

## PENENTUAN PERSISTENSI DAN WAKTU PARUH ( $DT_{50}$ ) INSEKTISIDA KLORPIRIFOS DALAM TANAH KOLAM DAN SAWAH MINA PADI DI LABORATORIUM

Santosa Koesoemadinata<sup>1)</sup>, Asep Nugraha<sup>2)</sup>, dan Sutrisno<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Klorpirifos, 0-0-dietil-0-(3,5,6-trikloro-2-piridil) fosforotioat adalah bahan aktif insektisida golongan organofosforotioat yang berdaya racun tinggi terhadap ikan dan biota akuatik lainnya. Pemakaiannya berpotensi negatif pada kelestarian lingkungan perairan perikanan. Persistensi dan waktu paruh ( $DT_{50}$ ) insektisida klorpirifos pada dua contoh tanah, yakni tanah sawah dan kolam telah ditentukan dalam kondisi aerob di laboratorium. Hasil percobaan menunjukkan klorpirifos tergolong senyawa yang dapat terdegradasi secara moderat dalam tanah. Residu klorpirifos dalam tanah sawah dan kolam menurun masing-masing pada hari ke-15 dan ke-10, dan selanjutnya dalam kondisi persisten masing-masing sampai hari ke-25 dan ke-20. Waktu paruh klorpirifos dalam tanah sawah (11,6 hari) lebih lama dibandingkan dengan dalam tanah kolam (9,9 hari). Hal ini disebabkan antara lain karena adanya perbedaan nilai tukar kation residu klorpirifos yang lebih kecil dalam tanah sawah (26,05 me/100g) dibandingkan dengan di kolam (29,8 me/100g).

**ABSTRACT:** *Determination of soil persistence and half-life period ( $DT_{50}$ ) of the insecticide chlorpyrifos in the laboratory. By: Santosa Koesoemadinata, Asep Nugraha, and Sutrisno*

*Chlorpyrifos, 0,0-diethyl 0-(3,5,6-trichloro-2-pyridyl) phosphorothioate, an organophosphorothioate insecticide, has a high toxicity to fish and other aquatic biota and a potential hazard to fish and fisheries. Determination of the persistency and half life period ( $DT_{50}$ ) of chlorpyrifos has been carried out in two soil samples, i.e. rice field and fish pond soils, in an aerobic laboratory condition. The experiment revealed that chlorpyrifos was moderately degradable in soil. The dissipation time of the insecticide was longer in the rice field soil ( $DT_{50}$ : 11.6 days) than in the pond soil ( $DT_{50}$ : 9.9 days). The concentrations of chlorpyrifos in rice field soils declined sharply after 15 days as compared to 10 days in the pond soil. Persistence of the insecticide in the two soil samples was recorded up to 25 days and 20 days respectively. The variation could be accountable to the higher cation exchanged capacity of the pond soil (29.8 me/100g) as compared to those of the rice field soil (26.05 me/100g).*

**KEYWORDS:** *insecticide, residue, soil, pond, rice field, persistency, half-life period*

### PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris Indonesia memerlukan pestisida sebagai salah satu sarana produksi untuk pengamanan hasil panen tanaman pangan di sektor pertanian. Pada saat ini terdapat 577 formulasi pestisida (mencakup sekitar 317 senyawa bahan aktif), yang terdaftar dan diijinkan pemakaiannya di Indonesia (Komisi Pestisida, 2000). Meningkatnya pemakaian pestisida telah menimbulkan kekhawatiran dan kepedulian masyarakat tentang pengaruh senyawa kimia beracun ini terhadap lingkungan dan sektor pembangunan lainnya, khususnya kesehatan dan perikanan.

Klorpirifos, 0,0-dietil 0-(3,5,6-trikloro-2-piridil) fosforotioat, adalah senyawa bahan aktif insektisida golongan organofosforotioat yang berspektrum lebar.

Insektisida ini banyak digunakan di bidang pertanian. Pemakaiannya di suatu agroekosistem dikhawatirkan dapat berpengaruh buruk bagi kelestarian sumber hayati perikanan di ekosistem tersebut.

