

## BEBERAPA EFEK SAMPING SERTA PENENTUAN TOXISITAS PESTISIDA DI DALAM LINGKUNGAN<sup>1)</sup>

Oleh: Harminani S. Djalal Tandjung

Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

### PENDAHULUAN

Pada pokoknya introduksi suatu substansi kimia asing ke dalam suatu lingkungan kehidupan dalam dosis ataupun konsentrasi yang sekecil-kecilnya pun dapat merupakan awal terjadinya pencemaran lingkungan yang bersangkutan. Pestisida, yang digunakan dalam kuantitas yang sangat besar di seluruh penjuru dunia, telah membuka kemungkinan terjadinya pencemaran global (Benn & McAuliffe, 1975:49).

Dari berbagai jenis pestisida yang kita kenal, jenis-jenis yang paling banyak digunakan ialah herbisida, insektisida dan fungisida, berturut-turut dengan prosentase 39%, 33% dan 10%, dengan berbagai variasi prosentase regional. Di daerah-daerah tropis pada umumnya insektisidalah yang paling berperan (Cramer *cit.* Besemer, 1976:2).

Problem-problem utama penggunaan pestisida ialah antara lain:

1. mempertinggi resistensi, sehingga memerlukan penggunaan zat-zat kimia yang lebih kuat dan berbahaya,
2. membunuh organisme-organisme bukan sasaran, termasuk predator-predator alam, sehingga saat ini jumlah pes menjadi jauh lebih banyak daripada waktu-waktu sebelumnya,
3. gangguan toxis langsung terhadap manusia dengan bertambah banyaknya penggunaan organofosfat yang persistensinya lebih kecil tetapi sangat lethal, sebagai pengganti organochlorin,
4. kontaminasi global akibat mobilitas yang tinggi beberapa pestisida persisten,
5. peningkatan biologis dalam rantai makanan oleh pestisida-pestisida persisten, yang sewaktu-waktu dapat mencapai "lethal threshold level",
6. menurunkan potensi reproduktif beberapa species,
7. mengganggu stabilitas ekosistem dengan mengubah struktur dan diversitas ekosistem, serta mengganggu keseimbangan di dalam rantai makanan,
8. bertambah besarnya risiko akan efek sinergistik interaksi antara pestisida dengan satu sampai lebih dari setengah juta jenis zat kimia buatan manusia yang digunakan di dalam ekosfir, dan

1) Dikemukakan pada Simposium Pestisida di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, pada tgl. 8 Oktober 1977.

9. kemungkinan terjadinya efek-efek genetik serta terhadap kesehatan jangka panjang akibat dosis sublethal pestisida-pestisida persisten (Miller, 1975:37).

Sebelum Perang Dunia II, insektisida yang umum digunakan ialah senyawa-senyawa tidak stabil yang diperoleh dari alam sendiri, misalnya:

- nicotinsulfat, yang diekstrak dari tembakau,
- pyrethrum, yang diperoleh dari bunga *Chrysanthemum* yang dikeringkan, yang ternyata telah digunakan di negeri Cina sebagai insektisida kira-kira 2000 tahun yang lalu (Hay *cit.* Miller, 1975:34).

Ketiga kelompok senyawa kimia insektisida yang terutama ialah:

- organochlorin ("chlorinated hydrocarbons")
- organofosfat ("organic phosphates"), dan
- carbamat (Brooks *cit.* Miller, 1975:34).

Organochlorin mempunyai 3 sifat utama, ialah:

- merupakan racun universal,
- degradasinya berlangsung secara lambat, dan
- larut di dalam lemak (Miller, 1975:35).

Senyawa ini merupakan senyawa yang tidak reaktif, bersifat stabil dan persisten (Benn & McAuliffe, 1975:55), terkenal sebagai "broad spectrum insecticides" (Miller, 1975:35; Besemer, 1976:2), dan merupakan jenis pestisida yang paling banyak menimbulkan problem (Besemer, 1976:1).

Penggunaan pestisida tertentu secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama akan menginduksi resistensi, sehingga akan mengakibatkan lebih sukarnya penanggulangan pes yang bersangkutan. Problem ini meliputi antara lain: dipertingginnya aplikasi pestisida yang akan menimbulkan phytotoxissitas dan bertambah banyaknya residu pestisida di dalam lingkungan, kemungkinan semakin berbahayanya zat tersebut terhadap organisme bukan sasaran dan menaikkan taraf pembiayaan. Dengan demikian timbullah alternatif lain ialah mengganti jenis pestisida yang dipakai (Sutisna *et al.*, 1976:6), dengan substansi-substansi kimia yang lebih aktif, misalnya senyawa-senyawa organofosfat (Benn & McAuliffe, 1975:62).

Senyawa-senyawa organofosfat mengalami dekomposisi alami dalam jangka waktu yang pendek (hari sampai minggu), sehingga lebih kecil kemungkinannya untuk menyebar luas ataupun bergerak melalui rantai makanan (Miller, 1975:35). Sekalipun demikian, organofosfatpun merupakan racun yang tidak selektif, sehingga terjadi pula gangguan terhadap ekosistem akibat pemusnahan musuh-musuh alami pes-pes sasaran. Dengan demikian senyawa-senyawa organofosfat menimbulkan pula berbagai efek samping yang berbahaya, yakni memusnahkan organisme-organisme bukan sasaran (termasuk manusia), menimbulkan resistensi pada berbagai jenis serangga dan memusnahkan populasi predator dan serangga-serangga parasit. Saat ini organofosfat semakin banyak digunakan orang, oleh karena aktivitas biologisnya yang sangat kuat dan daya akumulatifnya yang rendah di dalam lingkungan.

Kontaminasi lingkungan oleh pestisida terutama disebabkan oleh organofosfat, organochlorin serta herbisida (Wagner, 1974:268). Jenis-jenis insektisida

yang paling banyak diimpor ke Indonesia (tahun 1974) ialah berturut-turut organofosfat, kemudian carbamat dan baru organochlorin (Sutisna *et al.* 1976:2).

Dibandingkan dengan pengaruh oleh insektisida, kemungkinan terjadinya gangguan fungsional di dalam tubuh Mammalia (termasuk manusia) oleh herbisida dianggap tidak begitu berarti, mengingat adanya perbedaan proses-proses biologis yang berlangsung di dalam tubuh tumbuhan pengganggu dan di dalam tubuh Mammalia (Benn & McAuliffe, 1975:67).

Organochlorin yang pertama sekali dikenal ialah DDT (Benn & McAuliffe, 1975:58), dan beberapa negara telah membatasi bahkan ada yang melarang sama sekali penggunaan organochlorin seperti DDT, aldrin, endrin dan lindan, akan tetapi oleh karena degradasinya yang sangat lambat, senyawa-senyawa tersebut akan tetap terdapat baik dalam tubuh hewan maupun tumbuhan untuk jangka waktu yang lama (Dybern dalam Ruivo, 1972:22).

DDT sebagai pollutant terdapat dalam bentuk debu-debu yang dibawa angin (Risebrough *et al. cit.* Butler *et al.* dalam Ruivo, 1972:262), air hujan dan fauna air tawar serta air laut baik di daerah kutub maupun daerah-daerah sedang, membuktikan bahwa pestisida ini terdapat di mana-mana.

Berbagai macam penelitian, khususnya terhadap organisme-organisme di perairan baik air tawar maupun laut menunjukkan bahwa sekalipun berbagai negara telah membatasi penggunaan DDT, existensi senyawa ini di dalam lingkungan membuktikan bahwa senyawa ini benar-benar mempunyai daya persistensi yang sangat tinggi. DDT merupakan pestisida yang paling banyak digunakan di dunia (Fonselius dalam Ruivo, 1972:27), sehingga tidaklah mengherankan bahwa dari tahun ke tahun penelitian mengenai deteksi serta efek-efek senyawa tersebut tetap menjadi masalah yang hangat dan menarik di mana-mana.

