

HASIL PENELITIAN**PENGARUH KONSENTRASI SUBLETHAL PESTISIDA (DIAZINON DAN GLIFOSAT) TERHADAP KONSUMSI OKSIGEN KERANG LAUT *SEPTIFER BILOCULARIS* (BIVALVIA)**

Markus T. Lasut, Fontje G. Kaligis & Alexander H. Watung

Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi

Abstract. A research of effect of pesticide (diazinon and glyphosate) in sublethal concentrations on oxygen consumption of marine mollusc *Septifer bilocularis* (Bivalvia) as a test animal has been carried out using a bioassay technique. The research aimed to assess the effect of both pesticides on oxygen consumption of the mollusc. Analysis of Variance (ANOVA) was applied to compare between treatments and control. Results showed that both pesticides affected oxygen uptake of the mollusc. Rate of oxygen consumption after two hours of the animal exposed into the diazinon (concentration of 0.6, 6 and 30ppm) was 193.46 ± 38.84 , 239.77 ± 40.36 and 208.05 ± 38.57 ml O₂/hours/g, respectively. In concentration of 480, 720 and 960ppm of glyphosate, the oxygen consumption rate was 195.26 ± 43.06 , 252.28 ± 36.06 ; and 225.43 ± 22.40 ml O₂/hours/g, respectively. While, in the control was 157.27 ± 34.10 ml O₂/hours/g. Diazinon in concentration of 6 and 30ppm, and 720 and 960ppm of glyphosate affected oxygen consumption of the test animals. The effect was statistically significant ($p < 0.05$).

Keywords: pesticide, diazinon, glyphosate, *Septifer bilocularis*, Bivalvia, Mollusca, bioassay, oxygen consumption.

PENDAHULUAN

Residu pemakaian pestisida, khususnya diazinon dan glifosat, yang tidak terkontrol di lahan-lahan pertanian merupakan tekanan yang sangat berat bagi ekosistem lingkungan perairan pantai/laut, khususnya organisme avertebrata benthik yang hidup mendiami daerah tersebut. Usaha pengelolaan/pengontrolan terhadap pemakaian bahan kimia ini hanya dapat dilakukan apabila informasi mengenai pengaruh lethal dan sublethalnya pada ekosistem perairan tersedia/diketahui.

Tetapi, informasi yang sangat diperlukan itu belum tersedia untuk perairan Indonesia. Kemudian, konsentrasi kedua bahan kimia ini sangat kecil di perairan sehingga sulit diukur (memerlukan peralatan yang canggih dan mahal) serta tidak menimbulkan kematian organisme (dalam

keadaan selalu dianggap tidak berbahaya). Tetapi meskipun pada konsentrasi tersebut diduga pengaruhnya nampak pada aspek sublethal (pertumbuhan, reproduksi dan tingkah laku) organisme. Sehingga pada akhirnya dapat mempengaruhi organisme secara individual dan ekosistem perairan secara menyeluruh, yang akibatnya adalah ketidak-stabilan ekosistem.

Cara sederhana yang dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh suatu bahan kimia (bahan pencemar) pada suatu organisme adalah dengan menggunakan indikator biologi melalui uji biologis (bioassay: biological assay). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini secara umum diarahkan untuk penyediaan informasi-informasi di atas. Dalam penelitian ini, salah satu organisme avertebrata benthik laut dari golongan moluska, kerang laut *Septifer*

bilocularis (Bivalvia: Mytillidae) digunakan sebagai hewan uji. Kegiatan penelitian dilaksanakan di Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara (untuk pengambilan sampel hewan uji) dan Lab. Ilmu Kelautan, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat, Manado (untuk pelaksanaan percobaan-percobaan dan pengumpulan data). Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh diazinon dan glifosat terhadap konsumsi oksigen serta kisaran ketahanan hidup kerang laut *S. bilocularis* yang dipengaruhi masing-masing oleh diazinon dan glifosat.