Klorpirifos dibuat melalui reaksi 3,5,6-trikloro-2-piridinol dan 0,0-dietil fosforokloridotioat, yang berbentuk kristal putih dan berbau seperti merkaptan. Titik lebur: 42,5°C-43°C; titik uap: 1,87 x 10<sup>-5</sup> mm Hg pada 25°C; kelarutan di dalam air 2 mg/L; dalam aseton, benzene, kloroform, iso-oktan, dan methanol masing-masing 65%, 79%, 63%, 79%, dan 43% (b/b); serta mudah larut di dalam pelarut organik lainnya (Martin & Worthing, 2000). Di lingkungan terestrial maupun akuatik, klorpirifos dapat tergradasi melalui proses transformasi biotik maupun abiotik (Arthur *et al.*, 1992). Proses ini terjadi dengan adanya penguraian ikatan fosforotioat untuk membentuk 3,5,6-trikloro-2-

<sup>1)</sup> Peneliti pada Balai Penelitian Perikanan Air Tawar, Sukamandi

<sup>2)</sup> Peneliti pada Balai Penelitian bioteknologi Tanaman Pangan, Bogor



piridinol (TCP) yang terdegradasi di lingkungan secara fotosintesis (waktu paruh di permukaan perairan 4 menit) dan secara mikrobiologis (waktu paruh dalam tanah rata-rata 73 hari) (Barron & Woodburn, 1995).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persistensi dan waktu disipasi insektisida klorpirifos dalam tanah kolam dan tanah sawah, yang dinyatakan dalam nilai  $DT_{50}$  (*Dissipation Time* 50%). Informasi tentang translokasi dan degradasi insektisida ini akan bermanfaat untuk mengevaluasi potensi bahaya efek residu-nya di lingkungan akuatik perikanan.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu Percobaan

Penelitian ini dilakukan di Balai Penelitian Perikanan Air Tawar (Balitkanwar), Sukamandi dan di Laboratorium Toksikologi, Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan (Balitbio), Bogor pada bulan Juli sampai Oktober 2000.

### Bahan dan Alat

Sebagai bahan uji dipakai senyawa klorpirifos berupa bahan baku insektisida untuk analisis (*analytical standard*) dengan kandungan 99,8% bahan aktif.

Contoh yang digunakan untuk percobaan ini adalah tanah sawah dan tanah kolam yang berasal dari Balai Penelitian Perikanan Air Tawar Sukamandi, Subang, Jawa Barat. Analisis residu insektisida dilakukan di Laboratorium Toksikologi Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan di Bogor.

Untuk analisis residu ini bahan-bahan kimia yang digunakan yaitu: aseton GC grade (Wako), asetonitril HPLC grade (merck), n-heksan GC grade (Wako), natrium sulfat anhidrat (Cica), florasil (Cica), cellite 545, standar insektisida klorpirifos 98% (Cica), dan bahan aktif insektisida klorpirifos.

Peralatan analisis yang digunakan ialah kromatografi gas cairan (KGC-Shimadzu GC-4CM) dan alat-alat untuk ekstraksi tanah berupa soxhlet, pengocok mekanik kecepatan tinggi (*Ace-high speed*), dan corong pisah 500 mL. Penguap vakum berputar (evaporator-Buchi R-114) digunakan untuk mengkoncentrasikan larutan contoh, sedangkan untuk memurnikan larutan contoh digunakan kolom kromatografi.

### Kondisi Kromatografi Gas Cairan

Kondisi kromatografi gas cairan untuk analisis residu klorpirifos adalah sebagai berikut:

Tipe kromatografi gas cairan: Shimadzu GC-4CM

Suhu injektor : 230°C

Suhu kolom : 220°C

Jenis kolom : OV-17 Chromosorb WAW 1,5 meter  
Kecepatan alir gas  $N_2$  : 40 mL/menit  
Jenis detektor : ECD  
Sensitivitas : 102 x 4 mW

### Cara dan Waktu Inkubasi Contoh Tanah

Untuk tempat inkubasi tanah digunakan gelas Erlenmeyer ukuran 300 mL. Tiap Erlenmeyer diisi tanah sebanyak 25 g, kemudian ditambahkan 5 mL larutan insektisida dengan konsentrasi 0,35 mg/L dan 100 mL air destilata ke dalam tiap contoh tanah. Contoh tanah dan insektisida diinkubasi pada suhu kamar ber-AC (suhu 22-24°C dan kelembaban 55-60%) dalam keadaan aerob. Batas ketinggian air di dalam erlenmeyer diberi tanda dengan spidol. Setiap kali terjadi penyusutan air, maka tambahkan ke dalamnya air destilasi, hingga tanda tersebut. Pengamatan degradasi insektisida dilakukan setelah waktu 0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 hari inkubasi (HIS) dengan cara menganalisis kandungan residu insektisida.

