

TINGKAT AKUMULASI RESIDU PESTISIDA PERTANIAN DI PERAIRAN TAMBAK

Imam Taufik, Santosa Koesoemadinata, Sutrisno, dan Asep Nugraha

ABSTRAK

Penelitian tingkat akumulasi residu pestisida pertanian di perairan tambak telah dilakukan di daerah Kabupaten Brebes, Jawa Tengah yang merupakan daerah sentra produksi bawang merah dengan tingkat pemakaian pestisida yang cukup tinggi. Contoh air, tanah/lumpur, dan biota air yang berasal dari kebun bawang merah, sawah, saluran irigasi, dan tambak dikumpulkan untuk dianalisis kandungan residu pestisidanya di laboratorium dengan menggunakan alat Kromatografi Gas Cair. Hasil analisis menunjukkan bahwa residu pestisida yang terkandung dalam air adalah golongan Organoklorin (*BHC, aldrin, endosulfan*); dalam tanah/lumpur adalah golongan Organofosfat (*klorpirifos, profenofos*), Organoklorin (*BHC, aldrin, endosulfan*), dan Karbamat (*karbofuran*); sedangkan dalam biota air adalah golongan Organofosfat (*diazinon, klorpirifos*), Organoklorin (*BHC, aldrin*), dan Karbamat (*karbofuran*). Secara umum kadar residu pestisida yang terkandung dalam biota air (ikan) masih di bawah batas minimum residu (BMR) yang ditetapkan oleh SK Menteri Kesehatan dan Menteri Pertanian (1996).

ABSTRACT: *Level of agricultural pesticide residue accumulation on brackishwater. By: Imam Taufik, Santosa Koesoemadinata, Sutrisno, and Asep Nugraha*

*A research on the level of agricultural pesticide residue accumulation on brackishwater was conducted in Brebes, Central Java. The study was conducted by observing samples in surrounding area of the shallot farm such as from the farm water, and soil, water biota, ponds, and irrigation channel to analyze pesticide level with Gas Chromatograph method. The result showed pesticide residues contained in the water were of Organochlorine groups (**BHC, aldrin, endosulfan**); in the soil Organophosphate (**chlorpyrifos, profenofos**), Organochlorine group (**BHC, aldrin, endosulfan**) and Carbamate (**carbofuran**), while in water biota were of Organophosphate group (*diazinon, chlorpyrifos*), Organochlorine group (**BHC, aldrin**) and Carbamate (**carbofuran**). Generally, the levels of pesticide residue in water biota and fish were lower than the minimum level based on Ministry of Health and Ministry of Agriculture regulation.*

KEYWORDS: *accumulation, residue minimum level, pesticide residue*

PENDAHULUAN

Sektor pertanian secara umum masih merupakan basis terpenting bagi pembangunan perekonomian Indonesia. Sebagai negara agraris, Indonesia memerlukan pestisida untuk penanggulangan berbagai masalah hama di sektor pertanian, perkebunan, kehutanan, dan kesehatan. Pada saat ini terdapat sekitar 530 formulasi pestisida yang diizinkan pemakaiannya di Indonesia yang mencakup sekitar 119 jenis bahan aktif (Komisi Pestisida, 1977) dan Indonesia menduduki tempat ketiga di negara-negara Asia yang paling banyak menggunakan pestisida setelah RRC dan India.

Adanya residu pestisida dalam komoditas pertanian dan lingkungan perairan merupakan indikator yang kuat tentang adanya kontaminasi bahan aktif

pestisida ke dalam lingkungan pertanian dan perairan. Hal ini dimungkinkan karena air, sedimen, dan biota akuatik merupakan media dan akumulator residu pestisida yang baik (Sunarjo, 1990).

Perairan tambak yang terdapat di wilayah pesisir, khususnya Pulau Jawa merupakan salah satu daerah yang cukup potensial untuk tercemar bahan aktif pestisida karena merupakan komunitas kompleks yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di bagian hulu. Daerah tersebut berbatasan langsung dengan lahan pertanian berbasis padi dan palawija yang banyak menggunakan pestisida.

