

Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna*

Dedy Suprayogi^{1,*}, Sri Hidayati L.², M. Ratodi³, Farhana Fitri Ardilla⁴

^{1,2,3,4}UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

*dsuprayogi@uinsby.ac.id

Abstract

Water pollution can become dangerous if consumed. River could be polluted with some materials namely heavy metal of copper (Cu). Heavy metals that are accidentally consumed by human body through the skin surface, some through the respiratory or digestive tract and then accumulate in the body over time. To make an early detection of heavy metal and water quality in water bodies, some animals or plants were used. Several types of crustaceans such as *Artemia salina* and *Daphnia magna* or commonly referred to as bio indicators. This study analyzes comparison of acute toxicity test that represented by LC50 value of Cu in *Artemia salina* and *Daphnia magna*. From the research result it was found that *Artemia salina* and *Daphnia magna* gave a toxic effect with LC50 values of 11.78 ppm and 7.87 ppm, respectively.

Keywords: Acute Toxicity Test, *Artemia salina*, Cu, *Daphnia magna*.

Abstrak

Pencemaran air dapat menjadi berbahaya bila dikonsumsi. Sungai dapat tercemar oleh beberapa bahan yaitu perajang logam berat (Cu). Logam berat yang tidak sengaja dikonsumsi masuk ke dalam tubuh manusia melalui permukaan kulit, sebagian melalui saluran pernapasan atau pencernaan dan setelah itu terakumulasi seiring waktu. Untuk melakukan deteksi dini logam berat dan kualitas air di badan air, digunakan beberapa hewan atau tumbuhan. Beberapa jenis krustasea seperti *Artemia salina* dan *Daphnia magna* atau biasa disebut dengan bio indikator. Penelitian ini menggunakan perbandingan uji toksisitas akut yang diwakili oleh nilai LC50 Cu pada *Artemia salina* dan *Daphnia magna*. Dari hasil penelitian diketahui bahwa *Artemia salina* dan *Daphnia magna* memberikan efek toksik dengan nilai LC50 masing-masing sebesar 11,78 ppm dan 7,87 ppm.

Kata Kunci: *Artemia salina*, Cu, *Daphnia magna*, Uji Toksisitas Akut.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran pada badan air seperti sungai, laut dan perairan lainnya yang banyak digunakan sebagai sumber air bersih maupun air minum menjadi permasalahan kompleks yang tidak dapat dihindari. Pencemaran air dapat mengakibatkan perubahan warna, rasa maupun bau serta kandungan yang ada dalam air menjadi berbahaya apabila dikonsumsi. Bahan pencemar yang menjadi penyebab dari terganggunya ekosistem dan kelestarian lingkungan air dapat berasal dari buangan domestik maupun industri yang mengandung padatan organik, non organik maupun logam berat. Air sungai yang akan dikonsumsi sebagai air bersih haruslah melewati proses pengolahan air sehingga bahan pencemar tersebut dapat tersisihkan. Namun, setelah proses pengolahan tersebut, air bersih maupun air minum masih harus melewati distribusi

melalui pipa-pipa penyaluran. Selama proses distribusi ini dapat terjadi pencemaran kembali, apabila bahan pipa yang digunakan mengandung logam berat seperti tembaga dan timbal.

Logam berat sejatinya ada di alam dalam berbagai bentuk, namun beberapa logam termasuk dalam golongan logam berat. Dalam air, logam berat dapat menjadi sangat berbahaya yang mana apabila air tersebut langsung dikonsumsi, maka logam berat akan terakumulasi dalam tubuh dan dapat menyebabkan keracunan. Beberapa diantaranya yang termasuk ke dalam logam berat adalah krom, kadmium, tembaga, timbal dan besi (Desriyani et al., 2015). Logam yang banyak ditemukan sebagai bahan pipa-pipa distribusi air minum maupun air bersih adalah tembaga (Cu). Logam Cu dapat menyebabkan keracunan dan kerusakan sel pada ekosistem

dalam air seperti ikan-ikan. Pada manusia, konsentrasi yang berlebih dari logam Cu dapat menyebabkan diare, muntah dan *Wilson disease* (Lazorchak et al., 2003; Pratiwi, 2020).

Logam berat yang tidak sengaja terkonsumsi masuk ke dalam tubuh manusia melalui permukaan kulit, beberapa melalui saluran pernapasan ataupun pencernaan dan setelah itu terakumulasi dalam beberapa waktu. Logam berat akan terabsorpsi kemudian menyebar dengan cepat ke seluruh tubuh mengikuti aliran darah (Zhang et al., 2019).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran oleh logam berat adalah dengan pendeteksian dini dari keberadaan logam berat di air. Pendeteksian dini dapat menggunakan indikator kualitas air yang dapat berupa alat ataupun menggunakan hewan atau tumbuhan. Hewan yang biasa digunakan yaitu ikan, beberapa jenis *Crustacea* seperti *Artemia salina* dan *Daphnia magna* atau biasa disebut dengan bioindikator pencemaran air (Lezcano et al., 2015). Kedua hewan tersebut sudah banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas air terutama dalam pendeteksi logam maupun air yang tercemar.

