

## UJI TOKSISITAS AKUT LIMBAH INSULASI FIBER KERAMIK TERHADAP *Daphnia* sp.

### *ACUTE TOXICITY TESTING OF CERAMIC FIBER INSULATION WASTE TOWARDS *Daphnia* sp.*

Bagus Sentosa Parhusip<sup>1</sup>, Retno Puji Lestari<sup>2</sup>, dan Andriantoro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sebelas Maret Surakarta,  
e-mail: bagusent@student.uns.ac.id

<sup>2</sup>Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan BLI-KLHK, Kawasan Puspiptek Gedung 210, Tangerang  
Selatan, 021-7563114, 15314, e-mail: emc\_acdep@yahoo.com

Diterima tanggal 29 Januari 2020, disetujui tanggal 8 April 2020

#### ABSTRAK

Fiber keramik berbahan alumina-silika merupakan materi insulator yang baik dan banyak digunakan sebagai bahan insulasi pada tungku elektrik. Studi toksikologi terhadap fiber keramik menggunakan hewan uji mengindikasikan kemungkinan terjadinya dampak pada saluran pernafasan, iritasi pada mata dan kulit manusia. Namun demikian, belum tersedia informasi mengenai dampak ekologis dari limbah fiber keramik. Kajian ini bertujuan untuk menentukan tingkat toksisitas akut ( $LC_{50}$  48 jam) limbah fiber keramik (*aluminosilicate*) terhadap *Daphnia* sp. sebagai bahan evaluasi bahaya yang mungkin terjadi pada lingkungan perairan. Pengujian dilakukan di Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL) pada bulan Januari - Februari 2019. Sampel limbah fiber keramik diperoleh dari salah satu industri pupuk. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah metode statik tanpa pembaruan USEPA EPA-821-R-02-012 (2002)-*Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*, dengan menggunakan kematian sebagai indikator toksisitas. Kematian diamati pada jam ke-24 dan jam ke-48, sementara parameter kualitas air yaitu temperatur, pH, konduktivitas, oksigen terlarut, dan padatan terlarut total diamati pada jam ke-0 dan jam ke-48. Penentuan nilai  $LC_{50}$  dilakukan menggunakan program analisis Probit EPA versi 1.5. Nilai  $LC_{50}$  limbah insulasi fiber keramik adalah 924,7–959,7 ppm. Kriteria toksisitas untuk limbah fiber keramik belum tersedia.

**Kata kunci:** Limbah, fiber keramik, uji toksisitas,  $LC_{50}$ , *Daphnia* sp.

#### ABSTRACT

*Ceramic fiber made from alumina-silicate is considered a good insulator material and widely used as insulation material in the electric furnace. Toxicological studies on ceramic fiber using animals indicated the possibility of an impact on the human respiratory tract, eyes, and skin irritation. However, no ecological impact of ceramic fiber waste has been identified. This study aimed to determine the acute toxicity ( $LC_{50}$  48 h) of ceramic fiber (aluminosilicate) waste towards *Daphnia* sp. as a part of evaluating hazards that may occur in the aquatic environment. Testing was conducted at the Center for Quality Research and Environmental Laboratories from January to February 2019. Ceramic fiber waste was obtained from the fertilizer industry. Method of static non-renewal test USEPA EPA-821-R-02-012(2002)-*Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms* was applied at the experiment, using mortality as an indicator of toxicity. Mortality was observed at 24 and 48 hours, while water quality parameters such as temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen (DO), and total dissolved solid (TDS) at 0 and 48 hours. The determination of  $LC_{50}$  was carried out using the method of EPA Probit Analysis Program version 1.5.  $LC_{50}$  48 hours of ceramic fiber waste was 924,7–959,7 ppm. There are no toxicity criteria available for ceramic fiber waste.*

**Keywords:** Waste, ceramic fiber, toxicity testing,  $LC_{50}$ , *Daphnia* sp.

## I. PENDAHULUAN

Fiber keramik yang berasal dari komposisi kimiawi aluminosilica fiber, dengan komposisi  $Al_2O_3$  sebesar 45,5–50,5%, dan  $SiO_2$  48,5–54% digunakan sebagai insulator pada tungku dan tempat pembakaran yang memiliki temperatur tinggi [1]. Material fiber keramik juga digunakan untuk mendukung riset di bidang antariksa, pemadam api, maupun peralatan militer karena memiliki kestabilan dan performa yang baik dalam kondisi ekstrim [2]. Dalam *material safety data sheets* (MSDS) disebutkan bahwa fiber aluminosilikat adalah padatan berwarna putih, tidak berbau, dan tidak larut dalam air [3].