Penelitian yang dilakukan oleh ICES (1968), di perairan Laut Utara menunjukkan bahwa konsentrasi organochlorin yang terdapat di dalam air buangan negara-negara di sekitarnya betul-betul menurun. Hal ini membuktikan bahwa negara-negara tersebut telah betul-betul berusaha mengurangi kontaminasi oleh senyawa kimia tersebut terhadap perairannya. Sekalipun demikian, negara-negara ini tetap terus memproduksi senyawa-senyawa organochlorin untuk diexport ke negara-negara yang kondisinya masih memungkinkan penggunaan jenis pestisida tersebut (Cole dalam Ruivo, 1972:6).

Di negara-negara Lebanon, Israel dan Mesir, telah tampak meningkatnya penggunaan organofosfat dan carbamat menggantikan organochlorin (GFCM/ICSEM Group of Experts on Marine Pollution dalam Ruivo, 1972:30). Terbunuhnya 50-98% ikan-ikan Salmo di New Brunswick pada tahun 1953 yang merupakan pusat produksi Salmo Atlantik akibat DDT (organochlorin), menyebabkan digantinya senyawa ini dengan sumithion (organofosfat) yang efeknya terhadap ikan jauh lebih kecil (Trites dalam Ruivo, 1972:67).

Sekalipun demikian, organochlorin masih tetap banyak juga digunakan di berbagai negara, bahkan di British Columbia, DDT langsung disemprotkan ke lembah-lembah sungai untuk membasmi nyamuk, sehingga langsung mempengaruhi perairan di sungai-sungai dan teluk-teluk (Parsons dalam Ruivo, 1972:74). Di Indonesia sendiri masih banyak digunakan DDT, mengingat keuntungan akan efek jangka panjangnya (Sutisna *et al.*, 1976:7-8).

Organochlorin, terutama DDT, merupakan salah satu senyawa yang jelas berakumulasi di dalam rantai makanan, yang setelah mencapai kadar tertentu akan menjadi berbahaya bagi organisme-organisme, bahkan manusia, melalui ikan (Dybern dalam Ruivo 1972:21; Fonselius dalam Ruivo, 1972:27; Besemer, 1976:3).

Karena insektisida mudah memasuki lingkungan perairan, studi tentang pengaruh terhadap ikan adalah cukup menarik, mengingat ikan merupakan salah satu sumber protein hewani bagi manusia yang sangat penting.

Salah satu contoh akumulasi dan konsentrasi organochlorin di dalam rantai makanan misalnya di Green Bay, Wisconsin,

- lumpur di dasar perairan ini mengandung DDT 0,014 ppm,
- Crustacea di tempat ini mengakumulasi senyawa tersebut sampai sebesar 0,41 ppm,
- ikan-ikannya mengandung DDT 3-6 ppm, dan
- burung-burung "herring gulls" pada puncak rantai makanan ini mengandung DDT sampai 99 ppm, yang sangat mengganggu reproduksinya.

Burung-burung lebih mudah mengakumulasi DDT daripada Mammalia, oleh karena proses ekskresinya berlangsung tidak secepat pada Mammalia. Manusia juga mengakumulasi DDT di dalam jaringan lemak tubuh, tetapi hampir tidak atau belum pernah ada laporan tentang adanya orang sakit atau meninggal akibat DDT, kecuali karena penanganan yang salah akibat tidak mengikuti petunjuk penggunaan (Wagner, 1974:272, 276, 278). Konsentrasi DDT dalam jaringan lemak tubuh manusia sangat bervariasi, misalnya di Inggris 1 ppm, USA 2 ppm dan India lebih dari 10 ppm (Benn & McAuliffe, 1975:56).

Senyawa-senyawa organochlorin yang terdapat dalam jaringan tubuh manusia yang menimbulkan masalah yang hangat dibicarakan akhir-akhir ini ialah dalam bentuk insektisida serta PCB ("Polychlorinated Biphenyls"). Adanya organochlorin dalam tubuh manusia semakin meningkatkan perhatian kita akan pencemaran lingkungan oleh organochlorin.

Semua jenis pestisida bersifat toksis terhadap organisme hidup, dengan 3 faktor risiko yang telah dikenal, ialah:

1. kemampuan pestisida tertentu untuk terdapat di tempat yang jauh dari lokasi aplikasinya,
2. sifat pestisida yang dapat menetap dan berakumulasi baik di dalam tanah, tumbuhan, jaringan tubuh hewan, maupun tempat-tempat yang lain,
3. kekurangan pengetahuan kita akan semua risiko dan konsekuensi pada manusia serta lingkungan akibat penggunaan pestisida (Kaufman & Plimmer dalam Ruivo, 1972:192).

Hayes telah mengelompokkan efek-efek pestisida terhadap manusia, yaitu mortalitas, morbiditas serta penimbunan (Kaufman & Plimmer dalam Ruivo, 1972:193). Efek tersebut merupakan salah satu efek samping penggunaan pestisida terhadap manusia, yang antara lain dapat merupakan efek langsung ataupun kemungkinan efek tidak langsung melalui rantai makanan. Di bawah

ini akan dikemukakan beberapa efek sampingan penggunaan pestisida serta penentuan toksisitas beberapa jenis pestisida di dalam lingkungan. Penentuan toksisitas beberapa jenis pestisida yang telah dilakukan di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada dimaksudkan untuk menentukan  $LC_{50}$  atau TLm, yaitu konsentrasi suatu zat yang dapat menyebabkan mortalitas sebesar 50% terhadap hewan uji dalam suatu waktu yang ditentukan (Portman dalam Ruivo, 1972:212; Hua, 1972:2; Eden dalam Benn & McAuliffe, 1975:129). Pestisida yang digunakan antara lain adalah jenis-jenis insektisida yang cukup terkenal di Indonesia, hewan-hewan uji yang dipakai adalah ikan-ikan air tawar yang banyak terdapat di sekitar Yogyakarta, serta pengujian dilakukan secara langsung, dalam Laboratorium (Taras *et al.*, 1971:562-75; Portman dalam Ruivo, 1972:212-15; 218-20; Participant of Industrial Waste Group, 1976:1-2).

### BEBERAPA EFEK SAMPING PESTISIDA

Seperti telah dikemukakan dalam problem-problem utama pestisida, ternyata bahwa pada prinsipnya problem yang timbul adalah akibat adanya efek samping pestisida terhadap lingkungan, baik media kehidupan, mikro-organisme, tumbuhan, hewan maupun manusia. Efek ini pada pokoknya dapat dibedakan menjadi efek langsung serta efek melalui rantai makanan, yang sebenarnya tetap ada kaitannya satu sama lain.

#### 1. EFEK TERHADAP RANTAI MAKANAN

Efek ini terutama ditimbulkan oleh senyawa organochlorin, terhadap organisme-organisme bagian rantai makanan di dalam suatu perairan baik tawar maupun laut, menyangkut terutama rantai makanan carnivora. Organochlorin yang memasuki perairan akan berakumulasi dalam rantai makanan, dan akumulasi ini adalah tergantung pada:

- sifat spesifik species dalam rantai makanan, meliputi derajat ekskresi dan biodegradasi, serta
- hubungan ekologis antar species (Besemer, 1976:8).