### Prosedur Analisis Residu Insektisida

Contoh tanah dipisahkan dari airnya menggunakan pipet. Air tersebut ditampung dan kemudian diekstraksi mengikuti prosedur analisis residu di dalam air. Contoh tanah sebanyak 25 g yang semula berada di dalam Erlenmeyer dipindahkan ke dalam labu bundar ukuran 250 mL. Sisa tanah yang tertinggal di dalam Erlenmeyer dibilas dengan pelarut organik yang digunakan sebagai pengekstrak, yaitu aseton. Aseton digunakan sebagai pengekstrak sebanyak 100 mL. Contoh tanah diekstraksi dengan alat pengocok mekanik pada kecepatan tinggi selama 1 jam. Setelah itu contoh tanah disaring pada corong *buchner* yang berisi *cellite* 545. Tahapan berikutnya adalah proses pengkonsentrasian dan pemurnian. Konsentrasi residu di dalam tanah adalah gabungan konsentrasi residu insektisida yang ada di tanah dan di air (Kanazawa *et al.*, 1985).

Kandungan residu insektisida pada contoh tanah dihitung dengan menggunakan rumus seperti diuraikan dalam Komisi Pestisida (1997):

$$\text{mg/L (mg/kg)} = A \frac{C}{B} \frac{D}{E} \frac{F}{G}$$

Keterangan:

A = konsentrasi larutan standar (mg/mL)

B = luas puncak standar

C = luas puncak contoh

D = volume larutan standar yang disuntikkan (mL)

E = volume larutan contoh yang disuntikkan (mL)

F = volume pengenceran (mL)

G = bobot awal contoh (g)



### Perhitungan Nilai Waktu Paruh ( $DT_{50}$ )

Dari data residu yang terkumpul dihitung waktu paruh (*half life*) insektisida tersebut. Cara perhitungan waktu paruh ( $DT_{50}$ ) dilakukan dengan metode Mora *et al.* (1996) dan Kennedy *et al.* (1998); menurut rumus sebagai berikut:

$$C = C_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

C = konsentrasi insektisida pada t hari setelah aplikasi (mg/L)

$C_0$  = konsentrasi awal setelah aplikasi (mg/L)

$\lambda$  = kecepatan penurunan per hari

t = waktu (hari)

Ketika terjadi penurunan separuh dari konsentrasi awal, perhitungan di atas mengikuti kaidah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} &= e^{-\lambda t} \text{ atau } \ln \frac{1}{2} = -\lambda t \\ -0,693 &= -\lambda t \\ \frac{1}{2} &= \frac{0,693}{\lambda} \end{aligned}$$

### Uji Perolehan Kembali (*Recovery Test*)

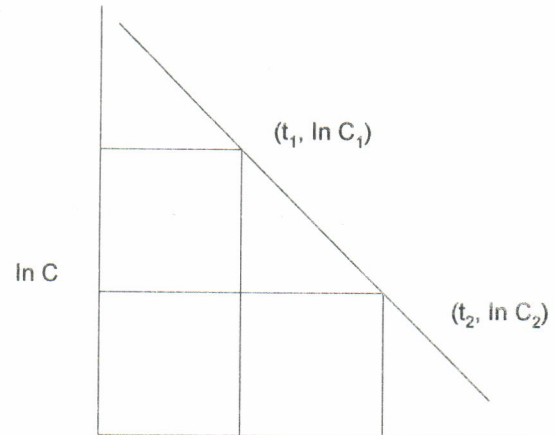
Uji perolehan kembali (*recovery test*) dilakukan untuk mengetahui kepekaan hasil uji dengan menganalisis sejumlah tertentu contoh komoditas yang telah diperkaya dengan insektisida tersebut, dan dilakukan bersamaan dengan analisis setiap deret contoh komoditas. Setiap kelompok 10-15 contoh, disertai satu atau lebih contoh serupa yang terpilih dan diperkaya dengan jumlah kuantitatif tertentu insektisida baku sebagai pembanding. Selanjutnya semua contoh, baik contoh biasa maupun contoh yang diperkaya, dianalisis dengan metode yang sama, dan nilai perolehan kembali diperoleh dengan menghitung selisih data hasil analisis antara contoh yang diperkaya dan contoh biasa.