Fiber keramik dihasilkan melalui proses pelelehan *alumino-silicate* di dalam tungku elektrik melengkung pada suhu 1.850–1.950°C [4]. Lelehan tersebut diolah menjadi fiber melalui teknik *blast-drawing* menggunakan tekanan udara atau dengan memintal lelehan sehingga diperoleh hasil fiber yang menyerupai benang permen (*candy floss*) [4]. Fiber tersebut dapat terkonversi menjadi *crystalite* yang relatif rapuh dan berjatuh di sekitarnya. Data toksisitas untuk fiber *crystalite* belum tersedia, namun fiber tetap berpotensi menyebabkan bahaya terhadap saluran pernafasan [5]. Material fiber keramik yang digunakan memiliki nama komersial *CMAX-ceramic fiber modules*, dapat memberikan dampak terhadap kesehatan manusia, antara lain iritasi saluran pernafasan, mata, maupun kulit [3, 6]. Beberapa data epidemiologi mengindikasikan adanya gejala yang serupa dengan paparan debu, berupa penurunan fungsi paru-paru [7]. *International Agency for Research on Cancer* (IARC) menyatakan bahwa fiber berukuran panjang dan tipis lebih berpotensi menginduksi kanker paru-paru dibandingkan dengan fiber berukuran pendek dan tebal [8]. Hingga kini sedikit sekali informasi mengenai ukuran fiber-fiber yang digunakan dalam studi epidemiologi [9].

Sejauh ini belum ada dampak ekologis dari limbah fiber keramik yang teridentifikasi [3]. Meskipun demikian, hal ini tetap menjadi perhatian apabila limbah tersebut tersebar ke lingkungan perairan. Untuk mengetahui efek limbah insulasi fiber keramik yang masuk dalam suatu badan air, maka dibutuhkan pengujian parameter fisika, kimia, biologi serta hayati (*bioassay*). Data toksisitas dari *bioassay* tersebut dapat dijadikan bahan kajian untuk melihat pengaruh material terhadap makhluk hidup dalam suatu perairan [10].

Uji toksisitas akut merupakan pengujian yang digunakan untuk mendeteksi efek toksik yang muncul dalam waktu singkat setelah pemberian sediaan uji dengan dosis/konsentrasi tunggal dalam kurun waktu 24 jam. Prinsip uji toksisitas akut  $LC_{50}$  (*lethal concentration*) adalah pengamatan adanya efek toksik berupa kematian pada beberapa kelompok hewan uji dengan berbagai variasi dosis atau konsentrasi [10]. Selama pengujian, aerasi tidak dilakukan agar kadar senyawa toksik yang bersifat volatil tidak hilang atau berkurang dalam larutan uji. Selain itu *Daphnia* sp. tidak diberi pakan untuk menghindari kontaminasi [11]. Hewan uji yang mati ditandai dengan tidak adanya pergerakan dan berada di dasar wadah uji, selain itu dapat ditemukan juga hasil pengelupasan kulit. Berbeda halnya dengan hewan uji yang masih hidup, mereka akan aktif berenang di permukaan air serta berenang mendekati sumber cahaya [11]. Kadmium (Cd) merupakan logam berat bersifat non-esensial yang dipilih sebagai *reference toxicant* pada penelitian ini. Cd tidak dibutuhkan dalam tubuh selama bermetabolisme. Terlebih lagi, Cd tidak dapat didegradasi sehingga bersifat toksik pada konsentrasi rendah sekalipun [12].

*Cladocerans*, khususnya spesies *Daphnia* adalah organisme yang digunakan untuk evaluasi efek sub *lethal* dari logam [13, 14]. *Daphnia* sp. memiliki peran penting dalam ekosistem perairan karena merupakan

bagian mata rantai dalam jejaring makanan di perairan [15, 16]. Hewan ini merupakan pemakan produsen utama dan menjadi makanan bagi beberapa spesies ikan [17]. Keuntungan penggunaan *Daphnia* sp. dalam uji toksisitas adalah mudah dibudidayakan dalam skala laboratorium, tersedia pada setiap musim, dapat bereproduksi dengan cepat, dan sangat sensitif terhadap polutan dalam skala kecil. *Daphnia* sp. diketahui sangat sensitif terhadap ion-ion logam dan bahan beracun terlarut lainnya, seperti pemutih dan detergen [18]. Kajian ini bertujuan untuk melihat pengaruh limbah fiber keramik pada *Daphnia* sp. dengan menentukan  $LC_{50}$  48 jam.

## II. METODOLOGI

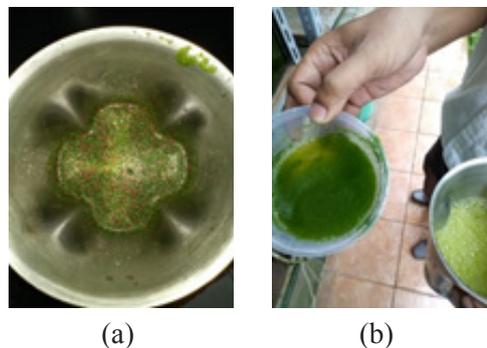
Pengujian dilakukan di Laboratorium Toksikologi – P3KLL pada bulan Januari - Februari 2019, mengacu pada metode *static non-renewal test* sesuai USEPA EPA-821-R-02-012 (2002)-*Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*, dimana selama pengujian berlangsung tidak dilakukan pembaruan larutan ataupun pemindahan hewan uji [19]. Dalam pengujian  $LC_{50}$  dilakukan uji pendahuluan dan uji utama. Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan rentang konsentrasi yang menyebabkan kematian *Daphnia* sp. Uji utama (*definitive*

*test*) dilakukan setelah mendapatkan hasil respon dari rentang konsentrasi pada uji pendahuluan yang dijadikan tolok ukur dalam penentuan rentang konsentrasi uji utama lebih sempit.