MATERIAL DAN METODE

Hewan Uji

Hewan uji dalam penelitian ini adalah kerang laut dari jenis *S. bilocularis* yang akan diambil dari pesisir pantai Desa Tiwoho, Kec. Wori, Sulawesi Utara. Hewan uji akan dikumpulkan di alam (stok) dengan menggunakan kawat ram (maksud dari stok ini adalah untuk penyediaan hewan uji setiap saat apabila diperlukan untuk keperluan percobaan). Hewan uji dimasukkan kedalam wadah plastik yang berisi air laut, kemudian dibawa ke Laboratorium Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat untuk dilakukan percobaan. Akan dilakukan proses aklimatisasi (1-2 hari di dalam fasilitas laboratorium) hewan uji sebelum percobaan dilaksanakan.

Bahan Uji

Dua macam bahan uji pestisida akan digunakan, yaitu:

1. **Diazinon** (insektisida organofosfat) yang mempunyai nama kimia *O,O*-diethyl *O*-(2-isopropyl-6-methyl-4-pyrimidinyl) phosphorothioate dan mempunyai rumus empiris $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$. Nilai solubilitas-airnya adalah 40 mg/l. Nama dagang dari bahan kimia ini adalah Basudin, Diazitol, Dipofene, Neocidol, Nucidol, dan Spectracide (Gallo & Lawryk 1991).

2. **Glifosat** (herbisida organofosfat) yang mempunyai nama kimia N-(phosphonomethyl) glycine. Nama dagangnya adalah Glifonox, Glycel, Rodeo, Rondo, dan Roundup (Gallo & Lawryk 1991).

Pengadaan Air Laut Untuk Kultur

Air laut yang digunakan dalam proses aklimatisasi dan percobaan diambil langsung dari perairan dimana hewan uji berada. Semua air laut yang digunakan untuk percobaan terlebih dahulu disterilisasi dengan menggunakan "autoclave" pada suhu 121 °C selama 30 menit. Suhu, salinitas, dan pH air laut akan dikontrol dan dicatat selama percobaan.

Parameter Uji

Parameter percobaan yang akan diuji/diamati adalah konsumsi oksigen (oksigen yang digunakan/dimanfaatkan oleh hewan uji pada suatu periode waktu percobaan).

Pengukuran Konsumsi Oksigen

Pengukuran konsumsi oksigen dilakukan dengan cara mengukur oksigen terlarut di dalam air wadah percobaan sesudah hewan uji dimasukkan. Wadah percobaan yang akan digunakan dimodifikasi dari Johnson (1973), berbentuk empat persegi panjang (ukuran 15 x 15 x 15 cm), terbuat dari kaca. Pengukuran tersebut menggunakan "Dissolve Oxygen Meter" (DO-Meter). Sebelum pengukuran, hewan uji akan ditempatkan di dalam wadah percobaan yang beraerasi dan dilengkapi dengan pengaduk (Magnetic Stirrer) selama 1 jam sebagai periode aklimatisasi pengukuran. Setelah periode tersebut, kemudian oksigen terlarut di dalam wadah diukur dan hasilnya dicatat sebagai data oksigen terlarut awal (C_{aw}). Selanjutnya, wadah ditutup rapat dengan menggunakan penjepit (dimungkinkan tidak ada udara yang keluar masuk di dalam wadah selama percobaan). Dalam keadaan ini hewan uji

dibiarkan (tanpa gangguan) selama periode 1 jam. Pada akhir periode ini, oksigen terlarut diukur kembali dan hasilnya dicatat sebagai data oksigen terlarut akhir (C_{ak}).

