

# Uji toksisitas akut (LC<sub>50</sub>) limbah pengeboran minyak bumi terhadap *Daphnia magna*

D. A. Anggraini<sup>1</sup>, H. Effendi<sup>2\*</sup>, M. Krisanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

## Abstrak.

Kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi dapat menghasilkan limbah yang berpotensi toksik bagi lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung konsentrasi supernatan *cutting* yang dapat mematikan 50% biota uji dengan waktu paparan 96 jam. Percobaan menggunakan wadah kaca untuk menentukan nilai LC<sub>50</sub> pada waktu paparan 24, 48, 72 dan 96 jam. Kegiatan penelitian dibagi menjadi dua tahapan, yaitu uji pendahuluan dan uji utama. Berdasarkan hasil penelitian, nilai LC<sub>50</sub>-96 jam dari supernatan *cutting* sebesar 58.241 ppm. Dengan demikian, sesuai PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006 bahwa limbah minyak bumi tersebut dapat dibuang langsung ke perairan, karena nilai LC<sub>50</sub>-96 jam >30.000 ppm. Semakin lama *D. magna* terpapar *cutting*, semakin banyak bagian tubuh *D. magna* yang mengalami kerusakan.

Kata kunci: *cutting*, *Daphnia magna*, uji toksisitas akut, LC<sub>50</sub>

## Abstract.

*Oil and gas exploration activities can potentially produce toxic waste for the aquatic environment. This study aimed to calculate the concentration of cutting supernatant which can kill 50% of the test biota with 96 hours exposure time. The experiment used a glass container to determine the LC<sub>50</sub> value at the time of exposure 24, 48, 72, and 96 hours. Research activities were divided into two stages, namely the preliminary test and the main test. Based on the results of the study, the LC<sub>50</sub>-96 hour value of the supernatant cutting was 58,241 ppm. Accordingly, according to Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 45 of 2006 that petroleum waste can be disposed directly into the waters, because the value of LC<sub>50</sub>-96 hours > 30,000 ppm. The longer *D. magna* is exposed to cutting, the more body parts of *D. magna* are damaged.*

Keywords: *cutting*, *Daphnia magna*, acute toxicity test, LC<sub>50</sub>

## 1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang melimpah dan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi bagi pengembangan industri, rumah tangga, angkutan, perdagangan, dll. Kegiatan pertambangan minyak bumi terdiri dari eksplorasi, eksploitasi, pengolahan atau pemurnian dan pemasaran hasil. Kegiatan eksploitasi minyak bumi, yaitu melakukan pengeboran minyak bumi secara bertahap dan setiap tahapannya akan menghasilkan limbah baik padat maupun cair. Beberapa bahan yang terkait dengan kegiatan pengeboran minyak bumi diantaranya *drilling mud* dan *soil cutting* (Breuer *et al.* 2004). Kegiatan eksploitasi, pengolahan atau pemurnian dapat mengakibatkan gangguan keseimbangan yang cukup besar, salah satunya adalah lingkungan perairan. Penambangan minyak bumi dapat mengakibatkan dampak terhadap lingkungan, seperti penurunan kualitas air, perubahan tata guna lahan dan air, serta gangguan terhadap organisme perairan (Fikirdesici *et al.* 2010).

Salah satu organisme yang memegang peranan penting di dalam ekosistem perairan tawar adalah *Daphnia magna*. Organisme *D. magna* memiliki siklus hidup yang relatif singkat, mudah dikultur dalam skala laboratorium dan

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [ditta.anggraini2@gmail.com](mailto:ditta.anggraini2@gmail.com)

merupakan mata rantai dalam jaring-jaring makanan di perairan (Tyagi *et al.* 2007). Dodson *et al.* (2000) menyatakan bahwa *D. magna* merupakan hewan yang sensitif terhadap berbagai zat pencemar. Organisme tersebut juga telah digunakan sebagai standar dalam uji toksisitas (USEPA 1987). Asupan limbah pengeboran minyak ke dalam perairan akan menimbulkan pencemaran yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup *D. magna*.