Bahan yang digunakan adalah sampel limbah insulasi fiber keramik dari industri pupuk yang menggunakan tanur, air pengencer (air tanah yang sudah diaerasi), *reference toxicant* cadmium (Cd), dan aluminium foil. Sementara itu, bahan untuk pembuatan pakan cair terdiri dari alga dan pelet ikan (5:1) yang dilarutkan dengan 500 ml air, ditambahkan ke dalam akuarium setiap  $\pm 3$  hari sekali sebanyak 30 ml.

Hewan uji yang digunakan adalah *Daphnia* sp. diperoleh dari kultur yang menghasilkan >3 anakan, tidak mengalami stres, tidak cacat, tidak ada *ephipia*, dan kematian dalam kultur kurang dari 20%.

Peralatan yang digunakan adalah wadah kultur (akuarium), selang, aerator, dan batu gelembung (*bubble stone*), blender, saringan, pipet tetes dan wadah aklimatisasi berupa gelas plastik. Alat-alat yang dibutuhkan adalah labu ukur 100 mL, labu ukur 50 mL, *beaker glass* 10 mL, pipet tetes, neraca analitik, gelas ukur 1.000 mL, gelas plastik, spatula, dan *test sieve* (*mesh size metric* :180  $\mu$ m). Selain itu, alat yang digunakan untuk mengukur parameter fisika dan kimia dari larutan uji adalah pH meter, DO meter, TDS meter, dan DHL meter.



**Gambar 1. Pembuatan pakan cair dari alga dan pelet ikan**

Keterangan gambar:

(a) Alga dan pelet ikan

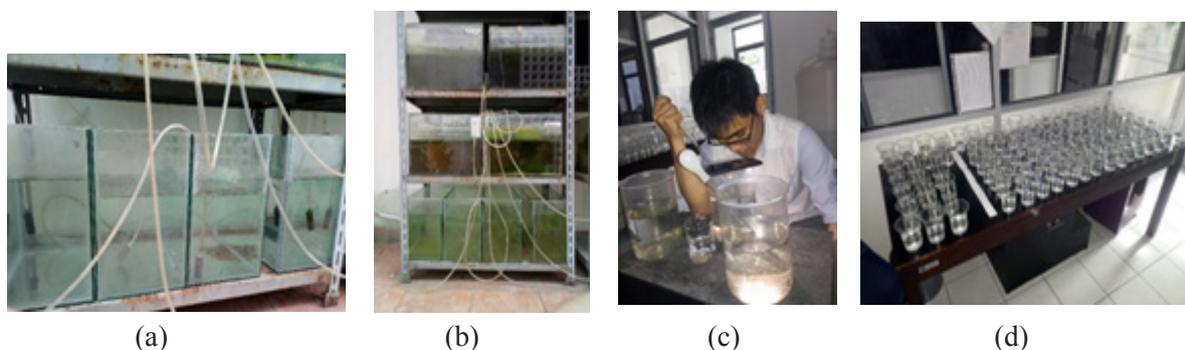
(b) Pakan cair yang sudah dihaluskan dengan blender

Selama pengujian dilakukan pengukuran parameter fisika dan kimia air pada jam ke-0 dan ke-48 yang meliputi temperatur, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut/*dissolved oxygen* (DO), padatan terlarut total/*total dissolved solid* TDS, dan daya hantar listrik (DHL). Kultur *Daphnia* sp. dilakukan dalam akuarium berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm yang telah diisi air dan pakan cair. Induk *Daphnia* sp. yang sudah membawa telur di daerah posterior dipindahkan ke dalam wadah-wadah untuk proses aklimatisasi selama 24 jam hingga menghasilkan neonatus. *Daphnia* sp. yang digunakan untuk pengujian toksisitas adalah *Daphnia* sp. generasi kedua yang berumur <24 jam.

Pembuatan larutan uji dibuat dengan melarutkan sebanyak 10 gram sampel limbah fiber keramik yang telah dihaluskan dalam 1.000 ml air (larutan induk), kemudian diencerkan sesuai rentang yang diujikan dalam uji pendahuluan dan uji utama.

Pembuatan larutan *Reference Toxicant* (RT) Cd dilakukan pada rentang konsentrasi larutan Cd 40, 60, 80, 120, 160, dan 200 ppb dengan mengencerkan larutan standar Cd 1.000 ppb dalam labu ukur 500 mL menggunakan air pengencer.