$$\text{Nilai perolehan kembali} = \frac{W_1 C_1 - W_0 C_0}{G} \times 100\%$$

Tabel 1. Waktu paruh disipasi ( $DT_{50}$ ) insektisida klorpirifos dalam tanah sawah  
Table 1. *Half-life period ( $DT_{50}$ ) of the insecticide chlorpyrifos in rice field soil*

Waktu inkubasi (hari) Incubation period (days)	Residu ( <i>Residue</i> ) (mg/L)				Rata-rata Mean (mg/L)	ng (g)	In	$DT_{50}$ /hari $DT_{50}$ days
	I	II	III	IV				
0	0.2295	0.1076	0.3296	0.1660	0.2082	208.2	5.3	11.6
5	0.1776	0.1747	0.1228	0.2289	0.1760	176.0	5.2	
10	0.1165	0.1703	0.1742	0.1781	0.1598	159.8	5.1	
15	0.1292	0.0868	0.0648	0.0539	0.0837	83.7	4.4	
20	0.0896	0.0858	0.0732	0.0606	0.0773	77.3	4.3	
25	0.0557	0.0612	0.0689	0.0406	0.0566	56.6	4.0	
30	0.0632	0.0572	0.0337	0.0325	0.0469	46.9	3.8	

Apabila nilai  $\ln C$  diplotkan terhadap t, maka  $\lambda$  akan didapat slope dari kurva:



$$\lambda = \frac{\ln C_1 - \ln C_2}{t_2 - t_1} \quad t \text{ (hari)/(day)}$$

Bila nilai perolehan kembali ini berkisar antara 70% dan 110% dengan nilai rata-rata lebih tinggi 80% kepekaan analisis umumnya dapat diterima. Nilai pada kisaran tersebut secara sederhana akan menunjukkan bahwa kualitas metode ekstraksi dan pembersihan yang digunakan dalam pengujian serta tenaga penguji yang melaksanakan pengujian telah melaksanakan GLP (*Good Laboratory Practice*) (Komisi Pestisida, 1997).

### HASIL DAN BAHASAN

#### Persistensi dan Waktu Paruh Klorpirifos dalam Tanah Sawah

Pada hari ke-0 hingga hari ke-10, konsentrasi klorpirifos di dalam tanah sawah mengalami penurunan yang lambat. Akan tetapi pada hari ke-15 penurunan ini menjadi cukup tajam. Pada hari ke-25 konsentrasi klorpirifos tampak stabil kembali. Klorpirifos mengalami penurunan tajam kembali pada hari ke-30 (Tabel 1). Nilai  $DT_{50}$  klorpirifos dalam tanah sawah, yang

ditentukan berdasarkan perhitungan dengan metode seperti diuraikan di atas, tercatat 11,6 hari.

**Persistensi dan Waktu Paruh Klorpirifos dalam Tanah Kolam**

Dalam contoh tanah kolam konsentrasi klorpirifos mengalami penurunan secara tajam pada hari ke 10. Setelah itu menunjukkan persistensi hingga hari ke-20. Pada hari ke-30, konsentrasi klorpirifos mengalami penurunan kembali (Tabel 2). Nilai DT<sub>50</sub> klorpirifos dalam tanah kolam berdasarkan metode perhitungan di atas adalah 9,9 hari.

analisis telah dilakukan dengan layak (Komisi Pestisida, 1997).

Menurut van Rijn *et al.* (1994), berdasarkan nilai DT<sub>50</sub> ini, degradabilitas atau persistensi insektisida dalam tanah dapat digolongkan seperti pada Tabel 3.

Dengan mengacu pada klasifikasi di atas, maka insektisida klorpirifos dalam tanah sawah maupun tanah kolam tergolong insektida yang dapat terdegradasi secara moderat.