Paramater konsumsi oksigen yang digunakan dalam penelitian ini adalah merupakan laju konsumsi oksigen (R) yang diperoleh dari data pengukuran oksigen terlarut (awal dan akhir). Laju Konsumsi oksigen (R) tersebut dihitung dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Johnson (1973), sebagai berikut: $R = [(C_{aw} - C_{ak}) \cdot V \cdot 700] \cdot [t \cdot w]^{-1}$; di mana R adalah laju konsumsi oksigen ($L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ berat bersih), C_{aw} adalah nilai konsentrasi oksigen terlarut awal (ppm), C_{ak} adalah nilai konsentrasi oksigen terlarut akhir (ppm), 700 adalah faktor konversi (untuk oksigen, $1 \text{ ppm} = 700 \text{ L/L}$), V adalah volume air dalam wadah (liter), t adalah waktu (jam), dan w adalah berat bersih.

Ada 2 macam percobaan yang akan dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

Percobaan 1: Diazinon - Konsumsi Oksigen. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh diazinon yang terlarut dalam air terhadap konsumsi oksigen hewan uji *S. bilocularis*. Untuk itu maka percobaan akan dirancang sebagai berikut:

Tiga hewan uji diletakkan dalam wadah dan direndam/ dikontaminasikan pada 3 konsentrasi diazinon (60, 6, 0.6 dan 0.06 ppm) ditambah 1 kontrol (0 ppm) yang dipersiapkan sebelumnya, sebagai perlakuan. Konsentrasi bahan uji tersebut dipilih berdasarkan percobaan pendahuluan yang telah dilakukan di mana tidak ada organisme yang mati pada konsentrasi tersebut (konsentrasi subletal). Akan dilakukan 12 kali ulangan untuk setiap perlakuan. Pengukuran konsumsi oksigen dilakukan sama seperti yang dijelaskan sebelumnya. Setelah pengukuran tersebut akan dilakukan pengukuran berat bersih (w) dengan cara: hewan uji dikumpulkan dan dipisahkan antara bagian tubuh yang keras

(cangkang) dan yang lunak (daging). Kemudian masing-masing dipanaskan di dalam oven pada suhu $105 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 malam (dilakukan untuk memperoleh berat kering yang konstan). Selanjutnya bagian tubuh yang lunak (daging) ditimbang dengan menggunakan timbangan Ohaus digital (ketelitian 0.0001 g) dan dicatat sebagai berat kering (w) untuk masing-masing perlakuan dan ulangan.

Percobaan 2: Glifosat - Konsumsi Oksigen. Percobaan dilakukan untuk mengetahui pengaruh glifosat (bahan pencemar) yang larut dalam air terhadap konsumsi oksigen *S. bilocularis*. Kecuali konsentrasi bahan uji (480, 720 dan 960 ppm) yang merupakan konsentrasi subletal, pengukuran konsumsi oksigen, jumlah hewan uji, ulangan, dan penimbangan berat kering (w) akan dilakukan sama seperti yang dijelaskan pada Percobaan 1.

