peleburan logam, industri petrokimia, industri pelapisan logam, industri PVC dan plastik, dan lain-lain. Kehadiran tembaga pada limbah industri biasanya dalam bentuk ion bivalen ( $\text{Cu}^{++}$ ) sebagai *hydrolytic product*. Tembaga banyak dijumpai dalam limbah industri pewarnaan, kertas, minyak, dan pelapisan. Pengetahuan mengenai sifat dan karakteristik serta potensi toksistas kedua logam berat tersebut terhadap organisme sangat dibutuhkan dalam upaya pencegahan dan penanggulangan akibat kegiatan industri.

Mikroalga merupakan produser primer di perairan karena mampu melakukan sintesis ikatan organik kompleks dari senyawa organik sederhana, sehingga memiliki peranan sangat penting dalam rantai makanan. Mikroalga mempunyai sifat seperti tumbuhan yaitu mampu melakukan proses fotosintesis sehingga sangat membutuhkan cahaya matahari. Oleh karena itu, mikroalga lebih banyak dijumpai pada zona fotik. Hasil fotosintesis oleh mikroalga dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh organisme pada tingkatan trofik selanjutnya (Reynold, 2006).

*Isochrysis galbana* merupakan salah satu mikroalga yang dimanfaatkan sebagai pakan Rotifera, teripang, kerang-kerangan dan kuda laut. Pertumbuhan *I. galbana* dipengaruhi beberapa faktor antara lain intensitas cahaya, salinitas, nutrisi, suhu, dan aerasi. Intensitas cahaya merupakan energi pengganti matahari dalam pengkulturan *I. galbana* pada skala laboratorium. Intensitas cahaya ini berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan pembelahan sel *I. galbana* (Handayani, 2001).

Kandungan pigmen fotosintesis (terutama klorofil-*a*) dalam air sampel menggambarkan biomassa fitoplankton dalam suatu perairan. Klorofil-*a* merupakan pigmen yang selalu ditemukan dalam fitoplankton serta semua organisme autotrof dan merupakan pigmen yang terlibat langsung (pigmen aktif) dalam proses fotosintesis. Jumlah klorofil-*a* pada setiap individu fitoplankton tergantung pada jenis fitoplankton, oleh karena itu komposisi jenis fitoplankton sangat berpengaruh terhadap kandungan klorofil-*a* di perairan (Arifin, 2009). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh toksistas Cd dan Cu terhadap pertumbuhan mikroalga *I. galbana* dan kandungan klorofil-*a*

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan unit percobaan *I. galbana*. Penelitian ini memiliki 2 faktor yaitu logam berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) yang terdiri dari 6 taraf perlakuan variasi konsentrasi yang dilihat dari konsentrasi rendah sampai konsentrasi tinggi yang terdiri dari 3 ulangan, sehingga unit percobaan ada 36 buah.

### Persiapan dan Sterilisasi

Kultur murni *I. galbana* didapat dari Laboratorium Marikultur, Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya dicuci terlebih dahulu dengan deterjen non fosfat dan dibilas dengan HNO<sub>3</sub> 10%, aseton serta akuades. Air laut yang digunakan pada seluruh kegiatan penelitian sebelumnya telah disaring menggunakan *vacuum pump* dan kertas *millipore* 0,45 µm dan disterilkan menggunakan autoklaf dalam waktu 15 menit dengan suhu 121 °C (ACCPMS II, 1995).

