

Full Paper

**PERINGATAN DINI PENCEMARAN LOGAM BERAT DAN PESTISIDA
BERDASARKAN RASIO SEKS ANAKAN *Daphnia* sp.**

**EARLY WARNING SYSTEM FOR HEAVY METAL AND PESTICIDE POLLUTION
BASED ON THE SEX RATIO OF *Daphnia* sp. OFFSPRING**

Ahmad S. Mubarak* dan Juni Triastuti

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Kampus C Universitas Airlangga Jl. Mulyosari, Surabaya
*Penulis untuk korespondensi, E-mail: shofy_ua@yahoo.co.id

Abstract

Pesticides and heavy metal are the major contributor for environmental pollution and have been spread out widely in aquatic environments. *Daphnia* sp. is a zooplankton that mostly used to detect aquatic pollution. The aim of this research was to study the effect of exposing different concentration of heavy metal (Pb and Cd) and pesticides (diazinon) to the sex ratio of *Daphnia* sp. offspring. The experiment was composed of three kind of treatments (Cd, Pb and diazinon), each consist of 5 treatments namely 25%, 50%, 75%, 100% and 0% as control, and 4 replications. The data were analyzed using Kruskal Wallace. If there was any different in each treatment, then was analyzed with Duncan Double Gap Test and linear regression. The research showed that exposing Cd, Pb and diazinon at different concentration to the *Daphnia* sp. during 96 hours could increase the percentage male offspring of *Daphnia* sp. Concentration of Pb, Cd and pesticides had positive correlation to the sex ratio offspring of *Daphnia* sp. Further research was needed to determine the practical technology using sex ratio offspring of *Daphnia* sp. to detect the level of pollution.

Key words: *Daphnia* sp., diazinon, heavy metal, sex ratio

Pengantar

Air memiliki peran penting dalam kehidupan organisme akuatik, manusia dan hewan, sehingga perkembangan industri dan peradaban yang pesat berdampak positif dan negatif terhadap kualitas air. Perairan Indonesia mengalami peningkatan kandungan logam berat toksik, misalnya Hg, Pb, dan Cd yang telah melebihi batas ambang (Mustarudin *et al.*, 2005). Ekosistem akuatik yang tercemari oleh limbah kimia (pestisida, herbisida, dan fungisida), metal (mercury, cadmium, zincum, cuprum dan mangan) dan limbah bahan plastik akan berpengaruh terhadap kehidupan dan reproduksi biota akuatik yang meliputi berkurangnya aktivitas kawin, produksi telur menurun, cangkang telur menipis, daya tetas menurun, interval beranak panjang, produksi hormon GnRH, FSH, estrogen dan testosteron menurun (Jalius, 2006).

Penurunan kualitas perairan terjadi karena rendahnya kesadaran manusia untuk mengolah limbah dan sistem kontrol yang buruk. Selama ini sistem kontrol yang dilakukan adalah dengan melakukan deteksi logam berat yang dititikberatkan pada organisme di tingkat tertinggi dalam ekosistem perairan, yaitu didasarkan pada proses bioakumulasi (bentos). Melalui deteksi tersebut maka suatu pencemaran

perairan dapat terdeteksi setelah perairan tercemar dalam waktu yang relatif lama.

Saat ini *Daphnia* sp. mulai dikembangkan sebagai *bioassay* toksisitas di beberapa negara maju. Alasan penggunaan *Daphnia* sp. sebagai *bioassay* toksisitas karena siklus hidupnya yang cepat (3 minggu), berperan penting dalam ekologi air tawar dan sensitif terhadap kimia lingkungan. Uji toksisitas *Daphnia* sp. bisa dilakukan berdasarkan perubahan pola hidup, reproduksi dan fekunditasnya (Donson *et al.*, 2000). Selain itu, *Daphnia* sp. adalah organisme tingkat tropik pertama di semua ekosistem perairan tawar.