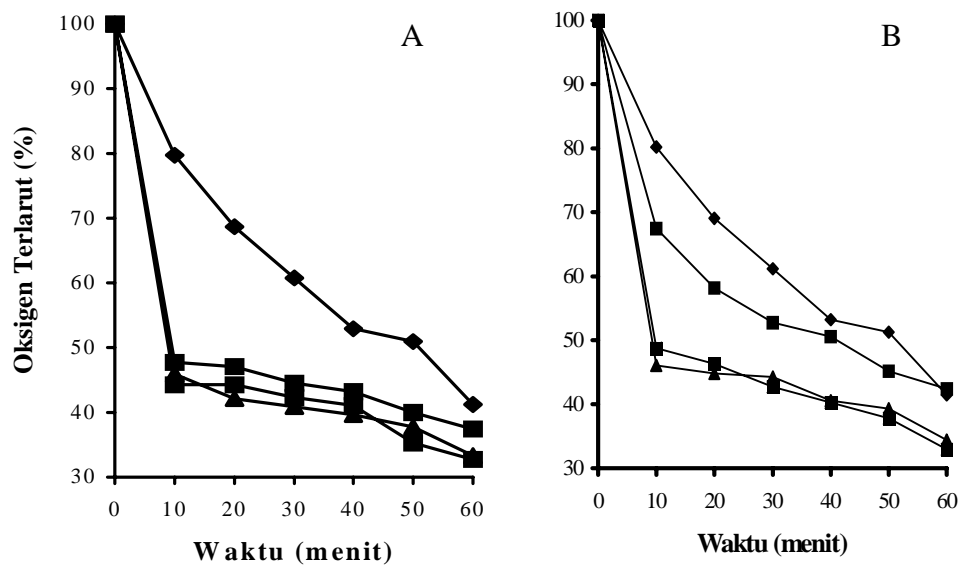
Analisis Data

Metoda statistik Analisis Ragam (ANOVA) Satu arah dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) akan digunakan untuk menganalisis masing-masing perlakuan (Sokal & Rohlf 1981; Fowler & Cohen 1990). Analisis data akan dilakukan dengan menggunakan program komputer Minitab®.

Hipotesis sederhana yang dikemukakan pada percobaan ini adalah H_o : Perlakuan tidak memberi pengaruh nyata pada konsumsi oksigen; H_1 : Perlakuan memberi pengaruh nyata pada konsumsi oksigen. Jika hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh perlakuan yang berbeda secara nyata atau sangat nyata maka akan dilanjutkan dengan Uji-Tukey menurut petunjuk Fowler & Cohen (1991) untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda nyata dengan kontrol.

HASIL

Dalam percobaan pendahuluan, mortalitas terjadi pada saat hewan uji direndam pada konsentrasi 30 ppm diazinon dan 960 ppm



Gambar 1. Penurunan oksigen terlarut secara relatif di mana kontrol dibandingkan dengan wadah yang mengandung diazinon (A), glifosat (B), dan berisi hewan uji kerang laut *S. bilocularis* selama percobaan 1 jam. Setiap titik mewakili 3 pengukuran

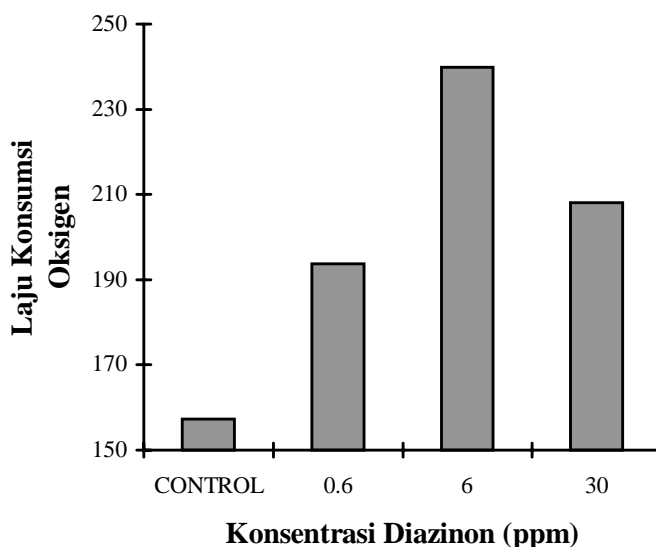
glifosat. Gambar 1 dan 2 memperlihatkan penurunan oksigen terlarut secara relatif di dalam wadah percobaan yang mengandung diazinon dan glifosat dengan konsentrasi subletal dan menggunakan 3 individu hewan uji dengan 3 ulangan. Nilai-nilai yang ditunjukkan merupakan nilai persentase dari kontrol. Dari nilai-nilai tersebut dapat dilihat bahwa kedua bahan uji (diazinon dan glifosat) mempengaruhi kemampuan hewan uji dalam mengambil oksigen. Walaupun hal itu tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$) antara kontrol dan perlakuan.

Gambar 3 dan 4 memperlihatkan laju konsumsi oksigen hewan uji selama 2 jam yang direndam ke dalam diazinon dan glifosat pada konsentrasi subletal. Laju konsumsi oksigen hewan uji yang direndam ke dalam diazinon pada konsentrasi 0,6; 6; dan 30 ppm adalah berturut-turut $193,46 \pm 38,84$; $239,77 \pm 40,36$; dan $208,05 \pm 38,57$ ml O_2 /jam/gram. Pada glifosat dengan konsentrasi 480; 720; dan 960 ppm adalah berturut-turut $195,26 \pm 43,06$; $252,28 \pm 36,06$; and $225,43 \pm 22,40$ ml O_2 /jam/gram.