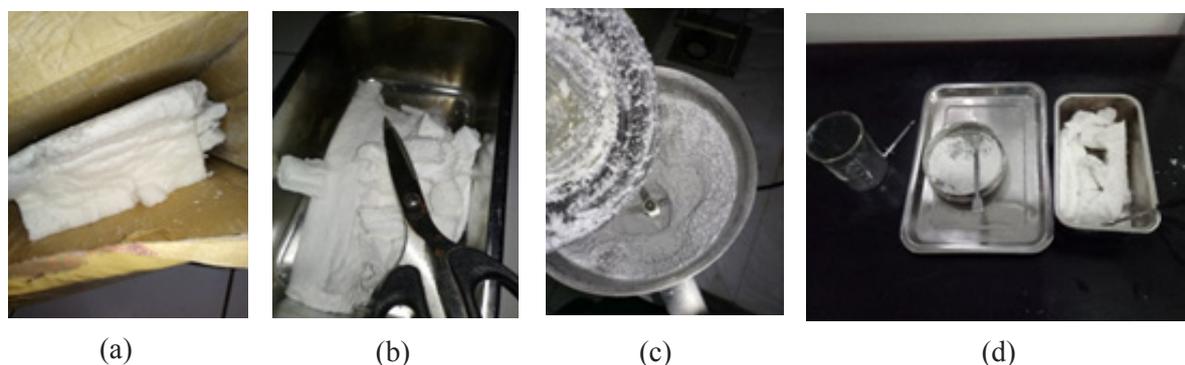
Uji pendahuluan (*range finding test*) dilakukan dengan variasi konsentrasi uji sampel, yakni 0 ppm (kontrol), 1.000 ppm, 3.000 ppm, 7.500 ppm, 15.000 ppm, 30.000



**Gambar 2. Proses kultur dan aklimatisasi hewan uji**

Keterangan gambar:

- (a) Persiapan akuarium sebagai wadah kultur
- (b) Akuarium berisi induk *Daphnia* sp. (tingkat pertama dan kedua) dan neonatus generasi keduanya (tingkat ketiga)
- (c) *Daphnia* sp. dewasa dan membawa telur diseleksi dan disortir untuk diaklimatisasi
- (d) Proses aklimatisasi



**Gambar 3. Persiapan sampel fiber keramik**

Keterangan gambar:

- (a) Kondisi awal
- (b) Sampel dipotong kecil-kecil
- (c) Sampel dihaluskan
- (d) Sampel yang sudah halus diayak

ppm, 60.000 ppm, dan 90.000 ppm serta larutan RT Cd 40 ppb, 60 ppb, 80 ppb, 120 ppb, 160 ppb, dan 200 ppb menggunakan volume total larutan uji masing-masing sebesar 200 mL secara triplo. Sebanyak 10 ekor neonatus *Daphnia* sp. hasil aklimatisasi dipindahkan ke wadah uji menggunakan pipet tetes. Pengujian toksisitas dilakukan selama 48 jam dengan menghitung jumlah hewan yang mati pada jam ke-24 dan ke-48 di setiap wadah uji. Saat pengujian berlangsung tidak diberikan aerasi dan pakan, serta pencahayaan diatur sedemikian rupa untuk mendapatkan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji probit. Uji lanjutan dilakukan pada hari yang berbeda. Variasi konsentrasi uji sampel pada ulangan kedua yakni 0 ppm, 500 ppm, 1.500 ppm, 4.500 ppm, 9.000 ppm, dan 18.000 ppm, serta larutan RT Cd yang sama.

Adanya mortalitas diamati pada jam ke-24 dan ke-48 yang terjadi pada 5 variasi konsentrasi limbah fiber keramik yaitu 100 ppm, 300 ppm, 600 ppm, 1.800 ppm, dan 4.500 ppm serta larutan RT Cd 40 ppb, 60 ppb, 80 ppb, 120 ppb, 160 ppb, dan 200 ppb dengan replikasi sebanyak 4 kali. Pengujian dilakukan secara duplo.

Data hasil pengujian toksisitas berdasarkan jumlah hewan yang mati pada

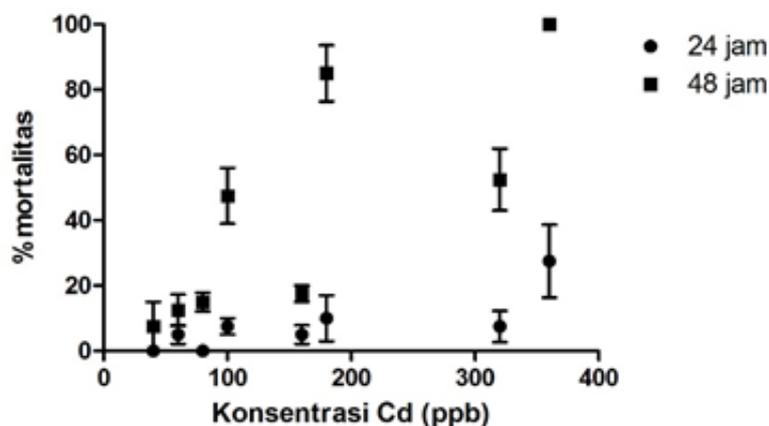
tiap konsentrasi dianalisis menggunakan EPA *Probit Analysis Program version 1.5* yang dapat menghitung nilai LC/EC50 dengan selang kepercayaan 95%.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Uji Pendahuluan