Pengaruh karakteristik fisika dan kimia contoh tanah pada persistensi insektisida klorpirifos. Hasil

Tabel 2. Waktu paruh disipasi (DT<sub>50</sub>) insektisida klorpirifos di dalam tanah kolam  
Table 2. Half-life period (DT<sub>50</sub>) of the insecticide chlorpyrifos in pond soil

Waktu inkubasi (hari) Incubation period (days)	Residu (Residue) (mg/L)				ng (g) in			DT <sub>50</sub> /hari
	I	II	III	IV				
0	0.2376	0.179	0.2162	0.1680	0.2000	200.0	5.3	
5	0.2315	0.288	0.1113	0.1040	0.1838	183.8	5.2	
10	0.1171	0.174	0.0809	0.1383	0.1027	102.7	4.6	
15	0.0996	0.062	0.1033	0.0696	0.0835	83.5	4.4	9.9
20	0.0714	0.061	0.0771	0.0806	0.0726	72.6	4.3	
25	0.0641	0.037	0.0337	0.0410	0.0441	44.1	3.8	
30	0.0443	0.04	0.0344	0.0538	0.0430	43.0	3.7	

Tabel 3. Klasifikasi persistensi insektisida berdasarkan waktu paruh (DT<sub>50</sub>) dalam tanah (van Rijn *et al.*, 1994)  
Table 3. Classification of insecticide persistence in soil based on half-life (DT<sub>50</sub>) values (van Rijn *et al.*, 1994)

DT <sub>50</sub> (hari) DT <sub>50</sub> (days)	Persistensi Persistence
2	Sangat mudah terdegradasi Highly degradable
2-15	Mudah terdegradasi Readily degradable
15-60	Dapat terdegradasi secara moderat Moderately degradable
60-180	Persisten Persistent
>180	Sangat persisten Highly persistent

Nilai uji perolehan kembali (*recovery test*) pada analisis residu klorpirifos dalam tanah sawah maupun dalam tanah kolam masing-masing tercatat 98,5% dan 99,2%. Hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan

analisis beberapa sifat kimia kedua contoh tanah yang diuji tertera pada Tabel 4. Hasil tersebut menunjukkan nilai pH dan liat tanah sawah dan kolam yang relatif sama, akan tetapi memperlihatkan kandungan bahan



Tabel 4. Karakteristik contoh tanah yang dipakai untuk penentuan  $DT_{50}$  insektisida klorpirifos  
 Table 4. Physical characteristics of soil samples used for the determination of  $DT_{50}$  of the insecticide chlorpyrifos

Asal tanah Soil source	Liat (%) Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O) pH (H <sub>2</sub> O)	Bahan Organik (%) Organic matter (%)	KTK (CEC) (me/100g)	Kadar air maks. (%) Max. moisture (%)
Sawah Rice field	66	5.5	1.84	26.05	5.88
Kolam Pond	69	5.7	1.29	29.80	6.18

KTK =Kapasitas Tika Kation, CEC = Cation Exchange Capacity

organik dan nilai atau kapasitas tukar kation yang berbeda nyata. Insektisida klorpirifos menurut hasil penelitian ini lebih stabil dalam tanah sawah dengan waktu paruh atau waktu disipasi lebih lama (11,6 hari) dibandingkan dalam tanah kolam (9,9 hari). Menurut Extoxnet (1996), waktu paruh klorpirifos di dalam tanah yang bertekstur *loamy sand* hingga liat berkisar antara 11-141 hari (pH 5,4-7,4). Pada tanah sawah laju penurunan konsentrasi klorpirifos lebih lama dibandingkan dengan pada tanah kolam. Hal ini disebabkan kandungan bahan organik pada tanah sawah (1,84%) relatif lebih tinggi daripada tanah kolam (1,29%), sehingga potensi pengikatan residu klorpirifos oleh tanah akan semakin besar. Menurut Racke *et al.* (1997), makin tinggi kandungan organik dalam tanah maka laju penurunan konsentrasi suatu insektisida akan makin rendah karena adanya penghambatan pada proses penguapan bahan kimia dari tanah tersebut.