Pencemaran yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan minyak dapat dicegah, yaitu dengan menentukan batasan volume dari limbah pengeboran minyak. Ketentuan tentang limbah pengeboran minyak terdapat pada PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Lumpur Bor, Limbah Lumpur dan Serbuk Bor pada Kegiatan Pengeboran Minyak dan Gas Bumi. Ketentuan tentang limbah pengeboran minyak dilihat dari ukuran nilai LC<sub>50-96</sub> jam yang memiliki nilai  $\geq 30.000$  ppm. Nilai LC<sub>50</sub> digunakan untuk melihat konsentrasi efektif toksikan yang mampu mematikan 50% biota uji dalam waktu tertentu. Jika limbah pengeboran minyak mempunyai nilai LC<sub>50-96</sub> jam  $\leq 30.000$  ppm, maka limbah tidak dapat langsung dibuang ke perairan melainkan harus melewati pengolahan terlebih dahulu. Jika nilai LC<sub>50-96</sub> jam limbah pengeboran minyak  $\geq 30.000$  ppm, maka limbah dapat langsung dibuang ke perairan karena limbah tidak bersifat toksik (PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006). Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian mengenai toksisitas limbah pengeboran minyak terhadap *D. magna* melalui studi *bioassay* untuk menentukan nilai LC<sub>50-96</sub> jam.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung konsentrasi supernatan dari limbah serbuk bor (*cutting*) yang dapat mematikan 50% *D. magna* sebagai biota uji dengan waktu pemaparan 96 jam. Penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai limbah pengeboran minyak bumi yang dapat dibuang langsung ke lingkungan sekitar atau melalui pengolahan terlebih dahulu berdasarkan pada PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei tahun 2016. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Plankton, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

### **2.2. Prosedur penelitian**

Sebagian besar metode kerja dalam penelitian ini diadopsi dari *Procedures for Conducting Daphnia magna Toxicity Bioassay* (USEPA 1987).

### 2.2.1. Aklimatisasi dan pemeliharaan hewan uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian adalah *D. magna* yang berasal dari pembudidaya *D. magna* yang berlokasi di daerah Dramaga, Bogor. Induk diaklimatisasi di dalam wadah agar dapat hidup sesuai kondisi fisik dan kimia yang diinginkan (Mehdipour *et al.* 2011). Induk *D. magna* diaklimatisasi ke dalam akuarium (30×30×30 cm). Air yang digunakan sebagai media hidup adalah Air PDAM. Pada proses aklimatisasi, media lama diganti dengan media baru. Air PDAM ditampung dalam bak penampung dan diaerasi sekurang-kurangnya 24 jam sebelum digunakan untuk mengurangi kandungan klor.

Pemeliharaan *D. magna* dilakukan setelah air yang digunakan diberi pupuk berupa kotoran ayam. Bahan pupuk berupa kotoran ayam kering yang dimasukkan ke dalam kain kemudian dibenamkan ke dasar akuarium. Pemupukan ini dapat menimbulkan efek pada warna air setelah 4 hari, yaitu perubahan pada warna air dari bening menjadi kuning kecokelatan. Sebelum digunakan, air kotoran ayam tersebut disaring terlebih dahulu. Selain untuk memberikan kondisi lingkungan yang sesuai, kotoran ayam ini merupakan bahan organik yang menjadi pakan alami *D. magna* (Zahidah *et al.* 2012).

Selama tahap pemeliharaan, diberikan pakan buatan berupa EM<sub>4</sub> dan ragi (Jusadi *et al.* 2008). Pembagian waktu kultur *D. magna* dalam 1 hari dengan menggunakan 16 jam cahaya dan 8 jam tidak menggunakan cahaya, serta kisaran suhu antara 24–28°C (Guilhermino *et al.* 2000).

### 2.2.2. Penyediaan neonat

Kegiatan penyediaan neonat diawali dengan memisahkan 10 induk yang memiliki embrio dari wadah kultur yang dilakukan 24 jam sebelum uji. Ciri-ciri induk yang memiliki embrio matang (siap menetas) biasanya terlihat dari telur yang ada di punggungnya (*brood chamber*) telah berwarna oranye (Stollewerk 2010). Induk-induk ini kemudian ditempatkan di dalam cawan petri yang sudah dicampurkan air tawar dan pakan. Dalam kurun waktu kurang dari 24 jam induk-induk tersebut akan menetas neonat. Instar pertama *D. magna* yang berumur ≤24 jam merupakan neonat (Barata and Baird 2000). Neonat inilah yang akan digunakan sebagai biota uji dalam penelitian.