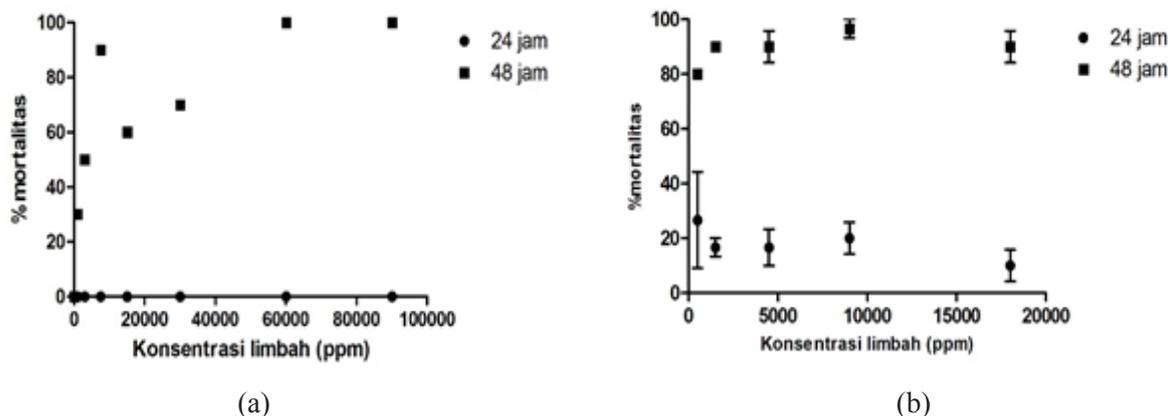
Berdasarkan hasil persentase mortalitas *Daphnia* sp. pada Gambar 4. dapat diketahui bahwa efek kematian (48 jam) sudah muncul sejak dari konsentrasi 40 ppb. Persentase mortalitas pada konsentrasi tersebut tergolong *lowest observed adverse level*, konsentrasi terkecil yang menyebabkan kematian. Pada konsentrasi 320 ppb sebagai konsentrasi tertinggi pun didapatkan bahwa mortalitas belum mencapai 90% dari populasi total. Selain itu pada saat pengujian, *Daphnia* sp. telah mampu beradaptasi terhadap senyawa beracun sehingga efek kematian pada konsentrasi 320 ppb pun tidak mencapai 100%. Hasil perhitungan menggunakan Probit sebesar 105–145,6 ppb menunjukkan kedekatan nilai kajian Pusarpedal (2012), nilai LC<sub>50</sub> terhadap Cd berkisar antara 85–127 ppb [20].

Berdasarkan hasil persentase mortalitas *Daphnia* sp. pada Gambar 5. dapat diketahui bahwa efek kematian (48 jam) mulai muncul sejak dari konsentrasi 1.000 ppm. Selain itu,



**Gambar 4.** Hasil uji pendahuluan terhadap RT Cd

Pengujian dilakukan untuk variasi konsentrasi Cd pada pengamatan jam ke-24 dan jam ke -48, dengan pengulangan (n) sebanyak 4 kali



**Gambar 5. Hasil uji pendahuluan terhadap contoh uji limbah**

Keterangan gambar:

(a) Pengujian pertama, n = 1 kali ulangan

(b) Pengujian ke dua, n=3 kali ulangan

diketahui pula bahwa persentase mortalitas sudah mencapai 90% dari total populasi pada konsentrasi 7.500 ppm. Rentang hasil yang diperoleh ini akan digunakan dalam penentuan rentang yang lebih sempit lagi pada uji utama. Rentang variasi konsentrasi ulangan kedua dipersempit karena merupakan wujud dari respon pada ulangan pertama. Kedua ulangan ini ditujukan sebagai langkah verifikasi data pengujian. Pada pengujian lanjutan diketahui bahwa efek kematian 48 jam sudah terjadi pada konsentrasi 500 ppm. Persentase mortalitas sudah mencapai 90% dari total populasi pada konsentrasi 1.500–4.500 ppm. Dari data tersebut, maka dibuatlah rentang konsentrasi baru yang cukup representatif dan sempit untuk pengujian berikutnya. Pengujian toksisitas akut dilanjutkan dengan uji utama untuk menentukan besar konsentrasi dari limbah fiber keramik yang

mampu mematikan hewan uji sebesar 50% dari populasi ( $LC_{50}$ ).

