

PENGARUH PENGGUNAAN INSEKTISIDA KARBAMAT TERHADAP KESEHATAN TERNAK DAN PRODUKNYA

INDRANINGSIH

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. R..E. Martadinata No. 30, Bogor 16114

(Makalah diterima 16 Pebruari 2008 – Revisi 17 Mei 2008)

ABSTRAK

Penggunaan pestisida golongan karbamat di Indonesia relatif baru terutama setelah pelarangan penggunaan dan peredaran sebagian besar pestisida golongan organoklorin (OC). Insektisida golongan karbamat yang umum digunakan dalam kegiatan pertanian adalah karbofuran (Furadan), aldikarb (Temik) dan karbaril (Sevin). Bila penggunaan insektisida dilakukan sesuai aturan dapat memberikan keuntungan, tetapi bila tidak, akan menimbulkan kerugian seperti keracunan, gangguan kesehatan, pencemaran lingkungan dan residu pada produk pangan. Berdasarkan *monitoring* penggunaan karbamat di Pulau Jawa terdeteksi residu karbofuran pada tanah sawah (0,8 – 56,3 ppb), air sawah (0,1 – 5,0 ppb), beras (tt – 5,0 ppb), kedelai (1,2 – 610 ppb); pakan ternak (12 – 102 ppb); daging sapi (110 – 269 ppb); dan serum sapi potong (167 – 721 ppb). Beberapa sampel pangan tersebut mengandung residu karbofuran yang melebihi batas maksimum residu yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Keberadaan residu karbofuran dalam produk pangan tersebut perlu menjadi perhatian mengingat karbamat merupakan pestisida yang bersifat toksik bagi kesehatan masyarakat dan ternak. Makalah ini membahas toksisitas pestisida golongan karbamat, gejala keracunan, residu pada pangan dan lingkungan serta pengendalian keracunan dan residu karbamat.

Kata kunci: Karbamat, toksisitas, residu, pangan, lingkungan

ABSTRACT

THE USE AND EFFECT OF CARBAMATE INSECTICIDE ON ANIMAL HEALTH AND PRODUCTS

The use of carbamate in Indonesia is relatively new, in particular after prohibition on the use of most organochlorines (OC). Carbamates that commonly used for agricultural activities are carbofuran (Furadan), aldicarb (Temik) and carbaryl (Sevin). When properly used, they will provide benefit, but misuse of insecticides would affect productivity, poisoning, public health problems, environmental contamination and residues in foods. A monitoring result of carbamate used in Java indicates that carbofurans were detected in soils (0,8 – 56,3 ppb); water (0,1 – 5,0 ppb); rice (nd – 5,0 ppb); soybeans (1,2 – 610 ppb); animal feed (12 – 102 ppb); beef (110 – 269 ppb); and sera of beef cattle (167 – 721 ppb). The residue level was above the maximum residue limits (MRL) released by Indonesian Standardization Agency (Badan Standardisasi Nasional) in some samples. The presence of carbofuran in foods should be taken into account since the carbofuran is regarded highly toxic for public and animal health. This paper describes the toxicity of carbamate, clinical signs of poisoning, residue in foods and environment, handling of poisoning and residue control.

Key Words: Carbamate, toxicity, residue, food, environment

PENDAHULUAN

Karbamat merupakan insektisida yang bersifat sistemik dan berspektrum luas sebagai nematosida dan akarisisida (BONNER *et al.*, 2005; TEJADA *et al.*, 1990; COGGER *et al.*, 1998). Golongan karbamat pertama kali disintesis pada tahun 1967 di Amerika Serikat dengan nama dagang Furadan (CORNELL UNIVERSITY, 2001). Umumnya karbamat digunakan untuk membasmi hama tanaman pangan dan buah-buahan pada padi, jagung, jeruk, alfalfa, ubi jalar, kacang-kacangan dan tembakau (RISHER *et al.*, 1987; BONNER *et al.*, 2005; TOBIN, 1970; TEJADA *et al.*, 1990; FAO, 1997). Dengan dilarangnya sebagian besar pestisida golongan

organoklorin (OC) di Indonesia (MENTAN, 2001), maka pestisida golongan organofosfat (OP) dan karbamat menjadi alternatif bagi petani di dalam mengendalikan hama penyakit tanaman di lapangan. SADJUSI dan LUKMAN (2004) melaporkan bahwa insektisida golongan karbamat yang banyak digunakan di lapangan terdiri dari jenis karbofuran, karbaril dan aldikarb. Sementara itu, beberapa jenis pestisida golongan karbamat yang umum digunakan pada lahan sawah irigasi dan tadah hujan di Jawa Tengah antara lain karbaril (SevinTM), karbofuran (FuradanTM dan CuraterTM), tiodikarb (LarvinTM) dan BPMC/*Butyl Phenyl-n-Methyl Carbamate* (BassaTM, DharmabasTM dan BaycarbTM) (JATMIKO *et al.*, 1999).

Secara umum, pestisida pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1970-an bertepatan dengan pelaksanaan program intensifikasi pertanian padi dan tanaman pangan lain yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas. Sepuluh tahun kemudian pada awal tahun 1980-an, Indonesia menjadi negara ketiga terbesar dalam menggunakan pestisida untuk kegiatan tanaman pangan setelah Cina dan India (SOERJANI, 1990) dan antara tahun 1989 sampai 1993 peningkatan penggunaan pestisida terjadi untuk seluruh tanaman (BADAN PENGENDALI BIMAS, 1990). Berdasarkan golongannya, pestisida dikelompokkan menjadi golongan OC, OP dan karbamat yang masing-masingnya memiliki toksisitas yang berbeda (WALDRON dan GOLEMAN, 1987).