Bioindikator pencemaran air dengan *Artemia salina* dan *Daphnia magna* akan memanfaatkan sifat toksik dari logam berat yang kemudian dapat diketahui *Lethal Concentration* yang dapat mematikan 50% dari jumlah hewan uji yang digunakan, atau lebih dikenal dengan LC50. Pengujian tersebut merupakan salah satu uji toksisitas logam berat. Uji toksisitas dapat terbagi menjadi toksisitas akut dan kronis. Perbedaan keduanya terletak pada lama waktu efek toksik dari logam berat atau zat berbahaya yang diberikan. Pada toksisitas akut, jangka waktu yang diberikan sebagai efek toksik adalah jangka waktu panjang. Sementara toksisitas kronis, efek dari zat berbahaya dengan jangka waktu yang pendek. Selain itu, faktor yang mempengaruhi toksiknya suatu zat adalah frekuensi paparan, lama waktu paparan, jenis polutan, konsentrasi polutan, kondisi selama pengujian dan jenis hewan uji yang digunakan.

Pada penelitian ini, akan menganalisis bahaya logam berat tembaga (Cu) dari nilai LC50 menggunakan bioindikator atau hewan uji *Artemia salina* dan *Daphnia magna*. Penggunaan kedua hewan uji untuk mengetahui perbedaan masing-masing dalam kekuatan toksisitas dari logam Cu. *Artemia*

salina dan *Daphnia magna* dipilih sebagai hewan uji karena mudah untuk diaplikasikan, banyak ditemukan di pasar karena digunakan sebagai pakan ikan hias serta murah. Beberapa penelitian lain yang menggunakan kedua hewan uji tersebut juga menunjukkan efek toksisitas dari logam berat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian merupakan penelitian eksperimental dengan pengujian toksisitas akut menggunakan bioindikator *Artemia salina* dan *Daphnia magna* terhadap logam berat tembaga (Cu). Analisa kuantitatif dilakukan untuk mengetahui nilai LC50 dari logam berat Cu terhadap kedua hewan uji dengan konsentrasi dan waktu paparan yang sama. Mortalitas kematian dari hewan uji diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Mortalitas} = \frac{\text{kematian hewan uji}}{\text{total hewan uji}} \times 100 \quad (3)$$

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, pipet, spatula, erlenmeyer volume 250 ml, lup gelas ukur volume 10 ml dan 50 ml, *beaker glass* volume 1000 ml dan 250 ml, mikropipet, botol vial, neraca analitik, bak penetasan dan aerator. Sementara tu, bahan-bahan yang digunakan adalah telur *Artemia salina*, *Daphnia magna*, serbuk Cu, aquades, air laut dan asam klorida (HCl). Konsentrasi yang didapatkan setelah melakukan *Range Finding Test* untuk kedua hewan uji adalah 7,81 ppm, 15,63 ppm, 31,25 ppm, 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Lama waktu kontak untuk kedua hewan uji sama yaitu selama 24 jam, sehingga nilai *Lethal Concentration* yang diketahui adalah LC50_{24 jam}.

Logam berat yang digunakan yaitu logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi yang sama untuk kedua hewan uji, yaitu 7,81 ppm, 15,63 ppm, 31,25 ppm, 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Parameter yang akan diukur adalah kematian 50% hewan uji yaitu *Artemia salina* dan *Daphnia magna* dalam jangka waktu yang pendek. Klasifikasi toksisitas akut dapat diketahui dari Tabel 1:

Tabel 1. Kategori Tingkat Toksisitas Akut

No.	Tingkat Toksisitas Akut	Niai Tua
1.	Tidak menyebabkan toksisitas akut	TUa < 0,4
2.	Sedikit menyebabkan toksisitas akut	0,4 < TUa < 1

No.	Tingkat Toksisitas Akut	Niai Tua
3.	Menyebabkan toksisitas akut	$1 \leq \text{TUa} < 10$
4.	Besar menyebabkan toksisitas akut	$10 \leq \text{TUa} < 100$
5.	Sangat menyebabkan toksisitas akut	$\text{TUa} \geq 100$

(Sumber: Denton et al., 2010)

Nilai dari TUa atau *Toxicity Unit Area* diketahui setelah nilai LC50 didapatkan melalui perhitungan analisa probit. Rumus menghitung TUa dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{TUa} = \frac{1}{\text{LC50}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

TUa : *Toxicity Unit Area*

LC50 : nilai LC50

Analisa probit yang digunakan berdasarkan persamaan regresi linear seperti di bawah ini:

$$Y = a + b.x \quad (2)$$

Keterangan:

Y : jumlah biota uji

x : nilai LC50

a : nilai regresi linear "a"

b : nilai regresi linear "b"

Perhitungan analisa probit dapat dilakukan melalui jumlah kematian hewan uji menggunakan tabel probit *software* Microsoft Excel maupun *software* analisa statistik lain.