### Pelaksanaan Uji

Uji pendahuluan Cd dan Cu dengan *I. galbana* dilakukan karena belum ada informasi mengenai toksisitas Cd dan Cu terhadap *I. galbana*. Pada uji pendahuluan digunakan urutan konsentrasi untuk Cd, yaitu kontrol, 1, 10 dan 100 mg/l, sedangkan logam Cu kontrol, 0,001; 0,01; 0,1 dan 1 mg/l dengan masing-masing tiga kali ulangan untuk tiap konsentrasi. Nilai IC<sub>50</sub> hasil uji pendahuluan digunakan untuk menentukan seri konsentrasi pada uji utama. Uji utama logam berat Cd dan Cu terhadap *I. galbana* menggunakan perlakuan 1 kontrol dan 5 konsentrasi berbeda. Pada tiap konsentrasi logam berat dibuat sebanyak 1000 mL dan dibagi menjadi 100 mL untuk tiap ulangan. Sisanya digunakan untuk pengukuran kualitas air (DO, pH, suhu dan salinitas). Tiap 100 mL larutan uji kemudian diinokulasikan 1 mL kultur *I. galbana* dengan kepadatan 1 x 10<sup>6</sup> sel/mL. Menurut APHA (2005), perhitungan klorofil-*a* dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Klorofil-a (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Ca x Volume ekstrak}}{\text{Volume sampel x d}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Ca} = 11.85 \times (\text{OD664}) - 1.54 \times (\text{OD647}) - 0.08 \times (\text{OD630}) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- Ca : konsentrasi klorofil-*a* dalam ekstrak (mg/L)
- Volume ekstrak : volume sampel setelah dilarutkan dalam aseton
- Volume sampel : volume air yang disaring (L)
- d : diameter atau celah yang digunakan (cm)
- OD664, OD647, OD630: absorban yang diperiksa (celah cahaya 1cm) pada setiap panjang gelombang setelah dikurangi dengan absorban pada panjang gelombang 750 nm.

## Analisis Data

Analisis presentase inhibisi (I%) atau stimulasi (S%) menggunakan persamaan:

$$I\% = \frac{C-T}{C} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

$$S\% = \frac{T-C}{C} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

- I% (*Inhibition*) : Persentase penghambatan pertumbuhan
- S% (*Stimulation*) : Persentase rangsangan pertumbuhan
- C (*Control*) : Rata-rata jumlah sel dalam larutan kontrol
- T (*Treatmeant*) : Rata-rata jumlah sel di setiap perlakuan
- 100% : Persentase total pertumbuhan

Hasil uji pendahuluan dihitung menggunakan program komputer ICPIN versi 2.0 milik USEPA (1993). Sedangkan hasil uji utama dihitung dengan menggunakan Anova dan uji Dunnett dalam program komputer TOXSTAT versi 3.2 (Gulley et al., 1990).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola Pertumbuhan *I. galbana*

Kepadatan awal kultur untuk melihat pola pertumbuhan *I. galbana* adalah  $10^4$  sel/ml. Rata-rata pertumbuhan sel *I. galbana* selama 8 hari disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa fase lag yang terjadi, pada hari ke-1 sampai hari ke-3. Terlihat kepadatan sel hari ke-1 sampai hari ke-3 belum menunjukkan pertumbuhan yang signifikan dikarenakan masih sedikitnya jumlah sel yang mengalami pembelahan.

Pada fase eksponensial ditandai pertambahan biomassa yang dikultur sangat cepat, struktur sel dari mikroalga berada dalam kondisi normal dan secara nutrisi terjadi keseimbangan antara kandungan nutrisi dalam tubuhnya sama dengan kandungan nutrisi dalam lingkungan. Fase eksponensial terjadi pada hari ke-4 hingga hari ke-6 dengan kepadatan sel mencapai  $1208,33 \times 10^4$  sel/ml. Pada hari ke-12 nutrisi media kultur masih cukup tersedia dan pertumbuhan sel akan dipengaruhi oleh ketersediaan unsur utama dalam lingkungan kultur. Selain itu, kondisi lingkungan juga berpengaruh terhadap perkembangan sel mikroalga *I. galbana* yang dikultur antara lain suhu, intensitas cahaya, pH, salinitas, oksigen terlarut dan konsentrasi nutrisi dalam media.

