

TINGKAT TOKSISITAS PENTAKLOROFENOL TERHADAP ORGANISME AIR TAWAR

Rina S Soetopo ^{*)}, Krisna Aditya, Ilisya P. Indrasari

^{*)} Peneliti Bidang Lingkungan Pada Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK)

TOXICITY LEVEL OF PENTACHLOROPHENOL ON FRESH WATER ORGANISM

ABSTRACT

Pentachlorophenol is one of the AOX compound components found in pulp bleaching effluents. Pentachlorophenol is bioaccumulative with the bioconcentration factor in Daphnia magna about 400 (OSPARCOM, 1999). The research on the influence of pentachlorophenol to aquatic organism Daphnia magna have been conducted at neutral pH and temperature 29°C. It was carried out in 2 stages that are acute toxicity test for 24 hour and chronic toxicity test for one cycle live based on OECD guidelines 202 (1984). Acute toxicity test carried out at a range pentachlorophenol concentration about 300 - 550 ppb. Chronic toxicity test conducted with the semi-static method at three pentachlorophenol concentration namely 0,16 pp,; 1,6 ppb, and 16 ppb. Data of acute toxicity test are analyzed by probit analysis to calculate the 24 hour EC₅₀ immobilization concentration (EC₅₀-24h) with 95% confidence limit. Data from chronic toxicity test are calculated to find out daily survivorship, daily age specific fecundity, and net reproductive rate according to Sorensen (1996). The results of experiments indicate that pentachlorophenol have the EC50-24 hour value to Daphnia Magna at about 359 – 455 ppb. The chronic effect of pentachlorophenol to Daphnia magna are decreasing mean daily survivorship, mean daily age specific fecundity, and mean net reproductive rate.

Keywords : Pentachlorophenol, Daphnia magna, daily survivorship, daily age specific fecundity, net reproductive rate

INTISARI

Pentachlorophenol adalah salah satu komponen senyawa AOX yang terdapat dalam air limbah proses pemutihan pulp. Pentaklorofenol bersifat bioakumulatif dengan faktor biokonsentrasi dalam organisme Daphnia magna 400 (OSPARCOM, 1999). Percobaan pengaruh pentaklorofenol terhadap organisme perairan Daphnia magna telah dilakukan pada pH netral dan suhu sekitar 29°C. Percobaan dilakukan dalam 2 tahap yaitu uji toksisitas akut dilakukan selama 24 jam dan uji toksisitas kronis dilakukan selama satu siklus hidup mengacu pada metoda OECD 202 (1984). Uji toksisitas akut dilakukan pada 5 konsentrasi pentaklorofenol (300 – 550 ppb). Uji toksisitas kronis dilakukan dengan metoda semi statis pada 3 konsentrasi pentaklorofenol yaitu 0,16 ppb, 1,6 ppb dan 16 ppb. Terhadap data uji toksisitas akut dilakukan perhitungan nilai EC50 dengan analisa probit, dan terhadap data uji toksisitas kronis dilakukan perhitungan kesintasan harian (survivorship, I_x), fekunditas harian (age spesific fecundity, m_x), dan laju reproduktif bersih (net reproductive rate, Ro) menurut Sorensen (1996). Hasil percobaan, menunjukkan bahwa pentaklorofenol memiliki nilai EC50-24jam terhadap organisme akuatik Daphnia magna berkisar antara 359 – 455 ppb dan bersifat kronis. Efek kronis pentaklorofenol terhadap Daphnia magna adalah menurunkan kesintasan harian, fekunditas harian, dan laju reproduktif bersih.

Kata kunci : Pentaklorofenol, Daphnia magna, EC50, kesintasan harian, fekunditas harian, laju reproduksi bersih

PENDAHULUAN

Industri pulp dan kertas merupakan salah satu industri andalan Indonesia sebagai sumber penghasil devisa. Pada saat ini terdapat 81 industri pulp dan kertas yang terdiri dari 67 industri kertas, 4 industri pulp, dan 11 industri pulp dan kertas terpadu (APKI, 2005). Diperkirakan sekitar 50% pulp di Indonesia adalah pulp putih yang diperoleh melalui proses pemutihan. Proses pemutihan pulp yang digunakan di Indonesia terdiri dari proses pemutihan konvensional, substitusi klor, dan *elemental chlorine free* (ECF). Pada proses pemutihan pulp terjadi pelarutan lignin dari pulp untuk meningkatkan kecerahan pulp menjadi berwarna putih. Reaksi yang terjadi antara lignin dan bahan kimia yang digunakan dalam proses pemutihan pulp menghasilkan senyawa organoklorin yang akan terbuang bersama dengan air limbah.