Selanjutnya rendahnya penurunan konsentrasi klorpirifos juga dapat disebabkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah sawah yang lebih rendah (26,05 me/100g) dibandingkan tanah kolam (29,80 me/100g). Angka KTK yang kecil menunjukkan bahwa kation pada struktur kimia residu insektisida tidak cepat bertukaran dengan kation lain yang ada di dalam tanah tersebut (Racke *et al.*, 1997). Pada tanah kolam, pertukaran kation residu klorpirifos dapat lebih cepat dibandingkan pada tanah sawah (Tabel 3). Nilai pH antara tanah sawah dan kolam tidak berbeda nyata, yakni masing-masing 5,5 dan 5,7. Kondisi tanah yang asam tersebut mendukung terjadinya penurunan konsentrasi residu insektisida. Menurut Racke *et al.* (1997), pH tanah <6,0 membuat insektisida di dalam tanah makin labil atau dengan kata lain laju penurunan konsentrasi akan lebih cepat.

Pada kondisi di lapangan, waktu paruh klorpirifos di permukaan tanah berkisar beberapa hari hingga 2 minggu, sedangkan di lapisan tanah bagian bawah waktu paruh klorpirifos mencapai 1 hingga 2 bulan

(Rouchaud *et al.*, 1989; 1991). Walaupun insektisida ini memiliki ketahanan residu yang agak lama dalam tanah (2-4 bulan), tetapi pada daun tidak tahan lama (Tarumingkeng, 1992).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa insektisida klorpirifos akan terdegradasi cepat di dalam tanah kering (waktu paruh: 1,6 hari) dan sangat lambat di dalam tanah yang lembab (waktu paruh: 25,1 hari) (Awasthi & Prakash, 1997). Ozaki *et al.* (1986) berpendapat bahwa pH dan kandungan bahan organik tanah sangat berpengaruh terhadap laju degradasi insektisida. Laju degradasi suatu insektisida di dalam tanah akan meningkat apabila kondisi pH tanah berkisar antara 6,0-8,0 (alkalis). Pada pH asam (pH<6,0); insektisida di dalam tanah akan makin stabil atau dengan kata lain laju degradasinya akan makin rendah. Makin tinggi kandungan bahan organik dalam suatu tanah maka laju degradasi insektisida akan dapat tinggi pula. Hal ini tidak selalu benar, dan terbukti dari hasil percobaan ini menunjukkan hasil yang cenderung sebaliknya. Tampaknya penimbunan bahan organik dalam tanah juga dapat menyebabkan terhambatnya penguapan insektisida dari dalam tanah, dan memperlambat degradasi insektisida. Watanabe (1973) dan Tirol *et al.* (1981) berpendapat bahwa degradasi insektisida klorpirifos, karbofuran, dan BHC di dalam tanah dapat disebabkan oleh aktivitas mikro-organisme dan bukan oleh kandungan bahan organik dalam tanah. Jamur dan bakteri adalah kelompok utama mikro-organisme tanah yang dapat mendegradasi insektisida dalam tanah melalui proses oksidasi, dealkilasi, hidrosilasi, dehidrohalogenasi, epoksidasi, dehalogenasi reduksi, dan dealkilasi-N (Matsumura, 1973).

*Pseudomonas stutzeri* dan *Bacillus pumilis* dapat meningkatkan degradasi insektisida karbofuran hingga mencapai 96% dalam waktu 10 hari (Hubbel *et al.*, 1973; Mora *et al.*, 1996; Mohapatra & Asworth, 1997). Mikro-organisme yang berperan antara lain *Clostridium* (pendegradasi insektisida organoklorin)



dan *Flavobacterium* (pendegradasi insektisida organofosfat).

Pada keadaan tanah tergenang, degradasi klorpirifos disebabkan oleh proses penguapan, perombakan oleh mikroba, dan hidrolisis. Faktor-faktor yang mempengaruhi degradasi klorpirifos di dalam tanah adalah kelembaban, pH, bahan organik, dan kandungan liat (Getzin, 1985; Wouchope *et al.*, 1991).