Terjadinya pencemaran pestisida di tambak selain berasal dari penggunaan pestisida untuk kebutuhan tambak itu sendiri juga terutama diakibatkan oleh masuknya polutan pestisida melalui sumber air. Secara topografis areal tambak merupakan bagian

paling hilir dari daerah aliran sungai (DAS) yang masih memanfaatkan sungai sebagai sumber air di mana sungai tersebut biasanya merupakan tempat pembuangan berbagai limbah, khususnya limbah cair pertanian yang banyak mengandung pestisida. Kondisi tersebut sangat tidak menguntungkan karena secara sistematis tambak akan menjadi tempat akumulasi pencemaran termasuk pestisida yang berasal dari berbagai aktivitas di sepanjang DAS.

Untuk menghindari risiko penggunaan pestisida terhadap kegiatan perikanan, perlu dilakukan pemantauan tingkat akumulasi residu pestisida di perairan tambak sehingga produktivitas tambak dapat dipertahankan.

METODE PENELITIAN

Penentuan Lokasi

Kegiatan penelitian dilakukan pada berbagai lokasi perairan tambak yang terdapat di Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. Lokasi stasiun pengambilan contoh ditentukan secara diagnostik berdasarkan hasil survai dan wawancara dengan penduduk dan instansi terkait (Dinas Pertanian/Perikanan, Biro Pusat Statistik) maupun petani di sekitar lokasi. Survai lokasi juga dilakukan untuk mendapatkan data mengenai:

- Kondisi lokasi
- Sistem saluran irigasi
- Luas dan peruntukan lahan pertanian yang berhubungan dengan tambak
- Pola tanam dan komoditas yang ditanam
- Luas dan letak geografis tambak
- Komoditas yang dibudidayakan di tambak
- Data penggunaan pestisida

Pengambilan Contoh

Pengambilan contoh air dan tanah dilakukan secara diagonal pada sekitar 3 sampai 5 titik tergantung luas petakan tambak. Contoh air diambil sebanyak 500 mL, contoh tanah diambil pada kedalaman 10--15 cm dari permukaan dasar tambak sebanyak 100--200 g (Mann, 1978), sedangkan contoh biota air (ikan, udang, dan siput) diambil secara acak pada 3--5 tempat masing-masing sebanyak 50--100 g. Contoh tanah dan biota air yang diperoleh masing-masing disatukan menjadi sampel komposit untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium.

Preparasi Contoh

Contoh tanah, air, dan biota akuatik yang diperoleh dipreparasi dengan metode Kanazawa (1979) sebagai berikut:

Contoh biota air masing-masing sebanyak 10 g dimasukkan ke dalam tabung kertas soxhlet, diekstrak dengan pelarut aseton sebanyak 100 mL pada alat soxhlet. Ekstraksi berlangsung selama 6 jam pada suhu 80°C. Setelah 6 jam hasil ekstraksi diuapkan dalam evaporator pada suhu 45°C hingga agak kering. Residu pestisida yang diperoleh dari hasil evaporasi dipindahkan ke dalam corong pemisah 150 mL dengan bantuan pelarut n-heksan 25 mL, kemudian diekstraksi dengan pelarut asetonitril 25 mL sebanyak 3 kali. Lapisan n-heksan akan terbentuk di sebelah atas sedangkan lapisan asetonitril di sebelah bawah.

Lapisan asetonitril hasil ekstrak 3 kali kemudian diuapkan/dipekatkan dalam evaporator pada suhu yang sama dengan terdahulu. Larutan residu hasil evaporasi selanjutnya dilarutkan dengan pelarut n-heksan sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam kolom kromatografi dan dielusi dengan eluen campuran n-heksan + acetone (9+1). Eluat yang mengandung residu pestisida ditampung dalam labu beralas datar 125 mL. Eluat dipekatkan hingga agak bening. Eluat yang hampir kering dimasukkan ke dalam tabung uji dengan bantuan pelarut acetone hingga volume menjadi 5 mL.

Preparasi contoh air sebanyak 200 mL dilakukan melalui absorben SEP-PAK C₁₈. Residu yang terikat pada absorben C₁₈ dielusi dengan 5 mL acetone. Eluat ditampung langsung dalam tabung uji 10 mL.