Senyawa organoklorin yang terkandung dalam air limbah industri pulp dan kertas ini, terutama yang berasal dari industri yang melakukan proses pemutihan dengan klor, merupakan senyawa yang dapat mencemari lingkungan. Air limbah yang mengandung senyawa-senyawa organoklorin dapat bersifat toksik dan mengancam kehidupan biota akuatik. Jumlah total senyawa organoklorin yang terkandung dalam air limbah dapat diidentifikasi sebagai parameter AOX (Adsorbable Organik Halides).

Sehubungan dengan masih adanya industri pulp dan kertas di Indonesia yang masih melakukan proses pemutihan dengan cara konvensional dan substitusi klor, maka penelitian penentuan tingkat toksisitas kronis pentaklorofenol terhadap organisme *Daphnia magna* ini dilakukan dengan harapan pihak industri dapat mengantisipasi terjadinya pencemaran lingkungan perairan. Tulisan ini melaporkan hasil percobaan tentang pengaruh pentaklorofenol terhadap organisme perairan *Daphnia magna* yang dilakukan dengan menggunakan prosedur uji toksisitas akut dan kronis menurut standar OECD *Guideline for Testing of Chemicals* No 202 Tahun 1984 dan 2004.

TINJAUAN PUSTAKA

AOX merupakan komponen-komponen organik yang mengandung satu atau lebih atom terhalogenasi (klor, brom, iod dan fluor) yang terikat pada atom karbonnya. Sebanyak 75 –

90% dari senyawa organoklorin memiliki berat molekul tinggi (> 1000), sulit diidentifikasi dan memiliki struktur yang sangat bervariasi, sedangkan sisanya 10 – 25% memiliki berat molekul yang rendah, bersifat hidrofil dan lipofil, berpotensi toksik dan bioakumulatif. Beberapa senyawa organoklorin telah diidentifikasi dan salah satunya dari kelompok klorofenol (CEPA,1991).

Pentaklorofenol merupakan salah satu komponen AOX yang terdapat dalam air limbah proses pemutihan pulp (Farrokhi. *Et all*, 2003). Pentaklorofenol memiliki rumus molekul C_6HCl_5O , berat molekul 266,35 bersifat bioakumulatif dengan koefisien partisi Log Kow 3,32 atau Log Koc 4,5 dan faktor biokonsentrasi dalam organisme akuatik antara 100 – 1000 (WHO, 2003). Tingkat toksisitasnya terhadap organisme akuatik sangat tergantung pada pH. Menurut WHO (2003), nilai toksisitas akut pentaklorofenol terhadap organisme akuatik pada pH asam (pH 4) lebih tinggi dibanding pada pH basa (pH 9). Dalam CEPA (1991), dijelaskan bahwa kandungan pentaklorofenol dalam badan air penerima limbah industri pulp dan kertas di Inggris adalah 1,7 – 2,8 ppb dan hasil uji toksisitas akut menunjukkan bahwa air limbah proses pemutihan pulp kraft memiliki nilai LC-50, 96 jam 200 $\mu\text{g/L}$ terhadap organisme ikan. Rata-rata dekomposisi pentaklorofenol terdeteksi sangat rendah yaitu di air yang mengalir (0,01 – 16 $\mu\text{g/L}$), dalam sistem air permukaan (1,3 – 12 $\mu\text{g/L}$) dan di air laut (0,02 – 11 $\mu\text{g/L}$). Pentaklorofenol mengikat protein mitokondria dan menghambat aktivitas ATP-ase mitokondria. Pengikatan enzim protein yang dihasilkan mengawali terjadinya penghambatan pada enzim selular lain. Selain itu, pentaklorofenol dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, dan mulut (ATSDR, 2001). Pendedahan pentaklorofenol dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem endokrin, sistem imunitas, dan sistem reproduksi (CEPA, 1991).

Daphnia magna sebagai biota perairan dengan ukuran tubuh antara 0,2 – 6 mm, merupakan organisme yang sangat sensitif terhadap bahan pencemar yang dibuang ke perairan (Parks, 1996). *Daphnia (Copepoda)* merupakan salah satu komponen dasar komunitas zooplankton dalam rantai makanan di perairan air tawar (Rossoulzadegan, 2001) dan merupakan organisme air tawar dari kelompok invertebrata yang umum digunakan sebagai organisme dalam uji toksisitas yang telah diakui

oleh organisasi internasional seperti *United States - Environmental Protection Agency* (US-EPA), dan *Organisation For Economic Co-operation and Development* (OECD). *Daphnia magna* memiliki ukuran tubuh antara 0,2 – 6 mm dan *neonate* nya dapat berukuran 0,2 – 0,8 mm.