Menurut Connel & Miller (1995), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi degradasi dan persistensi residu insektisida dalam tanah antara lain: (a) absorpsi insektisida oleh partikel-partikel tanah dan bahan organik, (b) penurunan konsentrasi karena proses perombakan oleh jasad renik dalam tanah, (c) dekomposisi fisika kimia karena kondisi dan komponen-komponen tanah yang bersifat katalisator, (d) dekomposisi oleh cahaya matahari (*photo decomposition*), dan (e) translokasi melalui sistem hayati (*biological system*), baik tanaman maupun binatang ke lingkungan yang lain.

Sifat-sifat fisika dan kimia seperti daya larut dalam air, polaritas (yang menentukan sifat lipofilik insektisida), daya penguapan serta sifat-sifat reaktivitas kimia insektisida merupakan faktor penting dalam menentukan persistensi insektisida yang umumnya rendah. Transformasi insektisida secara kimiawi merupakan proses penting untuk pelepasan senyawa tersebut dari tanah. Reaksi yang biasa terjadi adalah hidrolisis (pada senyawaan organofosfor), reaksi oksidasi (pada insektisida yang mengandung sulfur), dan reaksi reduksi dan isomerisasi (Goring *et al.*, 1975). Dehidrohalogenasi merupakan proses perombakan yang umum terjadi, karena sebagian besar pestisida mengandung halogen.

Insektisida klorpirifos (organofosfat) mengalami proses penurunan konsentrasi lebih cepat dibandingkan dengan insektisida BHC (organoklorin) dan karbofuran (karbamat) (Morrill *et al.*, 1982). Jalur utama dari proses degradasi organofosfat adalah hidrolisis, meskipun dalam proses selanjutnya digantikan oleh proses oksidasi. Klorpirifos di dalam tanah akan mengalami perubahan menjadi senyawa 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCP) (Morrill *et al.*, 1982; Sherna & Slobodien, 1984). TCP diketahui berdaya racun rendah atau sedang terhadap biota akuatik maupun terestrial (Barron & Woodburn, 1995). Sebagai contoh, toksisitas akut TCP terhadap ayam lebih rendah 30 kali lipat dibandingkan dengan klorpirifos (Miyazaki & Hodgson, 1972 dalam Barron & Woodburn, 1995).

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Insektisida klorpirifos tergolong senyawa yang dapat terdegradasi secara moderat dalam tanah sawah

maupun tanah kolam.

2. Berdasarkan data  $DT_{50}$  dapat dinilai bahwa degradasi insektisida dalam tanah kolam relatif lebih cepat dibandingkan dengan dalam tanah sawah.
3. Disarankan agar insektisida yang digunakan di ekosistem akuatik khususnya mina padi, kolam, dan tambak relatif tidak persisten dalam tanah dengan nilai waktu paruh ( $DT_{50}$ ) kurang dari 60 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arthur, F.H., J.E. Throne, and R.A. Siminaitis. 1992. Degradation and Biological Efficacy of Chlorpyrifos. *J. Econ. Entomol.* 85(5): 1994–2002.
- Awasthi and N.B. Prakash. 1997. Persistence of chlorpyrifos in soil under different moisture regimes. *Pestic. Sci.* 50: 1–4.
- Barron, M.G. and K.B. Woodburn. 1995. Ecotoxicology of chlorpyrifos. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 144 Springer-Verlag New York, Inc. 1995 (Reprint).
- Connel, D.W. dan G.J. Miller. 1995. *Kimia Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan, Penerjemah Yanti Koestour. UI Press. Jakarta. p. 194–237.
- Exttoxnet (Extension Toxicology Network). 1996. *Pesticide Information Profiles of Chlorpyrifos*. Oregon State University. Revised June 1996. 5 pp.
- Getzin, L.W. 1985. Factors Influencing the Persistence and Effectiveness of Chlorpyrifos in Soils. *J. Econ. Entomol.* 78 (2): 412–418.
- Goring, C.A., D.A. Laskowski, J.W. Hamaker, and R.W. Meikle. 1975. Principles of pesticide degradation in soil. In R. Haque dan V.H. Freed (Eds.), *Environmental Dynamics of Pesticides*, Plenum Press, New York. 135 pp.
- Hubbel, D.H., D.F. Rothwell, W.B. Tappan, and F.M. Rhoads. 1973. Microbiological effect and opersistence of some pesticide combination in soil, *J. Environ. Qual.* 2: 96–99.
- Kanazawa, J., D. Kilin, Sutrisno, dan S. Orita. 1985. Residue of Diazinon in Rice Plant and Paddy Soil, *Penelitian Pertanian*. 3(2): 83–84.
- Kennedy, I.R., F. Sanchez-Bayo, S.W.L. Kimber, N. Ahmad, H. Beasley, N. Lee, S. Wang, and S. Southan. 1998. Integrated monitoring and dissipation studies for development of best practice management of chemicals used in cotton farming. *ACIAR Proceedings*. 85: 88–99.
- Komisi Pestisida. 1997. *Metode Pengujian Residu Pestisida dalam Hasil Pertanian*. Komisi Pestisida. Departemen Pertanian. 377 pp.
- \_\_\_\_\_. 2000. *Pestisida untuk Pertanian dan Kehutanan*. Komisi Pestisida. Departemen Pertanian. 271 pp.
- Martin, H. and C.R. Worthing. 2000. *Pesticide Manual*. Eleven Edition. British Crops Protection Council. 50 pp.
- Matsumura, F. 1973. Degradation of pesticides residues in the environment. In C.A. Edward (Ed.), *Environ-*