Analisis Contoh

Preparasi contoh yang berupa eluat dianalisis dengan alat Kromatografi Gas Cair (*Gas Chromatograph*) dengan kondisi dan spesifikasi sebagai berikut:

Gas kromatografi	: Shimadzu GC-4 CM
Suhu injektor	: 240°C
Suhu kolom	: 220°C
Jenis kolom	: OV-17 Chromosorb WAW 3 meter
Kecepatan alir gas N ₂	: 40 mL/menit
Jenis detektor	: ECD (<i>Electron Capture Detector</i>)
Sensitivitas	: 10 ² x 4 MW

Analisis Data

Residu bahan aktif pestisida yang terkandung dalam contoh akan tergambar dalam grafik melalui alat integrator. Untuk menentukan konsentrasi residu pestisida yang terdapat dalam contoh, dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Residu (mg/L)} = \frac{(AcxVisxKsxVfc)}{(AsxVicxBxR)}$$

Keterangan:

- Ac = area contoh
- As = area standar
- Vic = volume injeksi contoh
- Vis = volume injeksi standar
- Ks = konsentrasi standar (mg/L)
- B = bobot awal/volume awal (mg atau mL)
- Vfc = volume final contoh (mL)
- R = recovery (%)

HASIL DAN BAHASAN

Keadaan Umum Lokasi

Lokasi pengambilan contoh air, tanah/lumpur, dan biota akuatik dilakukan di Kabupaten Brebes yang terletak di bagian paling barat dari Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Brebes terletak pada ketinggian

± 3 m di atas permukaan laut (DPL) dengan luas wilayah sekitar 116.117 ha. Lahan pertanian yang ada di Kabupaten Brebes adalah sawah padi dengan luas areal sebesar 81.936 ha, bawang merah 26.578 ha, dan cabe merah 3.444 ha. Selain itu, di Kecamatan Losari, Tanjung, Bulakamba, Wanasari, dan Brebes terdapat tambak dengan total areal seluas 6.650 ha (BPS Kabupaten Brebes, 1999).

Kegiatan pertanian baik untuk tanaman padi, bawang merah, maupun cabe merah telah dilakukan secara intensif dengan penggunaan berbagai bahan kimia seperti pupuk dan pestisida. Jenis bahan aktif pestisida yang biasa dipergunakan untuk keperluan dalam bidang pertanian di Kabupaten Brebes meliputi beberapa jenis (Tabel 1).

Budi daya tambak pada umumnya dilakukan secara ekstensif polikultur udang dan bandeng dengan

Tabel 1. Jenis bahan aktif pestisida yang umum dipergunakan dalam berbagai usaha pertanian di Kabupaten Brebes, Jawa Tengah

Table 1. *Kinds of pesticide active ingredients applied in agribusiness activities in Brebes, Central Java*

Jenis kegiatan pertanian (<i>Farm activity</i>)	Jenis pestisida (<i>Pesticide</i>)
Kebun bawang merah <i>Onion farm</i>	<i>Propineb</i> <i>Klorpirifos etil</i> <i>Betasitlurin</i> <i>Mankozeb</i> <i>Tiodikarb</i> <i>Endosulfan</i> <i>Oksifluorfen</i> <i>Monoammonium glifosat</i> <i>Asefat</i>
Tanaman cabe merah <i>Red chilli farm</i>	<i>Kuinalfos</i> <i>Protiofos</i> <i>Fention</i> <i>Metamidofos</i> <i>Propineb</i> <i>Karbofuran</i> <i>Asefat</i>
Tanaman padi <i>Rice field</i>	<i>Sipermetrin</i> <i>Deltametrin</i> <i>Karbofuran</i>
Budi daya tambak <i>Brackishwater pond</i>	<i>Endosulfan</i> <i>Klorpirifos etil</i> <i>Diazinon</i> <i>Sipermetrin</i> <i>Tin trifenil asetat + maneb</i> <i>Fentoat</i> <i>Deltametrin</i> <i>Saponin</i>

Sumber (*Source*): Dinas Pertanian Kabupaten Brebes (*Agricultural Extension, Brebes*)

hasil utama ikan bandeng. Untuk menunjang produktivitas lahan pertanian tersebut telah dibangun fasilitas pengairan/irigasi teknis dengan sistem terbuka, artinya satu saluran irigasi dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pertanian, perkebunan, dan perikanan.

Dari hasil survai diperoleh 35 contoh komposit berupa air, tanah/lumpur, dan biota air yang berasal dari perkebunan bawang merah, sawah padi, saluran irigasi, dan perairan tambak. Contoh air ditempatkan dalam botol dan didinginkan, contoh lumpur/tanah dibungkus dengan plastik, sedangkan contoh biota air (ikan, udang, trisipan) ditempatkan dalam botol dan diawetkan dengan alkohol 70%.