BAHAN DAN METODE

Pentaklorofenol, Organisme Uji dan Medium Nutrisi

Bahan uji senyawa organoklorin yang digunakan adalah pentaklorofenol 98% dari ALDRICH. Organisme uji yang digunakan adalah invertebrata dari *copepoda* yaitu *Daphnia magna* yang diperoleh dari Laboratorium PUSAIR- Bandung. Medium pengkulturan yang digunakan adalah air kolam yang tidak tercemar. Pengkulturan *Daphnia magna* dilakukan dalam akuarium volume 5 liter. Induk *Daphnia* yang sudah siap menghasilkan *neonate* (anak *daphnia*) dipindahkan dari medium pengkulturan ke medium nutrisi dalam gelas kimia 50 ml, dan biarkan *neonate* keluar dari tubuh induknya. Umur *neonate* yang digunakan sebagai organisme uji maksimal 24 jam.

Pembuatan medium nutrisi dilakukan menurut OECD-202, 2004 dengan komposisi 0,096 g NaHCO₃; 0,06 g CaCl₂·2H₂O; 0,06 g MgSO₄·7H₂O; 0,004 g KCl. Medium ini memiliki konduktivitas 400 µS/cm dengan pH diatur pada pH 7,4 dan di aerasi sampai kadar oksigen terlarut tidak kurang dari 60% dari kadar oksigen jenuh.

Metoda Percobaan

Percobaan dilakukan dalam 2 tahap yaitu uji toksisitas akut dilakukan dalam 24 jam dan uji toksisitas kronis dilakukan dalam 30 hari. Uji toksisitas akut dan uji toksisitas kronis dilakukan menurut metoda OECD 202-1984. Uji toksisitas akut diawali dengan penentuan kisaran konsentrasi kematian organisme uji 0% - 100% (*range finding test*) yang kemudian dilanjutkan dengan penentuan konsentrasi kematian 50% (*definite test*). Penentuan kisaran konsentrasi kematian dilakukan pada 5 konsentrasi pentaklorofenol dan satu kontrol masing-masing 2 ulangan, dengan jumlah *neonate* 50 ekor per konsentrasi. Pengamatan uji toksisitas akut dilakukan terhadap jumlah

kematian per hari dan beberapa parameter kondisi lingkungan yang meliputi kadar oksigen terlarut, pH, DHL, dan suhu,

Uji toksisitas akut dilakukan untuk menentukan nilai *Immobilization Concentration*, EC50-24 jam, yang kemudian digunakan sebagai dasar penentuan rentang konsentrasi yang akan digunakan dalam uji toksisitas kronis. Rentang konsentrasi yang digunakan dalam uji toksisitas kronis adalah kisaran konsentrasi aman atau No Observed Effect Concentration (NOEC) yang diperoleh dari rumus $NOEC = 0.052(LC50)^{0.95}$ menurut Forbes, *et al.*, (1994) yang kemudian dikali atau dibagi faktor kelipatan sepuluh untuk menentukan konsentrasi perlakuan pada uji toksisitas kronis (OECD-202, 1984).

Penelitian toksisitas kronis dilakukan dengan metoda semi statis dengan frekwensi pergantian larutan uji 48 jam sekali. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 variasi konsentrasi pentaklorofenol dan satu kontrol, dengan masing-masing 10 kali replikasi. Volume total larutan medium untuk satu perlakuan adalah 40 ml. Umur *neonate Daphnia magna* yang digunakan tidak lebih dari 24 jam dengan jumlah 1 ekor per replikasi. Pada kontrol digunakan medium air aquades yang telah ditambah nutrisi dengan konduktivitas larutan 400 µS/cm. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam sekali selama satu siklus hidup *daphnia* dengan parameter pengamatan adalah jumlah kematian induk *daphnia* per hari, jumlah *neonate* yang lahir per induk per hari. Pengukuran kondisi masing-masing larutan uji dilakukan terhadap parameter pH, oksigen terlarut dan suhu dengan frekwensi pengukuran 48 jam sekali.

Pengolahan Data

Terhadap data jumlah kematian yang diperoleh dari uji toksisitas akut dilakukan perhitungan nilai EC-50 dengan menggunakan analisa probit, dan terhadap data jumlah *neonate* dan jumlah induk yang hidup per hari yang diperoleh dari uji toksisitas kronis dilakukan perhitungan kesintasan harian (*survivorship*, I_x), fekunditas harian (*age spesific fecundity*, m_x), dan laju reproduktif bersih (*net reproductive rate*, R₀). Perhitungan parameter-parameter tersebut dilakukan menurut rumus-rumus yang

dikemukakan oleh Sorensen (1996) seperti yang tertuang dalam Tabel 1.