Sementara, pada kontrol adalah $157,27 \pm 34,10$ ml O_2 /jam/gram. Diazinon pada konsentrasi 6 dan 30 ppm, serta 720 dan 960 ppm untuk glifosat sudah mempengaruhi hewan uji dalam hal konsumsi oksigen. Pengaruh yang ditunjukkan adalah signifikan secara statistik ($p < 0,05$).

PEMBAHASAN

Pengambilan oksigen pada golongan kerang laut (bivalva) tergantung pada aliran air yang melewati insang (Jorgensen 1990). Air dialirkan ke dalam ruang bagian dalam mantel melewati filamen-filamen insang terus ke organ suprabrachial dan ditolak keluar melalui rongga pengeluaran (Redpath & Davenport 1988). Aliran air yang memasuki ruang bagian dalam mantel terjadi karena adanya cilia-cilia yang terdapat pada insang (Silvester & Sleight 1984). Aliran air yang melewati ruang bagian dalam mantel adalah laminar dan kemudian oksigen yang terakumulasi di dalam air diambil secara difusi melewati epithelium dari ruang bagian dalam mantel (Famme & Kofoed 1980;



Gambar 3. Konsumsi oksigen (ml O₂/jam/g) hewan uji kerang laut *S. bilocularis* di dalam wadah yang mengandung diazinon.

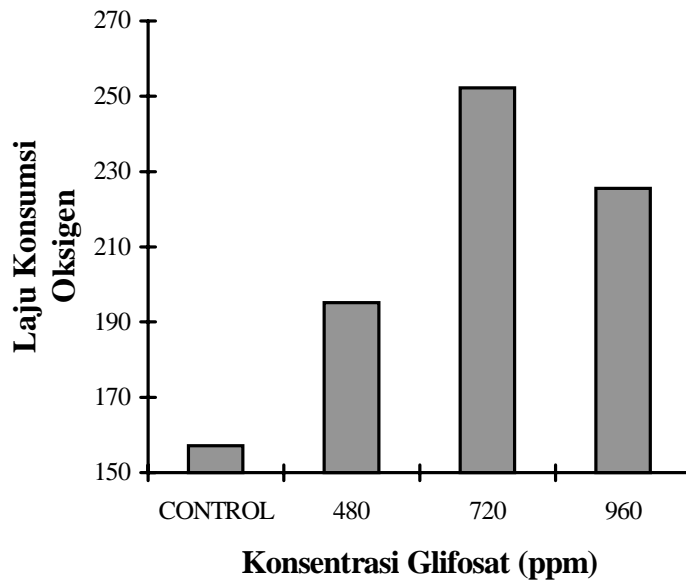
Jorgensen *et al.* 1986), dan juga ke seluruh jaringan tubuh hewan; kebanyakan melalui sirkulasi peredaran darah (Booth & Mangum 1979; Famme 1981). Pada bagian tersebut, insang menjadi kurang penting dalam proses konsumsi oksigen hewan (Famme & Kofoed 1980).

Adanya polutan di dalam air dapat mempengaruhi konsumsi oksigen dalam 2 cara. Pertama, secara mekanis dengan menurunkan bukaan katup atau dengan secara langsung mempengaruhi kemampuan pemompaan (Jorgensen 1990). Kedua, secara biokimia yang dihubungkan pada pengaruh polutan terhadap enzim. Kedua pengaruh tersebut dapat terjadi secara terpisah atau bersamaan.