### 2.2.3. Pembuatan toksikan

Toksikan yang digunakan berupa limbah serbuk bor (*cutting*) yang berasal dari salah satu perusahaan minyak dan gas di Balikpapan, Kalimantan Timur. Air tawar yang digunakan adalah air PDAM yang telah diaerasi selama 24 jam.

Toksikan yang akan digunakan untuk uji pendahuluan dan uji toksisitas adalah supernatan yang merupakan hasil pencampuran antara limbah pengeboran minyak dengan air tawar. Perbandingan antara bobot limbah dengan volume air tawar yaitu sebesar 1 kg/l. Konsentrasi supernatan limbah

(hasil pelarutan limbah dengan air tawar) yaitu sebesar 1.000.000 ppm, dengan asumsi pelarutan limbah bersifat homogen. Setelah itu dilakukan pengenceran limbah dengan volume tertentu pada uji pendahuluan dan uji toksisitas.

#### 2.2.4. Uji pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan selang konsentrasi limbah yang akan digunakan pada uji utama. Uji pendahuluan dilakukan dengan cara menguji beberapa konsentrasi supernatan limbah terhadap hewan uji. Hewan uji pada uji pendahuluan berjumlah 10 ekor yang dipaparkan terhadap toksikan di dalam wadah kaca selama 24 jam. Perlakuan berupa lima variasi pengenceran limbah dan kontrol, masing-masing dengan tiga kali ulangan. Setiap wadah uji berkapasitas 250 ml dan volume larutan 100 ml.

Uji pendahuluan digunakan untuk menentukan konsentrasi ambang atas (N) dan konsentrasi ambang bawah (n). Penentuan konsentrasi awal dan konsentrasi selanjutnya menggunakan rasio atau perbandingan sebesar 0,5 (APHA 1995). Konsentrasi ambang atas (N) adalah konsentrasi terendah dari toksikan yang menyebabkan seluruh hewan uji mati pada pemaparan waktu 24 jam, sedangkan konsentrasi ambang bawah (n) adalah konsentrasi tertinggi dari toksikan yang tidak menyebabkan kematian hewan uji pada pemaparan waktu 24 jam. Menurut Komisi Pestisida (1983) *in* Adhiarni (1997), penentuan selang kepercayaan dari konsentrasi tertinggi dan konsentrasi terendah dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } \frac{N}{n} = k \log \frac{a}{b} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{a}{n} = \frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} = \frac{e}{d} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- N = Konsentrasi tertinggi
- n = Konsentrasi terendah
- k = Jumlah konsentrasi yang diuji
- a, b, c, d dan e = Konsentrasi antara konsentrasi terendah dan konsentrasi tertinggi, a adalah konsentrasi terkecil setelah uji pendahuluan dilakukan kemudian ditentukan konsentrasi tertinggi dan terendah untuk kontaminasi. Selang konsentrasi untuk kontaminasi (k=5) ditentukan menggunakan persamaan di atas.

#### 2.2.5. Uji utama

Bentuk percobaan pada uji utama adalah *short term bioassay* dengan menggunakan tipe statik tes (USEPA 1991). *D. magna* yang telah diaklimatisasi, memiliki kondisi yang baik/sehat dan berukuran seragam, dipilih sebagai hewan uji (Hooper *et al.* 2008). Sebanyak 10 ekor neonat *D. magna* dimasukkan ke masing-masing wadah kaca yang sudah diberi kontaminasi dengan konsentrasi tertentu. Terdapat enam wadah kaca berukuran 250 ml, lima diantaranya diberi

perlakuan kontaminan dan sisanya sebagai kontrol, dengan ulangan sebanyak tiga kali. Selama percobaan 96 jam *D. magna* tidak diberi pakan.

### 2.2.6. Pengamatan tingkah laku dan kerusakan morfologi

Pengamatan tingkah laku dilakukan berdasarkan geometrik seri yaitu pada pemaparan waktu 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 dan 96 jam (Novotny and Olem 1994). Pengamatan kerusakan morfologi organisme uji dilakukan pada pemaparan waktu 24, 48, 72 dan 96 jam (Wang *et al.* 2011). Pengamatan dilakukan terhadap kedua antena, badan malphigi, rostrum, ekor dan bulu sensorik pada hewan uji setelah kontaminasi. Pengamatan kerusakan morfologi dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler (Wang *et al.* 2011).