Pengolahan data untuk mengetahui signifikansi pengaruh kronis pentaklorofenol terhadap beberapa parameter kehidupan *Daphnia magna*, menggunakan statistik One Way ANOVA (SPSS 12) dengan $p < 0,05$. Parameter I_x , m_x , R_0 dihitung pada hari ke-21 sesuai OECD 202-1984.

Tabel 1. Rumus Perhitungan Pengaruh Kronis Pentaklorofenol Terhadap *Daphnia*

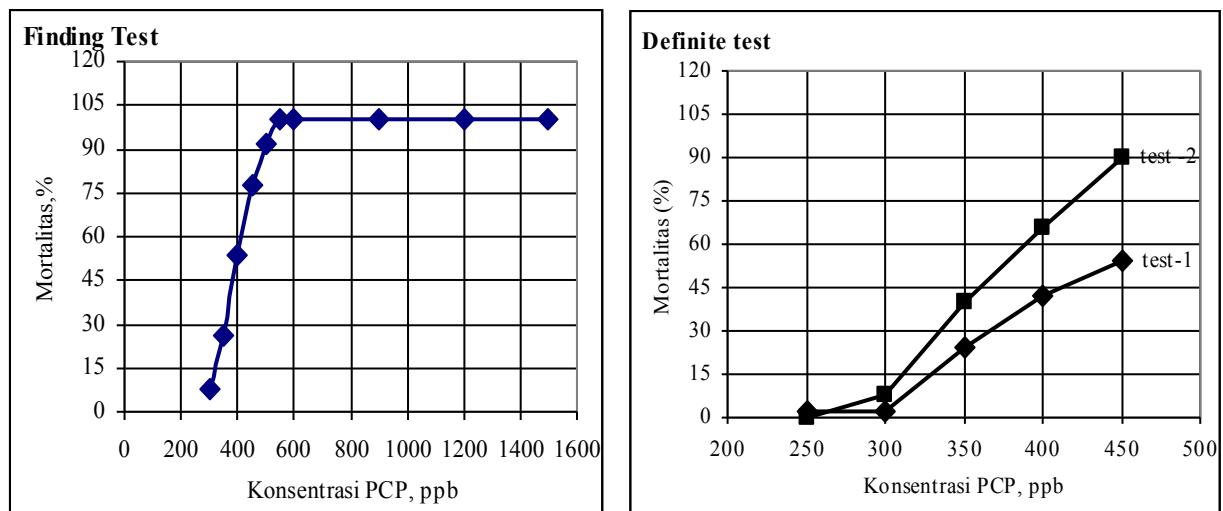
Perhitungan	Rumus	Keterangan
Kesintasan harian (<i>survivorship</i> , I_x)	$I_x = \frac{A}{B} \times 100\%$	A = Jumlah induk yang hidup B = jumlah induk awal
fekunditas harian (<i>age spesific fecundity</i> , m_x)	$m_x = \frac{C}{A}$	C = jumlah neonate yang lahir
laju reproduktif bersih (<i>net reproductive rate</i> , R_0)	$R_0 = \sum_{x=1}^n I_x m_x$	I_x = Kesintasan m_x = Fekunditas harian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Toksisitas Akut

Hasil pengamatan mortalitas *Daphnia magna* pada *range finding test* dan *definite test* dapat dilihat pada Gambar 1. Dari hasil *range finding test* tersebut, menunjukkan bahwa 50% kematian *Daphnia* diperoleh pada kisaran konsentrasi pentaklorofenol antara 300 – 500 ppb. Kisaran tersebut merupakan acuan untuk penentuan kisaran konsentrasi pada *definite test*. *Definite test* merupakan lanjutan dari *range finding test* dengan mempersempit rentang konsentrasi. Rentang konsentrasi pentaklorofenol pada *definite test* adalah 250 ppb – 450 ppb.

Berdasarkan data persentase mortalitas dari *definite test* diperoleh hasil perhitungan nilai EC50-24 jam. Nilai EC50-24jam pentaklorofenol terhadap *Daphnia magna* berkisar antara 359 – 455 $\mu\text{g/L}$. Menurut OECD (2006), nilai EC50 pentaklorofenol terhadap kelompok organisme invertebrata termasuk *Daphnia* dan oligochaeta berkisar antara 240 – 2000 $\mu\text{g/L}$, sedangkan menurut WHO (1987) nilai EC50 pentaklorofenol terhadap *Daphnia magna* 800 $\mu\text{g/L}$. Adanya perbedaan nilai EC50 tersebut, kemungkinan disebabkan oleh kondisi pengujian yang berbeda terutama pH.



Gambar 1. Mortalitas *Daphnia magna* Pada Uji Toksisitas Akut

Pada uji toksisitas akut ini, pH larutan pentaklorofenol diatur pada kisaran optimum pertumbuhan dan perkembangbiakan organisme biota air tawar sekitar 6,0 – 8,0. Hasil pengukuran pH larutan kontrol dan semua larutan perlakuan konsentrasi pentaklorofenol

pada uji toksisitas akut pada kisaran antara 7,13 – 7,21.