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 8 sampel dan 1 kontrol untuk masing-masing hewan uji dengan 3 kali pengulangan uji, sehingga jumlah sampel keseluruhan adalah 54 sampel. Dosis kontrol merupakan dosis tanpa pemberian logam Cu untuk mengetahui apakah toksisitas benar berasal dari logam berat Cu.

a. Penetasan Telur *Artemia salina*

Telur *Artemia salina* yang digunakan dalam penelitian ini berwarna orange dengan ukuran kecil. Berat telur *Artemia salina* rata-rata 3,6 mikrogram dengan diameter berkisar 300 mikron. Sebanyak 500 mg telur *Artemia salina* ditimbang dengan neraca analitik. Lalu dimasukkan dalam bak penetasan yang sudah diisi air laut sebanyak 1000 ml dan sudah diberi suplai oksigen menggunakan aerator. Waktu

penetasan selama 48 jam dan terus dikontrol. Setelah menetas, *Artemia salina* dapat langsung digunakan sebagai hewan uji.

b. Aklimatisasi *Daphnia magna*

Daphnia magna pada penelitian memiliki ukuran 1-2 mm dengan bentuk tubuh yang lonjong, pipih namun terdapat beberapa ruas tubuh dan berwarna coklat kemerahan. Aklimatisasi *Daphnia magna* bertujuan agar hewan uji dapat menyesuaikan dengan kondisi selama pengujian nantinya. *Daphnia magna* dimasukkan ke dalam air yang telah diaerasi dan dibiarkan selama 1 hari tanpa pakan.

c. Pembuatan Larutan Stok Cu

Logam Cu yang digunakan dalam bentuk serbuk berwarna biru. Larutan stok dibuat dengan melarutkan 1000 mg serbuk Cu ke dalam 30 ml larutan asam klorida (HCl). Kemudian ditambahkan aquades sebanyak 970 ml dan diaduk hingga homogen. Konsentrasi logam Cu yang digunakan yaitu 7,81 ppm, 15,63 ppm, 31,25 ppm, 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm.

d. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Artemia salina*

Air yang digunakan sebagai sampel merupakan air laut yang dituangkan ke dalam 9 botol vial masing-masing sebanyak 10 ml. 8 botol vial digunakan sebagai sampel dan sisanya sebagai kontrol (tanpa logam Cu). Kemudian masing-masing botol vial ditambahkan larutan stok logam Cu dengan konsentrasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah itu, *Artemia salina* sebanyak 10 ekor masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial menggunakan mikropipet. Semua sampel dan kontrol dibiarkan selama 24 jam untuk diamati pengaruh pemberian logam Cu terhadap *Artemia salina*. Pengulangan uji dilakukan sebanyak 2 kali dengan metode yang sama seperti sebelumnya.

e. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Daphnia magna*

Air yang digunakan sebagai sampel merupakan air laut yang dituangkan ke

dalam 9 botol vial masing-masing sebanyak 10 ml. 8 botol vial digunakan sebagai sampel dan sisanya sebagai kontrol (tanpa logam Cu). Kemudian masing-masing botol vial ditambahkan larutan stok logam Cu dengan konsentrasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah itu, *Daphnia magna* sebanyak 10 ekor masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial menggunakan mikropipet. Semua sampel dan kontrol dibiarkan selama 24 jam untuk diamati pengaruh pemberian logam Cu terhadap *Daphnia magna*. Pengulangan uji dilakukan sebanyak 2 kali dengan metode yang sama seperti sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Toksistas logam berat tembaga (Cu) diketahui setelah menghitung mortalitas kematian dari *Artemia salina* maupun *Daphnia magna*. Konsentrasi logam Cu yang diberikan merupakan hasil dari uji pendahuluan *Range Finding Test* yang menyebabkan kematian tertinggi dimana mendekati 50% dan kematian terendah yang mendekati 50% (Edwin et al., 2017). Dari ketujuh konsentrasi yang dipilih tersebut berdasarkan USEPA (2002) dimana faktor pengenceran yang digunakan adalah $\geq 0,5$.