## 2. Uji Utama

Uji utama terhadap *reference toxicant test* selain untuk mencari  $LC_{50}$ , dapat juga berfungsi untuk memastikan bahwa hewan uji yang digunakan memiliki konsistensi tingkat sensitifitas selama pengujian berlangsung. Jika ditemukan perbedaan yang signifikan dengan referensi yang ada, maka uji harus diulang menggunakan hewan uji yang baru. Hasil kedua ulangan uji ini disajikan pada Tabel 1. Data dari kedua tabel diolah dengan uji Probit dan diperoleh rentang nilai  $LC_{50}$  (48 jam) *Daphnia sp.* terhadap *reference toxicant* (RT) Cd pada konsentrasi 136,1 ppb–145,6 ppb.

Kegiatan ini serupa dengan studi yang dilakukan Suzhen & Peng (2011) dimana nilai toksisitas akut Cd (48 jam) pada

**Tabel 1. Hasil uji utama RT Cd**

Konsentrasi (ppb)	Rata-rata persentase mortalitas (%)			
	Setelah 24 jam		Setelah 48 jam	
	ke-1	ke-2	ke-1	ke-2
40	0	0	0	16,7
60	0	0	0	25,9
80	0	3,3	20	51,8
120	0	4,4	45,3	66,7
160	3,3	11,8	53,3	74,1

**Tabel 2. Hasil uji Probit RT Cd ke satu**

	Kons.	95% selang kepercayaan	
		Batas bawah	Batas atas
LC/EC 1.0	44,1	26,2	57,3
LC/EC 5.0 LC/	61,9	43,7	74,6
EC 10.0	74,2	56,9	86,5
LC/EC 15.0	83,8	67,7	96,2
<b>LC/EC 50.0</b>	<b>140,5</b>	<b>122,6</b>	<b>172,9</b>
LC/EC 85.0	235,6	187,2	368,8
LC/EC 90.0	266,3	205,7	443,8
LC/EC 95.0	319,1	236,1	584,7
LC/EC 99.0	448,3	305,1	983,1

**Tabel 3. Hasil uji Probit RT Cd ke dua**

	Kons.	95% selang kepercayaan	
		Batas bawah	Batas atas
LC/EC 1.0	34,5	17,5	47,7
LC/EC 5.0 LC/	52,5	33,7	65,8
EC 10.0	65,8	47,5	78,9
LC/EC 15.0	76,6	59,3	89,9
<b>LC/EC 50.0</b>	<b>145,4</b>	<b>123,0</b>	<b>192,3</b>
LC/EC 85.0	276,0	204,7	513,0
LC/EC 90.0	321,3	229,4	651,0
LC/EC 95.0	402,3	271,4	927,9
LC/EC 99.0	613,3	370,8	1.809,0

**Tabel 4. Hasil uji utama terhadap contoh uji**

Konsentrasi (ppm)	Rata-rata persentase mortalitas (%)			
	Setelah 24 jam		Setelah 48 jam	
	ke-1	ke-2	ke-1	ke-2
100	3,3	0	10	7,4
300	3,3	0	20	25,6
600	3,3	3,7	43,3	51,8
1800	10	7,4	73,3	66,6
4500	10	11,1	76,6	74,1

*Daphnia carinata* adalah 0,79 µg/L dan konsentrasi yang aman dari Cd adalah 2 ppb [21]. Perbedaan ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan kondisi lingkungan dan tujuan penelitian. Kajian tentang pengaruh Cd terhadap *Daphnia magna* dengan menentukan LC<sub>50</sub> 24 jam menghasilkan nilai 44 ppb [22]. *Daphnia magna* adalah spesies yang umum digunakan untuk pengujian di negara subtropis.

Pada Tabel 4 dapat dilihat efek kematian saat pengamatan 48 jam mulai timbul pada konsentrasi 100 ppm serta hasil persentase mortalitas *Daphnia* sp. pada tiap konsentrasi. Persentase bias dari kedua pengujian tergolong rendah, yakni ≤10%. Pada pengujian ke-1 diketahui bahwa kematian setengah populasi terjadi diantara rentang konsentrasi 600 ppm hingga 1.800 ppm. Berbeda halnya dengan pengujian

ke-2 yang menunjukkan bahwa kematian setengah populasi terjadi diantara rentang konsentrasi 300 ppm hingga 600 ppm. Data kedua tabel diolah menggunakan Uji Probit dan diperoleh rentang nilai  $LC_{50}$  (48 jam) *Daphnia* sp. terhadap limbah fiber keramik pada konsentrasi 924,7–959,7 ppm.

Peraturan mengenai limbah fiber keramik belum tersedia di Indonesia maupun di negara lain. Adapun kriteria toksisitas limbah yang dianggap paling mendekati adalah peraturan yang dikeluarkan oleh Departemen Mineral dan Energi Australia (1994) untuk toksisitas pemboran yang mengindikasikan kisaran  $LC_{50}$  sebesar 100 - 1.000 ppm diklasifikasikan sebagai toksisitas sedang (*moderately toxic*). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (PerMen ESDM) Nomor 45 tahun 2006 menyatakan nilai  $LC_{50}$  96 jam untuk limbah bor (*cuttings*) sebesar 30.000 ppm [10]. Nilai-nilai tersebut dapat menjadi bahan untuk merepresentasikan pengaruh

limbah fiber keramik yang mungkin berada dalam badan air. Dengan diperolehnya konsentrasi 924,7–959,7 ppm sebagai nilai  $LC_{50}$  48 jam untuk limbah fiber keramik, bila mengadopsi kisaran toksisitas untuk limbah pemboran maka termasuk dalam kategori toksisitas sedang.