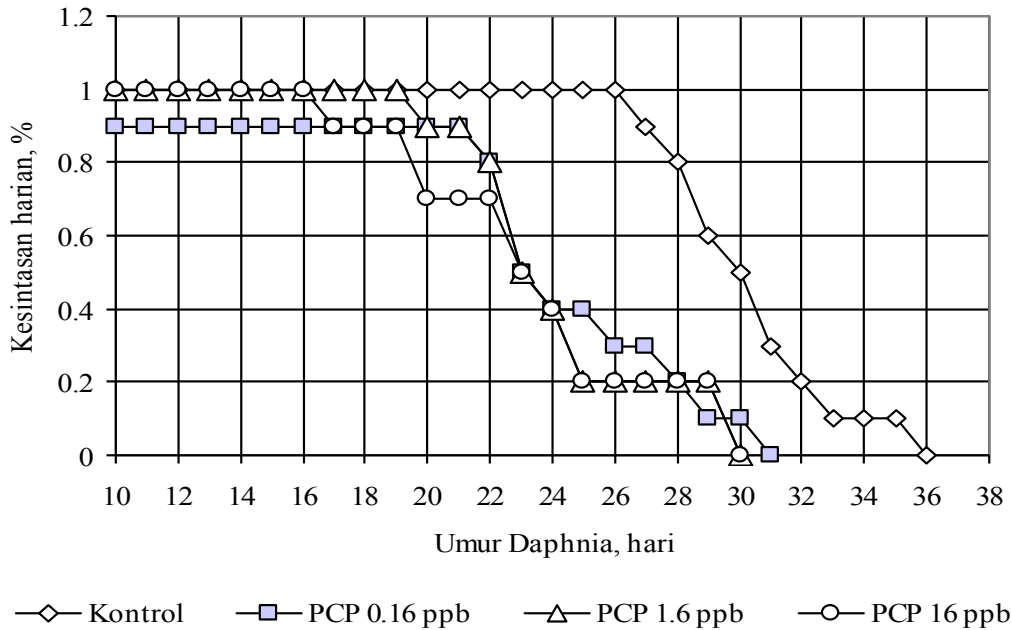
Selain pH, faktor lain yang berpengaruh terhadap kehidupan *Daphnia magna* adalah suhu. Suhu air sangat mempengaruhi seluruh aktivitas dan proses reproduksi organisme

akuatik termasuk daphnia (OECD, 2006). Percobaan uji toksisitas akut ini dilakukan pada suhu kamar dengan kisaran 29,3 – 30,1 °C. Kisaran suhu tersebut sama dengan percobaan yang telah dilakukan oleh Mitchel and Lampert (2000) yaitu pada rentang suhu 29°C – 32°C, yang hasilnya menyatakan bahwa pada kisaran suhu tersebut kepadatan *Daphnia magna* meningkat.

Konsentrasi oksigen terlarut optimum bagi kehidupan *Daphnia* adalah minimal 5 mg/L (OECD, 2006). Nilai oksigen terlarut selama percobaan uji toksisitas akut berkisar antara 5,39 – 5,55 mg/L. Hal tersebut dapat diartikan bahwa pelaksanaan percobaan ini dilakukan pada konsentrasi oksigen yang memenuhi syarat bagi kehidupan *Daphnia magna*.

Uji Toksisitas Kronis

Uji toksisitas kronis pentaklorofenol terhadap *Daphnia*, dilakukan pada 3 variasi konsentrasi pentaklorofenol yang ditentukan berdasarkan nilai EC50 dan perkiraan NOEC. Variasi konsentrasi pentaklorofenol tersebut adalah 0,16 ppb, 1,6 ppb, 16 ppb dan kontrol. Kondisi larutan pentaklorofenol selama uji toksisitas kronis yaitu rata-rata pH 7,19 – 7,27, suhu 29,59°C – 29,76°C, dan konsentrasi oksigen terlarut 5,39 – 5,93 mg/L. Hasil pengamatan pengaruh toksisitas kronis pentaklorofenol terhadap kesintasan harian, fekunditas harian dan laju reproduktif bersih *Daphnia magna*, berturut turut dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Pengaruh Pentaklorofenol Terhadap Kesintasan Induk Daphnia