Rider *et al.* (2005) menyatakan bahwa lingkungan dapat mengaktifkan proses neuroendokrin yang berpengaruh terhadap beberapa proses fisiologi *Daphnia magna*. Adanya perubahan kualitas lingkungan akan memicu produksi *methyl farnesoate*, yaitu hormon utama *crustacea* yang disintesis oleh organ mandibular *crustacea decapoda* (X organ sinus). Peningkatan konsentrasi *methyl farnesoate* pada *Daphnia magna* juga dapat memacu pembentukan haemoglobin sehingga menyebabkan warna *Daphnia magna* menjadi warna tembaga. Selain itu *methyl farnesoate* juga mempengaruhi

pembentukan anakan jantan dari *Daphnia magna* (Olmsted & Le Blanc, 2002).

Daphnia magna berpotensi untuk dikembangkan sebagai bioindikator pencemaran perairan berdasarkan perubahan warna dan rasio seks anakan. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar analisis lebih lanjut untuk mengembangkan sistem deteksi dini pencemaran logam dan pestisida guna mencegah kerusakan yang lebih besar akibat pencemaran lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui korelasi pengaruh logam berat Cd, Pb dan Diazinon terhadap Rasio seks anakan *Daphnia* sp. yang bermanfaat untuk mengetahui sensitivitas *Daphnia* sp dalam rangka pengembangan sistem peringatan dini pencemaran logam berat dan pestisida pada perairan.

Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan *Daphnia* sp. betina dewasa kelamin, senyawa logam berat kadmium klorida ($CdCl_2$), timbal nitrat, diazinon dan dedak padi sebagai pakan *Daphnia* sp. Alat penelitian yang digunakan adalah mikroskop binokuler, *object glass*, *cover glass*, pipet, *aerator set*, termometer, amoniak test kit, pH meter, DO meter dan bak pemeliharaan.

Penelitian terdiri dari tiga kelompok perlakuan (Cd, Pb dan diazinon), tiap kelompok terdiri atas lima perlakuan dan empat ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah A dosis 25% (LC_{50} , 48 jam), B dosis 50% (LC_{50} , 48 jam), C dosis 75% (LC_{50} , 48 jam), D 100% (LC_{50} , 48 jam) dan E perlakuan kontrol untuk setiap kelompok. Penelitian ini menggunakan 20 ekor *Daphnia* sp. pada 500 ml air media. Selama penelitian, dilakukan pengamatan kualitas air, meliputi pengukuran

disolved oxygen (DO), suhu, pH dan amoniak air. Pengamatan anakan *Daphnia* sp. dilakukan pada hari ke-3 yang selanjutnya dilakukan identifikasi dan penghitungan rasio seks anakan *Daphnia* sp. menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100 x. Hasil penelitian dianalisis menggunakan Kruskal Wallace. Apabila terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan melakukan Uji Jarak Berganda Duncan (Kusriningrum, 2008) untuk mengetahui perbedaan perlakuan pada setiap kelompok terhadap rasio seks. Hubungan antara perlakuan dalam kelompok dianalisis lebih lanjut dengan regresi linier.

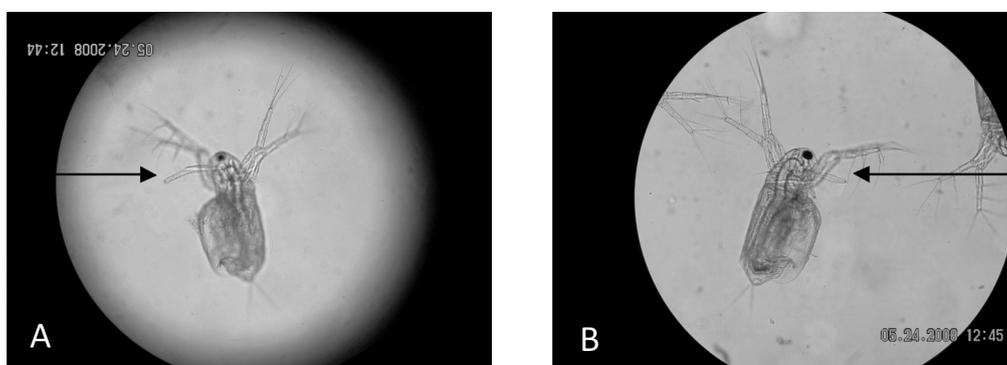
Hasil dan Pembahasan

Hasil

Identifikasi *Daphnia* sp. jantan didasarkan pada ukuran tubuh dan panjang antena pertamanya. Gambar 1. menunjukkan *Daphnia* sp. jantan (A) tubuhnya lebih ramping dan antena pertamanya lebih panjang dan terlihat dua lekukan, hal ini berbeda dengan *Daphnia* sp. betina (B) yang lebih gemuk dan antena pertamanya pendek dan satu lekukan.