Residu pada Air

Penyebaran pencemaran dalam lingkungan perairan sangat dipengaruhi oleh sejumlah proses pengangkutan interaktif seperti penguapan, presipitasi dari udara, pencucian, dan aliran. Proses penguapan berdampak pada turunnya kepekatan dalam air, sedangkan yang lainnya termasuk presipitasi dari udara, pencucian dan aliran, meningkatkan kepekatan (Haque *et al.*, 1980).

Dalam air tambak dan air saluran irigasi terdapat residu insektisida BHC dan aldrin (Tabel 2), meskipun bahan kimia tersebut sudah sejak lama dilarang penggunaannya sebagai bahan aktif pestisida. Adanya residu insektisida ini kemungkinan akibat penggunaan pada waktu lalu dan sifatnya persisten sehingga dapat bertahan lebih dari 10 tahun. Residu insektisida ini tidak hanya terdifusi ke dalam tanah tetapi juga ke dalam air, udara dan pada akhirnya akan mengkontaminasi rantai makanan kehidupan. Masalah ini perlu mendapat perhatian karena residu insektisida organoklorin bersifat karsinogenik yang

dapat mempengaruhi kesehatan manusia (Ardiwinata *et al.*, 1999).

Secara umum konsentrasi residu insektisida yang terkandung dalam air masih di bawah batas maksimum residu, tetapi hal ini perlu diwaspadai karena konsentrasi residu insektisida tersebut sewaktu-waktu dapat meningkat seiring dengan meningkatnya intensifikasi pertanian.

Residu pada Tanah

Tanah dan sedimen berperan utama dalam pengangkutan dan penghilangan bahan pencemar lingkungan, dengan: (1) menyediakan permukaan penyerapan, (2) bertindak sebagai sistem penyangga, dan (3) sebagai pencuci bahan pencemar. Proses pengangkutan paling menonjol yang berhubungan dengan tanah dan sedimen adalah penyerapan (*absorpsi*) dan pencucian (Connell & Miller, 1995).

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan insektisida di tanah akibat aplikasi pada tanaman pertanian menurut Sethunathan & Siddaramappa (1977) adalah:

1. Kemampuan absorpsi partikel tanah dan bahan organik
2. Proses pencucian oleh air hujan
3. Penguapan
4. Degradasi atau aktivasi oleh jasad renik di tanah
5. Dekomposisi fisikokimia oleh cahaya matahari
6. Translokasi melalui sistem hayati, baik tanaman maupun hewan ke lingkungan yang lain

Residu pestisida yang ditemukan dalam tanah/lumpur yang berasal dari kebun bawang merah, sawah padi, saluran irigasi, dan tambak adalah insektisida dari golongan organofosfat (*klorpirifos, profenofos*), organoklorin (*BHC, aldrin*), dan karbamat

Tabel 2. Konsentrasi residu pestisida dalam air tambak dan saluran irigasi
Table 2. Pesticide residue concentration in brachishwater ponds and irrigation channels

Pestisida Pesticide	Kisaran residu (Range) (mg/L)		Batas maksimum residu Maximum limit (mg/L)*
	Tambak Pond	Saluran irigasi Irrigation channel	
Organoklorin			
<i>BHC</i>	0.0052--0.0099	0.0028	0.05
<i>Aldrin</i>	0.0024	-	0.02
<i>Endosulfan</i>	0.0027	0.0032	0.10

Catatan (note):

- = Tidak terdeteksi (*not detected*)

* Sumber (Source): SK bersama Mentan & Menkes (1996)
Menkes & Mentan regulation (1996)

(*karbofuran*). Hasil tersebut sama dengan residu insektisida yang ditemukan dalam tanah pertanian di Jawa Timur (Ardiwinata *et al.*, 1999).