## 2.3. Prosedur analisis data

### 2.3.1. Analisis probit manual

Pendugaan nilai LC<sub>50</sub> yaitu dengan menggunakan metode probit, yakni analisis regresi yang peubah tidak bebasnya berupa kategori. Metode probit mencakup transformasi proporsi mortalitas dengan transformasi probit dan transformasi konsentrasi toksikan ke dalam bentuk logaritma. Hubungan antara variabel yang digunakan pada analisis probit adalah linear dalam bentuk regresi. Transformasi yang dilakukan pada metode probit meliputi penentuan nilai probit empiris, probit harapan, probit kerja dan koefisien pemberat.

Menurut Busvine (1971), tahapan pada penentuan nilai LC<sub>50</sub> dengan menggunakan metode probit secara manual adalah:

1. Transformasi konsentrasi toksikan ke dalam bentuk logaritma basis 10.
2. Proporsi mortalitas yang akan ditransformasi dengan transformasi probit, terlebih dahulu dikoreksi dengan menggunakan persamaan Abbot's (1925) *in* Busvine (1971).

$$P = \frac{P_i - c}{100 - c} \times 100 \%$$

Keterangan:

- P = Mortalitas terkoreksi (%)  
 P<sub>i</sub> = Mortalitas pengamatan (%)  
 c = Mortalitas pada kontrol (%)

3. Probit empiris ditentukan dari proporsi mortalitas yang ditransformasi dengan menggunakan tabel transformasi probit (Bliss 1957 *in* Busvine 1971).
4. Probit harapan ditentukan dari persamaan regresi linear antara log konsentrasi (x) dengan nilai probit empiris (y). Nilai probit harapan (Y) ditentukan dengan memasukkan nilai log konsentrasi (X) ke dalam persamaan regresi tersebut.

$$Y \text{ (probit harapan)} = a + bX$$

5. Probit kerja dan koefisien pembobot merupakan hasil penjumlahan probit kerja minimum ( $y_0$ ) dengan konstanta (K), dikalikan dengan persen kematian hewan uji menggunakan nilai probit harapan (Y) yang di transformasikan dengan tabel koefisien dan nilai probit (Bliss 1935 *in* Busvine 1971). Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan di bawah.

$$Y (\text{Probit Kerja}) = y_0 + (K (\text{Tabel Probit}) \times \text{persen kematian})$$

6. Nilai pemberat ( $w$ ) ditentukan dengan mengalikan antara nilai koefisien pembobot pada tabel Bliss dengan jumlah hewan uji.
7. Tentukan nilai  $wx$  dengan mengalikan antara log volume ( $x$ ) dengan nilai pemberat ( $w$ ).
8. Tentukan nilai  $wy$  dengan mengalikan antara probit kerja ( $y$ ) dengan nilai pemberat ( $w$ ).
9. Tentukan nilai  $wx^2$  dengan mengalikan antara nilai pemberat ( $w$ ) dengan log volume ( $x$ ) yang telah dikuadratkan.
10. Tentukan nilai  $wxy$  dengan mengalikan antara nilai pemberat ( $w$ ) dengan log volume ( $x$ ) dan probit kerja ( $y$ ).
11. Tentukan nilai  $\bar{X}$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum wx}{\sum w}$$

12. Tentukan nilai  $\bar{Y}$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{Y} = \frac{\sum wy}{\sum w}$$

13. Menentukan nilai  $a$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

14. Menentukan nilai  $b$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$b = \frac{\sum wxy - \bar{X} \sum wy}{\sum wx^2 - \bar{X} \sum wx}$$

15. Nilai  $a$  dan  $b$  yang telah didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam bentuk persamaan regresi berikut dengan nilai  $Y$  (probit) yang telah ditransformasikan dengan menggunakan tabel probit.

$$Y(\text{probit}) = a + bX$$

Estimasi nilai LC<sub>50</sub> adalah antilog dari hasil perhitungan di atas.