Konsentrasi diazinon dan glifosat sangat penting dalam mempengaruhi pernapasan kerang laut. Dengan adanya diazinon, konsumsi oksigen meningkat dan mencapai tingkat tertinggi pada konsentrasi 6 ppm. Konsumsi oksigen menurun manakala konsentrasi diazinon ditingkatkan (30 ppm). Hal ini terjadi signifikan secara

statistik ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan kontrol (Gambar 3). Dengan adanya glifosat, konsumsi oksigen meningkat dan mencapai tingkatan tertinggi pada konsentrasi 720 ppm. Hal ini menurun pada konsentrasi 960 ppm (Gambar 4). Hal ini terjadi signifikan secara statistik ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan kontrol. Pengaruh kedua pestisida terhadap kerang laut dapat dijelaskan secara biokimia.

Rodriguez & Monserrat (1991) telah meneliti pengaruh parathion (insektisida) terhadap konsumsi oksigen kepiting laut *Chasmagnathus granulata*. Pengaruhnya disebabkan oleh karena adanya penghambatan pada acetylcholine (Ach). Ach terdistribusi pada sistem saraf hewan laut, termasuk kerang. Ach berperan sebagai 'neurotransmitter' dalam sensor saraf dan pada penghubung 'neuromuscular' tertentu. Rodriguez & Monserrat (1991) meneliti pengaruh herbisida (2,4 D) terhadap konsumsi oksigen kepiting laut *C. granulata*. Pestisida ini secara khusus menghambat sistem pernapasan.



Gambar 4. Konsumsi oksigen (ml O₂/jam/g) hewan uji kerang laut *S. bilocularis* di dalam wadah yang mengandung glifosat.

Sejauh yang ditelusuri, informasi mengenai pengaruh pestisida terhadap konsumsi oksigen hewan kerang laut tidak ditemui. Namun, apabila dihubungkan dengan polutan lainnya, Brown & Newell (1972) menemukan bahwa seng dan tembaga dapat menghambat aktifitas cilia dari kerang laut. Davenport & Manley (1978) meneliti bahwa *Mytilus edulis* memberi respon terhadap penutupan katup pada konsentrasi 0,021 ppm tembaga sulfat (CuSO₄) manakala konsentrasinya dinaikkan secara perlahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh dana Proyek Penelitian Dosen Muda Direktorat Penelitian & Pengabdian pada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Tahun Anggaran 2001. Ucapan terima kasih diberikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P. D. 1976. Effects of some pollutants on the filtration rate of *Mytilus*. *Marine Pollution Bulletin* 7: 228-231.
- Alloway, B. J. & D. C. Ayres. 1993. *Chemical principles of environmental pollution*. Blackie Academic & Professional. An Imprint of Chapman & Hall. 291 hal.
- Anonimus. 1997. Manado Post. Surat Kabar Harian. Prop. Sulawesi Utara.
- Bayne, B. L., D. A. Brown, K. Burns, D. R. Dixon, A. Ivanovici, D. R. Livingstone, D. M. Lowe, M. N. Moore, A. R. D. Stebbing & J. Widdows. 1985. *The effects of stress and pollution on marine animals*. Praeger. Praeger special studies. Praeger scientific. New York. 384 hal.
- Bliss, C. I. 1957. Some principles of bioassay. *American Scientist* 45:449-466.
- Booth, C. E. & C. P. Mangum. 1979. Oxygen uptake and transport in the