Konsentrasi residu insektisida paling tinggi terdapat dalam tanah yang berasal dari tambak, baik untuk golongan organofosfat, organoklorin, maupun karbamat. Hal ini diduga karena tanah tambak lebih banyak mengandung bahan organik, sebab semakin tinggi kandungan bahan organik tanah akan semakin kuat menahan (mengikat) residu insektisida. Insektisida cenderung menumpuk pada lapisan tanah bagian atas (kedalaman 10--20 cm) karena pada lapisan tersebut banyak terkandung bahan organik sehingga insektisida mudah terabsorpsi dan sukar untuk keluar (*disipasi*) (Connel & Miller, 1995; Khan, 1980). Selain itu rendahnya pH tanah juga merupakan penyebab tingginya residu pestisida di tambak, sebab menurut Ozaki *et al.* (1986) pH juga berpengaruh terhadap laju degradasi pestisida di mana laju degradasi pestisida akan meningkat pada pH 6,0--8,0 dan agak lambat pada pH di bawah 6,0. Hasil penelitian Adiningsih *et al.* (1998) menunjukkan bahwa insektisida *klorpirifos*, *karbofuran*, dan *g-BHC* lebih stabil di tanah yang mengandung bahan organik tinggi dan pH rendah.

Bila dilihat dari topografinya, tambak merupakan daerah perairan yang letaknya paling hilir yang masih memanfaatkan aliran air sungai/saluran irigasi sebagai sumber pemasukkan air, sehingga menjadi tempat "penampungan" buangan limbah cair, termasuk residu pestisida, dari berbagai aktivitas pertanian di bagian hulu. Kondisi ini diduga merupakan salah satu

penyebab lebih tingginya residu pestisida di tambak dibanding dengan lahan pertanian lainnya (kebun, sawah, dan saluran irigasi).

Residu dalam Biota Air

Interaksi antara proses lingkungan dan sifat fisika-kimiawi pencemaran menentukan penyebarannya, intensitas, dan pengaruhnya terhadap kehidupan makhluk hidup (Connell & Miller, 1995).

Sebelum suatu pencemar disebarkan ke dalam suatu makhluk hidup, terlebih dahulu harus melewati suatu membran dan masuk ke dalam ruang sel (Tinsley, 1979). Membran memegang peran penting dengan mengatur pergerakan pencemar dan zat kimia lainnya melalui derajat kepekatan pada salah satu sisi bagian perbatasan membran.

Pengambilan pestisida oleh hewan dapat terjadi secara langsung dari lingkungan fisik atau dari penyerapan gastrointestinal. Untuk organisme air, kontaminasi pestisida dapat disebabkan oleh: (1) masuk bersama makanan yang terkontaminasi, (2) pengambilan dari air yang melewati membran insang, (3) difusi kutikular, dan (4) penyerapan langsung dari sedimen (Livingstone, 1977).

Konsentrasi residu insektisida *karbofuran* dalam biota air di tambak cukup tinggi (0,0035--0,0227 mg/L) lebih tinggi dari hasil penelitian di Stasiun Penelitian dan Pengembangan Ciba-Geigy di Cikampek pada musim tanam 1985/1986 di mana dengan aplikasi *karbofuran* pada tanaman padi sebanyak 3 kali dengan takaran 0,60 kg/ha akan meninggalkan residu

Tabel 3. Konsentrasi residu pestisida (mg/L) dalam tanah kebun bawang merah, sawah padi, saluran irigasi, dan tambak

Table 3. Pesticide residue (mg/L) in shallot farm, paddy field, irrigation channel, and brackishwater ponds

Kisaran residu (Range)			
Kb. bawang merah <i>Onion farm</i>	Sawah padi <i>Paddy field</i>	Saluran irigasi <i>Irrigation</i>	Tambak <i>Brackishwater pond</i>
0.0026--0.0054 0.0024	- 0.0064--0.0263	- 0.0369	0.0015--0.0393 0.0227--0.0573
0.0020--0.0023 0.0014--0.0030 0.0054	0.0013--0.0020 0.0022--0.0036 0.0029	0.0035--0.0037 0.0057 -	0.0014--0.0073 0.0040--0.1706 0.0016--0.0086
0.0041-0.0073	0.0015	-	0.0008--0.0277

Catatan (*note*):

- = Tidak terdeteksi (*Not detected*)

pada ikan yang dipelihara di sawah dengan konsentrasi 0,0031 mg/L (Soejitno & Ardiwinata, 1999). Tingginya konsentrasi residu *karbofuran* dalam biota tambak selain disebabkan oleh kontaminasi penggunaan

karena bila tetap menerapkan sistem monokultur udang windu tingkat mortalitasnya sangat tinggi. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa kondisi tambak sudah tidak dapat mendukung kehidupan

Tabel 4. Konsentrasi residu pestisida dalam ikan dan udang dari tambak
Table 4. Pesticide residue concentration in fish and shrimp caught from brackishwater ponds