16. Perhitungan ragam (varian) ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{1}{b} \left( \frac{1}{b^2} + \frac{(m-x)^2}{wx^2 - (\sum wx)^2 / \sum w} \right)$$

Keterangan:

$m = x$  (nilai probit)

17. Selang atas dan selang bawah nilai LC<sub>50</sub> diperoleh melalui persamaan:

$$m \pm 1,96 \sqrt{V}$$

### 2.3.2. Analisis probit berbasis *software*

Perhitungan LC<sub>50</sub> juga dapat menggunakan *Software* EPA Probit Analysis Program Versi 1.5. Pada *User's guide* yang disertakan oleh EPA, disebutkan bahwa program ini mampu menghitung estimasi nilai LC/EC<sub>50</sub> dengan selang kepercayaan sebesar 95%.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Nilai ambang atas (N) dan ambang bawah (n)

Konsentrasi limbah dan jumlah kematian pada uji pendahuluan pertama disajikan pada **Tabel 1**. Kematian 100% biota terdapat pada konsentrasi 400.000 ppm, sedangkan kematian 0% terdapat pada konsentrasi 25.000 ppm.

**Tabel 1.** Konsentrasi limbah dan jumlah kematian pada uji pendahuluan 1.

Konsentrasi		Volume limbah (ml)	Volume air (ml)	Jumlah biota	Jumlah yang mati (%)
%	ppm				
40	400.000	40	60	10	100
20	200.000	20	80	10	80
10	100.000	10	90	10	90
5	50.000	5	95	10	70
2,5	25.000	2,5	97,5	10	0

Hasil dari percobaan pertama menunjukkan bahwa selang konsentrasi ambang atas (N) dan ambang bawah (n) masih terlalu besar. Dengan demikian, maka dilakukan rangkaian percobaan berikutnya dengan selang konsentrasi yang lebih kecil (**Tabel 2**).

**Tabel 2.** Konsentrasi limbah dan jumlah kematian pada uji pendahuluan 2.

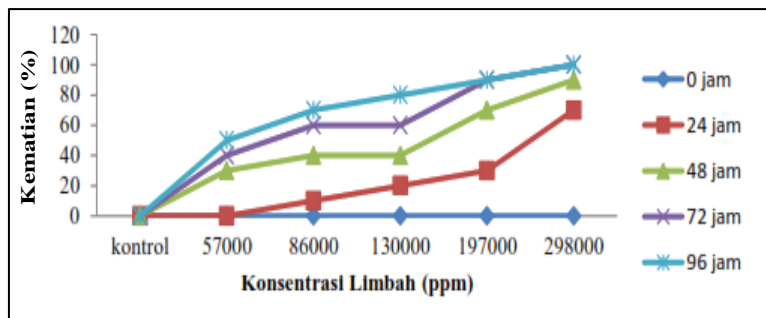
Konsentrasi		Volume limbah (ml)	Volume air (ml)	Jumlah biota	Jumlah yang mati (%)
%	ppm				
30	300.000	30	70	10	100
15	150.000	15	85	10	40
7,5	75.000	7,5	92,5	10	20
3,75	37.500	3,75	96,25	10	0
1,875	18.750	1,875	98,125	10	0

Seluruh biota uji mengalami kematian pada konsentrasi 300.000 ppm. Kematian biota tidak terjadi pada konsentrasi 37.500 ppm. Berdasarkan uji

pendahuluan 1 dan 2 terlihat bahwa nilai ambang atas (N) pada konsentrasi 300.000 ppm, sedangkan nilai ambang bawah (n) adalah 37.500 ppm. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan (1) dan (2) untuk mendapatkan konsentrasi toksikan yang digunakan pada uji utama.

### 3.2. Hasil uji utama

Respon mortalitas *D. magna* pada masing-masing konsentrasi media uji bervariasi sejak waktu pemaparan 24 hingga 96 jam (**Gambar 1**). Waktu pemaparan selama 24 jam menunjukkan bahwa media uji dengan konsentrasi 298.000 ppm menyebabkan sebanyak 70% *D. magna* mati. Waktu pemaparan selama 48 jam pada konsentrasi yang sama menyebabkan mortalitas meningkat menjadi 90%. Selanjutnya dengan waktu pemaparan selama 72 jam dan 96 jam, mortalitas mencapai 100% pada konsentrasi limbah yang sama.