Hasil uji toksistas akut dapat diterima apabila hewan uji yaitu *Artemia salina* dan *Daphnia magna* yang bertahan (tetap hidup) pada kondisi kontrol adalah sebanyak $\geq 90\%$. Jika kurang dari jumlah tersebut, maka harus dilakukan pengujian ulang (Khotimah, 2018). Sementara itu, pada dosis kontrol di setiap pengulangan tidak ditemukan hewan uji yang mati, sehingga analisa toksistas akut dapat dilanjutkan.

a. Uji Toksistas Logam Cu Terhadap *Artemia salina*

Hasil pengamatan uji toksistas terhadap *Artemia salina* pada 15-20 menit pertama menunjukkan penurunan pergerakan dari hewan uji. Beberapa ekor *Artemia salina* mulai kehilangan kemampuan untuk berenang dalam sampel air. Setelah itu, dalam 5-6 jam, pada tiap botol vial (konsentrasi) sudah menunjukkan kematian hewan uji. 24 jam setelahnya, pada konsentrasi logam Cu di atas 62,5

ppm mengalami kematian seluruhnya. Hasil uji toksistas logam Cu terhadap *Artemia salina* dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Hasil Uji Toksistas Logam Cu Terhadap *Artemia salina*

No.	Konsentrasi Cu (ppm)	Rata-rata <i>Artemia salina</i> (ekor)	
		Hidup	Mati
1.	7,81	7,7	2,3
2.	15,63	7,0	3,0
3.	31,25	3,3	6,7
4.	62,5	0,0	10,0
5.	125	0,0	10,0
6.	250	0,0	10,0
7.	500	0,0	10,0
8.	1000	0,0	10,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Berdasarkan tabel di atas, semakin tinggi konsentrasi logam Cu yang ditambahkan maka semakin banyak jumlah *Artemia salina* yang mati. Pada tiap rentang konsentrasi yang diberikan, kematian hewan uji mencapai $>50\%$ kecuali pada konsentrasi 7,81 ppm dan 15,63 ppm. Pengulangan uji menunjukkan kematian uji yang hampir sama dengan kematian terbanyak pada pengulangan kedua.

Jumlah rata-rata kematian *Artemia salina* terendah yaitu pada konsentrasi 7,81 ppm dengan kematian sebanyak 2-3 ekor setelah 24 jam. Lalu rata-rata kematian tertinggi terjadi pada konsentrasi 62,5 ppm ke atas dengan kematian sebanyak 10 ekor setelah 24 jam. Pada konsentrasi logam Cu tersebut menunjukkan konsentrasi tertinggi untuk kematian hewan uji seluruhnya.

Walaupun begitu, konsentrasi terendah 31,25 ppm sudah dapat mematikan separuh dari *Artemia salina* dalam 1 botol vial, sehingga konsentrasi tersebut menjadi cukup berbahaya. Karena pada dosis kontrol yang dilakukan bersamaan dengan sampel tidak ditemukan kematian hewan uji, maka dapat dikatakan bahwa kematian *Artemia salina* akibat dari penambahan logam tembaga (Cu) sebagai bahan pencemar.

b. Uji Toksisitas Logam Cu Terhadap *Daphnia magna*

Sementara itu, hasil pengamatan uji toksisitas terhadap *Daphnia magna* pada 30 menit pertama menunjukkan penurunan pergerakan dari hewan uji. Beberapa *Daphnia magna* mulai kehilangan kemampuan untuk berenang dalam sampel air. Setelah itu, dalam 2-3 jam, konsentrasi di atas 50 ppm sudah menunjukkan kematian hewan uji. 24 jam setelahnya, pada konsentrasi logam Cu di atas 200 ppm mengalami kematian seluruhnya. Hasil uji toksisitas logam Cu terhadap *Daphnia magna* dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Hasil Uji Toksisitas Logam Cu terhadap *Daphnia magna*

No.	Konsentrasi Cu (ppm)	Rata-rata <i>Daphnia magna</i> (ekor)	
		Hidup	Mati
1.	7,81	5,0	5,0
2.	15,63	3,3	6,7
3.	31,25	1,7	8,3
4.	62,5	0,7	9,3
5.	125	0,3	9,7
6.	250	0,0	10,0
7.	500	0,0	10,0
8.	1000	0,0	10,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Berdasarkan tabel di atas, semakin tinggi konsentrasi logam Cu yang ditambahkan maka semakin banyak jumlah *Daphnia magna* yang mati (Chain et al., 2019). Pada tiap rentang konsentrasi yang diberikan, kematian hewan uji mencapai >50%. Pengulangan uji juga menunjukkan hasil yang hampir sama dimana kematian terbanyak dari *Daphnia magna* terjadi pada pengulangan kedua.

Jumlah rata-rata kematian *Daphnia magna* terendah yaitu pada konsentrasi 7,81 ppm dengan kematian sebanyak 5 ekor setelah 24 jam. Lalu rata-rata kematian tertinggi terjadi pada konsentrasi 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm dengan kematian sebanyak 10 ekor setelah 24 jam. Pada konsentrasi logam Cu di atas 250 ppm

menunjukkan konsentrasi tertinggi untuk kematian hewan uji seluruhnya.