Sementara itu, penggunaan pestisida golongan karbamat di Indonesia relatif baru setelah sebagian besar pestisida dari golongan OC dilarang penggunaan dan peredarannya antara tahun 1977 s/d 1994 (KOMISI PESTISIDA, 1995). Bila penggunaan pestisida dilakukan sesuai aturan akan memberikan keuntungan yang tinggi di mana tanaman terhindar dari serangan penyakit dan hama, tetapi bila terjadi kesalahan penggunaan dapat menimbulkan pengaruh terhadap produktivitas seperti keracunan, gangguan kesehatan pada hewan *non-target*, pencemaran lingkungan dan residu pada produk pangan. Pencemaran pestisida pada lingkungan umumnya merupakan dampak penggunaan pestisida secara intensif dan berlebihan dalam kegiatan pertanian.

Penggunaan pestisida ternyata memiliki kelemahan-kelemahan seperti efek toksik (keracunan) terhadap kesehatan manusia dan ternak yang bukan target utamanya serta menimbulkan pencemaran lingkungan. Dari ketiga golongan pestisida tersebut, golongan OP dan karbamat bersifat sangat toksik pada hewan *non-target* meskipun kedua golongan ini mudah terurai di alam bebas maupun dalam mata rantai makanan.

Karbofuran (*2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuran methylcarbamate*) adalah salah satu pestisida dari golongan karbamat yang berspektrum luas untuk pengendalian hama pada tanaman padi, jagung, jeruk, alfalfa dan tembakau (BONNER *et al.*, 2005; TOBIN, 1970; TEJADA *et al.*, 1990; FAO, 1997). Karbofuran bersifat sangat toksik pada unggas dengan kisaran nilai LD₅₀ sebesar 0,37 – 6,0 mg/kg BB tergantung pada masing-masing spesies unggas (IESCE *et al.*, 2006; IPCSINTOX, 1985). Unggas umumnya sangat peka terhadap karbofuran melalui kontak langsung baik melalui penyemprotan (*spraying*), menelan granul karbofuran, minuman tercemar dan memakan serangga yang mati akibat karbofuran. Keracunan karbofuran pada unggas umumnya menimbulkan kematian unggas secara mendadak. BARON (1994) melaporkan bahwa keracunan aldikarb menimbulkan gejala klinis yang sama dengan keracunan OP dan karbamat lainnya.

Keracunan karbamat merupakan efek nikotinic dan parasimpatetik yang dihasilkan akibat hambatan asetilkolinesterase di dalam sistem syaraf somatik dan autonom perifer (BARON dan MERRIAM, 1988; BARON, 1994; WHO, 1991).

Keracunan karbamat bersifat akut yang dapat terjadi melalui inhalasi, gastrointestinal (oral) atau kontak kulit. Karbamat dapat menimbulkan efek neurotoksik melalui hambatan enzim asetilkolinesterase (AChE) pada sinapsis syaraf dan *myoneural junctions* yang bersifat reversibel (BARON, 1994; RISHER *et al.*, 1987; IPCSINTOX, 1985). Gejala klinis keracunan karbamat merupakan reaksi kholinergik yang berlangsung selama 6 jam. Tingkat keparahannya tergantung pada jumlah karbamat yang terkonsumsi dengan gejala klinis berupa pusing, kelemahan otot, diare, berkeringat, mual, muntah, tidak ada respon pada pupil mata, penglihatan kabur, sesak napas dan konvulsi (RISHER *et al.*, 1987). Keracunan karbamat pada manusia dilaporkan pernah terjadi di Spanyol pada tahun 1998 (ROLDÁN-TAPIA *et al.*, 2005) dengan gejala berkeringat, tremor, myosis, gangguan pernapasan, dan muntah. Karbamat, khususnya karbofuran dilaporkan dapat menimbulkan kanker paru-paru pada manusia (WESSELING *et al.*, 1999; BONNER *et al.*, 2005).

PENGUNAAN KARBAMAT DALAM PERTANIAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP LINGKUNGAN SERTA KESEHATAN TERNAK DAN PRODUKNYA

Pestisida memiliki peranan penting dalam kegiatan pertanian untuk melindungi tanaman dari hama penyakit. Proses persiapan bahan insektisida dan penggunaannya harus dilakukan sesuai aturan untuk mendapatkan produktivitas yang baik. Bila tidak sesuai aturan seperti tertumpahnya insektisida dalam proses pencampuran di lapangan, tidak menggunakan pengaman yang benar (sarung tangan dan masker) dan dosis yang berlebihan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan/keracunan dan residu pada produk pangan.

Karbamat umumnya digunakan untuk mengendalikan hama padi seperti penggerek batang, wereng batang coklat, wereng hijau dan hama lundi pada padi gogo (TURNER dan CARO, 1973). Sementara itu, karbofuran yang merupakan insektisida golongan karbamat sering pula digunakan untuk jagung, alfalfa dan tembakau (TOBIN, 1970). THELIN dan GIANESSI (2000) memperkirakan sebanyak 2½ juta kilogram karbofuran digunakan setiap tahunnya di Amerika Serikat dan 48% diantaranya digunakan untuk jagung. Sementara itu, penggunaan pestisida golongan karbamat oleh petani di Indonesia umumnya terdiri dari karbofuran dan paraquat (SADJUSI dan LUKMAN, 2004)

yang sering diaplikasikan sebagai herbisida untuk membasmi gulma disamping sebagai insektisida pada tanaman padi. Namun demikian data penggunaan karbofuran di Indonesia sampai saat ini belum tersedia

kecuali penggunaan pestisida secara keseluruhan yang pada tahun 1999/2000 mencapai 2.416 ton bahan aktif (DIREKTORAT JENDERAL INDUSTRI KIMIA DASAR, 2001).



Gambar 1. Proses pencampuran insektisida di lapangan yang memungkinkan terjadinya pencemaran tanah dan air akibat tumpahnya insektisida



Gambar 2. Proses penyemprotan insektisida pada tanaman hortikultura tanpa menggunakan alat pelindung

Meskipun pestisida memiliki tujuan yang positif dalam pengembangan usaha pertanian, namun kenyataan di lapangan penggunaan pestisida memiliki kelemahan dan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, ternak dan hewan *non-target* seperti timbulnya pencemaran lingkungan, keracunan, residu pada produk ternak dan tanaman serta resistensi hama penyakit terhadap pestisida tersebut (SOEJITNO dan SAMUDRA, 1994; MUSTAMIN dan MA'ARUF, 1990; WALISZEWSKI *et al.*, 2003). Dampak negatif tersebut umumnya timbul sebagai akibat penyalahgunaan pestisida, kesalahan persepsi dan kecerobohan pengguna.