**Gambar 1.** Hubungan antara konsentrasi limbah (ppm) dengan jumlah kematian (%) pada pemaparan waktu tertentu.

Analisis nilai LC<sub>50</sub> dilakukan dengan waktu pemaparan yang berbeda, yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Nilai LC<sub>50</sub> yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan secara manual dan *software* EPA Probit Analysis Program Versi 1.5 secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Nilai LC<sub>50</sub> uji toksisitas 24, 48, 72 dan 96 jam.

Waktu (jam)	Nilai LC <sub>50</sub>		Kisaran Nilai LC <sub>50</sub> dengan Selang Kepercayaan 95 % (ppm)
	Perhitungan <i>Software</i>	Perhitungan Manual	
24	232.790	233.154	176.006–420.173
48	114.964	113.291	65.075–176.020
72	76.384	76.367	37.008–105.005
96	58.241	57.619	13.658–84.979

Hasil uji dengan selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa limbah *cutting* dengan konsentrasi 58.241 ppm dapat mematikan 50% populasi *D. magna* selama 96 jam. Selain itu, hasil uji juga menunjukkan bahwa nilai LC<sub>50</sub>



semakin menurun seiring dengan meningkatnya waktu pemaparan. Studi lain dari Utomo (2008) menemukan bahwa LC<sub>50</sub>-96 jam dari limbah *cutting* terhadap benur udang windu (*P. monodon*) adalah sebesar 91.706 ppm.

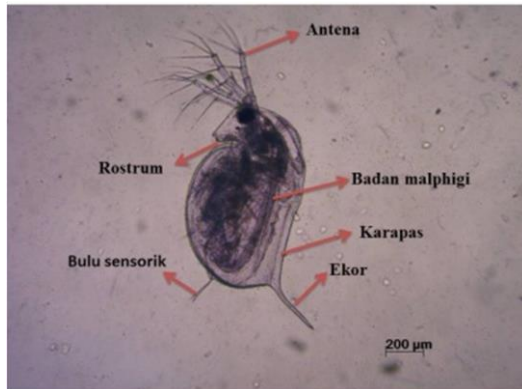
Berdasarkan PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006, batasan nilai LC<sub>50</sub>-96 jam limbah pengeboran minyak (*used drilling mud and cutting*) adalah  $\geq 30.000$  ppm. Nilai LC<sub>50</sub>-96 jam pada penelitian ini sebesar 58.241 ppm (memenuhi batas ketentuan regulasi), sehingga limbah *cutting* dapat langsung dibuang ke perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

### 3.3. Pengaruh limbah terhadap tingkah laku dan kerusakan morfologi *D. magna*

Tingkah laku hewan uji masih terlihat normal saat dimasukkan ke dalam media uji pada waktu ke-0. Pada waktu jam ke 3, *D. magna* pada media uji (298.000 ppm) mulai menunjukkan tingkah laku yang tidak normal. *D. magna* mulai mengalami stres, berenang di permukaan dan beberapa mengalami *moulting* pada jam ke 6. Organisme *D. magna* pada seluruh konsentrasi mulai melemah dan *moulting* serta berada pada permukaan wadah pada jam ke 12. Pada jam ke 24 terlihat respon semakin lemah, pergerakan menurun dan *moulting* terjadi pada seluruh media uji, kecuali pada kontrol.

Kematian beberapa *D. magna* terjadi pada semua media uji pada jam ke-48. Setelah 72–96 jam, seluruh biota uji mengalami kematian dan perubahan warna pada konsentrasi 298.000 ppm. Gejala *D. magna* sebelum mati secara visual adalah sangat lemahnya pergerakan dan respon terhadap rangsangan dari luar. Kematian ditandai dengan perubahan warna tubuh.