Walaupun begitu, konsentrasi terendah 7,81 ppm sudah dapat mematikan separuh dari *Daphnia magna* dalam 1 botol vial, sehingga konsentrasi tersebut menjadi cukup berbahaya mengingat apabila di perairan ditemukan konsentrasi logam Cu yang sama maka dapat mengganggu ekosistem dan meracuni makhluk hidup di dalamnya. Karena pada dosis kontrol yang dilakukan bersamaan dengan sampel tidak ditemukan kematian hewan uji, maka dapat dikatakan bahwa kematian *Daphnia magna* akibat dari penambahan logam tembaga (Cu) sebagai bahan pencemar.

c. Perbandingan Mortalitas Kematian *Artemia salina* dengan *Daphnia magna* Akibat Logam Cu

Setelah diketahui jumlah *Artemia salina* dan *Daphnia magna* yang mati selama pengujian toksisitas logam Cu, dihitung mortalitas kematian kedua hewan uji dengan Persamaan (3). Mortalitas kematian digunakan untuk mengetahui nilai LC50 dari logam Cu untuk masing-masing hewan uji. Nilai mortalitas kematian *Artemia salina* dan *Daphnia magna* disajikan pada Tabel 4.

Dari hasil analisis menunjukkan mortalitas kematian terendah dari *Artemia salina* dan *Daphnia magna* akibat logam Cu yaitu pada konsentrasi 7,81 ppm sebesar 23,3% dan 50% berturut-turut. Untuk hewan uji *Artemia salina*, pada konsentrasi terendah masih belum memberikan efek kematian yang tinggi karena kurang dari 50%, namun tetap terjadi kematian beberapa hewan uji.

Sementara untuk *Daphnia magna*, pada konsentrasi terendah tersebut sudah mampu mematikan 50% dari jumlahnya dalam satu botol vial. Mortalitas kematian tertinggi dari *Artemia salina* dan *Daphnia magna* akibat logam Cu yaitu pada konsentrasi di atas 62,5 ppm untuk *Artemia salina* dan di atas 250 ppm untuk *Daphnia magna* sebesar 100%.

Tabel 4. Perbandingan Mortalitas Kematian *Artemia salina* dengan *Daphnia magna*

No.	Konsentrasi Cu (ppm)	Mortalitas (%)	
		<i>Artemia salina</i>	<i>Daphnia magna</i>
1.	7,81	23,3	50,0
2.	15,63	30,0	66,7
3.	31,25	66,7	83,3
4.	62,5	100,0	93,3
5.	125	100,0	96,7
6.	250	100,0	100,0
7.	500	100,0	100,0
8.	1000	100,0	100,0

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Hal ini menunjukkan bahwa walaupun konsentrasi logam Cu yang digunakan terhadap kedua hewan uji adalah sama, namun hasil mortalitas kematian dan efek toksik pada hewan uji sangat berbeda. Jenis hewan uji yang digunakan untuk analisis uji toksisitas akut berpengaruh terhadap efek toksik yang terjadi.

Daphnia magna dengan *Artemia salina* memiliki karakteristik fisik dan sensitivitas yang berbeda terhadap logam berat seperti Cu yang digunakan dalam penelitian ini. *Daphnia magna* berdasarkan penelitian (Nugroho et al., 2018) menjelaskan bahwa hewan tersebut memiliki sensitivitas yang tinggi karena proses respirasi *Daphnia magna* melalui kulit luarnya, sehingga sampel air yang telah ditambahkan logam Cu masuk ke dalam tubuh *Daphnia* lebih mudah. Molekul oksigen akan masuk ke dalam tubuh *Daphnia* melalui karapas dan berdifusi (Bownik, 2017). Namun, pada penelitian ini, *Artemia salina* lebih sensitif terhadap logam berat Cu, karena pada konsentrasi 31,25 ppm sudah terjadi kematian 50% hewan uji dibandingkan dengan *Daphnia magna* yang masih bertahan hidup hingga konsentrasi 125 ppm.