KERACUNAN KARBAMAT PADA TERNAK

Kasus keracunan pestisida/insektisida umumnya memerlukan tindakan penanganan yang cepat, tepat dan menyeluruh agar mortalitas dapat dicegah secara baik. Insektisida golongan karbamat umumnya terdiri dari karbaril (Sevin), aldikarb (Temik) dan karbofuran (Furadan) yang telah banyak beredar di Indonesia untuk digunakan dalam kegiatan pertanian dan perkebunan. Gejala awal keracunan karbamat terlihat berupa lemah, pusing, berkeringat, sakit kepala, salivasi, muntah dan diare. Kemudian diikuti dengan konstiksi pupil mata dan inkordinasi.

Aldikarb [2-methyl-2-(methylthio) propional-dehyde 0-(methylcarbamoyl)-oxime] merupakan *oxime* dari insektisida karbamat yang dihasilkan oleh Union Carbide Corporation dengan nama dagang Temik. Aldikarb bersifat relatif larut dalam air dan pelarut organik, yang merupakan senyawaan yang stabil kecuali dalam larutan yang bersifat basa, tidak mudah terbakar dan tidak bersifat korosif pada logam (RISHER *et al.*, 1987). Aldikarb merupakan pestisida sistemik yang digunakan untuk membasmi berbagai jenis insekta dan nematoda. Pestisida ini diaplikasikan pada bagian bawah permukaan tanah untuk diabsorpsi oleh sistem perakaran tanaman, dan kelembaban

diperlukan untuk melepaskan senyawa toksik dari granular pestisida tersebut (RISHER *et al.*, 1987). Aldikarb umumnya digunakan pada tanaman kapas, tebu, jeruk, kentang, ubi jalar, kacang-kacangan dan tanaman hias. Waktu paruh aldikarb bervariasi mulai dari 1 sampai 2 minggu untuk kondisi laboratorium, tetapi dapat lebih singkat pada kondisi lapang atau lebih lama bila terjadi rembesan ke air tanah atau pada kondisi dingin dan pada tanah pH rendah (RISHER *et al.*, 1987).

Aldikarb mudah terserap melalui saluran pencernaan dan kulit. Insektisida ini segera mengalami metabolisme dan diekskresikan dalam waktu 24 jam setelah pemaparan. Ekskresi terbanyak dari senyawa toksik dan metabolit (relatif nontoksik) seperti *oxime* dan nitril terjadi melalui urin (RISHER *et al.*, 1987). Gejala klinis keracunan akut aldikarb bersifat spesifik seperti keracunan pestisida golongan organofosfat dan karbamat lainnya. Keracunan terutama akibat pengaruh nikotinik dan parasimpatetik yang disebabkan karena terjadinya hambatan asetilkolinesterase di dalam sistem syaraf somatik perifer dan syaraf otonom (BARON, 1994). Pengaruh pemaparan akut aldikarb dan metabolitnya bersifat *transien* (sementara), karena terjadi penyembuhan yang cepat dan spontan terhadap hambatan asetilkolinesterase dan tingkat perubahan yang cepat dari distribusi dan metabolisme serta ekskresinya dari dalam tubuh. Penyembuhan sempurna terjadi dalam kurun waktu antara 3 sampai 6 jam setelah terpapar aldikarb (BARON, 1994).

BARON (1994) melaporkan bahwa keracunan akut dari aldikarb kemungkinan merupakan kasus tertinggi dibanding dengan insektisida lainnya. Aldikarb berifat sangat toksik pada mamalia dengan nilai $LD_{50} = 0,3 - 1,5$ mg/kg BB secara oral atau parenteral terutama pada hewan percobaan. Demikian pula toksisitas *dermal* juga tinggi, dimana nilai LD_{50} pada kelinci mencapai ~ 5 mg/kg BB, tetapi tergantung pada pelarut yang digunakan. Tabel 1 menunjukkan nilai LD_{50} pada beberapa hewan percobaan menggunakan berbagai pelarut dan cara pemberiannya.

Tabel 1. Taraf toksisitas akut (LD_{50}) aldikarb pada beberapa hewan percobaan

Jenis hewan	Rute pemberian	Pelarut	LD_{50} (mg/kg BB)	Pustaka
Tikus putih (jantan)	Oral	Minyak kacang	0,8	GAINES (1969)
Tikus putih (betina)	Oral	Minyak kacang	0,65	GAINES (1969)
Tikus putih (jantan)	Oral	Minyak jagung	0,9	WEIDEN <i>et al.</i> (1965)
Tikus putih (betina)	Oral	Minyak jagung	1	WEIDEN <i>et al.</i> (1965)
Mencit putih	Oral	-	0,3 – 0,5	BLACK <i>et al.</i> (1973)
Tikus putih (jantan)	<i>Dermal</i>	<i>Xylene</i>	3	GAINES (1969)
Tikus putih (betina)	<i>Dermal</i>	<i>Xylene</i>	2,5	GAINES (1969)
Kelinci	<i>Dermal</i>	-	5	WEIDEN <i>et al.</i> (1965)
Kelinci	<i>Dermal</i>	<i>Dimethyl phthalate</i>	12,5	WEIDEN <i>et al.</i> (1965)

GAINES (1969) melaporkan bahwa tikus betina lebih sensitif terhadap aldikarb (Temik) dibanding tikus jantan. Nilai LD₅₀ secara oral mencapai 0,8 mg/kg BB pada tikus jantan dan 0,65 mg/kg BB pada tikus betina. Sedangkan nilai LD₅₀ secara *dermal* mencapai 3 mg/kg BB pada jantan dan 2,5 mg/kg BB pada betina. Selanjutnya BARON (1994) menyatakan bahwa toksisitas akut aldikarb tidak menimbulkan iritasi pada mata maupun kulit dan tidak menimbulkan respon sensitisasi pada kulit hewan yang diintoksikasi. Begitu pula dari pengamatan alat reproduksi, aldikarb tidak menimbulkan pengaruh terhadap alat reproduksi yang berkaitan dengan proses fertilitas, kebuntingan, viabilitas maupun laktasi dan tidak menimbulkan gangguan proses perkembangan keturunan pada hewan percobaan. Tidak terdapat bukti nyata terjadinya malformasi kongenital pada hewan percobaan yang diintoksikasi dengan aldikarb. Studi toksisitas kronik menunjukkan bahwa aldikarb tidak menimbulkan gangguan teratogenik, karsinogenik, mutagenik maupun gangguan genetik lainnya (BARON, 1994).