- mental Pollution by Pesticides*, Plenum Press, London. 494 pp.
- Mohapatra, S. and M.D. Asworth. 1997. Enhancement of carbofuran degradation by soil enrichment culture, bacterial cultures and by synergistic interaction among bacterial cultures, *Pestic. Sci.* 49: 164--168.
- Mora, A., J. Comejo, E. Revilla, and M.C. Hermosin. 1996. Persistence and degradation of carbofuran in Spanish soil suspensions, *Chemosphere*. 32: 1585--1598.
- Morrill, L.G., B.C. Mahilum, and S.H. Mohiuddin. 1982. Organic Compounds in soil: Sorption, Degradation, and Persistence. *Ann. Arbor*. Science Publishers Inc. p. 187--239.
- Ozaki, M., Y. Tanaka, and Kawatsuka. Degradation of isouron in soil. *J. Pestic. Sci.* 11: 223--229.
- Racke, K.D., M.W. Skidmore, D.J. Hamilton, J.B. Unsworth, J. Miyamoto, and S.Z. Cohen. 1997. Pesticide Fate in Tropical Soils, IUPAC. *Pure & Appl. Chem.* 69(6): 1.349--1.371.
- Rouchoud, J., F. Gustin, and L. Vanparys. 1991. Influence of slurry and ammonium nitrate fertilizations on soil and plant metabolism of chlorpyrifos in field cauliflower. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 705--712.
- Rouchaud, J., M. Metsue, F. Gustin, F. Vande Steene, C. Pelerents, F. Benoit, N. Ceustermans, J. Gillet, and L. Vanparys. 1989. Soil and plant biodegradation of chlorpyrifos in fields of cauliflower and brussels sprouts crops. *Toxicol. Environ. Chem.* 23: 215--226.
- Sherma, J. and R. Slobodien. 1984. Determination of chlorpyrifos and its metabolite 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in tap water and bananas by quantitative TLC on preadsorbent silica gel. *J. Liq. Chro.* 7(14): 2.735--2.742.
- Tarumingkeng, R. 1992. *Insektisida: Sifat, Mekanisme, dan Dampak Penggunaanya*. Ukrida Jakarta. p. 97--229.
- Tirol, A.C., S.T. Santiago, and I. Watanabe. 1981. Effect of the insecticide carbofuran on microbial activities in flooded soil. *J. Pestic. Sci.* 6: 83--89.
- van Rijn, J.P., M. Hermans, C.A.M. van Gestel, and N.M. van Straalen. 1994. Estimating ecological risks of pesticides by combined assessment of toxicity and persistence in soil. In *Environmental Toxicology in South East Asia*. B. Widianarko, K. Vink, and N.M. van Straalen (Eds.), VU University Press, Amsterdam. p. 289--300.
- Watanabe, I. 1973. Decomposition of pesticides by soil microorganism-Special emphasis on the flooded soil condition. *JARQ* 7: 15--18.
- Wouchope, R.D., J.R. Young, R.B. Chalfant, L.R. Marti, and H.R. Summer. 1991. Deposition, morbidity, and persistence of springkier-irrigation-applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. *Pestic. Sci.* 32:235--243.