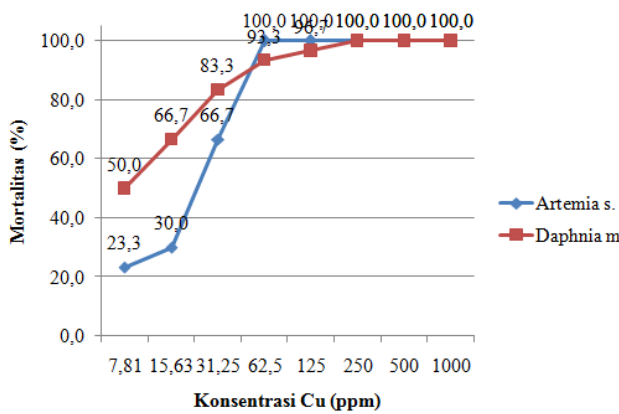
Selain itu, *Daphnia magna* memiliki kemampuan untuk memproduksi sel darah merah lebih banyak ketika kadar oksigen di lingkungan sekitarnya rendah, sehingga pada pengujian *Daphnia magna* yang terkontaminasi dengan logam Cu berubah warna dan memiliki waktu ketahanan yang lebih

lama dibanding *Artemia salina*. Walaupun keduanya merupakan golongan Crustacea, namun struktur tubuh, karakteristik serta reaksi stress terhadap lingkungan masing-masing berbeda.

Perhitungan mortalitas juga sejalan dengan pengamatan hewan uji setelah pemberian logam berat Cu sebagai bahan pencemar, dimana semakin besar konsentrasi yang ditambahkan maka semakin besar mortalitas kematian hewan uji. Ketahanan atau lama waktu bertahan hidup antara *Artemia salina* dengan *Daphnia magna* memiliki perbedaan, namun tidak dapat dipungkiri bahwa logam Cu termasuk logam berat yang memiliki toksisitas tinggi karena dapat menyebabkan kematian hewan uji selama percobaan (Reis et al., 2017).

Selain itu, hewan uji yang telah terpapar logam berat Cu maupun logam berat lainnya dapat dilihat melalui pergerakan yang hiperaktif, kelumpuhan kemudian mengalami kematian. Menurut (Christin et al., 2015) hewan uji yang telah terkontaminasi akan menunjukkan gejala stress sebagai proses untuk mengurangi reaksi biokimia yang terjadi antara zat toksik dalam tubuh, sehingga memperlambat efek toksik yang diterima.

Kadar logam berat Cu di perairan menurut Peraturan Pemerintah no. 22 Tahun 2021 yaitu tidak boleh melebihi 0,02 mg/l (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Oleh karenanya, hasil percobaan menunjukkan kematian secara langsung pada konsentrasi yang digunakan karena telah melebihi baku mutu. Berikut juga disajikan grafik perbandingan mortalitas antara *Artemia salina* dengan *Daphnia* pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Mortalitas Kematian *Artemia salina* dengan *Daphnia magna* (Sumber: Hasil Analisa, 2021)

d. Analisa Lethal Concentration (LC50) Logam Cu Terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna*

Konsentrasi logam Cu yang sama digunakan untuk menguji *Artemia salina* maupun *Daphnia magna*, namun hasil LC50 yang didapatkan memiliki perbedaan. Analisis regresi linear yang dilakukan menggunakan persamaan (2) melalui *software* Microsoft Excel. Nilai probit setelah dihitung persen kematian hewan uji masing-masing didapatkan dari tabel *Transformation of Percentage to Probits*.

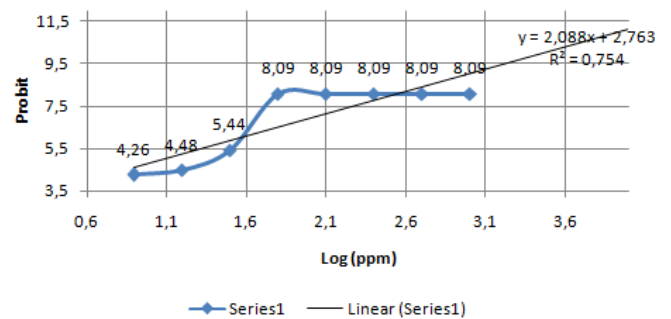
Berdasarkan grafik regresi *Artemia salina* (Gambar 2.) garis tren menunjukkan masing-masing nilai a dan b untuk logam berat Cu yaitu 2,088 dan 2,763. *Lethal Concentration* yang ingin dihitung adalah untuk 50% kematian maka nilai y adalah 5. Sehingga logaritma probit diubah menjadi antilog dengan x^{10} , ditemukan nilai LC50 untuk *Artemia salina* pada konsentrasi logam Cu 11,78 ppm.

Sementara itu, nilai a dan b dari dari grafik regresi *Daphnia magna* (Gambar 3.) masing-masing menunjukkan nilai 1,655 dan 3,517. Nilai y digunakan masih sama yaitu 5 untuk LC5, sehingga didapatkan LC50 logam Cu untuk *Daphnia magna* adalah 7,87 ppm. Hal ini terlihat bahwa antara *Daphnia magna* dan *Artemia salina*, LC50 terendah yang dapat menyebabkan kematian hewan uji lebih dari 50% yaitu konsentrasi 7,87 ppm menggunakan *Daphnia magna*.