Populasi 20 ekor/0,5 l, pemberian pakan yang cukup (*daily feeding*) dan anakan *Daphnia* sp. kontrol 100% betina menunjukkan bahwa pakan dan populasi bukan stresor pembentukan anakan jantan. Demikian juga oksigen terlarut selama penelitian (7,5-8,5 mg/l), suhu (26-27°C), amonia (0,0-0,03 mg/l) serta pH (8,0-8,5) masih dalam kondisi optimum untuk pertumbuhan *Daphnia* sp. sehingga tidak menstimulasi pembentukan anakan jantan.

Hasil uji menggunakan Analisis Varian (ANOVA) menunjukkan perlakuan pemaparan logam berat Cd dan Pb serta diazinon Pb dengan dosis berbeda terhadap *Daphnia* sp. dewasa kelamin selama 96 jam



Gambar 1. Hasil Identifikasi *Daphnia* sp. (pembesaran 100x). (A) Jantan ditandai dengan antena yang panjang dan t dua lekukan, (B) Betina ditandai dengan antenna yang pendek dan lurus

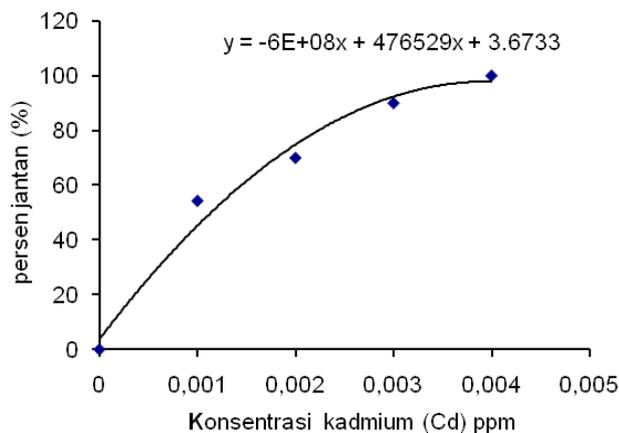
memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap persentase jumlah anakan jantan *Daphnia* sp. (Tabel 1.). Persentase anakan jantan hasil penelitian dengan paparan logam berat (Cd, Pb) dan diazinon dan hasil analisa statistik memberikan gambaran yang bervariasi seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel.1. Rasio seks (persentase jantan) anakan *Daphnia* sp. pada paparan induk dengan logam berat (Cd, Pb) dan diazinon pada konsentrasi berbeda

Perlakuan	Rasio seks (persentase jantan)		
	Kadmium (Cd)	Timbal (Pb)	Diazinon
A (Kontrol)	0 ^e	0 ^d	0 ^d
B (25% LC ₅₀)	54,29 ^d	42,59 ^c	15,42 ^c
C (50% LC ₅₀)	70 ^c	53,13 ^{bc}	31,55 ^b
D (75% LC ₅₀)	90 ^b	66,82 ^b	38,39 ^b
E (LC ₅₀)	100 ^a	92,26 ^a	63,33 ^a