Pestisida Pesticide	Kisaran residu Residue level (mg/L)	Batas maksimal residu Maximum limits (mg/L)*
Organofosfat		
- diazinon	0.0256--0.0411	0.7
- klorpirifos	0.0098--0.0535	0.1
Organoklorin		
- BHC	0.0152--0.0516	0.1
- aldrin	0.0104--0.0720	0.2
Karbamat		
- karbofuran	0.0035--0.0277	0.05

* Sumber (Source): SK bersama Menkes & Mentan (1996)
Menkes & Mentan regulation (1996)

dalam budi daya tambak juga disebabkan oleh efikasi pada kegiatan sawah padi yang memanfaatkan aliran sungai/irigasi sebagai tempat pelimpahan air, sehingga aliran air akan membawa partikel bahan aktif pestisida ke bagian hilir dan masuk ke dalam tambak.

Meskipun residu pestisida yang terkandung dalam biota tambak masih di bawah batas maksimum residu (Tabel 4), tetapi perlu diwaspadai karena hal ini terjadi akibat adanya konsentrasi subletal pestisida pada lingkungan pemeliharaan (air). Konsentrasi subletal bahan aktif pestisida secara kronis akan berakumulasi di dalam organ tubuh ikan (Connel & Miller, 1995). Ikan yang terkena konsentrasi subletal dari berbagai jenis pestisida akan memperlihatkan perubahan dalam aksi fisiologis, kegagalan dalam perkembangbiakan, ketahanan, kerentanan, biokimia, morfologi, dan pengaruh lainnya termasuk laju pertumbuhan (Brown, 1978) sehingga dampak negatifnya terhadap usaha budi daya tambak akan nyata yaitu menurunkan kualitas dan kuantitas produksi.

Dari hasil wawancara dengan petani dan PPL, diketahui bahwa sejak tahun 1996 usaha budi daya yang umum dilakukan petani tambak telah mengalami pergeseran dari budi daya monokultur udang windu menjadi polikultur antara udang windu dan bandeng dengan hasil utamanya ikan bandeng, walaupun secara ekonomis sistem polikultur tersebut hasilnya kurang menguntungkan dibanding sistem monokultur udang windu. Hal ini dilakukan oleh petani sebagai tindakan preventif untuk mengurangi risiko kegagalan

udang windu secara optimal, hal ini antara lain disebabkan oleh adanya pencemaran pestisida pada perairan tersebut. Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada umumnya resistensi (ketahanan) ikan terhadap bahan beracun seperti pestisida lebih tinggi sepuluh kali dibanding udang (Tim Toksikologi Akuatik, 2000).

KESIMPULAN

- ❖ Residu pestisida yang terdapat pada perairan tambak di Kabupaten Brebes terdiri atas golongan organofosfat (*klorpirifos*, *profenofos*), organoklorin (*BHC*, *aldrin*, *endosulfan*), dan karbamat (*karbofuran*).
- ❖ Akumulasi pestisida di tambak selain berasal dari pemakaian pestisida dalam produksi di tambak itu sendiri juga berasal dari penggunaan pestisida pada kegiatan perkebunan bawang merah dan sawah padi.
- ❖ Meskipun residu pestisida dalam tambak konsentrasinya masih di bawah BMR tetapi perlu dicermati karena dampak kronisnya dapat menurunkan produktivitas tambak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S.J., J. Soejitno, dan Subowo. 1998. Ameliorasi pencemaran agrokimia pada lahan sawah intensifikasi jalur Pantura Jawa Barat, *Laporan Riset Unggulan Terpadu IV*. Kantor Menristek-Dewan Riset Nasional 1998. 86 pp.