Pengaruh intoksikasi aldikarb terhadap kesehatan masyarakat umumnya disebabkan karena hambatan pelepasan enzim asetilkolinesterase pada synapsis syaraf secara cepat (sekitar 6 jam setelah pemaparan) kembali normal (RISHER *et al.*, 1987). Derajat keparahan intoksikasi aldikarb sangat bervariasi tergantung dosis, umur dan kondisi umum penderita, antara lain pusing, kelemahan otot skeletal, rasa nyeri dan kekejangan lambung, diare, berkeringat, mual, muntah, pupil tidak berespon, penglihatan kabur, *dyspnoea* dan konvulsi otot. Kasus keracunan aldikarb yang berakibat kematian pada seorang petani di Amerika Serikat pernah dilaporkan oleh LEE dan RANDELL (1984). Petani tersebut dilaporkan meninggal setelah memindahkan aldikarb granul ke dalam gerobak angkut tanpa menggunakan alat pelindung. Gejala klinis sebelum kematian tidak terlihat, tetapi diketahui bahwa petani tersebut telah membuka karung dan memindahkan isinya sebanyak 14 karung berisi Temik. Analisis sampel darah, ginjal, hati dan kulit terhadap residu aldikarb dan metabolitnya menunjukkan bahwa terdeteksi seluruh metabolit aldikarb (aldikarb, aldikarb sulfoksida dan aldikarb sulfone) pada seluruh sampel analisis. Konsentrasi tertinggi untuk metabolit aldikarb sulfoksida (261 ppb) dan aldikarb sulfone (422 ppb) terdapat pada ginjal yang menunjukkan bahwa ekskresi telah terjadi sebelum kematian. Selanjutnya pada tahun 1977 diduga telah terjadi keracunan karbamat di Nebraska setelah mengkonsumsi sayuran tercemar secara akut (GOES *et al.*, 1980). Gejala klinis yang tercatat adalah diare, muntah, berkeringat yang berlebihan, penglihatan kabur, sakit perut, sesak napas, kejang otot, mual dan pusing. Keracunan aldikarb pernah dilaporkan menimbulkan kematian pada 2 ekor dari 8 ekor sapi

yang mengkonsumsi rumput tercemar Temik (SPIERENBURG *et al.*, 1985). YUNINGSIH (1987) melaporkan bahwa 3 dari 5 sampel saluran pencernaan sapi yang diduga mengalami keracunan insektisida di Sumatera positif mengandung aldikarb dalam analisis laboratorium dengan metode *thin layer chromatography*.

Karbofuran (*2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate*) adalah insektisida golongan karbamat yang berspektrum luas dan nonkumulatif, merupakan inhibitor enzim kolinesterase melalui kontak dan bekerja pada stoma tanaman dan sangat toksik terhadap mamalia (IPCSINTOX, 1985; FAO, 1997). Insektisida ini bersifat sistemik yang tidak bersifat fitotoksik. Karbofuran digunakan secara luas sebagai insektisida, nematisida dan akarisisida yang digunakan dalam pengawetan benih tanaman, aplikasi pada lahan tanaman, dan secara langsung atau pada daun tanaman pangan seperti jeruk, jagung, alfalfa, padi, kentang, kedelai dan tembakau (TOBIN, 1970; BONNER *et al.*, 2005; FAO 1997). Secara fisik, karbofuran berbentuk kristal, titik didih antara 150° – 152°C, mengandung 98,8% senyawa aktif, tidak bersifat korosif dan tidak mudah terbakar (IPCSINTOX, 1985). Karbofuran didistribusikan dengan nama dagang Furadan.

Karbofuran dikenal bersifat toksik pada mamalia dan sangat toksik atau fatal pada unggas. Aplikasi karbofuran melalui penyemprotan lahan dan area berpotensi untuk menimbulkan intoksikasi pada manusia, ternak dan hewan liar. Insektisida karbofuran ini dapat terserap melalui saluran pencernaan dan inhalasi dari proses penyemprotan, tetapi jarang terjadi melalui absorpsi kulit. Tabel 2 menggambarkan nilai LD₅₀ (toksisitas akut) karbofuran pada beberapa hewan percobaan.

Tabel 2. Taraf toksisitas akut (LD₅₀) karbofuran pada beberapa hewan percobaan

Jenis hewan	Cara intoksikasi	LD ₅₀ (mg/kg BB)
Tikus putih	Oral	8,8
Mencit	Oral	14,4
Marmot	Oral	9,2
Kelinci	Oral	7,5
Anjing	Oral	15,38
Kucing	Oral	2,5 – 3,5
Tikus putih	<i>Dermal</i>	2.000
Kelinci	<i>Dermal</i>	2.000
Tikus putih (jantan)	<i>Intraperitoneal</i>	8,4
Tikus putih (betina)	<i>Intraperitoneal</i>	2,8

Sumber: IPCSINTOX (1985)

Toksistas karbofuran bersifat *reversibel*, hambatan langsung terhadap aktivitas kolinesterase melalui karbomoylasi dari gugusan ester enzim tersebut. Akumulasi asetilkolin pada simpul syaraf simpangan (*junction*) myoneural menimbulkan efek keracunan. Enzim karbomoyl mengalami reaktivasi secara spontan dan cepat. Karbofuran dan metabolit ester bersifat aktif. Intoksikasi akut buatan pada tikus betina diketahui bahwa kolinesterase otak lebih sensitif terhadap karbofuran dibanding kolinesterase plasma dan eritrosit.