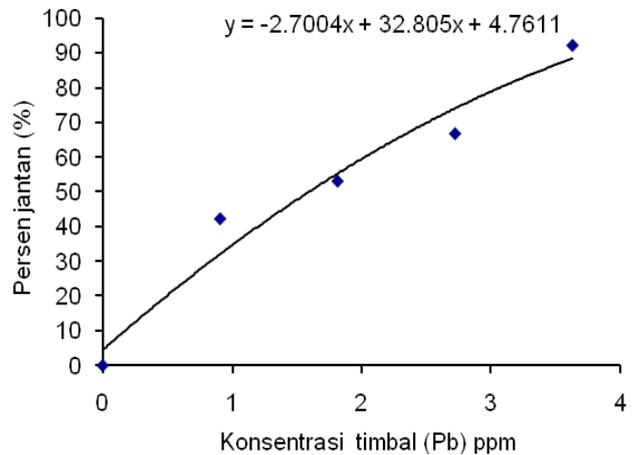
Keterangan: Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil rasio seks anakan *Daphnia* sp. yang berbeda nyata ($p < 0,05$) (LC₅₀ Pb pada *Daphnia* sp (3,63 mg/l), LC₅₀ Cd pada *Daphnia* sp. (4,0 µg/l), LC₅₀ Diazinon pada *Daphnia* sp. (0,75 µg/l))

Penghitungan regresi hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan konsentrasi Cd terhadap persentase anakan jantan *Daphnia* sp. yaitu $y = -6E+08x^2 + 476529x + 3,6733$. Hubungan konsentrasi Pb terhadap anakan jantan *Daphnia* sp. yaitu $y = -2,7004x^2 + 32,805x + 4,7611$. Hubungan konsentrasi diazinon terhadap persentase anakan jantan *Daphnia* sp. yaitu; $y = 22,016x^2 + 68,398x + 1,2045$. Hal

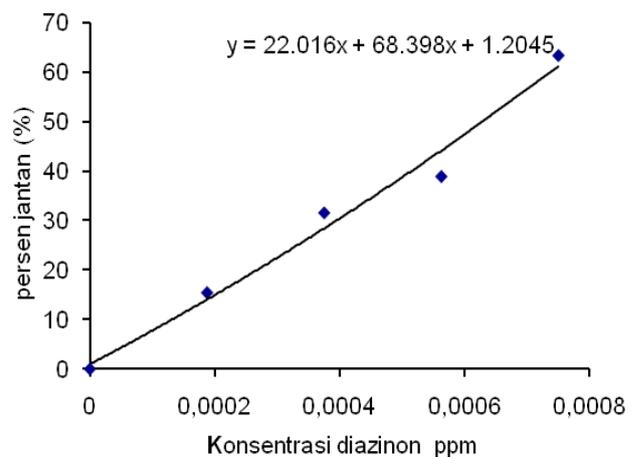


Gambar 2. Hubungan paparan konsentrasi kadmium (Cd) yang berbeda pada induk *Daphnia* sp. terhadap persentase anakan jantan.

ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi paparan Cd, Pb dan diazinon maka semakin tinggi pula anakan jantan *Daphnia* sp. yang dihasilkan (Gambar 2., 3. dan 4.).



Gambar 3. Hubungan paparan konsentrasi timbal (Pb) yang berbeda pada induk *Daphnia* sp. terhadap persentase anakan jantan.



Gambar 4. Hubungan paparan konsentrasi diazinon yang berbeda pada induk *Daphnia* sp. terhadap persentase anakan jantan

Gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan peningkatan konsentrasi Cd, Pb dan diazinon yang dipaparkan pada induk *Daphnia* sp. berkolerasi positif terhadap jumlah anakan jantan yang dihasilkan. Pada paparan logam Cd pada konsentrasi 0,0004 ppm (LC₅₀) menghasilkan anakan jantan 100%. Paparan Pb pada konsentrasi 3,63 ppm (LC₅₀) menghasilkan anakan jantan 92,26% dan paparan diazinon pada konsentrasi 0,7112 µg/l (LC₅₀) menghasilkan anakan jantan 63,33%.

Pembahasan

Daphnia sp. berkembang biak secara seksual dan aseksual. Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan dengan parthenogenesis, yaitu kemampuan berkembang biak tanpa adanya fertilisasi yang menghasilkan anakan betina (Clare, 2002). *Daphnia* sp. akan menghasilkan anakan jantan saat berada pada kondisi yang abnormal, misalnya pada kondisi populasi yang terlalu padat serta kualitas dan kuantitas pakan yang menurun, serta pencemaran oleh logam.