- Ardiwinata, A.N. dan M. Djazuli. 1992. Dampak pengaruh insektisida organoklor di masa silam di daerah Jawa Barat. *Prosiding Simposium Penerapan PHT*. p. 313-317.
- Ardiwinata, A.N., S.Y. Jamiko, dan E.S. Harsanti. 1999. Monitoring residu insektisida di Jawa Barat. *Dalam Menuju Sistem Produksi Padi Berwawasan Lingkungan. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah Bogor, 24 April 1999*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. p. 91-105.
- Brown, A.W.A. 1978. *Ecology of Pesticides*. John Wiley and Sons, New York. 342 pp.
- Connel D.W. dan G.J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan. Y. Koestoer. UI-Press. p. 194-271.
- Haque, R., J. Falco, S. Cohen, dan C. Riordan. 1980. Role of transport and fate studies in the exposure assessment and screening of toxic chemicals. *In R. Haque (ed.) Dynamic, Exposure, and Hazard Assessment of Toxic Chemicals*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan. p. 47-67.
- Kanazawa, J. 1979. Measurement of the bioconcentration factor of pesticides by freshwater fish and their correlation with physicochemical properties or acute toxicities. *National Institute of Agricultural Sciences*. Japan. 12: 417-424.
- Khan, S.U. 1980. *Pesticides in the Soil Environment*. Elsevier, Amsterdam. 177 pp.
- Komisi Pestisida. 1977. *Metoda Pengujian Residu Pestisida dalam Hasil Pertanian*. Departemen Pertanian. 100 pp.
- Livingstone, R.J. 1977. Review of current literature concerning the acute and chronic effect of pesticides on aquatic organism. *CRC Crit. Rev. Environ. Control*. 7(4): 325 pp.
- Mann. 1978. *Manual of Training in Pesticides Analysis*. University of Miami School of Medicine Dept. of Epidemiology and Public Health. 301 pp.
- Ozaki, M., Y. Tanaka, and S. Kuwatsuka. 1986. Degradation of isouron in soil. *Journal Pesticide. Sci.* 11: 223-229.
- Sethunathan, N. and R. Siddaramappa. 1977. Microbial degradation of pesticides in rice soil. *Paper presented at Symposium Soils and Rice at the IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines September 20-23*. 26 pp.
- SK Bersama Menteri Pertanian dan Menteri Kesehatan. 1996. Batas maksimum residu pestisida pada hasil pertanian. 37 pp.
- Sunarjo, P.I. 1990. Dampak pestisida pada biota perairan. *Tinjauan Hasil Penelitian Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan*. Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Soejitno, J. dan A.N. Ardiwinata. 1999. Residu pestisida pada agroekosistem tanaman pangan. Menuju sistem produksi padi berwawasan lingkungan. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produksi Padi di Lahan Sawah Bogor, 24 April 1999*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. p. 72-90.
- Tinsley, I.J. 1979. *Chemical Concepts in Pollutant Behavior*. John Wiley and Sons, New York. p. 57-86.

Lampiran 1. Konsentrasi residu pestisida (mg/L) golongan organoklorin yang terdapat dalam contoh
 Appendix 1. Pesticide residue concentration (mg/L) of organochlorine group tested from sample

Asal/Jenis contoh (Sample)	Pestisida (Pesticides) (mg/L)			
	a-BHC	g-BHC	Aldrin	Endosulf
Kebun bawang merah (Onion farm)				
- Tanah 1 (Soil 1)	-	0.0020	0.0014	-
- Tanah 2 (Soil 2)	-	0.0023	0.0030	0.0054
Sawah padi (Paddy field)				
- Lumpur 1 (Mud 1)	-	0.0013	0.0036	-
- Lumpur 2 (Mud 2)	-	0.0020	0.0022	0.0029
- Lumpur 3 (Mud 3)	-	0.0014	0.0028	-
Saluran irigasi (Irrigation canals)				
- Air dekat pembuangan sawah (Paddy field outlet)	-	-	-	-
- Air antara sawah dan tambak Rice field waters adjacent to brackishwater pond	-	-	-	-
- Air dekat pemasukan tambak (Nearby inlet)	-	0.0028	-	0.0032
- Air pemasukan tambak (Inlet)	-	-	-	-
- Lumpur (Mud)	0.0037	0.0035	0.0057	-
Tambak (Brackishwater pond)				
- Air tambak 1 (Pond water 1)	-	0.0099	-	-
- Air tambak 2 (Pond water 2)	-	0.0052	-	-
- Air tambak 3 (Pond water 3)	-	-	0.0024	-
- Air tambak 4 (Pond water 4)	-	-	-	-
- Air tambak 5 (Pond water 5)	-	-	-	-
- Air tambak 6 (Pond water 6)	-	-	-	0.0027
- Air tambak 7 (Pond water 7)	-	-	-	-
- Air tambak 8 (Pond water 8)	-	-	-	0.0065
- Lumpur tambak 1 (Pond mud 1)	-	-	0.0126	-
- Lumpur tambak 2 (Pond mud 2)	-	0.0022	0.0086	0.0086
- Lumpur tambak 3 (Pond mud 3)	-	-	0.0069	0.0039
- Lumpur tambak 4 (Pond mud 4)	-	0.0014	0.1706	0.0034
- Lumpur tambak 5 (Pond mud 5)	-	-	0.0736	0.0029
- Lumpur tambak 6 (Pond mud 6)	-	0.0032	0.0064	-
- Tanah tambak 7 (Pond soil 7)	-	0.0014	-	-
- Tanah tambak 8 (Pond soil 8)	-	-	-	0.0020
- Tanah tambak 9 (Pond soil 9)	-	0.0073	0.0040	0.0016
Biota tambak (Coastal biota)				
- Trisipan (Cerithidea)	-	0.0152	-	-
- Ikan bandeng (Milkfish)	-	0.0516	0.0720	-
- Ikan mujair (Tilapia)	-	-	0.0244	-
- Udang windu (Tiger prawn)	-	-	0.0200	-
- Udang putih (White shrimp)	-	-	0.0104	-