Intoksikasi karbofuran secara *dermal* pada kelinci betina dapat menimbulkan penurunan bobot badan, radang kulit (dermatitis) dan penurunan aktivitas umum. Lesio ini akan menghilang dalam kurun waktu 5 hari setelah penghentian intoksikasi karbofuran. Sementara itu intoksikasi karbofuran melalui pakan hewan umumnya tidak menimbulkan kematian tetapi dapat menimbulkan gejala tremor yang bersifat *intermittent*, depresi laju pertumbuhan.

Karbofuran diketahui sangat toksik pada unggas dan telah digunakan sebagai pembasmi hama burung di luar negeri (IPCSINTOX, 1985). Sediaan karbofuran dalam bentuk granul dapat membunuh burung bila tertelan hanya dengan 1 butir granul karbofuran. Oleh karena itu, bentuk granular karbofuran telah dilarang peredaran dan penggunaannya di Amerika Serikat sejak tahun 1991. Nilai LD₅₀ karbofuran granul pada ayam domestik mencapai 6,0 mg/kg BB.

Keracunan karbofuran pada manusia umumnya terjadi akibat absorpsi dari saluran pencernaan (secara oral), melalui kulit (*dermal*) dan inhalasi akibat penyemprotan. Efek toksik pada manusia disebabkan karena aktivitas kolinesterase inhibitor sebagai pestisida bersifat neurotoksik. Gejala keracunan yang terlihat umumnya meliputi penglihatan yang kabur, mual, banyak berkeringat dan lemah.

Karbaril (1-*naphthalenylmethylcarbamate*) adalah salah satu insektisida dari golongan karbamat dalam bentuk kristal berwarna putih tanpa mengeluarkan bau. Penyerapan karbaril berlangsung secara cepat di dalam paru-paru dan saluran pencernaan. Metabolisme karbaril terjadi pada cincin hidroksilasi dan hidrolisis yang dapat menghasilkan berbagai metabolit untuk proses konjugasi dengan pembentukan senyawa sulfat, glukoronida dan merkapturat yang larut dalam air, selanjutnya diekskresikan melalui urin. Hidrolisis menghasilkan pembentukan 1-naphthol karbon dioksida dan metilamine.

Toksistas (LD₅₀) karbaril bervariasi tergantung pada spesies, formulasi dan pelarut. Nilai LD₅₀ pada tikus secara oral berkisar antara 200 sampai 850 mg/kg. Kucing lebih sensitif terhadap keracunan karbaril dengan nilai LD₅₀ sebesar 150 mg/kg. Sementara itu babi dan kera kurang peka terhadap insektisida ini dengan nilai LD₅₀ >1.000 mg/kg (IPCSINTOX, 1994).

Karbaril bersifat iritasi ringan pada mata dan hanya sedikit atau tidak berpotensi menimbulkan sensitivitas. Pada berbagai spesies mamalia dilaporkan dapat menimbulkan gangguan reproduksi dan perkembangan perinatal (embrio), antara lain kegagalan fertilitas, penurunan ukuran anak dan penurunan viabilitas postnatal. Sedangkan toksistas perkembangan embrio terlihat berupa peningkatan kematian embrio, penurunan bobot foetus, dan malformasi. Induk hewan lebih peka terhadap karbaril dibanding anaknya. Pengaruh toksistas karbaril pada induk terdiri dari kematian induk, penurunan pertumbuhan bobot badan dan distokia.

Pengaruhnya pada sistem syaraf terutama berkaitan dengan hambatan aktivitas enzim kolinesterase dan biasanya bersifat sementara (*transient*). Sehubungan dengan hambatan pada proses enzimatis tersebut maka gejala klinis yang terlihat umumnya berupa peningkatan sekresi *bronchial*, keringat berlebihan, salivasi dan lakrimasi; pupil mata tidak bereaksi terhadap cahaya, konstriksi *bronchus*, kejang perut (muntah dan diare); *bradycardia*; *fasciculasio* otot halus; *tachycardia*; sakit kepala; pusing; *konvulsi* dan koma; serta depresi pusat pernapasan. Gejala klinis intoksikasi akan berkembang cepat setelah absorpsi dan menghilang secara cepat pula setelah pemaparan berakhir.

RESIDU KARBAMAT PADA PRODUK TERNAK

Kendala dalam penggunaan insektisida di dalam kegiatan pertanian tidak hanya masalah keracunan pada ternak dan manusia, tetapi juga kekhawatiran akan timbulnya residu pada lingkungan dan produk pangan melalui mata rantai makanan. Residu insektisida dapat terjadi akibat disengaja maupun tidak disengaja seperti tertumpah, kebocoran kemasan, penyemprotan, tertiuip angin dan terkonsumsi pakan atau air minum yang terkontaminasi (KIZZA dan BROWN, 1998; SOEJITNO dan ARDIWINATA, 1999).

Karbofuran merupakan insektisida sistemik yang berspektrum luas dan bersifat nematisida serta akarisisida (COOGER *et al.*, 1998). Karbofuran sering digunakan untuk mengendalikan hama pada tanaman padi dan jagung (TURNER dan CARO, 1973). Insektisida yang terakumulasi pada permukaan tanaman pangan dapat menjadi sumber residu melalui proses difusi (FINLAYSON dan MCCARTHY, 1973). Karbofuran yang diaplikasikan pada tanaman padi akan lebih mudah terserap melalui akar dan disebarkan ke daun (AQUINO dan PATHAK, 1976). Konsentrasi residu karbofuran di daun lebih tinggi daripada di batang (SIEBER *et al.*, 1978). Distribusi residu karbofuran pada tanaman padi yang tertinggi terdapat pada daun, kemudian disusul oleh akar dan batang (SIDDARAMAPPA *et al.*, 1979). Sementara itu metabolitnya akan terbentuk di bagian

daun tetapi tidak ditemukan pada bagian batang. Demikian pula pada tanaman jagung, distribusi residu karbofuran tertinggi terdapat pada bagian daunnya (TURNER dan CARO, 1973).