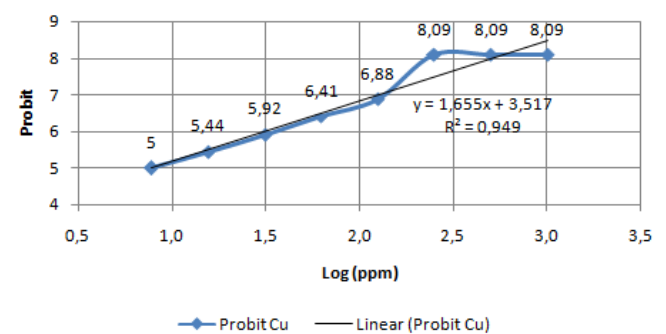
Artemia salina membutuhkan konsentrasi yang sedikit lebih tinggi untuk dapat membunuh 50% dari

hewan uji dalam 1 botol vial selama 24 jam. Walaupun begitu, kedua konsentrasi tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sehingga apabila ditemukan air dengan kandungan logam Cu seperti hasil penelitian berikut maka dibutuhkan pengolahan air lanjutan untuk menghilangkan kandungan logam berat.

Penambahan logam Cu pada air yang dijadikan sebagai sampel kedua hewan uji dan didapatkan kematian di tiap konsentrasi dan pengulangannya, menunjukkan bahwa logam Cu berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup. Dari konsentrasi tersebut apabila dihitung karakteristik toksiknya maka didapatkan nilai TUa sebesar 8-12 yang termasuk dalam kategori “besar menyebabkan toksisitas akut” (de Castro-Català et al., 2016; Ginebreda et al., 2014; Schmitt et al., 2020). Dari klasifikasi TUa tersebut terlihat jelas bahwa logam Cu memiliki tingkat toksisitas akut yang dapat menyebabkan keracunan bahkan kematian.



Gambar 2. Grafik Analisis Regresi Probit *Artemia salina* (Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 3. Grafik Analisis Regresi Probit *Daphnia magna* (Sumber: Hasil Analisa, 2021)

e. Kemampuan *Artemia salina* dan *Daphnia magna* Sebagai Bioindikator Pencemaran Air Akibat Logam Berat

Penelitian ini dilakukan untuk menguji toksisitas akut dari logam berat Cu berdasarkan nilai LC50 yang telah dihitung. Selain itu, untuk melihat kemampuan kedua hewan uji yaitu *Artemia salina* dan *Daphnia magna* sebagai bioindikator pencemaran air oleh logam berat. Seperti yang telah diujikan, penambahan bahan pencemar yaitu logam Cu dengan konsentrasi yang sama memberikan efek *lethal* pada kedua hewan uji. Efek yang terjadi yaitu kehilangan kemampuan bergerak termasuk berenang, perubahan warna tubuh yang terjadi pada *Daphnia magna* karena produksi hemoglobin yang meningkat, lalu adanya kematian. Efek tersebut terjadi secara bertahap dengan total pengamatan selama 24 jam.

Penggunaan *Artemia salina* dan *Daphnia magna* sebagai hewan uji untuk analisis toksisitas akut sudah banyak digunakan. Bukan hanya dalam logam berat namun juga air limbah yang berbahaya maupun dalam bidang medis. Salah satunya dalam penelitian (Nugroho et al., 2018) *Daphnia magna* digunakan sebagai hewan uji untuk ekstrak daun. Sementara itu, hasil penelitian ini menunjukkan keduanya memiliki ketahanan maupun sensitivitas yang berbeda dari nilai LC50 terhadap logam berat Cu. *Daphnia magna* sangat sensitif terhadap lingkungan sekitarnya terbukti dengan penambahan konsentrasi Cu yang rendah sudah mampu membunuh hampir separuh dari hewan uji.

Sementara *Artemia salina* membutuhkan konsentrasi yang sedikit lebih besar untuk menyebabkan kematian 50% hewan uji. Walaupun begitu, logam Cu memberikan efek toksik bagi keduanya melalui mortalitas kematian yang didapatkan. *Daphnia magna* memiliki kemampuan bertahan hidup dalam lingkungan dengan kadar oksigen yang rendah (*hypoxia*). Dengan ini, *Artemia salina* dan *Daphnia magna* mampu digunakan sebagai bioindikator dalam penentuan toksisitas dari logam berat Cu maupun logam lainnya.