Secara alami, apabila kualitas dan kuantitas pakan yang menurun serta populasi terlalu padat akan menginduksi produksi anakan *Daphnia* sp. berkelamin jantan (Hebert, 1978 dalam Rider *et al.*, 2005). Dalam penelitian ini, jumlah populasi 20 ekor/0,5 l dengan pemberian pakan yang cukup (*daily feeding*) dan anakan *Daphnia* sp. kontrol 100% betina menunjukkan bahwa pakan dan populasi bukan stresor pembentukan anakan jantan. Demikian juga oksigen terlarut selama penelitian (7,5-8,5 mg/l), suhu (26-27°C), amonia (0,0-0,03 mg/l) serta pH (8,0-8,5) masih dalam kondisi optimum untuk pertumbuhan *Daphnia* sp. sehingga tidak menstimulasi pembentukan anakan jantan.

Logam Cd dan Pb serta diazinon mempengaruhi diferensiasi sex anakan *Daphnia* sp. Terbentuknya anakan jantan *Daphnia* sp. karena terjadinya penghambatan terhadap ecdysteroid dan teraktivasinya pembentukan Methyl Farnesoate (MF). Semakin tinggi konsentrasi toksitan (logam Cd dan Pb serta diazinon), semakin banyak *Daphnia* sp. yang terinduksi untuk memproduksi Methyl Farnesoate (MF), sehingga semakin besar persentase anakan jantan. LeBlanc (2007) menyatakan bahwa stresor kimia lingkungan dapat memberikan respon balik terhadap sintesis ecdysteroid yang berperan sebagai testosterone antagonizes.

Olmsted & LeBlanc (2002) menambahkan bahwa Cd, Pb dan Diazinon merupakan toksitan yang dapat menurunkan level ecdysteroid crustacea. Penurunan tersebut berpengaruh pada perkembangan larva dan dapat mempengaruhi perubahan seks sehingga terbentuk spesies interseksual. Kelainan sistem endokrin akan mempengaruhi beberapa proses dalam tubuh organisme, antara lain pertumbuhan dan reproduksi. LeBlanc (2003) menyatakan bahwa stresor kimia akan terikat pada protein reseptor E75 kemudian terjadi regulasi negatif yang ditandai dengan aktifnya terpenoid hormon yakni Methyl Farnesoate. Hal ini yang menyebabkan terjadinya kegagalan pembentukan kelamin betina oleh

ecdysteroid-receptor transcription factor (E:EcR:RXR) sehingga terbentuk anakan berkelamin jantan. Semakin meningkat konsentrasi suatu toksitan maka semakin meningkat pula persentase anakan jantan yang dihasilkan indukan *Daphnia* sp. Terbentuknya anakan jantan *Daphnia* sp. karena terjadinya penghambatan terhadap ecdysteroid dan teraktivasinya pembentukan Methyl Farnesoate. Semakin tinggi konsentrasi toksitan (logam Cd dan Pb serta diazinon), semakin banyak *Daphnia* sp. yang terinduksi untuk memproduksi Methyl Farnesoate sehingga semakin besar persentase anakan jantan.

Peningkatan konsentrasi Cd, Pb dan diazinon yang dipaparkan pada induk *Daphnia* sp. berkorelasi positif terhadap jumlah anakan jantan yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi pemaparan Cd, Pb dan diazinon semakin tinggi pula anakan jantan *Daphnia* sp. yang dihasilkan. Hubungan konsentrasi Cd terhadap persentase anakan jantan *Daphnia* sp. yaitu $y = -6E+08x^2 + 476529x + 3,6733$. Hubungan konsentrasi Pb terhadap persentase anakan jantan *Daphnia* sp. yaitu $y = -2,7004x^2 + 32,805x + 4,7611$. Hubungan konsentrasi Diazinon terhadap persentase anakan jantan *Daphnia* sp. yaitu; $y = 22,016x^2 + 68,398x + 1,2045$. Hubungan matematik ini bisa digunakan untuk menduga kemungkinan adanya bahan pencemar berdasarkan prosentase anakan *Daphnia* sp. Dengan memasukkan nilai persentase anakan *Daphnia* sp. sebagai x, maka akan didapatkan pendugaan konsentrasi bahan pencemar yang ada dalam perairan. Monitoring rasio seks anakan *Daphnia* sp. dalam suatu perairan akan memberikan informasi status pencemaran perairan. Apabila didapatkan prosentase anakan jantan yang tinggi maka harus segera dilakukan pemeriksaan kualitas air.