Catatan (Note): - = Tidak terdeteksi (Not detected)

Lampiran 2. Konsentrasi residu pestisida (mg/L) golongan organofosfat dan karbamat yang terdapat dalam contoh
 Appendix 2. The pesticide residue concentration (mg/L) organophosphat and carbamat tested from sample

Asal/Jenis contoh (Sample)	Pestisida (Pesticides) (mg/L)			
	Karbamat		Orgaofosfat	
	Karbofuran	Diazinon	Klorpirifos	Profenofos
Kebun bawang merah (Onion farm)				
- Tanah 1 (Soil 1)	0.0041	-	0.0054	-
- Tanah 2 (Soil 2)	0.0073	-	0.0026	0.0024
Sawah padi (Paddy field)				
- Lumpur 1 (Mud 1)	-	-	-	0.0263
- Lumpur 2 (Mud 2)	-	-	-	0.0247
- Lumpur 3 (Mud 3)	0.0015	-	-	0.0064
Saluran irigasi (Irrigation canals)				
- Air dekat pembuangan sawah (Paddy field outlet)	-	-	-	-
- Air antara sawah dan tambak Rice field waters adjacent to brackishwater pond	-	-	-	-
- Air dekat pemasukkan tambak (Nearby inlet)	-	-	-	-
- Air pemasukkan tambak (Inlet)	-	-	-	-
- Lumpur (Mud)	-	-	-	0.0369
Tambak (Brackishwater pond)				
- Air tambak 1 (Pond water 1)	-	-	-	-
- Air tambak 2 (Pond water 2)	-	-	-	-
- Air tambak 3 (Pond water 3)	-	-	-	-
- Air tambak 4 (Pond water 4)	-	-	-	-
- Air tambak 5 (Pond water 5)	-	-	-	-
- Air tambak 6 (Pond water 6)	-	-	-	-
- Air tambak 7 (Pond water 7)	-	-	-	-
- Air tambak 8 (Pond water 8)	0.0018	-	0.393	0.0466
- Lumpur tambak 1 (Pond mud 1)	-	-	-	-
- Lumpur tambak 2 (Pond mud 2)	0.0010	-	0.0015	-
- Lumpur tambak 3 (Pond mud 3)	0.0012	-	-	0.0453
- Lumpur tambak 4 (Pond mud 4)	-	-	-	0.0428
- Lumpur tambak 5 (Pond mud 5)	-	-	-	0.0369
- Lumpur tambak 6 (Pond mud 6)	0.0008	-	-	0.0431
- Tanah tambak 7 (Pond soil 7)	-	-	-	0.0459
- Tanah tambak 8 (Pond soil 8)	-	-	-	0.0227
- Tanah tambak 9 (Pond soil 9)	-	-	-	0.0573
Biota tambak (Coastal biota)				
- Trisipan (Cerithidea)	0.0277	-	0.0535	-
- Ikan bandeng (Milkfish)	0.0038	0.0411	0.0187	-
- Ikan mujair (Tilapia)	0.0176	-	-	-
- Udang windu (Tiger prawn)	0.0035	-	0.0437	-
- Udang putih (White shrimp)	0.0037	0.0256	0.0098	-

Catatan (Note): - = Tidak terdeteksi (Not detected)