Pada daun jagung tersebut lebih dari 90% karbofuran termetabolisasi menjadi *3-hidroksi-karbofuran* dan *3-oxokarbofuran* (TURNER dan CARO, 1973). Tingginya tingkat akumulasi residu karbofuran pada daun kedua jenis tanaman ini (padi dan jagung), dapat diperkirakan akan terbawa ke jaringan tubuh ternak terutama sapi potong dan sapi perah mengingat limbah kedua tanaman tersebut sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak pada daerah-daerah yang kekurangan penyediaan rumput dan hijauan pakan ternak. Sebagai akibatnya residu karbofuran dapat pula terbentuk pada daging dan susu.

Meskipun insektisida karbamat khususnya FuradanTM yang mengandung bahan aktif karbofuran banyak digunakan didalam kegiatan pertanian, data residu pada berbagai jenis tanaman pangan dan produk ternak sangat terbatas di Indonesia karena monitoring residu insektisida karbamat belum dilakukan secara intensif. Pada Tabel 3 disajikan beberapa data residu pestisida pada tanaman pangan dan produk ternak.

BADAN STANDARDISASI NASIONAL (2004) telah menetapkan Batas Maksimum Residu (BMR) pestisida golongan karbamat terhadap hasil-hasil pertanian seperti tertera pada Tabel 4.

Sementara itu penelitian lapang mengenai residu dan toksisitas pestisida karbamat pada produk ternak yang dilakukan oleh WIDIASTUTI *et al.* (2005) pada tahun 2005 di Blora – Jawa Tengah terdeteksi residu karbofuran pada jerami padi, jerami jagung, serum sapi potong dan daging sapi yang dikoleksi dari pasar setempat. Data hasil survei tersebut tertera pada Tabel 5.

Pada Tabel 5, penelitian lapangan untuk mengetahui keberadaan residu insektisida golongan karbamat dilakukan di Blora – Jawa Tengah di mana sampel daging sapi dikoleksi dari pasar tradisional setempat di mana asal sapi yang dagingnya dipasarkan tidak diketahui secara pasti. Sementara itu sampel serum sapi dan pakan ternak yang terdiri dari jerami padi dan jerami jagung dikoleksi dari lokasi yang sama yaitu di sekitar usaha peternakan sapi potong. Tabel 5 ini menunjukkan bahwa seluruh sampel daging sapi mengandung residu karbofuran yang melampaui nilai BMR yang ditetapkan oleh FAO (1997). Hasil ini perlu mendapat perhatian mengingat insektisida karbamat (karbofuran) bersifat toksik pada ruminansia dan manusia dimana nilai LD₅₀ untuk sapi secara oral mencapai 11 mg/kg BB (FRANK *et al.*, 1991) serta untuk manusia mencapai 5 mg/kg BB (IPCSINTOX, 1985). Sementara hasil analisis sampel daging asal pasar tradisional di Blora diperoleh rata-rata residu karbofuran pada 6 sampel daging mencapai 169,17 ppb

Tabel 3. Residu insektisida karbamat (karbofuran) pada tanaman pangan dan produk ternak di Pulau Jawa

Jenis sampel	Kisaran residu (ppb)	Asal sampel	Tahun analisis	Pustaka
Tanaman padi				
Beras-1	0,5 – 1,3	Jawa Barat	1997	ARDIWINATA <i>et al.</i> (1999)
Beras-2	1,2 – 5,0	Jawa Tengah	1997	JATMIKO <i>et al.</i> (1999)
Beras-3	tt – 0,3	Jawa Timur	1997	ARDIWINATA <i>et al.</i> (1999)
Jerami	12,3 – 44,7	Jawa Tengah	2005	WIDIASTUTI <i>et al.</i> (2005)
Jagung:				
Jerami jagung	19,2 – 102,3	Jawa Tengah	2005	WIDIASTUTI <i>et al.</i> (2005)
Kedelai:				
Biji kedelai	1,2 – 610	Jawa Barat	1988; 1992	KERTOSEPUPURO dan BAEHAKI (1988) SAMUDRA <i>et al.</i> (1992)
Biji kedelai	60 – 270	DKI, Jakarta	1997	ARDIWINATA <i>et al.</i> (1999)
Sayuran:				
Wortel	tt – 404	Jawa Tengah	1994	LAKSANAWATI <i>et al.</i> (1994)
Produk ternak:				
Daging sapi	11 – 269	Jawa Tengah	2005	WIDIASTUTI <i>et al.</i> (2005)
Serum sapi	16,7 – 396	Jawa Tengah	2005	WIDIASTUTI <i>et al.</i> (2005)

tt = tidak terdeteksi; ppb = *part per billion*

Tabel 4. Batas maksimum residu pestisida golongan karbamat berdasarkan acuan *Codex Alimentarius Commission*, 2004

Jenis hasil pertanian	Batas maksimum residu (ppm)			
	Aldikarb	Karbaril	Karbofuran	Karbosulfan
Tanaman padi				
Beras	0,02	1	0,1	na
Jerami	0,05	120	1	0,05
Jagung:				
Biji jagung	0,05	0,02	0,05	0,05
Jerami jagung	0,5	400	0,2	0,05
Kedelai				
Biji kedelai	0,02	0,2	0,2	Na
Limbah kedelai	na	30	na	Na
Sayuran				
Kol/Kubis	na	na	0,5	na
Limbah kol	na	na	na	na
Wortel	na	0,5	0,5	na
Limbah wortel	na	na	na	na
Produk ternak				
Daging sapi	0,01	0,05	0,05	0,05
Susu sapi	0,01	0,05	0,05	0,03
Pakan ternak	0,5	400	0,2	0,05

na = *not available* (data tidak tersedia)

Sumber: BADAN STANDARDISASI NASIONAL (BSN) 2004

(0,17 mg/kg) yang melebihi nilai BMR daging sapi sebesar 50 ppb (0,05 mg/kg). Oleh karena itu, sumber pencemaran sampel daging sapi tersebut kemungkinan berasal dari beberapa faktor, antara lain sapi yang dipotong mengalami pencemaran oleh insektisida karbofuran, pakan yang dikonsumsi sapi juga mengalami pencemaran oleh insektisida serta air yang digunakan baik sebagai minuman sapi maupun dalam proses pemotongan sapi mengalami pencemaran insektisida karbofuran. Lebih lanjut, tingginya residu karbofuran dalam sampel daging ini dikhawatirkan dapat mempengaruhi kesehatan manusia mengingat nilai LD₅₀ karbofuran secara oral pada manusia hanya 5 mg/kg BB (IPCSINTOX, 1985) sedangkan rata-rata residu pada sampel daging tersebut mencapai 0,17 mg/kg. Tingginya rata-rata residu pada sampel daging asal pasar tradisional setempat perlu mendapat perhatian karena dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat sebagai konsumen daging tersebut.