- lamellibranch mollusc *Modiolus demissus*. *Physiological Zoology* **51**: 17-32.
- Brown, B. E. & R. C. Newell. 1972. The effects of copper and zinc on the metabolism of the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* **16**: 108-118.
- Chapman, P. M. & E. R. Long. 1983. The use of bioassay as part of a comprehensive approach to marine pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin* **14**(3):81-84.
- Connell, D. W. & G. J. Miller. 1984. Chemistry and ecotoxicology of pollution. Hal. 162-223. Pesticides (Chapter 7). John Wiley & Sons.
- Dance, S. P. 1974. The encyclopedia of shells. Hal. 101. Blandford Press.
- Davenport, J. & A. Manley. 1978. The detection of heightened seawater copper concentrations by the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of Marine Biological Association United Kingdom* **58**: 843-850.
- Dharma, B. 1988. Siput dan kerang Indonesia I (Indonesian shells). Hal. 66-67. PT. Saranan Graha. Jakarta.
- Famme, P. & L. H. Kofoed. 1980. The ventilatory current and ctenoidal function related to oxygen uptake in declining oxygen tension by the mussel *Mytilus edulis* L.. *Comparative Biochemistry & Physiology* **66A**: 161-171.
- Famme, P. 1981. Haemolymph circulation as a respiratory parameter in the mussel *Mytilus edulis* L. *Comparative Biochemistry & Physiology* **69A**: 243-247.
- Fowler, J. & L. Cohen. 1990. Practical statistics for field biology. John Wiley & Sons. Chichester. 227 hal.
- Gallo, M. A. & N. J. Lawryk. 1991. Organic phosphorus pesticides. Hal. 1049-1053 *dalam* W. J. Hayes, Jr. & E. R. Laws, Jr. (eds.). Handbook of pesticide toxicology. Vol. 2. Classes of pesticides. Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. San Diego.
- Gerlach, S. A. 1981. Marine pollution: diagnosis and therapy. Springer-Verlag. Berlin. 218 hal.
- Govindarajulu, Z. 1988. Statistical techniques in bioassay. Karger. Basel. 166 hal.
- Granmo, Å. 1995. Mussels as a tool in impact assessment. Phuket Marine Biological Center Special Publication **15**: 215-220.
- Haskoning. 1994. Technical and economic aspects of measures to reduce water pollution caused by the discharge of certain organophosphorus compounds. ECSC-EC-EAEC, Brussels-Luxembourg. 87 hal.
- Howell, R., A. M. Grant & N. E. J. MacCoy. 1984. Effects of treatment with respine on the change in filtration rate of *Mytilus edulis* subjected to dissolved copper. *Marine Pollution Bulletin* **15**: 436-439.
- Johnson, W. S. 1973. Respiration rates of some New Zealand Echinoderms (Note). *N.Z. Journal of Marine and Freshwater Research* **7**(1&2): 165-169
- Jorgensen, C.B. 1990. Bivalve filter feeding: hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology. Olsen & Olsen. 140 pp.
- Jorgensen, C.B., F. Mohlenberg & O. Sten-Knudsen. 1986. Nature of relation between ventilation and oxygen consumption in filter feeders. *Marine Ecology Progress Series* **29**: 73-88.
- Kaligis, F. G. & M. T. Lasut. 1997. Effects of salinity and diazinon on the abalone *Haliotis varia* (Gastropoda: Haliotidae). Phuket Marine Biological Center Special Publication No. **17**. (*in press*).
- Kobayashi, K., R. M. Rompas, T. Maekawa, N. Imada & Y. Oshima. 1990. Changes in metabolic activity of tiger shrimp larvae at different stages to fenitrothion, an organophosphorus insecticide.