Kesintasan harian merupakan ekspresi dari jumlah induk *Daphnia* yang dapat bertahan hidup dalam suatu populasi pada umur tertentu. Berdasarkan data hasil percobaan menunjukkan bahwa lamanya waktu hidup *Daphnia* yang didedeh larutan pentaklorofenol 0,16 ppb, 1,6 ppb, dan 16 ppb berkisar antara 31-32 hari. Sedangkan yang tidak didedeh pentaklorofenol (kontrol) dapat hidup sampai 36 hari. Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa kesintasan *Daphnia magna* sangat sensitif terhadap pentaklorofenol. *Daphnia* yang didedeh pentaklorofenol 0,16 – 16 ppb secara terus

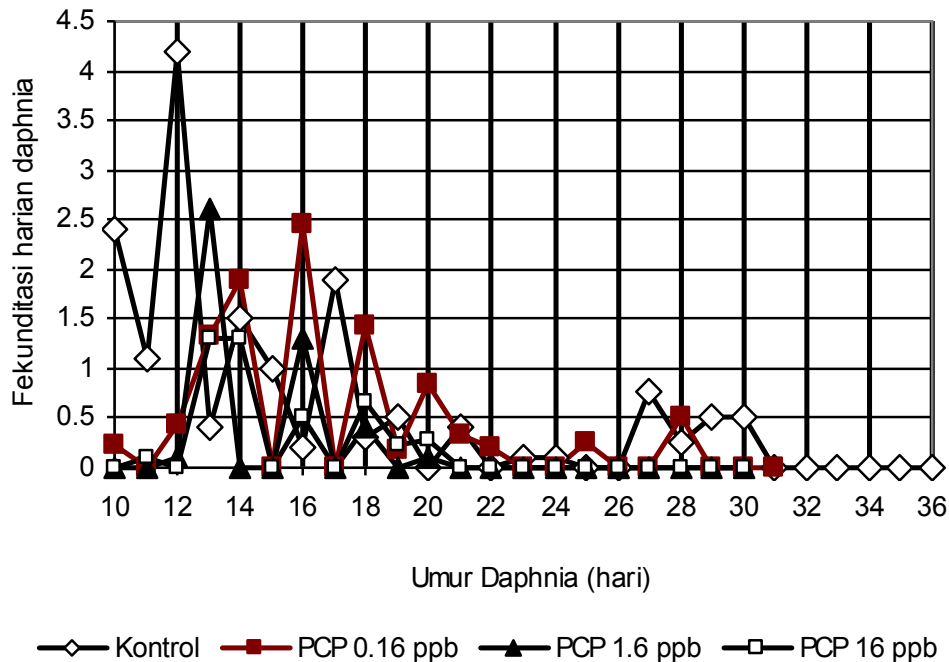
menerus, dapat berkurang umur hidupnya sekitar 11 - 14%. Hal tersebut disebabkan oleh karena pentaklorofenol bersifat bioakumulatif yang dapat mengikat protein mitokondria dan menghambat aktivitas ATP-ase mitokondria, sehingga terjadi penghambatan pembentukan ATP dan pelepasan energi ke sel dari pemecahan ATP menjadi ADP (Farrokhi. *et.al.*, 2003).

Fekunditas harian merupakan ekspresi dari jumlah *neonate* yang dihasilkan satu induk *Daphnia* per hari. Berdasarkan data pengamatan, menunjukkan bahwa *neonate* pertama lahir,

umumnya pada saat induknya berumur 10 hari. Hal tersebut sama dengan *neonate* pada perlakuan konsentrasi pentaklorofenol 0,16 ppb. Namun, hal tersebut berbeda dengan *Daphnia* yang diberi perlakuan pentaklorofenol 1,6 ppb dan 16 ppb, yang menunjukkan bahwa *neonate* pertama dihasilkan ketika induknya berumur 11 hari dan 12 hari. Dari seluruh perlakuan percobaan, menunjukkan bahwa jumlah *neonate* yang dihasilkan dari 10 induk *Daphnia* adalah 153 ekor dari kontrol, 78 ekor dari perlakuan pentaklorofenol 0,16 ppb, 45 ekor dari perlakuan pentaklorofenol 1,6 ppb, dan 42 ekor dari pentaklorofenol 16 ppb.

Hasil perhitungan fekunditas induk *Daphnia* perhari dapat dilihat pada Gambar 3. Secara umum, fekunditas induk daphnia per hari sangat berfluktuasi dan cenderung menurun. Gambar 3 menunjukkan data fekunditas harian