Efek berupa mortalitas pada umumnya dijumpai pada hewan-hewan yang merupakan puncak rantai makanan, dan pada umumnya burung-burung laut menghadapi risiko ini, lebih besar daripada hewan-hewan lain atau manusia, yang makanannya lebih bervariasi. Burung-burung lebih mudah mengakumulasi organochlorin, sebab ekskresinya berlangsung tidak secepat pada Mammalia (Wagner, 1974:276).

Organochlorin, baik berupa insektisida, terutama DDT, maupun PCB dalam ukuran ppb, ternyata dapat mengurangi aktivitas fotosintetis algae laut. DDT bersifat sangat lipophil, sehingga pada algae tersebut dapat terjadi akumulasi di dalam organella lipid selulernya, dalam ukuran ppm. 90% dari organisme fotosintetis di bumi ini yang menghasilkan  $O_2$  adalah di laut, dan apabila kadar  $O_2$  udara suatu ketika menjadi sangat terpengaruh, akibatnya tentulah ada yang dapat kita ramalkan, akan tetapi mungkin pula tidak. Adanya efek pestisida terhadap organisme fotosintetis di laut ini menunjukkan bahwa rantai makanan di laut, sekalipun jauh dari lokasi aplikasi pestisida tersebut, tetapi dapat terpengaruh (Wagner, 1974:271-7). Beberapa contoh

species phytoplankton pantai dan laut yang terhambat photosynthesisnya oleh beberapa ppb. organochlorin, misalnya: *Skeletonema costatum*, *Coccolithus huxleyi*, *Pyramimonas* sp., *Peridinium trochoideum* (Wurster, cit. Halstead dalam Ruivo, 1972:590). Akibat tereduksinya photosynthesis phytoplankton laut ini, terjadi pula penurunan proses reproduksi dengan cara pembelahan sel (Wurster cit. Davis dalam Ruivo, 1972:308). Responsi phytoplankton terhadap pengaruh pestisida ini tergantung pada jenis speciesnya. Tumbuhan laut ini merupakan dasar rantai makanan laut, dan menurut Wurster, efek pencemaran terhadap algae tidak mudah diketahui, akan tetapi sekalipun demikian, hal ini justru lebih penting secara ekologis daripada mortalitas langsung yang tampak pada organisme yang besar-besar.

Beberapa contoh lain, di samping yang telah dikemukakan dalam pendahuluan, pengaruh yang dijumpai pada berbagai jenis Vertebrata tinggi pada berbagai tempat di bumi ini, akibat akumulasi organochlorin di dalam rantai makanan, dapatlah dikemukakan sebagai berikut ini:

1. Pemusnahan burung-burung Robin di MSU, Michigan, dari 370 menjadi 4, dalam waktu 4 tahun, dan hampir tidak mampu berketurunan lagi dalam tahun-tahun terakhir ini akibat pencemaran oleh DDT (Wagner, 1974:273).
2. Adanya DDT dan PCB dalam konsentrasi tinggi pada anjing-anjing laut dan sebangsa elang berekor putih di perairan laut Baltik (Dybern dalam Ruivo 1972:22; Fonselius dalam Ruivo, 1972:27; ICES cit. Halstead dalam Ruivo, 1972:590).
3. Adanya organochlorin dalam jaringan tubuh mollusca, ikan serta burung-burung di pantai negeri Belanda, dalam konsentrasi yang cukup tinggi, meliputi antara lain dieldrin, endrin, telodrin, BHC, p,p-DDE dan 15 isomer PCB. Juga penurunan populasi burung *Sterna sandvichensis* dari 40.000 pasang pada tahun 1954, menjadi 1500 pasang pada tahun 1964. Pada burung-burung yang ditemukan mati yang dianalisa pada tahun 1964, ditemukan telodrin, dieldrin dan DDE, 4-5 kali lebih besar daripada yang sengaja dimatikan (Koeman & Van Genderen dalam Ruivo, 1972:429-30).
4. Pada anjing-anjing laut di pantai Anglian Timur, di utara muara sungai Thames, konsentrasi DDT dan PCB di dalam tubuhnya sangat tinggi, demikian pula dieldrin, yang jauh lebih tinggi daripada konsentrasi di dalam tubuh anjing-anjing laut di manapun (Holden dalam Ruivo, 1972:269).

Jensen *et al.* (1960) menyatakan bahwa 50% dari organochlorin yang terkandung dalam tubuh anjing laut adalah DDT.

Substansi-substansi yang dibawa baik oleh air buangan industri maupun sampah-sampah pertanian bersifat toxis terhadap organisme-organisme laut. Substansi-substansi ini berakumulasi di dalam organisme atau sedimen-sedimen, dan dapat terambil oleh bacteria serta hewan-hewan yang hidup di dasar. Organisme-organisme yang mobil kadang-kadang langsung bereaksi terhadapnya dan dapat menghindarkan diri. Sebagian besar racun tersebut ternyata mempunyai efek yang lambat, dan berakumulasi dalam rantai makanan.

Setelah mencapai TLV tertentu substansi tersebut menjadi berbahaya bagi organisme-organisme, bahkan manusia, melalui ikan (Dybern dalam Ruivo, 1972:21).

Kandungan senyawa toxis di perairan laut lepas dapat pula disebabkan oleh bawaan udara, sedang sumbernya mungkin jauh dari daerah tersebut (Dybern dalam Ruivo, 1972:22).

DDT merupakan pestisida yang paling banyak digunakan di dunia. Senyawa ini ditemukan di udara, bahkan dalam jaringan lemak burung-burung penguin di Antarctica, jauh dari semua sumber DDT. Film permukaan yang tipis di perairan alam, terutama mengandung lemak dan produk-produk dekomposisi berlemak organisme-organisme planktonik yang mati. DDT larut di dalam film ini karena itu tertimbun di situ. Dengan adanya ombak dan turbulensi, senyawa-senyawa ini menyebar ke bawah. Hal ini akan menghambat produk primer dengan jalan menghambat proses asimilasi phytoplankton, salah satu mata rantai yang pertama di dalam rantai makanan. Pengurangan phytoplankton dalam jumlah besar akan memberikan efek yang sangat berat bagi kehidupan di laut dan akhirnya akan berbahaya bagi manusia lewat pengurangan jumlah makanan di laut (Fonselius dalam Ruivo, 1972:27).

Konsentrasi residu organochlorin dalam jaringan makanan di permukaan dan di dalam sedimen lebih tinggi daripada dalam medium aquatik tempat biota hidup, dan semakin tinggi dalam tubuh hewan dengan kadar lemak yang semakin tinggi pula (Kneip *et al.* dalam Ruivo, 1972:173). Hewan-hewan yang merupakan bagian rantai makanan dapat langsung mati atau berkurang reproduksinya (Besemer, 1976:9).

Di lingkungan perairan laut, anjing laut merupakan salah satu hewan Mammalia pemakan ikan, yang merupakan stadium terakhir suatu rantai makanan yang cukup panjang dan itulah sebabnya sering mengandung residu organochlorin yang relatif tinggi. Hewan-hewan ini mempunyai bagian lemak subcutan yang merupakan bagian terbesar dari berat tubuhnya. Oleh karena itu hewan ini dapat digunakan sebagai indikator kontaminasi perairan laut oleh organochlorin (Holden dalam Ruivo, 1972:267). Konsentrasi organochlorin yang tertinggi ditemukan pada anjing-anjing laut yang mati, hampir mati atau dalam keadaan parah. Dalam keadaan semacam itu lemak tubuh dimetabolisasi dan bila residu organochlorin tidak terdegradasi pula, akan terkonsentrasi dalam lemak yang tertinggal. Sirkulasi lemak semacam itu dalam jumlah besar akan menyebabkan degenerasi hepar dan organ-organ lain, dan kadar residu yang tinggi di dalam darah akan mempengaruhi systema nervosum centrale (Holden dalam Ruivo, 1972:27).