### 3. Parameter fisika dan kimia air

Pengamatan parameter fisika dan kimia air dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan selama kegiatan pengujian berlangsung. Air tanah yang sudah diaerasi digunakan sebagai pengencer, karena *Daphnia* sp. merupakan hewan yang hidup di air tawar sehingga media yang digunakan perlu diadaptasikan sesuai dengan habitat alaminya. Selain itu, air tanah juga mengandung mineral yang dibutuhkan untuk menjaga homeostasis sel dalam tubuh.

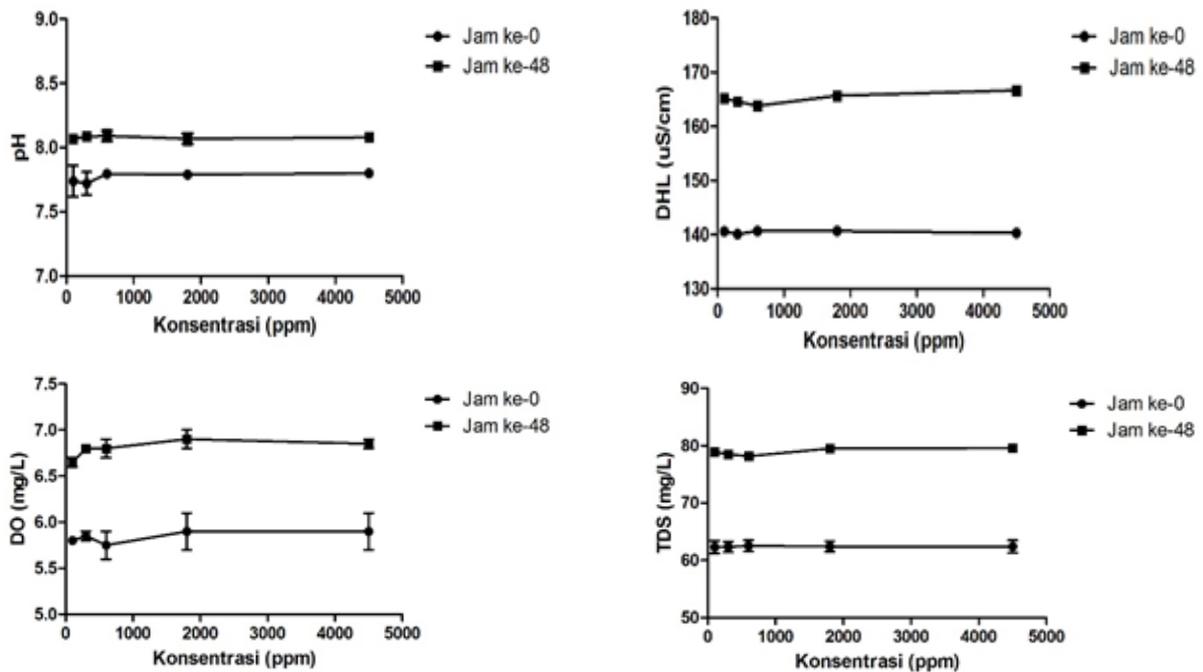
Temperatur larutan selama pengamatan berkisar antara 19-21°C. Adanya kenaikan

**Tabel 5. Hasil uji Probit limbah fiber keramik ke satu**

	Kons.	95% selang kepercayaan	
		Batas bawah	Batas atas
LC/EC 1.0	17,3	2,9	45,3
LC/EC 5.0 LC/	55,4	15,3	112,9
EC 10.0	103,2	37,0	185,4
LC/EC 15.0	156,9	66,7	261,2
<b>LC/EC 50.0</b>	<b>924,7</b>	<b>627,9</b>	<b>1.420,3</b>
LC/EC 85.0	5.447,7	3.052,0	14.954,7
LC/EC 90.0	8.287,9	4.272,8	27.102,4
LC/EC 95.0	15.432,5	6.979,9	65.915,4
LC/EC 99.0	49.526,2	17.292,9	35.3717,0

**Tabel 6. Hasil uji Probit limbah fiber keramik ke dua**

	Kons.	95% selang kepercayaan	
		Batas bawah	Batas atas
LC/EC 1.0	3,6	0,1	18,6
LC/EC 5.0 LC/	18,5	1,2	60,3
EC 10.0	44,2	5,9	114,3
LC/EC 15.0	79,7	13,7	177,8
<b>LC/EC 50.0</b>	<b>959,7</b>	<b>533,6</b>	<b>1.872,3</b>
LC/EC 85.0	11.555,1	4.521,9	97.549,3
LC/EC 90.0	20.817,9	6.977,3	264.754,2
LC/EC 95.0	49.801,4	13.142,5	1.173.297,0
LC/EC 99.0	255.695,1	42.445,8	1.944.0726,0



Gambar 4. Pengamatan parameter fisika dan kimia

DHL maupun TDS berpotensi menghambat proses penyaringan makanan *Daphnia* sp. sehingga dapat menyebabkan kematian.