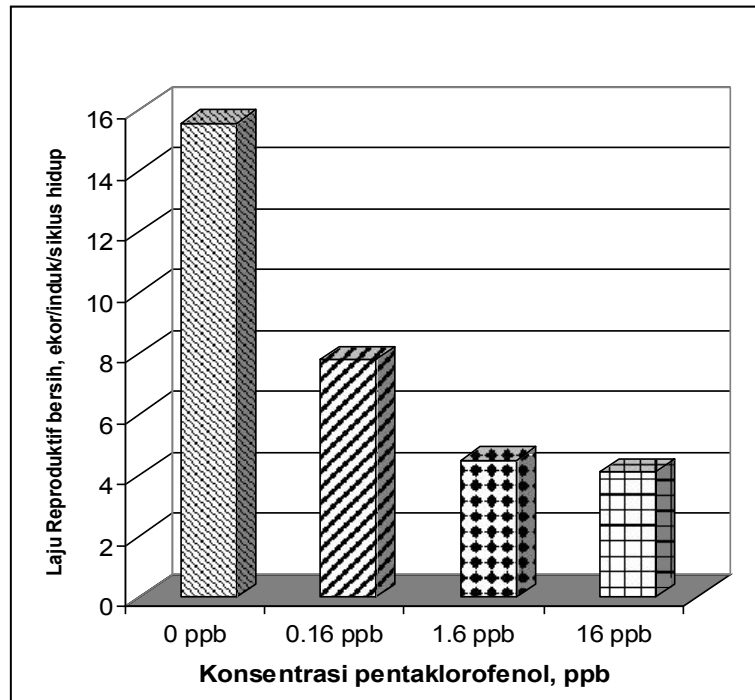
Daphnia pada kontrol berkisaran antara 0 – 4,2 dengan rata-rata 0,68 ekor/induk/hari; pada perlakuan pentaklorofenol 0,16 ppb berkisar antara 0 - 1,89 dengan rata-rata 0,49 ekor/induk/hari; dan pada perlakuan pentaklorofenol 1,6 ppb berkisar antara 0 - 2,60 dengan rata-rata 0,25 ekor/induk/hari; serta pada perlakuan pentaklorofenol 16 ppb berkisar antara 0 - 1,30 dengan rata-rata 0,24 ekor/induk/hari. Berdasarkan data-data tersebut di atas menunjukkan bahwa pentaklorofenol berpengaruh terhadap fekunditas harian *Daphnia magna*. Pendedahan pentaklorofenol 0,16 - 16 ppb secara terus menerus, dapat menurunkan daya fekunditas harian *Daphnia* sekitar 28 - 65 %.



Gambar 3. Fekunditas Harian *Daphnia magna*

Laju reproduktif bersih merupakan ekspresi dari jumlah *neonate* yang dihasilkan dari satu siklus hidup induk *Daphnia*. *Daphnia magna* yang didedeh larutan pentaklorofenol secara terus menerus selama satu siklus hidupnya menunjukkan adanya penurunan laju

reproduktif bersih sejalan dengan meningkatnya konsentrasi pentaklorofenol. Pentaklorofenol bersifat bioakumulatif (CEPA, 1991), sehingga pengaruhnya terhadap laju reproduksi dapat terlihat setelah pendedahan dalam jangka waktu panjang (Gambar 4).



Gambar 4. Laju Reproduksi Bersih *Daphnia magna* per Siklus

Laju reproduktif bersih rata-rata pada larutan kontrol adalah 15,55 ekor/induk per siklus. Sedangkan pada perlakuan pentaklorofenol 0,16 ppb, 1,6 ppb dan 16 ppb menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah yaitu berturut-turut 7,80 ekor; 4,5 ekor ; 4,1 ekor/induk/siklus hidup. Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa laju reproduktif bersih *Daphnia magna* sangat sensitif terhadap pentaklorofenol. Pentaklorofenol 0,16 ppb – 16 ppb yang didedahkan secara terus menerus, dapat menurun laju reproduktif bersih *Daphnia* sekitar 50-74%.

Secara keseluruhan dari hasil percobaan uji toksisitas kronis ini, menunjukkan bahwa pentaklorofenol sangat berpengaruh terhadap kesintasan harian, fekunditas harian dan laju reproduktif bersih. Hasil percobaan ini sesuai dengan hasil percobaan yang dilakukan oleh Silva *et al.*, (2001) yang menyatakan bahwa pentaklorofenol dapat mengurangi kemampuan pertumbuhan. Sedangkan menurut Parks dan Leblanc (1996), menjelaskan bahwa pentaklorofenol dapat menurunkan kemampuan reproduktivitas *Daphnia magna*. Hal tersebut didukung pula dengan pernyataan dalam WHO (2003) yang menjelaskan, bahwa faktor biokonsentrasi pentaklorofenol dalam organisme akuatik sangat tinggi yaitu berkisar antara 100 – 1000. Menurut OSPARCOM (1999) Biokonsentrasi pentaklorofenol dalam jaringan

organisme daphnia adalah 400. Biokonsentrasi pentaklorofenol dalam jaringan organisme daphnia sangat dipengaruhi oleh nilai pH. Makin rendah nilai pH, faktor biokonsentrasi makin tinggi. Dalam WHO (2003) dinyatakan bahwa pada pH 4 pentaklorofenol masuk ke dalam jaringan organisme dalam bentuk proton dan bersifat lipofil sehingga daya toksiknya tinggi. Sebaliknya pada pH 9, pentaklorofenol berada dalam bentuk ion-ion sehingga daya penetrasinya ke dalam jaringan organisme menurun yang akibatnya daya toksiknya pun menurun. Percobaan ini dilakukan pada pH netral, sehingga dapat disimpulkan bahwa pentaklorofenol sangat toksik terhadap kehidupan *Daphnia magna*.