Organochlorin di dalam jaringan tubuh organisme laut biasanya terakumulasi dalam jaringan lemak serta vitellus telur (Robinson *et al. cit.* Davis dalam Ruivo, 1972:307). Dari berbagai hasil penelitian ternyata bahwa senyawa-senyawa kimia persisten tersebut memasuki lautan melalui aliran air atau berupa debu-debu yang dibawa angin dan konsentrasi residu semakin bertambah pada tingkatan tropik yang lebih tinggi sehingga kuantitas tertinggi terdapat pada predator teratas atau burung-burung pemakan ikan.

Dalam hubungan dengan rantai makanan, penentuan tingkat-tingkat non-toxis dan "threshold" bagi algae adalah sangat penting (North *et al.* dalam

Ruivo, 1972:333). Pengaruh toxis organochlorin terhadap algae ternyata bersifat selektif, sehingga dapat mengubah komposisi species dalam suatu komunitas phytoplankton alam. Ketidak-seimbangan flora ini dapat menyebabkan penekanan suatu species oleh species lain, yang mengakibatkan ledakan populasi serta dominasi komunitas planktonik oleh satu atau beberapa species (Korringa *cit.* Halstead dalam Ruivo, 1972:590). Toksisitas Diatomeae akan bertambah besar bila konsentrasi selnya berkurang dan toksisitas Dinoflagellata dapat menyebabkan toksisitas beberapa jenis tiram dan mungkin pula ikan.

Berdasar atas hasil-hasil penelitian tersebut di atas ternyata bahwa manusia telah memasukkan berbagai substansi toxis yang mempunyai residu-residu persisten ke dalam keseimbangan ekologis yang rumit dalam ekosistem laut (Idler dalam Ruivo, 1972:537), padahal seperti diketahui, hewan-hewan laut predator yang mempunyai nilai-nilai ekonomi, bersifat peka terhadap jenis-jenis pestisida tersebut, oleh karena mereka mengakumulasi zat-zat tersebut dalam jaringan tubuhnya (Halstead dalam Ruivo, 1972:590).

## 2. EFEK TERHADAP BEBERAPA AVERTEBRATA AQUATIK BUKAN SASARAN

Crustacea merupakan kelompok jenis hewan yang sangat peka terhadap organochlorin. Hewan-hewan ini biasa dijumpai dan bereproduksi di daerah muara yang dangkal atau perairan pantai, yang pada umumnya merupakan daerah yang paling sering terkena pencemaran (Portman dalam Ruivo, 1972:6).

*Crangon-crangon*, salah satu species udang di Laut Utara, meskipun tidak mengalami pemusnahan, ternyata tidak lagi berkembang biak dengan baik, dan *Pandalus montagni* mengalami penurunan populasi yang menyolok (Cole dalam Ruivo, 1972:6).

*Crangon-crangon* dianggap merupakan species yang paling sensitif, dan jenis pestisida yang ternyata paling toxis terhadap hewan ini ialah insektisida azinphos-methyl lebih besar daripada toksisitas y BHC dan DDT.

Organofosfat ternyata lebih toxis terhadap Crustacea daripada terhadap Mollusca, sedang toksisitas insektisida terhadap ikan pada umumnya lebih besar daripada terhadap Mollusca (Portmann dalam Ruivo, 1972:212-5). Larva pada umumnya lebih peka daripada yang dewasa (Davis, *loc. cit.* Portmann dalam Ruivo, 1972:220) dan LC<sub>50</sub> dalam waktu 3 jam adalah 3-10 kali lebih rendah.

Herbisida ternyata tidak begitu toxis terhadap larvae, tetapi kadang-kadang dapat mengurangi kecepatan pertumbuhannya (Portmann dalam Ruivo, 1972:216).

Pada udang, seperti halnya pada ikan, menjelang kematian akibat pestisida, terjadi perubahan warna, tetapi pemulihan kembali pada Crustacea dapat berlangsung sangat cepat (Portmann dalam Ruivo 1972:220).

Organochlorin, terutama DDT, dapat berakumulasi pula pada Polychaeta laut (Ernst dalam Ruivo, 1972:260), misalnya *Lanice conchilega*, yang merupakan makanan ikan seperti misalnya *Platichthys flesus*, sehingga dalam tubuh ikan tersebut terakumulasi pula organochlorin yang sama (*loc. cit.*).

Senyawa-senyawa organochlorin seperti DDT, aldrin dan heptachlor, dapat menghambat atau mengganggu perkembangan embrio ketimun laut.

## 3. EFEK TERHADAP IKAN

Organofosfat ternyata juga dapat menghambat cholinesterase pada ikan, misalnya hasil penelitian Weis (1961) mengenai pengaruh 12 macam organofosfat pada ikan dan malformasi skeletal pada embrio ikan.

Terbasminya ikan-ikan nehu (*Stolephorus purpureus*) di Pearl Harbor, ternyata juga disebabkan oleh pestisida yang terbawa oleh aliran sungai yang bermuara ke daerah tersebut (Wastler & Wastler dalam Ruivo, 1972:53). Hal yang semacam ini, yakni pemusnahan ikan-ikan yang bernilai konsumtif bagi manusia, ternyata dijumpai di mana-mana, di New Brunswick (Trites dalam Ruivo, 1972:67), di perairan tawar Jepang (Nitta dalam Ruivo, 1972:79) dan di berbagai negara Asia (Hua, 1972:1; Besemer, 1976:5).

Di samping efek pemusnahan langsung terhadap populasi ikan dalam suatu perairan, pemusnahan dapat pula terjadi melewati gangguan atau penghambatan terhadap reproduksi. Sebagai contoh misalnya:

- Terjadi degenerasi oogonia dan oocyt ikan "bluegill" (*Lepomis macrochirus*), oleh pengaruh sublethal *sodium arsenit* (Gilderhus *cit.* Mitrovic dalam Ruivo, 1972:254).
- Terjadinya degenerasi testis *Lepomis microlophus* oleh pengaruh herbisida hydrothol-191 (Eller, 1969, *loc. cit.*).
- Terjadinya gangguan baik terhadap reproduksi dan penetasan telur maupun kelangsungan hidup ikan oleh organochlorin, misalnya: Terjadinya penghambatan reproduksi serta perkembangan *Lepomis macrochirus* oleh heptachlor (Andrew *et al.*, *cit.* Mitrovic dalam Ruivo, 1972 : 255), dan *Poecilia latipinna* oleh dieldrin.

Adanya residu DDT dalam ova ikan air tawar yang meningkatkan mortalitas ikan (Burdick *et al.*, *cit.* Butler *et al.* dalam Ruivo, 1972 : 263).

Pencemaran perairan oleh herbisida 2,4D, ternyata dapat pula menyebabkan penurunan resistensi alami ikan-ikan terhadap mikroorganisme-mikroorganisme parasit (Wagner, 1974:280), dan akibat semacam ini juga dapat ditimbulkan oleh phenol (Luk'ianenko *cit.* Mitrovic dalam Ruivo, 1972 : 254), dan DDT.

Organochlorin dapat memasuki tubuh ikan melalui branchia dan kulit (American Chemical Society *cit.* Halstead dalam Ruivo, 1972 : 590), dan dapat mengganggu "learning ability" (Anderson & Prins *cit.* Halstead dalam Ruivo, 1972 : 591).