4. KESIMPULAN

Logam Cu yang diujikan terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna* memberikan efek toksik dengan nilai LC50 masing-masing yaitu sebesar 11,78 ppm dan 7,87 ppm yang mampu menyebabkan kematian 50% dari hewan uji. Oleh karena itu, *Artemia salina* dan *Daphnia magna* mampu digunakan sebagai bioindikator dalam pencemaran air oleh logam berat maupun indikator pencemar lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bownik, A. (2017). *Daphnia* swimming behaviour as a biomarker in toxicity assessment: A review. *Science of the Total Environment*, 601–602, 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.199>
- Chain, F. J. J., Finlayson, S., Crease, T., & Cristescu, M. (2019). Variation in transcriptional responses to copper exposure across *Daphnia pulex* lineages. *Aquatic Toxicology*, 210(February), 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.016>
- Christin, F., Elystia, S., & Elvi, Y. (2015). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Tahu terhadap *Daphnia Magna* dengan Metode Renewal Test. *JOM FTEKNIK*, 2(2), 1–9.
- de Castro-Català, N., Kuzmanovic, M., Roig, N., Sierra, J., Ginebreda, A., Barceló, D., Pérez, S., Petrovic, M., Picó, Y., Schuhmacher, M., & Muñoz, I. (2016). Ecotoxicity of sediments in rivers: Invertebrate community, toxicity bioassays and the toxic unit approach as complementary assessment tools. *Science of the Total Environment*, 540, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.071>
- Denton, D. L., Miller, J. M., & Stuber, R. A. (2010). *EPA Regions 8, 9 and 10 toxicity training tool (TTT)*.
- Desriyani, R., Wardhani, E., & Pharmawati, K. (2015). Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot sampai Nanjung. *Jurnal Lingkungan Teknik Lingkungan Ienas*, 3(1), 1–12.
- Edwin, T., Ihsan, T., & Pratiwi, W. (2017). Acute Toxicity Test Of Metal Lead (Pb), Chromium (Cr) And Cobalt (Co) on

- Daphnia magna*. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 14(1), 33–40.
- Ginebreda, A., Kuzmanovic, M., Guasch, H., de Alda, M. L., López-Doval, J. C., Muñoz, I., Ricart, M., Romaní, A. M., Sabater, S., & Barceló, D. (2014). Assessment of multi-chemical pollution in aquatic ecosystems using toxic units: Compound prioritization, mixture characterization and relationships with biological descriptors. *Science of the Total Environment*, 468–469, 715–723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.086>
- Khotimah, K. N. (2018). *Uji Toksisitas IPAL Komunal di Kecamatan Bantul Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (Wet) pada Daphnia magna* (Vol. 148).
- Lazorchak, J. M., Hill, B. H., Brown, B. S., McCormick, F. H., Engle, V., Lattier, D. J., Bagley, M. J., Griffith, M. B., Maciorowski, A. F., & Toth, G. P. (2003). Chapter 23 USEPA biomonitoring and bioindicator concepts needed to evaluate the biological integrity of aquatic systems. *Trace Metals and Other Contaminants in the Environment*, 6(C), 831–874. [https://doi.org/10.1016/S0927-5215\(03\)80153-4](https://doi.org/10.1016/S0927-5215(03)80153-4)
- Lezcano, A. H., Rojas Quiroga, M. L., Liberoff, A. L., & Van der Molen, S. (2015). Marine pollution effects on the southern surf crab *Ovalipes trimaculatus* (Crustacea: Brachyura: Polybiidae) in Patagonia Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 91(2), 524–529. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.038>
- Nugroho, H., Pasaribu, M., Ismail, S., Obstetri dan Ginekologi RSUD Abdul Wahab Sjahrani, S., & Penelitian Obat dan Kesehatan Masyarakat Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, P. (2018). Toksisitas akut ekstrak *Albortisia papuana* Becc. pada *Daphnia magna* dan *Danio rerio*. *Biota*, 3(3), 96–103.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lampiran VI, Baku Mutu Air Nasional.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Reis, D. B., Acosta, N. G., Almansa, E., Navarro, J. C., Tocher, D. R., Andrade, J. P., Sykes, A. V., & Rodríguez, C. (2017). Comparative study on fatty acid metabolism of early stages of two crustacean species: *Artemia* sp. *metanauplii* and *Grapsus adscensionis* zoeae, as live prey for marine animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - B: Biochemistry and Molecular Biology*, 204, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2016.11.002>
- Schmitt, O. J., Brunetto, G., Chassot, T., Tiecher, T. L., Marchezan, C., Tarouco, C. P., De Conti, L., Lourenzi, C. R., Nicoloso, F. T., Kreutz, M. A., & Andriolo, J. L. (2020). Impact of Cu concentrations in nutrient solution on growth and physiological and biochemical parameters of beet and cabbage and human health risk assessment. *Scientia Horticulturae*, 272(June), 109558. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109558>
- Zhang, T., Ruan, J., Zhang, B., Lu, S., Gao, C., Huang, L., Bai, X., Xie, L., Gui, M., & Qiu, R. liang. (2019). Heavy metals in human urine, foods and drinking water from an e-waste dismantling area: Identification of exposure sources and metal-induced health risk. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169(October 2018), 707–713. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.039>