KESIMPULAN

1. Nilai EC50-24jam pentaklorofenol pada pH netral (7,13 – 7,21) dan suhu 29,59°C – 29,76°C terhadap *Daphnia magna* berkisar antara 359 – 455 ppb.
2. Dosis pentaklorofenol 0,16 ppb sudah dapat memberikan efek kronis terhadap *Daphnia magna* yaitu dapat menurunkan kesintasan induk *Daphnia* sekitar 11%; menurunkan fekunditas sebesar 49 % per hari dan menurunkan laju reproduktif 50% per siklus

hidup. Sedangkan pentaklorofenol 1,6 ppb dapat menurunkan kesintasan harian *Daphnia magna* sebesar 14%, fekunditas 28 % per hari dan laju reproduktif 71% per siklus hidup. Pentaklorofenol 16 ppb dapat menurunkan kesintasan induk *Daphnia* per hari rata-rata 14%; fekunditas harian rata-rata 65%, dan laju reproduktif rata-rata 74%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agency for Toxic substances and Diseases (ATSDR). 2001. *Public Health Statement for Pentachlorophenol*. [online]. Tersedia : <http://pentachlorophenol/ATSDR - ToxFAQ Pentachlorophenol.htm>.
2. Canadian Environmental Protection Act (CEPA). 1991. *Effluents from Pulp Mills using bleaching*. Priority Substances List Assessment report no. 2. Minister of Supply and Services Canada Catalogue No. En 40-215/2E ISBN 0-662-1X734-2.
3. Farrokhi, M. et.al. 2003. *Oxidation of Pentachlorophenol by Fenton's Reagent*. Iranian J Publ Health. Vol. 32. No. 1. pp 6-10.
4. Forbes, V.E., dan T.L. Forbes. 1994. *Ecotoxicology in theory and Practice. Departemen of marine Ecology and Microbiology*. National Environmental Research Institute. Chapman & Hall. Denmark.
5. OECD Guideline for Testing of Chemicals No 202 (1984) "*Daphnia sp., Acute Immobilization Test and Reproduction Test*".
6. OECD Series on Testing and Assessment, No 55. 2006. *Detailed Review Paper on Aquatic Arthropods in Life Cycle Toxicity Tests with Emphasis on Developmental, Reproductive and Endocrine Disruptive Effects*.
7. Mitchel, S.E. and Lampert. 2000. *Temperature Adaption in a Geographically Widespread Zooplanktoner- Daphnia magna*. Blackwall Science Ltd Vol. 13. pp 371 – 380.
8. Parks, L.G., Leblane,G.A.,1996.*Reduction in Steroid Hormone Biotransformation as a Biomarker of Pentachlorophenol Chronic Toxicity*. Journal Aquatic Toxicology. Vol. 34. pp291-303. Elsevier science. Amsterdam
9. Rossoulzadegan, M. And Nursei, A. 2001. *An Investigation the Toxic effect of malation (organophosphate insecticide) on the Daphnia magna straus (Crustacean cladocera)*. Researce Article. Turkey: Edge University.
10. Radini, D.N., Gede Suantika, Taufikurrohman. 2004. *Optimasi Suhu, pH serta jumlah dan Jenis pakanpada kultur Daphnia sp*. Jurnal Ilmiah Biologi : Ekologi & Biodiversitas Tropika. Vol. 2. pp 23 -28.
11. Sorensen, R.F., 1996. *Life-History Shchedule in Daphnia magna : An Ecological Activity for multiple laboratory sessions*. Departement of Biological Sciences Purdue University.
12. Silva, J. et. al., 2001.*Assesment of Sensitivity to Pentachlorofenol (PCP) in 18 Aquatic Species Using Acute and Chronic Ecotoxicity Bioassays*, <http://eer41017.pdf>.
13. WHO, 2003. *Health Risks of Persistent Organic pollutants From Long range transboundary air pollution*. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen. Denmark, <http://www.euro.who.int>.
14. WHO, *Environmental Health Criteria No. 71. Pentachlorofenol*. IPCS InChem, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc71.htm#SubSectionNumber:7.2.2>.