Pada hari ke-7 mengalami fase stasioner dimana pertumbuhan menjadi konstan dan cenderung melambat, hal ini disebabkan oleh berkurangnya nutrisi dalam media kultur dan ketatnya kompetisi mikroalga *I. galbana* yang makin bertambah. Dengan ketersediaan nutrisi yang mulai menipis akan mengakibatkan pertumbuhan lambat dan melemahkan kondisi sel sehingga akan menurunkan produktivitas sel mikroalga tersebut.

Fase kematian ditandai dengan penurunan jumlah organisme kultur setelah melewati fase stasioner. Fase kematian pada mikroalga *I. galbana* dalam penelitian ini pada hari ke-8. Peningkatan jumlah sel akan terhenti pada satu titik, dimana pada titik tersebut kebutuhan nutrisi menjadi semakin besar, sedangkan kandungan nutrisi dalam media semakin menurun karena tidak dilakukannya penambahan nutrisi. Selain itu dengan jumlah sel mikroalga yang semakin

banyak dalam volume kultur yang tetap maka tingkat persaingan memperebutkan tempat hidup akan semakin tinggi.

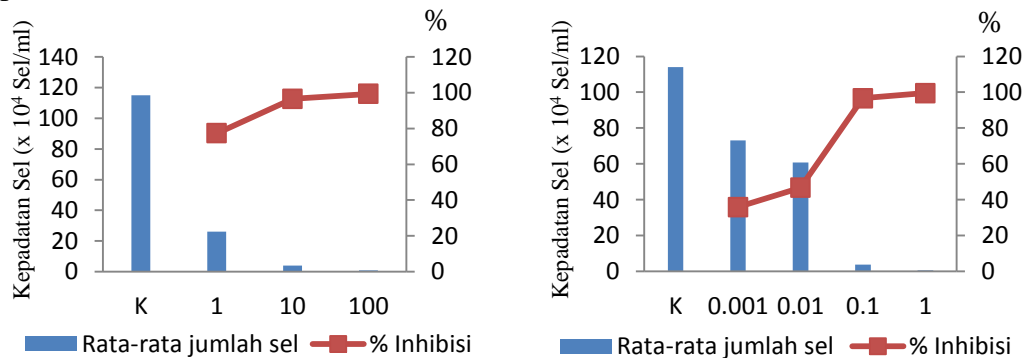
Berdasarkan kurva pertumbuhan sel mikroalga *I. galbana* tersebut bisa dilakukan inokulasi mikroalga untuk uji toksisitas kadmium dan tembaga pada hari ke-4 (96 jam karena pada hari ke-4 kondisi pertumbuhan *I. galbana* sedang optimal).



Gambar 1. Rata-rata pertumbuhan *I. galbana*

### Uji Pendahuluan ( Range finding Test )

Pengamatan hasil uji pendahuluan logam berat Cd dan Cu menggunakan *I. galbana* disajikan pada gambar 2. Berdasarkan gambar 2, logam berat (a) Cd dan (b) Cu sama-sama mempengaruhi pertumbuhan sel *I. galbana* pada uji pendahuluan.



a. Konsentrasi Logam Cd (mg/l)

b. Konsentrasi Logam Cu (mg/l)