- Nippon Suisan Gakkaishi **56**(3):489-496.
- Lasut, M. T. 1995. Bioassay in marine pollution with special emphasis on polychaetous annelids bioassay. Mini Review. Hal. 24-30. University of Aarhus, Denmark.
- Lasut, M. T. 1996. Toxic effects of ethyl parathion and polluted seawater on the marine polychaete *Ophryotrocha diadema* (Dorvilleidae). Thesis S-2. University of Aarhus, Denmark.
- Leistra, M., L. G. M. Th. Tuinstra, A. M. M. van der Burg & S. J. H. Crum. 1984. Contribution of leaching of diazinon, parathion, tetrachlorvinphos and triazophos from glasshouse soils to their concentrations in water courses. *Chemosphere* **13**(3):403-413.
- Mackay, J. & S. E. Shumway. 1980. Factors affecting oxygen consumption in the scallop *Chlamys delicatula* (Hutton). *Ophelia* **19**(1): 19-26.
- Monserrat, J. M., E. M. Rodriguez & R. J. Lombardo. 1991. Effects of salinity on the toxicity of parathion to the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* (Decapoda: Grapsidae). *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* **46**:569-575.
- Mulla, M. S., L. S. Mian & J. A. Kawecki. 1981. Distribution, transport, and fate of the insecticides malathion and parathion in the environment. Hal. 1-137 *dalam* F. A. Gunther & J. D. Gunther (eds.). *Residue Reviews. Residues of pesticides and other contaminants in the total environment.* Springer-Verlag. New York.
- Newell, R. C. & V. I. Pye. 1970. Seasonal changes in the effects of temperature on the oxygen consumption of the winkle *Littorina littorea* (L.) and the mussel *Mytilus edulis* L.. *Comparative Biochemistry & Physiology* **34**: 367-383.
- Persoone, *dkk.* 1985. Evaluation of the impact of parathion, methyl-parathion (Part A), fenitrothion and fenthion (Part B) on the aquatic environment. Final report to EC/DG XI, part B; no. XI/785/83 (4/84/120).
- Rand, G. M. & S. R. Petrocelli. 1985. *Fundamentals of aquatic toxicology.* Hemisphere Publishing Corporation. New York. 666 hal.
- Redpath, K. J. & J. Davenport. 1988. The effect of cooper, zinc and cadmium on the pumping rate of *Mytilus edulis* L.. *Aquatic Toxicology* **13**: 217-226.
- Riisgaard, H. U., A. Randlov & P. S. Kristensen. 1980. Rates of water processing, oxygen consumption and efficiency of particle retention in veligers and young post-metamorphic *Mytilus edulis*. *Ophelia* **19**(1): 37-47.
- Rodriguez, E. M. & A. Pisanò. 1993. Effects of parathion and 2,4-d to eggs incubation and larvae hatching in *Chasmagnathus granulata* (Decapoda: Brachyura). *Comparative Biochemistry and Physiology* **104C**(1):71-78.
- Rodriguez, E. M. & J. M. Monserrat. 1991. Acute and chronic effects of parathion and 2,4 D on the oxygen consumption of *Chasmagnathus granulata* (Decapoda, Brachyura). *APPTLA* **41**(2): 201-210.
- Rompas, R. M., K. Kobayashi, Y. Oshima, N. Imada, K. Yamato & Y. Mitsuyasu. 1989. Relationship between toxicity and acetylcholinesterase inhibition of some thiono- and oxo-form organophosphate in tiger shrimp larvae at different stages. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**(4):669-673.
- Sembel, D. T., F. Kaseger, J. Pongoh & D. Kandowangko. 1991. Pengkajian terhadap penggunaan pestisida oleh petani di Kab. Minahasa dan Bolaang Mongondow. *Jurnal Fakultas Perikanan Unsrat* **1**(4): 6-13.
- Silvester, N. R. & M. A. Sleight. 1984. Hydrodynamic aspects of particle capture by *Mytilus*. *Journal of Marine*

- Biology Associated United Kingdom
64: 859-879.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. Second Edition. W. H. Freeman and Company. New York. 859 hal.
- Stainken, D. M. 1978. Effects of uptake and discharge of petroleum hydrocarbons on the respiration of the soft-shell clam, *Mya arenaria*. Journal of Fisheries Research Board Canada **35**(5): 637-642.
- Stebbing, A. R. D. 1979. An experimental approach to determinants of biological water quality. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series B **286**:465-481.
- Stebbing, A. R. D., B. Åkesson, A. Calabrese, J. H. Gentile, A. Jensen & R. Lloyd. 1980. The role of bioassay in marine pollution monitoring. Rapports et Proces-Verbaux des Réunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer **179**:322-332.
- Sudarmo, S. 1988. Pestisida tanaman. Kanisius. Yogyakarta. 124 hal.
- Zanders, P. & W. E. Rojas. 1992. Cadmium accumulation, LC₅₀ and oxygen consumption in the tropical marine amphipod *Elasmopus rapax*. Marine Biology **113**: 409-413.