Sementara itu, rata-rata residu karbofuran pada sampel serum sapi yang dikoleksi dari Blora (\bar{x} = 349,17 ppb) melebihi nilai BMR susu sapi (30 ppb). Tingginya rata-rata konsentrasi residu karbofuran pada serum sapi tersebut kemungkinan disebabkan sapi mengkonsumsi pakan yang tercemar karbofuran seperti

terlihat pada Tabel 5 bahwa rata-rata konsentrasi residu insektisida yang sama mencapai 44,3 ppb dari 6 sampel pakan yang dianalisis. Dari 6 sampel pakan terdapat dua sampel yang cukup tinggi yaitu 67 ppb dan 102 ppb. Hasil analisis ini dikhawatirkan dapat menimbulkan keracunan akut pada sapi tersebut mengingat nilai LD₅₀ secara oral untuk sapi sebesar 11 mg/kg BB (FRANK *et al.*, 1991).

Masalah pencemaran lingkungan oleh pestisida menjadi perhatian utama bagi masyarakat karena keberadaan residu di dalam lingkungan dan jaringan tubuh hewan. Residu pestisida dalam pangan dan pakan ternak menjadi perhatian karena pestisida dapat masuk ke dalam sistem tubuh manusia melalui konsumsi pangan tercemar atau susu, daging dan produk ternak lainnya yang mengkonsumsi pakan tercemar insektisida. Keberadaan residu karbamat di dalam susu segar perlu mendapatkan perhatian mengingat tingkat konsumsi susu segar yang cukup tinggi dalam masa pertumbuhan (usia muda). Suatu hasil percobaan pada sapi perah jenis Holstein yang diberi karbosulfan pada tingkatan dosis 0, 1, 3, 10 dan 50 ppm dalam pakan selama 28 hari berturut-turut (FAO, 1997). Residu karbosulfan, karbofuran dan metabolitnya terdeteksi pada susu, ginjal, hati, daging dan lemak sapi tersebut.

Residu karbamat tidak terdeteksi pada dosis 10 ppm setelah 4 hari, kecuali satu sampel susu dari 3 ekor sapi terdeteksi metabolit karbofuran sebesar 7 ppb. Selanjutnya karbamat terdeteksi dari seluruh sampel susu dan jaringan sapi uji pada dosis 50 ppm. Tabel 6 menggambarkan hasil analisis konsentrasi maksimum dan rata-rata residu insektisida golongan karbamat pada tingkat dosis 50 ppm dalam pakan sapi.

Tabel 5. Residu karbofuran pada produk ternak dan pakan ternak di Blora – Jawa Tengah, 2005

Jenis sampel	N	Konsentrasi residu karbofuran (ppb)	
		Rataan	BMR
Pakan ternak	6	44,3 (12 – 102)	200
Daging sapi	6	169,2 (110 – 269)	50
Serum sapi potong	6	349,2 (167 – 721)	30*

ppb = *part per billion*; BMR = batas maksimum residu; *Tidak ada acuan BMR untuk serum sapi, nilai 30 ppb mengacu pada BMR susu sapi
Angka dalam kurung merupakan kisaran residu

Sumber: WIDIASTUTI *et al.* (2005)

Pengendalian hama pada tanaman pangan lebih banyak mengandalkan pestisida sintesis sejak digulirkannya program Swasembada Pangan pada tahun 1964 dan program Bimbingan Masal (BIMAS) pada tahun 1966. Sejak itu, penggunaan pestisida

termasuk insektisida golongan karbamat dalam kegiatan pertanian tanaman pangan terus meningkat hingga tahun 1979 pada saat program Pengendalian Hama Terpadu (PHT) diperkenalkan kepada petani di Indonesia. Insektisida golongan karbamat banyak digunakan untuk kegiatan produksi tanaman pangan khususnya padi dan kedelai, yang pada kenyataannya telah timbul masalah lain yaitu residu karbamat pada tanaman pangan dan pencemaran lahan serta air sawah oleh karbamat (SOEJITNO dan ARDIWINATA, 1999). Pada kegiatan monitoring residu insektisida di lahan sawah irigasi yang dilakukan secara serentak di Pulau Jawa diketahui telah terjadi pencemaran karbofuran pada tanah dan air sawah serta residu karbofuran pada beras seperti terlihat pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa residu karbofuran pada beras berasal dari penggunaan insektisida karbofuran secara intensif pada lahan sawah yang juga mengakibatkan timbulnya pencemaran karbofuran pada tanah dan air sawah. Disamping itu pemanfaatan jerami padi yang tercemar karbofuran dapat pula menimbulkan residu pada produk ternak (serum dan daging) seperti yang ditampilkan pada Tabel 5. Kondisi ini perlu diwaspadai mengingat beras dan daging merupakan bahan pangan utama bagi penduduk Indonesia yang kemungkinan dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat. Konsumsi pangan tercemar karbofuran secara berulang dalam jangka waktu yang lama dikhawatirkan dapat menimbulkan pengaruh teratogenik, neurotoksisitas dan gangguan reproduksi (IPCSINTOX, 1985; RISHER *et al.*, 1987).