Gambar 2. Grafik rata-rata hasil uji pendahuluan Cd dan Cu terhadap *I. galbana*

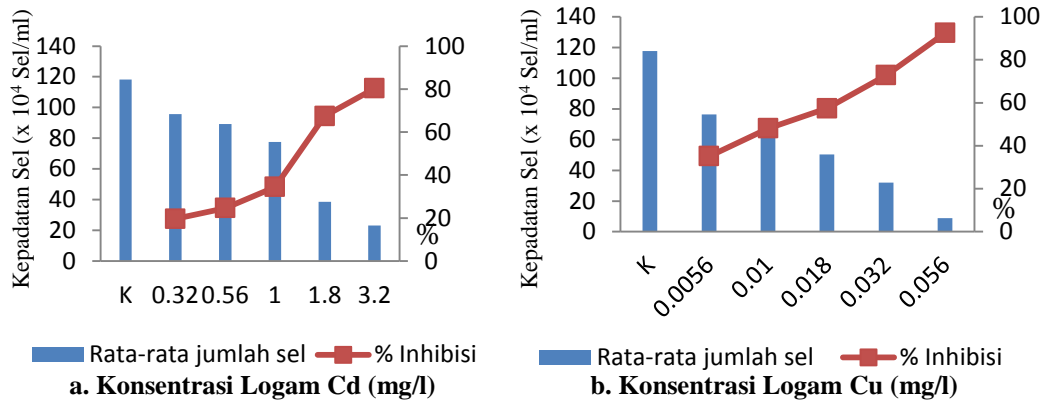
Berdasarkan Gambar 4, jumlah sel *I. galbana* semakin berkurang seiring bertambahnya konsentrasi logam berat. Berkurangnya jumlah sel *I. galbana* diikuti dengan meningkatnya persentase inhibisi. Kedua hal tersebut terjadi pada logam berat kadmium dan tembaga. Hal tersebut menjelaskan bahwa kadmium dan tembaga sama-sama mempengaruhi pertumbuhan sel *I. galbana* pada uji pendahuluan.

Berdasarkan analisis statistik menggunakan sistem interpolasi linier yang terdapat pada program ICPIN, diperoleh nilai  $IC_{50}$  untuk kadmium dan tembaga pada uji pendahuluan adalah 0,6467 mg/l dan 0,0160 mg/l. Hasil rata-rata kepadatan sel *I. galbana* pada larutan kontrol kadmium dan tembaga uji pendahuluan setelah 96 jam adalah  $11,5 \times 10^5$  sel/ml dan  $11,4 \times 10^5$  sel/ml. Uji ini dianggap valid karena kepadatan sel pada larutan kontrol setelah 96 jam lebih dari  $2 \times 10^5$  sel/ml, sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh ASEAN Canada CPMS-II (1995) untuk uji toksisitas pada mikrolaga.

Konsentrasi kadmium yang digunakan untuk uji utama (defenitive test) adalah 0; 0,32; 0,56; 1; 1,8 dan 3,2 mg/l. Hal tersebut karena 0,6467 berada diantara nilai 0,56 dan 1 sehingga konsentrasi yang digunakan adalah 2 nilai dibawah 0,6467 dan 3 nilai di atas 0,6467. Sedangkan konsentrasi tembaga yang dipakai adalah 0,0056; 0,010; 0,018; 0,032 dan 0,056 mg/l. Dikarenakan 0,0160 berada di antara nilai 0,010 dan 0,018 sehingga konsentrasi yang digunakan adalah 2 nilai dibawah 0,0160 dan 3 nilai di atas 0,0160.

### Uji Utama

Uji utama dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari toksikan logam berat kadmium dan tembaga terhadap pertumbuhan *I. galbana*. Respon yang dihasilkan pada penelitian ini adalah berupa perkembangan jumlah sel *I. galbana* selama 96 jam dengan konsentrasi kadmium dan tembaga yang berbeda-beda. Hasil pengamatan pertumbuhan jumlah sel terhadap kadmium dan tembaga selama 96 jam terdapat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik rata-rata hasil uji utama Cd dan Cu terhadap *I. galbana*

Setelah 96 jam pemaparan (Gambar 5a dan 5b), semakin bertambah konsentrasi logam berat kadmium dan tembaga, semakin berkurang rata-rata jumlah sel *I. galbana* serta semakin meningkatnya nilai presentase inhibisi. Baik logam berat kadmium maupun logam berat tembaga, menghambat pertumbuhan *I. galbana*. Namun, logam berat tembaga lebih toksik dibandingkan dengan kadmium. Hal tersebut dapat dilihat dengan membandingkan rata-rata jumlah sel *I. galbana* pada uji pendahuluan dan uji utama. Meskipun konsentrasi tembaga lebih rendah akan tetapi lebih toksik daripada kadmium.