Beberapa pengaruh sublethal yang lain terhadap ikan akibat pestisida antara lain:

- a) pada branchia, sebagai contoh misalnya penebalan lamellae branchiae akibat toxaphen (Lowe *cit.* Mitrovic dalam Ruivo 1972 : 254), necrosis sel-sel epithelium, dan bertambah banyaknya sel mucosa branchia *Cyprinus* oleh Na-Ta, perubahan histopathologis akibat arsenit sodium dan herbisida

Hyrothol 191 dan bertambah banyaknya sekresi mucosa pada branchia larva *Petromyzon* di lingkungan TFM.

- b) gangguan pada hepar, ren dan darah, yang umum terjadi pada ikan-ikan yang berada di lingkungan yang tercemar oleh pestisida (Mitrovic dalam Ruivo, 1972 : 254; Tandjung & Soesilo, 1977).
- c) kenaikan konsumsi oksigen, misalnya sebesar 25% dan hypersensitivitas pada ikan "bluntnose minnows" (*Phoxinus* sp.) akibat pengaruh sublethal endrin (Mount *cit.* Mitrovic dalam Ruivo, 1972 : 254), dan pada *Lepomis gibbosus* oleh dieldrin.
- d) terbentuknya populasi ikan yang resisten terhadap pestisida yang mengakumulasi senyawa-senyawa toxis jauh lebih banyak di dalam tubuhnya, sehingga merupakan suatu risiko potensiil bagi konsumennya, termasuk manusia.

#### 4. EFEK TERHADAP BURUNG

Pada umumnya pengaruh pestisida terhadap burung ialah berupa akumulasi terutama organochlorin di dalam jaringan tubuhnya melalui rantai makanan (Presst *cit.* Cole dalam Ruivo, 1972:22; Fonselius dalam Ruivo, 1972:27; Van Genderen dalam Ruivo, 1972:430). Pengaruh lebih lanjut akibat adanya akumulasi zat toxis tersebut antara lain berupa pemusnahan, terutama karena gangguan terhadap reproduksinya, dengan terjadinya penipisan kulit kapur telur yang dikeluarkan oleh induk-induk burung (Besemer, 1976:9; Risebrough *et al. cit.* Holden dalam Ruivo, 1972:271; Hickey & Anderson *cit.* Davis dalam Ruivo, 1972 : 307; Heath *et al. cit.* Davis dalam Ruivo, 1972 : 308).

Dua hypothesis utama berkenaan dengan aksi organochlorin terhadap penipisan kulit kapur telur dan penurunan reproduksi pada burung ialah:

- a) Organochlorin menginduksi enzim-enzim hepar yang memetabolisasi steroid-steroid, yang selanjutnya mempengaruhi metabolisme Ca sehingga menyebabkan kulit kapur telur menjadi tipis dan rapuh (Wurster *cit.* Davis dalam Ruivo 1972:308) dan di samping itu terjadi defisiensi vitamin D (Risebrough *cit.* Holden dalam Ruivo 1972 : 271).
- b) Organochlorin menghambat *carbonic anhydrase* pada "shell-gland" burung, yang menyebabkan menipisnya kulit kapur telur (Bitman *et al. cit.* Davis dalam Ruivo, 1972 : 308).

Pada umumnya mortalitas burung bukan karena keracunan, tetapi akibat cuaca buruk. Mortalitas akibat keracunan, terutama oleh organochlorin, terjadi baik pada yang dewasa maupun yang baru menetas. Hampir 12% dari anak-anak burung yang baru menetas, segera mengalami kejang-kejang dan mati dengan kepala melipat ke belakang akibat opisthotonus. Pada burung-burung dewasa yang mati ini biasanya hepar mengandung organochlorin 4-5 kali lebih besar, dan jaringan lemak mengandung organochlorin 6-8 kali lebih besar daripada yang dibunuh dengan sengaja. Diduga bahwa konsentrasi yang tinggi di dalam hepar disebabkan karena redistribusi yang berasal dari deposit lemak. Untuk mengetahui sebab kematian hewan akibat organochlorin, biasanya digunakan indikator diagnostik adanya residu substansi tersebut di dalam otak dan hepar.

Mortalitas yang segera terjadi setelah menetas, diduga disebabkan terjadinya resorpsi saccus vitellinus. Kandungan lipid yang rendah pada burung-burung muda yang ditemukan mati, menunjukkan akan bertambahnya kebutuhan energi pada saat mulai terbang, dan saat ini hewan yang bersangkutan sangat peka terhadap organochlorin yang dilepaskan dari lemak.

Pada tahun 1964 di daerah Vlieland, terjadi pemusnahan burung-burung betina secara besar-besaran akibat keracunan organochlorin, terutama pada saat mengeram. Pada waktu mengeram, hewan-hewan betina tidak makan, sehingga pestisida tersebut ikut dimobilisasi dari lemak. Pada kelompok burung ini memang hanya yang betina saja yang mengeram (Koeman & Van Genderen dalam Ruivo, 1972 : 429 - 33).

#### 5. EFEK TERHADAP MAMMALIA

Berbagai efek samping pestisida terhadap Mammalia cukup banyak diperbincangkan orang di seluruh dunia sebagai problem yang hangat dan selalu menarik.

- a) Hambatan terhadap enzim-enzim oleh organochlorin, antara lain: *succinic dehydrogenase*, *cytochrom oxidase* dan *carbonic anhydrase*.
- b) Efek carcinogen oleh organochlorin misalnya pada hepar dan leukemia, (Idler dalam Ruivo, 1972 : 357; Halstead dalam Ruivo, 1972 : 590; Besemer, 1976 : 6), pada pulmo .
- c) Efek penurunan daya ingat oleh organochlorin .
- d) Efek perusakan terhadap hormon-hormon kelamin, mengurangi efek beberapa jenis obat-obatan, defisiensi Ca dalam tulang oleh organochlorin.
- e) Terdapatnya organochlorin dalam corpora adiposa ibu, otot-otot uterus ibu, darah ibu, darah fetus, placenta dan liquor amnii dan banyak dilaporkan adanya efek terato-toksisitas oleh PCB (Polishuk, 1977 : 278 - 9).
- f) Organofosfat dapat menimbulkan degenerasi glandula salivarius, glandula lacrymalis, jaringan acini pancreas, degenerasi thymus, lien dan menghambat cholinesterase erythrocyt secara irreversibel.
- g) Efek teratogen oleh herbisida 2, 4, 5-T yang mempunyai produk samping berupa dioxin (Benn & McAuliffe, 1975 : 70; Wagner, 1974 : 269).
- h) Efek carcinogen terhadap hepar dan thyroid oleh fungisida (Besemer, 1976 : 4-5), terutama yang mengandung Hg (Dybern dalam Ruivo, 1972 : 21).
- i) Gangguan terhadap sistim saraf oleh rodentisida dan nematisida (Besemer, 1976 : 4).

#### 6. EFEK TERHADAP TUMBUHAN

- a) Menurunkan aktivitas photosynthesis, antara lain terhadap phytoplankton, oleh organochlorin (Wurster, *cit.* Portmann dalam Ruivo, 1972 : 216).
- b) Mempengaruhi populasi Actinomycetes, fungi dan bacteria.
- c) Akumulasi berbagai jenis pestisida dalam buah-buahan dan sayur-sayuran.

## PENENTUAN TOXISITAS PESTISIDA DI DALAM LINGKUNGAN

Dari berbagai uraian mengenai beberapa efek samping pestisida di atas dapat disimpulkan bahwa di dalam lingkungan kehidupan di sekitar kita mungkin sekali terdapat substansi-substansi toxis yang tanpa kita sadari mengancam keselamatan kehidupan kita saat ini.