#### IV. SIMPULAN

Nilai toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) dari limbah fiber keramik yang berbahan dasar aluminosilicate dapat ditentukan melalui uji toksisitas akut menggunakan hewan uji *Daphnia* sp. Rentang nilai  $LC_{50}$  limbah fiber keramik yang berhasil diperoleh pada kajian ini berkisar 924,7–959,7 ppm. Informasi ini berguna dalam penyusunan MSDS fiber keramik dan nilai toksisitas terhadap hewan akuatik. Pengujian  $LC_{50}$  penting dalam penyusunan batas aman karakteristik limbah dan bahan beracun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan - Serpong untuk fasilitas penelitiannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. ECHA. Aluminosilicate Refractory Ceramic Fibres Hensinki: European Chemical Agency; 2009.
2. Headley A, Hileman M, Robbins A, Roberts C, editors. Thermal Conductivity Measurements of Ceramic Fiber Insulation Materials. ASTFE Digital Library; 2018: Begel House Inc.
3. Material safety data sheet MSDS No CMAXB012. Aluminosilica fiber. Beijing: CNBM International Co.
4. Fraser H. The electric kiln: University of Pennsylvania Press; 2000.
5. Horwell CJ, Le Blond JS, Michnowicz SA, Cressey G. Cristobalite in a rhyolitic lava dome: evolution of ash hazard. Bulletin of Volcanology. 2010;72(2):249-53.
6. Utell MJ, Maxim LD. Refractory ceramic fiber (RCF) toxicity and epidemiology: a review. Inhalation toxicology. 2010;22(6):500-21.
7. Maxim LD, Utell MJ. Review of refractory ceramic fiber (RCF) toxicity, epidemiology and occupational exposure. Inhalation Toxicology. 2018;30(2):49-71.

8. IARC. Man-made mineral fibres : Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. In: Cancer IAFRo, editor. Lyon: WHO; 2002. p. 381.
9. Turci F, Tomatis M, Pacella A, Gualtieri A. Surface and bulk properties of mineral fibres relevant to toxicity. *Mineral Fibres: Crystal chemistry, chemical physical properties, biological interaction and toxicity EMU Notes in Mineralogy*. 2017;18:171-214.
10. Effendi H, Emawan AH, Wardiatno Y, Krisanti M. Toksisitas akut (LC50) serbuk bor (cuttings) terhadap *Daphnia* sp. *Bumi Lestari Journal of Environment*. 2012;12(2).
11. Landis W, Sofield R, Yu M-H, Landis WG. *Introduction to environmental toxicology: impacts of chemicals upon ecological systems*: Crc Press; 2003.
12. Rumahlatu D. Biomonitoring: Sebagai alat asesmen kualitas perairan akibat logam berat kadmium pada invertebrata perairan. *SAINSTIS*. 2012.
13. Sadeq SA, Beckerman AP. The chronic effects of copper and cadmium on life history traits across Cladocera species: a meta-analysis. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 2019;76(1):1-16.
14. Martins C, Jesus FT, Nogueira AJA. The effects of Copper and Zinc on survival, growth and reproduction of the cladoceran *Daphnia longispina*: introducing new data in an “old” issue. *Ecotoxicology*. 2017;26(9):1157-69.
15. Pangkey H. *Daphnia* dan penggunaannya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. 2009(3):33-6.
16. Altshuler I, Demiri B, Xu S, Constantin A, Yan ND, Cristescu ME. An Integrated Multi-Disciplinary Approach for Studying Multiple Stressors in Freshwater Ecosystems: *Daphnia* as a Model Organism. *Integrative and Comparative Biology*. 2011;51(4):623-33.
17. Cooman K, Debels P, Gajardo M, Urrutia R, Barra R. Use of *Daphnia* spp. for the ecotoxicological assessment of water quality in an agricultural watershed in South-Central Chile. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2005;48(2):191-200.
18. Clare J. *Daphnia: An Aquarist's Guide: caudata*; 2002 [cited 2017 October 5]. Available from: <https://www.caudata.org/daphnia/>.
19. USEPA. Method for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms (Fifth Edition). EPA-821-R-02-012. Washington DC: USEPA; 2002.
20. Pusarpedal. Laporan pengkajian dan pengembangan metode : toksikologi. Tangerang Selatan: KLH, 2012.
21. Suzhen L, Peng W. The acute biological toxicity of environmental hormone cadmium to *daphnia carinata*. *Environmental Protection and Technology*. 2011(2):13.
22. Fikirdeşici Ş, Altındağ A, Özdemir E. Investigation of acute toxicity of cadmium-arsenic mixtures to *Daphnia magna* with toxic units approach. *Turkish Journal of Zoology*. 2012;36(4):543-50.