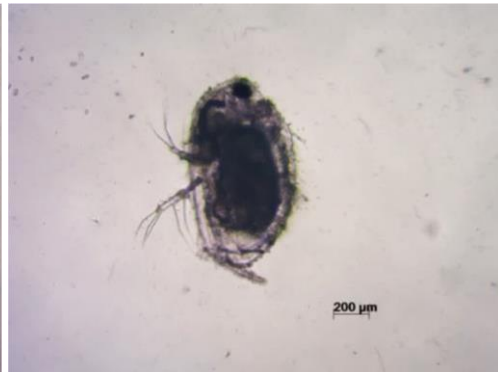
Kerusakan bentuk tubuh dapat dilihat dengan membandingkan antara bentuk tubuh biota uji pada wadah kontrol dan perlakuan. **Gambar 2** merupakan kondisi *D. magna* sebelum dilakukan pemaparan, terlihat bahwa kondisi *D. magna* masih dalam keadaan normal. Setelah dilakukan pemaparan selama 24 jam terlihat bahwa morfologi *D. magna* mulai mengalami perubahan, yaitu kedua antena mulai hilang (**Gambar 3**). Selanjutnya kondisi *D. magna* semakin memburuk, ditandai dengan ekor, kedua antena dan tubuh *D. magna* mulai rusak setelah pemaparan selama 48 jam (**Gambar 4**). Pada waktu pemaparan 72 jam kondisi *D. magna* terlihat lebih buruk dari kondisi sebelumnya, organ dalam tubuh *D. magna* mulai keluar (**Gambar 5**). Pada pemaparan selama 96 jam, kondisi tubuh sangat buruk dibandingkan kondisi sebelumnya, struktur morfologi tubuh menjadi tidak terlihat jelas (**Gambar 6**).



**Gambar 2.** *Daphnia magna* normal.



**Gambar 3.** Morfologi *Daphnia magna* setelah dipaparkan toksikan selama 24 jam.



**Gambar 4.** Morfologi *Daphnia magna* setelah dipaparkan toksikan selama 48 jam.



**Gambar 5.** Morfologi *Daphnia magna* setelah dipaparkan toksikan selama 72 jam.



**Gambar 6.** Morfologi *Daphnia magna* setelah dipaparkan toksikan selama 96 jam

Organisme *D. magna* pada wadah kontrol tidak ada yang mati. Konsentrasi media uji yang paling berpengaruh terhadap mortalitas *D. magna* adalah konsentrasi tertinggi, yaitu 298.000 ppm. Media uji memberikan respon mortalitas yang begitu cepat terhadap *D. magna* pada awal pemaparan, menandakan kadar toksikan yang tinggi pada limbah dengan konsentrasi tertentu. Secara umum mortalitas meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemaparan, semakin tinggi konsentrasi toksikan maka sel tubuh *D. magna* semakin mengalami kerusakan. Hal tersebut disebabkan oleh limbah pengeboran minyak yang mengandung zat-zat toksik yang dapat merusak organ tubuh. Melnikov and Freitas (2010) menjelaskan, kromium merupakan salah satu komponen limbah *cutting* yang membahayakan kehidupan *Daphnia*. Besar kemungkinan bahan-bahan penyusun *cutting* inilah yang menyebabkan kematian pada *D. magna*.

Pemaparan terhadap *cutting* juga dapat memberikan dampak terhadap perubahan tingkah laku *D. magna*. Perubahan tingkah laku ditandai dengan pergerakan *D. magna* yang tidak normal seperti berenang ke permukaan. Kondisi ini kemudian menyebabkan kerusakan struktur fisiologis *D. magna*, seperti *moulting*, rusaknya kedua antena dan hancurnya struktur tubuh bagian dalam. Altindag *et al.* (2008) menjelaskan, salah satu dampak dari toksikan yaitu terjadi kerusakan bentuk tubuh biota uji. Perubahan morfologi atau kerusakan tubuh hewan uji diduga akibat pengaruh dari salah satu komponen limbah *cutting*, yaitu kadmium dan arsen yang dapat merusak bagian-bagian tubuh *D. magna*. Fenomena ini serupa dengan hasil uji toksisitas akut kadmium dan arsen terhadap *D. magna* yang dilakukan oleh Fikirdesici *et al.* (2010), yaitu kadmium dan arsen dapat merusak bagian tubuh *D. magna*.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis probit menunjukkan nilai LC<sub>50</sub> dari supernatan *cutting* terhadap *D. magna* pada waktu pemaparan 96 jam adalah 58.241 ppm. Supernatan *cutting* diduga bersifat tidak toksik karena nilai LC<sub>50</sub>-96 jam masih dalam kisaran yang telah ditetapkan dalam PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006 yaitu  $\geq 30.000$  ppm. Oleh karena itu, berdasarkan regulasi yang sama, limbah *cutting* dapat langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Namun demikian dalam pembuangannya harus mendapatkan izin dari pemerintah.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Adhiarni R. 1997. Pengaruh lanjut kontaminasi brine terhadap pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*, Linn) ukuran 4-6 cm [Skripsi]. Departemen

Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Altindag A, Ergonul MB, Yigit S and Baykan O. 2008. The acute toxicity of lead nitrat on *Daphnia magna* Straus. African Journal of Biotechnology 7(23):4298-4300.
- [APHA] American Public Health Association. 1995. Standard methods: for the examination of water and wastewater 19th edition. APHA. Washington DC.
- Barata C and Baird DJ. 2000. Determining the ecotoxicological mode of action of chemicals from measurement made on individuals : results from-instar test with *Daphnia magna* Straus. Aquatic Toxicology 48:195-209.
- Breuer E, Stevenson AG, Howe JA, Carroll J and Shimmield GB. 2004. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and Chemical fate. Marine Pollution Bulletin 48:12-25.
- Busvine JR. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides, second edition. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough.
- Dodson SI, Merritt CM, Shurin JB and Redman KG. 2000. *Daphnia* reproductive bioassay for testing toxicity of aqueous sample and presence of an endocrine disrupter. US Patent 6,150,126:1-7.
- Fikirdesici S, Altindag A and Ozdemir E. 2010. Investigation of acute toxicity of cadmium-arsenic mixtures to *Daphnia magna* with toxic units approach. Turk J Zool 36(4):543-550.
- Guilhermino L, Diamantino T, Silva MC and Soares AMVM. 2000. Acute toxicity test with *Daphnia magna*: an alternative to mammals in the prescreening of chemical toxicity. Ecotoxicology and Environmental Safety 46:357-362.
- Hooper HL, Cannon R, Callaghan A, Fryer G, Buchanan SY, Biggs J, Steve J, Hutchinson TH and Sibly RM. 2008. The ecological niche of *Daphnia magna* characterized using population growth rate. Ecology 89(4):1015-1022.
- Jusadi D, Meylani I dan Utomo NBP. 2008. Kadar vitamin c dalam tubuh *Daphnia sp.* yang diperkaya dengan vitamin c pada lama waktu pengkayaan yang berbeda. Jurnal Akuakultur Indonesia 7(1):11-17.
- Mehdipour N, Fallahi M, Takami A, Vossoughi G and Mashinchian A. 2011. Freshwater green algae *Chlorella sp* and *Scenedesmus obliquus* enriched with B group of vitamins can enhance fecundity of *Daphnia magna*. Iranian Journal of Science & Technology A2:157-163.
- Melnikov P and Freitas T. 2010. Evaluation of acute chromium (III) toxicity in relation to *Daphnia similis*. Journal of Water Resource and Protection 3:127-130.
- Novotny V and Olem H. 1994. Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold. New York.

- PerMenESDM (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral) Nomor 45 Tahun 2006 tentang pengelolaan lumpur bor, limbah lumpur dan serbuk bor pada kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi.
- Stollewerk A. 2010. The water flea *Daphnia* a new model system for ecology and evolution. *Journal of Biology* 21:1-4.
- Tyagi VK, Chopra AK, Durgapal NC and Kumar A. 2007. Evaluation of *Daphnia magna* as an indicator of toxicity and treatment efficacy of municipal sewage treatment plant. *Journal Applied Science Environmental Management* 11:61–67.
- [USEPA] United States Environmental Protection Agency. 1987. Procedure for conducting *Daphnia magna* toxicity bioassay prepare for the office of solid waste. USEPA. Washington DC.
- [USEPA] United States Environmental Protection Agency. 1991. Methods for measuring the acute toxicity of effluent and receiving waters to freshwater and marine organisms (fourth edition). USEPA. Washington DC.
- Utomo BA. 2008. Uji toksisitas limbah hasil pengeboran minyak menggunakan studi bioassay LC<sub>50</sub> pada hewan uji benur udang windu (*Penaeus monodon*) [Skripsi]. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wang KS, Lua CY and Changa SH. 2011. Evaluation of acute toxicity and teratogenic effects of plant growth regulators by *Daphnia magna* embryo assay. *Journal of Hazardous Materials* 190:520–528.
- Zahidah, Gunawan W dan Subhan U. 2012. Pertumbuhan populasi *Daphnia spp* yang diberi pupuk limbah budidaya Karamba Jaring Apung (KJA) di Waduk Cirata yang telah di fermentasi EM<sub>4</sub>. *Jurnal Akuatika* 3(1):84-94.