Rantai makanan carnivora, meliputi manusia pula sebagai salah satu organisme hidup yang berada pada jenjang paling atas, yang saat inipun terancam oleh risiko terkena oleh efek toxis substansi-substansi kimia persisten seperti organochlorin yang telah terakumulasi oleh organisme-organisme lain yang berada pada jenjang-jenjang yang lebih rendah di dalam rantai makanan tersebut.

Di samping terus berusaha untuk mendeteksi kemungkinan adanya residu-residu pestisida baik di dalam tubuh organisme-organisme hidup di lingkungan kehidupan di sekitar kita maupun media kehidupan itu sendiri, tidak kalah pula pentingnya untuk terus berusaha pula menentukan toxisitas berbagai jenis pestisida terhadap berbagai jenis organisme-organisme hidup, terutama yang tercakup di dalam rantai makanan di sekitar kita. Hal ini mutlak perlu untuk menghindari kemungkinan terjadinya kemusnahan ataupun efek-efek merugikan yang lain terhadap organisme serta lingkungan kehidupan di bumi ini.

Penentuan toxisitas, yang dilakukan terhadap hewan-hewan di perairan, biasanya dinyatakan sebagai  $LC_{50}$ , yaitu konsentrasi yang dalam kondisi spesifik akan menyebabkan kematian 50% hewan uji dalam suatu waktu tertentu (Eden dalam Benn & McAuliffe, 1975:129). Penentuan toxisitas berbagai jenis pestisida yang banyak digunakan orang saat ini, terhadap ikan-ikan di perairan tawar khususnya di Indonesia, merupakan suatu hal yang penting diketahui untuk dapat digunakan sebagai dasar pembatasan konsentrasi maksimal jenis-jenis pestisida tersebut yang boleh terdapat dalam suatu perairan perikanan. Hal ini jelas sangat penting artinya untuk lebih mengintensifkan pembakuan kualitas air di perairan perikanan, khususnya di Indonesia. Perikanan di Indonesia merupakan salah satu sumber konsumsi protein hewani dan salah satu sumber mata pencaharian rakyat, yang harus dilindungi dari berbagai macam jenis pencemaran, mengingat semakin pesatnya perkembangan industri dan usaha-usaha pertanian akhir-akhir ini. Peracunan terhadap ikan, sekalipun tidak menimbulkan mortalitas yang tinggi, seperti diketahui dapat mengubah keseimbangan ekosistem serta mempengaruhi kesehatan manusia mengingat bahwa ikan dapat merupakan salah satu jenis makanan kita yang dapat membawa substansi-substansi toxis ke dalam tubuh kita.

Dengan peralatan yang serba sederhana, di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada mulai diadakan penentuan-penentuan toxisitas beberapa jenis pestisida terhadap ikan-ikan air tawar, yaitu:

1. Penentuan toxisitas  $CuSO_4$  terhadap *Tilapia mossambica* Peters.
2. Penentuan toxisitas <sup>R</sup>BAYGON terhadap *Tilapia mossambica* Peters, (Tandjung & Soesilo, 1977).
- 3., Penentuan toxisitas <sup>R</sup>BAYGON, <sup>R</sup>MORTEIN dan <sup>R</sup>RAID terhadap *Tilapia nilotica* Linn., dan

4. Penentuan toxisitas <sup>R</sup>RAID terhadap *Cyprinus carpio* Linn. (Tandjung & Soesilo, 1977).

(No. 2, 3 dan 4, insektisida yang dipakai adalah dalam bentuk *oil spray*, semuanya dilakukan dalam Laboratorium, dan dengan cara kerja yang mengalami beberapa modifikasi disesuaikan dengan keadaan setempat.)

Di samping penentuan toxisitas seperti tersebut di atas, diadakan pula pengamatan mengenai kemungkinan terjadinya degenerasi organ-organ ikan hidup di lingkungan yang tercemar oleh pestisida-pestisida tersebut di atas, secara histologis.

## BAHAN DAN CARA KERJA

### Bahan-bahan

- hewan-hewan uji: *Tilapia mossambica* Peters, *Tilapia nilotica* Linn., *Cyprinus carpio* Linn.
- pestisida/insektisida: — <sup>R</sup>BAYGON (*oil spray*) dengan kandungan:
  - 2-isopropoxyphenil-N-methyl carbamat
  - DDVP
  - <sup>R</sup>MORTEIN (*oil spray*) dengan kandungan:
    - pyrethrin 0,57%
    - piperonyl butoxide 4,12%
    - petroleum disulfat 787,37%
  - <sup>R</sup>RAID (*oil spray*) dengan kandungan:
    - 2,2-diclorovinyl dimethyl phosphat 1,1%
    - bio-allethrin 0,05%
    - destilasi minyak bumi 98,89%
- fungisida/algisida/ :  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$  kristal molluscicida.
- air uji : air sumur Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada.
- kemikalia : — untuk pengukuran  $O_2$  terlarut dan  $CO_2$  terlarut dalam air,  
— untuk pembuatan preparat histologis dengan metode paraffin
- kertas pH.

### Alat-alat

- bejana-bejana uji dari gelas, tanah dan plastik,
- termometer,
- botol-botol modifikasi Winkler, gelas ukur, botol-botol Erlen-Meyer,
- pipet, buret, corong,
- peralatan untuk pembuatan preparat histologis metode paraffin,
- mikroskop untuk pengamatan,
- alat-alat fotografi untuk pembuatan slide.

### Cara kerja penentuan toksitas

#### — *Exploratory Test:*

- Beberapa bejana uji, masing-masing diisi air 10 liter dan ikan 10 ekor, 50% dari jumlah bejana uji diberi perlengkapan serasi.
- Dengan urutan konsentrasi yang sama, diberikan pestisida pada kedua kelompok bejana uji tersebut.
- Mortalitas ikan, kadar O<sub>2</sub>, serta kadar CO<sub>2</sub>, pada tiap bejana dihitung setiap 24 jam, dari 0 sampai 96 jam.
- LC<sub>50</sub> dapat dihitung dari hasil pengamatan mortalitas tersebut, secara regresi linear.

#### — *Full Scale Test:*

- Dari besarnya LC<sub>50</sub> hasil perhitungan pendahuluan dalam *Exploratory Test*, diadakan pengujian lebih lanjut dengan konsentrasi-konsentrasi yang berada di sekitar LC<sub>50</sub> sementara tersebut, dengan cara yang sama seperti pada *Exploratory Test*.
- LC<sub>50</sub> yang lebih teliti atau lebih mendekati sesungguhnya, dapat dihitung dari hasil pengamatan mortalitas pada tiap bejana, secara regresi linear pula.

### Cara kerja pengamatan degenerasi organ tubuh

Dari ikan-ikan baik yang normal maupun yang dipelihara di lingkungan yang tercemar oleh pestisida (yang hampir mati setelah 48 jam berada di media yang tercemar), diambil organ-organnya, difixasi di dalam larutan Bouin, dan dibuat preparat histologis dengan metode paraffin.