Persentase anakan jantan yang berbeda antara pemaparan logam berat Cd, Pb dan Diazinon dalam penelitian ini disebabkan oleh derajat toksisitas Cd (0,004 mg/l) yang lebih besar dibandingkan Pb (3,63 mg/l). diazinon adalah senyawa kompleks yang mudah menguap dan di perairan alami memiliki waktu paruh selama 5-15 hari, serta akan hilang dalam waktu 7 hari dari tubuh organisme sehingga memberikan prosentase yang rendah. Semakin tinggi nilai prosentase anakan *Daphnia* sp., mengindikasikan keberadaan suatu bahan pencemar yang berbahaya.

Rasio seks anakan *Daphnia* sp. merupakan parameter yang cukup baik untuk melihat respon *Daphnia* sp. terhadap stresor logam berat (Cd dan Pb) dan diazinon. Studi lebih lanjut tentang *Daphnia* sp.

sebagai kandidat biosensor pencemaran perairan secara lebih dini sangat diperlukan untuk menguji efektivitasnya sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu metode alternatif terhadap pengujian kualitas air.

Kesimpulan

Konsentrasi logam berat (Pb dan Cd) dan pestisida berkorelasi positif terhadap rasio seks anakan *Daphnia* sp. Dari penelitian ini dapat dikembangkan metode pendeteksian pencemaran perairan oleh logam dan diazinon (pestisida) dalam konsentrasi yang lebih rendah berdasarkan rasio seks anakan *Daphnia* sp., sehingga merupakan parameter yang dapat dikembangkan untuk biosensor dalam mendeteksi pencemaran perairan.

Saran

Pengembangan lebih lanjut teknologi praktis dalam pemanfaatan rasio seks *Daphnia* sp sebagai deteksi dini pencemaran perairan

Daftar Pustaka

- Clare, J. 2002. *Daphnia*: An aquarist's guide. www.Caudata.org. 21/05/2008. 13 pp.
- Donson S., C. Merritt, J. Shurin. & K. Redman. 2000. *Daphnia* reproductive bioassay for testing toxicity of aqueous sample and presence of an endocrine disrupter The Journal of Experimental Biology USA. p: 1-7.

- Jalius. 2006. Limbah Kimia dan Pengaruhnya Terhadap Reproduksi Hewan. Institut Pertanian. Bogor.
- Kusriningrum, R. 1989. Dasar rancangan percobaan dan rancangan acak lengkap. Universitas Airlangga. Hal. 53-104.
- LeBlanc, G.A. 2007. Crustacean endocrine toxicology. Springer Science and Business Media. USA .17 p.
- LeBlanc, G.A., A.W. Olmsteated, X. Mu, H.Y. Wang., B. Reeves & H. Li. 2003. Mechanistic approaches to screening chemicals for endocrine toxicity using an invertebrate. Departement of Environmental and Molecular Toxicology. North Carolina State University, Raleigh, NC. 1 p.
- Mustaruddin, M.S. Saeni, S. Hardjomidjojo & B. Sanim. 2005. Model pencemaran perairan umum dan ikan air tawar oleh logam berat limbah industri (Studi kasus pada perairan umum cakung dalam, Jakarta Utara). Dinas Perikanan dan Kelatan Pusat.
- Olmsteated & LeBlanc. 2002. Effect of endocrine active chemical on the development of sex characteristic of *Daphnia magna*. Departement of Toxicology North Caroline. USA. pp 731-735.
- Rider, C.V., Gorr, A.W. Olmstead, B.A. Wasilak & G.A. LeBlanc. 2005. Stress Signaling: Coregulation of hemoglobin and male sex determination through a terpenoid signaling pathway in a crustacean. Departement of Environmental and Molecular Toxicology. North Carolina State University, Raleigh. USA. p: 15-23.