Secara keseluruhan, pemaparan logam berat kadmium dan tembaga terhadap pertumbuhan *I. galbana* memiliki respon negatif, yaitu pemaparan logam berat kadmium dan tembaga menyebabkan rata-rata jumlah sel pada perlakuan lebih rendah dari kontrol.

Berdasarkan analisis statistik menggunakan sistem interpolasi linier yang terdapat pada program ICPIN, diperoleh nilai IC<sub>50</sub> untuk kadmium dan tembaga pada uji utama adalah 1,3706 mg/l dan 0,0117 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi kadmium 1,3706 mg/l dan tembaga 0,0117 mg/l dapat menghambat 50% pertumbuhan *I. galbana*

Nilai LOEC dan NOEC dihitung dengan *software TOXSTAT*, dimana sebelumnya digunakan analisis ragam dengan rancangan acak lengkap, yang masing-masing datanya telah diubah menjadi bentuk logaritmik basis 10. Hal ini

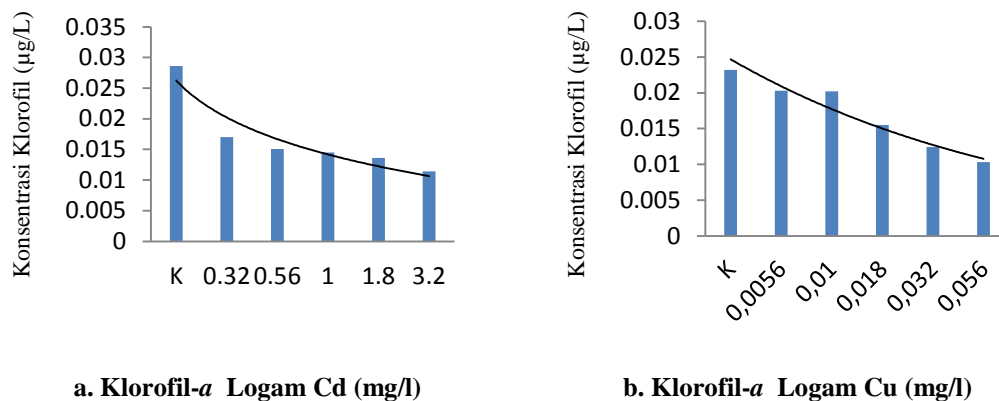


dilakukan karena biota uji yang dipakai adalah mikroalga yang memiliki pola pertumbuhan logaritmik. Berdasarkan data yang diperoleh, baik kadmium maupun tembaga masing-masing memiliki pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan sel *I. galbana*. Ini ditunjukkan dengan nilai F hitung yang lebih besar dari pada F table, karena perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap respon maka perlu dilakukan uji lanjut yang kemudian dapat menduga nilai LOEC dan NOEC.

Pada penelitian ini nilai LOEC yang ditemukan yaitu 0,32 mg/l untuk kadmium dan 0,0056 mg/l untuk tembaga, Sedangkan nilai NOEC adalah kurang dari 0,32 mg/l untuk kadmium dan kurang dari 0,0056 mg/l untuk tembaga. Ini berarti bahwa nilai NOEC terletak antara nilai LOEC dan kontrol untuk masing-masing perlakuan.

### Uji Klorofil-a

Uji klorofil-a dilakukan untuk mempelajari pengaruh kadmium dan tembaga terhadap kandungan klorofil-a pada mikroalga *I. galbana*. Klorofil-a merupakan pigmen fotosintesis pada tumbuhan yang mempunyai ciri khas warna hijau tua. Dikarenakan merupakan molekul berwarna, maka analisis kandungan klorofil-a dilakukan secara tricometri. Dari hasil analisis didapatkan bahwa dengan adanya kadmium dan tembaga dapat mempengaruhi kandungan klorofil-a mikroalga *I. galbana*.