### HASIL-HASIL PENGAMATAN

TABEL 1. — Hasil pengukuran O<sub>2</sub> terlarut dan LC<sub>50</sub>

No.	Species Ikan	Ukuran	Jenis Pestisida	Aerasi/ Tanpa Aerasi	DO (ppm)		LC <sub>50</sub>	
					0	48	24	48
1.	<i>Tilapia mossambica</i> Peters	4,5-6,2	CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	Tanpa aerasi	—	—	34 ppm	—
2.	<i>Tilapia mossambica</i> Peters	3 — 4	<sup>R</sup> BAYGON	Aerasi Tanpa aerasi	7,35 6,10	7,40 3,40	— —	0,86 cc/l —
3.	<i>Tilapia nilotica</i> Linn.		<sup>R</sup> BAYGON  <sup>R</sup> MORTEIN  <sup>R</sup> RAID	Tanpa aerasi  ...  ...	7,40  7,30  7,10	5,10  5,20  3,10	—  —  —	0,48 cc/l  0,26 cc/l  0,28 cc/l
4.	<i>Cyprinus carpio</i> Linn.	2 — 3	<sup>R</sup> RAID	Aerasi Tanpa aerasi	7,10 6,90	5,90 3,30	— —	— —

### DISKUSI

Jenis-jenis insektisida yang dipakai tersebut di atas mengandung senyawa organofosfat yang aktivitasnya antara lain ialah menghambat acetylcholin-esterase. Penghambatan tersebut selanjutnya antara lain menyebabkan terjadinya gerakan abnormal pada ikan.

Weis (1961) telah membuktikan adanya penghambatan terhadap cholinesterase otak ikan oleh 12 macam organofosfat. Konsentrasi organofosfat sampai 0,01 ppm ternyata menyebabkan penghambatan tersebut, yang tergantung pula pada:

- besarnya konsentrasi
- lamanya persentuhan
- susunan kimia spesifik substansi penghambat
- species ikan.

Perubahan warna yang terjadi pada ikan-ikan perlakuan merupakan salah satu tanda menjelangnya kematian (Portmann dalam Ruivo, 1972:220).

Organofosfat menimbulkan keracunan pada ikan, diduga antara lain karena penetrasinya lewat kulit, akan tetapi diduga pula melalui air respirasi yang masuk melalui rima oris. Dalam hal yang kedua tersebut zat-zat toxis yang ikut masuk pada saat inspirasi, kemudian mungkin pula mengganggu proses pertukaran gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam kapiler-kapiler branchia pada saat expiration, diduga selanjutnya akan menimbulkan terjadinya gangguan sirkulasi yang akan mengakibatkan degenerasi organ-organ.

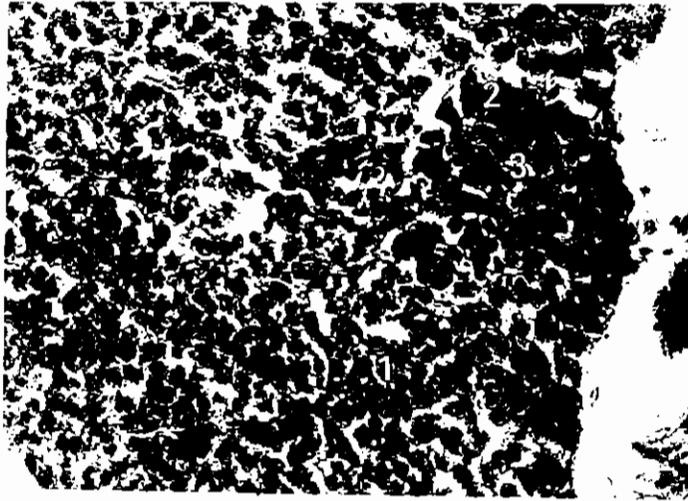
Kemungkinan penetrasi organofosfat melalui kulit diduga sedikit banyak akan menyebabkan degenerasi pada systema musculare yang dikenal secara populer sebagai "daging" ikan. Iktut masuknya zat-zat toxis bersama air respirasi akibat daya larut organofosfat yang tinggi di dalam air, diduga menyebabkan degenerasi organ-organ tubuh akibat gangguan sirkulasi yang diawali dalam branchia, atau karena ikut terserap melalui tunica mucosa, tractus gastrointestinalis atau karena terjadinya degenerasi tunica mucosa tersebut.

Di samping organofosfat, <sup>R</sup>BAYGON ternyata mengandung pula carbamat, dan diduga senyawa ini bersifat carcinogen, akan tetapi pengaruh ini terhadap ikan belum dapat dibuktikan.

Dalam keadaan non-aerasi, penurunan DO akibat adanya insektisida (dalam penelitian dengan CuSO<sub>4</sub>, DO tidak diukur), ternyata jelas menurun dengan pesat, sehingga mortalitas jelas pula antara lain disebabkan karena penurunan DO ini. Sekalipun demikian, LC<sub>50</sub> dihitung baik dalam keadaan aerasi maupun non-aerasi, dan oleh karena penelitian-penelitian ini belum selesai, belum dapat disajikan secara lengkap.

Pada ikan-ikan yang tidak mati, ada kemungkinan akan terjadi adaptasi kondisi lingkungan (Mount *cit.* Mitrovic dalam Ruivo, 1972:255), membentuk suatu kelompok ikan yang resisten terhadap kontaminasi perairan oleh pestisida. Ikan-ikan tersebut dapat mengakumulasi senyawa-senyawa toxis dalam jumlah yang jauh lebih besar, sehingga dapat menimbulkan risiko bagi hewan-hewan pemakannya maupun manusia.

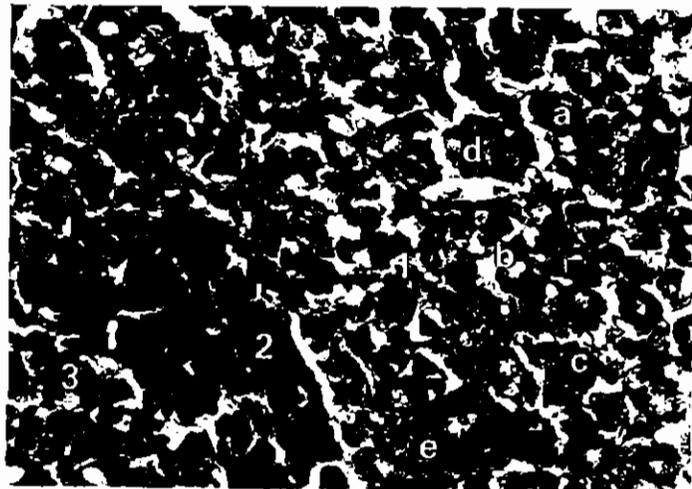
## HASIL PENGAMATAN HISTOLOGIS:

GAMBAR 1. — Hepatopancreas *Tilapia nilotica* Linn. normal.

Pemulasan : Hematoxylin Ehrlich dan Eosin  
Perbesaran lensa: 10 × 40.

Keterangan :

1. Sel parenchym hepar, bentuk polygonal, cytoplasma granuler, terpus merah muda, nucleus bulat sampai oval, terpus ungu tua.
2. Sel pancreas, bentuk pyramidal, cytoplasma granuler, terpus ungu muda, nucleus bulat sampai oval, terpus ungu tua. Sel-sel pancreas ini tersusun mengelilingi suatu kapiler darah yang penuh berisi erythrocyt.
3. Cytoplasma erythrocyt terpus merah muda, nucleus oval, terpus ungu tua.

GAMBAR 2. — Hepatopancreas *Tilapia nilotica* Linn, yang diambil 48 jam setelah dipelihara di lingkungan yang tercemar 0,26 cc/l<sup>3</sup> MORTEIN dalam keadaan hampir mati.

Pemulasan : Hematoxylin Ehrlich dan Eosin  
Perbesaran lensa: 10 × 40

Keterangan :

1. Sel-sel parenchym hepar sebagian besar mengalami necrosis. Bentuk sel tidak jelas (mengalami atropi), cytoplasma terpus lebih padat, berwarna merah (a), atau vakuoler (mengandung vacuola lemak yang besar-besar) (b). Nuclei ada yang mengalami pycnosis (c), karyorrhexis (d) ataupun karyolysis (e).
2. Sel-sel pancreas mengalami necrosis. Bentuk sel tidak jelas (atropi), cytoplasma terpus lebih padat terpus merah tua keungu-unguan, nuclei telah mengalami lysis.
3. Sel-sel darah merah tampak memadat bergerombol-gerombol, cytoplasma lebih padat berwarna merah, dengan nuclei mengalami pycnosis.