**a. Klorofil-a Logam Cd (mg/l)** **b. Klorofil-a Logam Cu (mg/l)**  
**Gambar 4.** Grafik rata-rata hasil uji klorofil-a Cd dan Cu terhadap *I. galbana*

Pada gambar 4 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi kadmium dan tembaga, maka semakin tinggi pula persentase penurunan kandungan klorofil-a. Sehingga persentase penurunan kandungan klorofil-a berkorelasi dengan persentase penurunan kepadatan sel mikroalga. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan klorofil mengikuti pola yang sama dengan pertumbuhan sel.

Menurut Puspitasari dan Purbonegoro (2011), kadmium dan tembaga mempengaruhi metabolisme mikroalga pada proses fotosintesis. Kadmium dan tembaga mengacaukan aktivitas enzim. Beberapa logam berat berfungsi sebagai kofaktor enzim untuk membantu kelangsungan metabolisme sel mikroalga. Namun, jika logam berat yang tidak seharusnya berikatan dengan enzim tersebut, maka akan terjadi defisiensi fungsi dan kerja enzim. Jika terjadi gangguan metabolisme sel, maka sel tidak dapat melakukan pertumbuhan dengan normal yang ditandai dengan semakin menurunnya jumlah sel.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai IC<sub>50</sub>-96 jam (*Median Inhibition Concentration*) Cd dan Cu terhadap pertumbuhan *I. galbana* adalah 1,3706 dan 0,0117 mg/l, nilai LOEC-96 jam (*Lowest Observed Effect Concentration*) logam berat Cd dan Cu terhadap pertumbuhan *I. galbana* adalah 0,32 dan 0,0056 mg/l, serta nilai NOEC-96 jam (*No Observed Effect Concentration*) logam berat Cd dan Cu terhadap pertumbuhan *Porphyridium* sp. adalah <0,32 dan <0,0056 mg/l. Logam berat Cd dan Cu mempengaruhi pertumbuhan *I. galbana* secara signifikan. Namun, logam berat Cu lebih toksik terhadap pertumbuhan *I. galbana* dibandingkan dengan logam berat Cd.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA)., 2005. Standart Methods for The Examination of Water and Waste Water Including Bottom Sediment and Sludge. Public Health Association Inc, New York.
- Arifin, R., 2009. Distribusi spasial dan temporal biomassa fitoplankton (klorofil-a) dan keterkaitannya dengan kesuburan perairan estuari sungai brantas, Jawa Timur. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- ASEAN-Canada CPMS II. 1995. Protocol for Sublethal Toxicity Test Using Tropical Marine Organism. Regional Workshop on Chronic Toxicity Testing, Burapha University, Institute of Marine Science. Hal 10-19.
- Darmono., 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungannya dengan toksikologi senyawa logam. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI- Press). 145 hlm.
- Gullery D.D.,A.M. Boelter and H.L. Bergmen. 1990. TOXSTAT. Fish Physiology and Toxicology Laboratory. Department of Zoology and Physiology. University of Wyoming.
- Handayani, D. 2001. Pengaruh Intensitas Cahaya Berbeda Terhadap Pertumbuhan Populasi *Isochrysis galbana* klon Tahiti [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Priyanto., 2009. Farmakoterapi dan Terminologi Medis. Hal 143-155 Leskonfi, Depok.
- Puspitasari, R., Purbonegoro, T., 2011. Efek Tembaga Terhadap Pertumbuhan Mikroalga Laut, *Isochrysis* sp. Lingkung. Trop. 5, 121–129.
- Reynold, C., 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. NY.

USEPA (U.S Environmental Protection Agency).1993. A Linear Intepolation Method for SublethalToxicity:The Inhibition Concentration (ICp) Approach.Environmental Research Laboratory,UZafer, A., G. Ekmekci, S. Vahdetand M. Ozmen, 2007.Heavy Metals Accumulation in Water, Sediments and Fishes of Nallihan Bird Paradise.Turkey. J. Environ. Biol. 28:545-549.Mardiansyah and S. Bahri.2016. *Potensi Tumbuhan Mangrove Sebagai Obat Alami Antimikroba Patogen*.Sainstech Farma Vol. 9.No. 1.