GAMBAR 3. — Hepatopancreas *Tilapia nilotica* Linn., yang diambil 48 jam setelah dipelihara di lingkungan yang tercemar 0,28 cc/l<sup>3</sup> RAID dalam keadaan hampir mati.

Pemulasan : Hematoxylin Ehrlich dan Eosin  
Perbesaran lensa: 10 × 40

Keterangan :

1. Sebagian sel-sel parenchym hepar mengalami pembengkakan. Sebagian lagi telah mengalami necrosis. Cytoplasma terpus merah, lebih padat dan lebih sedikit. Nuclei ada yang mengalami karyorrhexis, akan tetapi kebanyakan mengalami pycnosis, dan beberapa mengalami karyolysis.
2. Sel-sel pancreas tampak membengkak. Cytoplasma granuler padat, terpus ungu tua. Nuclei mengalami pycnosis, karyorrhexis atau karyolysis (a, b, c).
3. Sel-sel darah dengan cytoplasma lebih gelap, nuclei mengalami pycnosis.

Dari pembicaraan tersebut di atas jelas sudah, bahwa sekalipun di dalam suatu perairan perikanan tidak terjadi moralitas akibat suatu pencemaran oleh pestisida, ada kemungkinan bahwa ikan-ikan tersebut tetap telah terkontaminasi dalam bentuk akumulasi zat-zat toxis dalam tubuhnya yang mungkin belum sampai berakibat fatal. Meskipun demikian, deteksi yang cermat dan teliti mengenai kemungkinan adanya residu-residu pestisida selalu diperlukan terhadap ikan-ikan konsumsi, untuk menghindari terjadinya keracunan.

Penentuan  $LC_{50}$  berbagai jenis pestisida terhadap hewan-hewan maupun manusia (bila mungkin) sebenarnya mutlak perlu, sebab semakin rendah  $LC_{50}$ nya, berarti semakin tinggi derajat toksisitasnya (Portmann dalam Ruivo, 1972:215).

Dari hasil pengamatan pendahuluan yang dilakukan di Fakultas Biologi mengenai penentuan toksisitas berbagai jenis pestisida terhadap ikan-ikan air tawar ternyata bahwa:

- 1) untuk *Tilapia nilotica* Linn., dalam keadaan tanpa aerasi, insektisida yang paling toxis di antara ketiga merk insektisida yang digunakan dalam percobaan ini ialah berturut-turut: <sup>R</sup>MORTEIN; <sup>R</sup>RAID dan <sup>R</sup>BAYGON.
- 2) untuk *Tilapia mossambica* Peters, dalam keadaan aerasi,  $LC_{50}$  <sup>R</sup>BAYGON lebih besar daripada  $LC_{50}$  <sup>R</sup>BAYGON dalam keadaan tanpa aerasi.
- 3) untuk *Cyprinus carpio* Linn.,  $LC_{50}$  <sup>R</sup>RAID belum dapat ditentukan, hanya dapat diperkirakan terdapat di antara 1,4 sampai 1,6 cc/l.

### KESIMPULAN

- 1) Efek-efek samping penggunaan pestisida terhadap berbagai macam organisme hidup, maupun kualitas lingkungan kehidupan, merupakan ancaman yang serius terhadap keseimbangan ekosistem.
- 2) Penentuan toksisitas jenis-jenis pestisida terhadap berbagai macam organisme hidup, mutlak perlu dilakukan, mengingat semakin banyak jenis pestisida yang tersebar di dalam alam.
- 3) Deteksi kemungkinan adanya residu pestisida di dalam tubuh organisme-organisme hidup, terutama yang terdapat di sekitar area penggunaan pestisida, dapat memberikan gambaran akan kemungkinan adanya risiko keracunan oleh pestisida.
- 4) Baik bahaya terhadap pemusnahan organisme-organisme bukan sasaran maupun bahaya akan timbulnya organisme-organisme resisten, tetapi mengandung zat-zat toxis dalam konsentrasi tinggi, merupakan problem-problem yang sama beratnya, yang harus diatasi.

### PERNYATAAN

Dengan selesainya karangan ini, disampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada yang terhormat: Prof. Ir. Moeso Soeryowinoto, Prof. Drs. R. Radiopoetro, Drs. Shalihuddin Djalal Tandjung, M.Sc., Staf Assisten Pollusi Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Sdr. Abadi, Ny. Djariyah dan Sdr. Ngadimin, yang telah banyak membantu penyelesaian penelitian serta penyusunan karangan ini.

### KEPUSTAKAAN

- Benn, F. R., & McAuliffe, C. A. 1975 Pesticides and pollution, dalam F. R. Benn & C. A. McAuliffe (eds): *Chemistry and Pollution*. Macmillan Press Ltd., London.
- Besemer, A. F. H. 1976 Chlorinated hidrocarbons. *Course in Environmental Toxicology*. Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- De Vos, R. H. 1976 Chemical monitoring of pesticides. *Course in Environmental Toxicology*. Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Durham, W. F. 1975 Toxicology, dalam N.I. Sax (ed.): *Dangerous Properties of Industrial Materials*, 4th ed., pp 289-98. Van-Nostrand Reinhold Company, New York.
- Hua, H. T. 1972 Pesticides and environmental contamination. *Symposium on the Role of the Engineer in Environmental Pollution Control*, Kuala Lumpur.
- Kaufmann, D. D., & Plimmer, J. R. 1972 *Approach to the Synthesis of Sift Pesticides, Water Pollution Microbiology*, Wiley-Interscience, New York.
- Miller, G. T. 1975 *The Pesticide Dilemma, Living in the Environment, Concepts, Problems and Alternatives*. Wadsworth Publishing Co., Inc., Belmont, California.
- Participant of Industrial Waste Group 1976 Toxicity of some effluents fish. *Course in Environmental Toxicology*. Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Pescod, M. B., & Hanif, M. 1972 Water quality criteria for tropical developing countries. *Symposium on the Role of the Engineer in Environmental Pollution Control*, Kuala Lumpur.
- Ruivo, M. (ed.) 1972 *Marine Pollution and Sea Life*. Fishing News (Books) Ltd., London.
- Sastrakusumah, S. 1977 Kesulitan dalam membuat parameter pencemaran. *Lokakarya Penentuan Standard Air Buangan dari Segi Aktivitas Produsen dan Konsumen Minyak*. Study Group Pencemaran, Lembaga Minyak dan Gas Bumi, Jakarta.
- Strik, J. J. T. W. A. 1976 Toxicology of pesticides and industrial chemistry. *Course in Environmental Toxicology*. Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- \_\_\_\_\_, Röderder, S. Y., & Affandi, N. D. 1976 Practical laboratory course on fish toxicity. *Course in Environmental Toxicology*. Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Sutisna, A., et al. 1976 Pesticides and environment toxicology in Indonesia. *Workshop on Environmental Toxicology*. Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Tandjung, H. S. D., & Soesilo, N. P. 1977 Penentuan toksisitas insektisida <sup>R</sup>"BAYGON" terhadap ikan mujahir. *Seminar Biologi V dan Kongres Biologi III*, Malang.
- Taras, M. J., Greenberg, A. E., Hoak, R. D., & Rand, M. C. 1971 *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 13th ed. American Public Health Association, Washington.
- Wagner, R. H. 1974 *Environment and Man*. W. W. Norton & Coy, Inc., New York.