Tabel 6. Konsentrasi maksimum dan rata-rata residu insektisida golongan karbamat pada tingkatan dosis 50 ppm dalam pakan sapi

Residu karbamat dan metabolitnya	Konsentrasi maksimum (ppb)						
	Susu	Susu skim	Krim	Ginjal	Hati	Otot	Lemak
Karbosulfan	1 (7)	tt	45 (28)	tt	tt	tt	76 (44)
Karbofuran	8 (4)	tt	16 (8)	tt	tt	tt	tt
3-hidroksikarbofuran	30 (19)	20 (10)	tt	133 (112)	60 (54)	30 (25)	tt
3-ketokarbofuran	11 (5)	tt	tt	tt	23 (14)	tt	tt
7-fenol	8 (4)	8 (6)	20 (11)	400 (358)	tt	tt	14 (10)
3-keto-7-fenol	42 (27)	39 (23)	17 (14)	74 (66)	tt	tt	tt
3-hidroksi-7-fenol	26 (19)	14 (12)	tt	173 (163)	34 (32)	12 (9)	11 (8)
Dibutilamin	119 (77)	-	-	890 (590)	294 (222)	58 (48)	47 (36)

tt = tidak terdeteksi; ppb = *part per billion*; Angka di dalam kurung menunjukkan rata-rata residu

Sumber: FAO (1997)

Tabel 7. Konsentrasi residu karbofuran pada beras, air dan tanah dari sawah irigasi di Pulau Jawa pada tahun 1997

Jenis sampel	Kisaran residu karbofuran (ppb)			BMR (ppb)
	Jawa Barat ¹	Jawa Tengah ²	Jawa Timur ³	
Beras	0,5 – 1,3	1,2 – 5,0	tt – 0,3	100
Tanah	1,3 – 56,3	1,2 – 5,0	0,8 – 3,2	-
Air	0,2 – 5,0	0,1 – 0,4	0,3 – 3,2	200

tt = tidak terdeteksi; ppb = *part per billion*

Sumber: ¹ARDIWINATA *et al* (1999); ²JATMIKO *et al* (1999); ³HARSANTI *et al* (1999)

PENCEGAHAN KERACUNAN DAN RESIDU INSEKTISIDA KARBAMAT

Masalah utama dalam penggunaan insektisida dalam suatu kegiatan, khususnya kegiatan pertanian adalah timbulnya kasus keracunan pada hewan non-target, pencemaran lingkungan dan terbentuknya residu baik pada produk pangan dan jaringan tubuh hewan dan manusia yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat. Pencemaran lingkungan oleh pestisida yang persisten menjadi perhatian utama bagi masyarakat karena timbulnya residu pestisida di dalam lingkungan dan jaringan tubuh makhluk hidup. Residu pestisida dalam pangan dan pakan ternak menjadi perhatian karena pestisida tersebut dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui konsumsi makanan terkontaminasi atau melalui susu, daging dan produk ternak lainnya yang diberi pakan tercemar.

Keracunan karbamat

Keracunan insektisida dapat terjadi akibat kontak langsung melalui inhalasi, parenteral dan absorpsi atau disengaja seperti bunuh diri melalui minuman dan makanan. Bunuh diri menggunakan pestisida merupakan masalah utama secara klinik yang hampir dijumpai di sebagian besar dunia (JEYARATNAM, 1990; EDDLESTON, 2004), dimana diperkirakan menelan korban sampai 300.000 orang setiap tahun (EDDLESTON dan PHILLIPS, 2004). Meskipun kebanyakan kasus kematian terjadi di wilayah pedesaan negara berkembang (EDDLESTON, 2004), kasus kematian akibat bunuh diri dengan racun merupakan kondisi nyata yang terjadi di negara maju (LANGLEY dan SUMNER, 2002).

Kasus fatal bunuh diri akibat keracunan pestisida di negara berkembang umumnya berkisar antara 10 – 20%, tetapi untuk pestisida tertentu dapat mencapai 50 – 70% (EDDLESTON, 2004). Penyebab tingginya kasus kematian akibat keracunan pestisida bersifat multifaktorial seperti racun bersifat sangat toksik, jarak jauh menuju rumah sakit, fasilitas medis yang kurang memadai, ketersediaan antidota dan pengalaman tenaga

medis dalam menangani kasus keracunan akut (EDDLESTON, 2004; BUCKLEY *et al.*, 2004). Manajemen medis terhadap keracunan parah pestisida kolinergik seperti karbamat umumnya sulit dilakukan, dengan tingkat mortalitas yang tinggi. Beberapa pasien dapat saja tidak tertolong meskipun tindakan medis telah dilakukan dengan baik. Namun demikian, pertolongan untuk penyembuhan yang berhati-hati dengan menggunakan antidota yang tepat, dan diikuti dengan perawatan pendukung dan pengamatan yang baik dapat mengurangi jumlah kematian selama setelah pasien masuk rumah sakit. Pertolongan pertama terhadap penderita keracunan karbamat adalah mendiagnosis terjadi reaksi kolinergik yang diikuti dengan menghentikan gejala kolinergik dengan atropin. Selanjutnya melakukan dekontaminasi saluran pencernaan dengan cara mengeluarkan isi lambung (*gastric lavage*) dan pemberian arang aktif (5 g/kg BB). Selanjutnya mengurangi gejala klinis lain seperti kegagalan pernapasan dengan ventilasi pendukung (*tracheal tube*) atau pemberian cairan tubuh (infus) (EDDLESTON *et al.*, 2004).

Residu karbamat

Penggunaan pestisida dapat menimbulkan residu pada produk tanaman pangan maupun peternakan. Residu pestisida yang terjadi pada pangan dapat disebabkan karena penggunaan langsung pada tanaman pangan dan peternakan, pakan ternak yang tercemar pestisida dan kontaminasi lingkungan oleh pestisida. Pengaruh residu pestisida dalam pangan tergantung dari sifat fisik pestisida, jumlah dan waktu pemaparan. Konsumsi pangan yang mengandung residu pestisida yang berlebihan dapat menimbulkan gangguan kesehatan akut maupun kronik. Gejala keracunan akut umumnya meliputi muntah-muntah, diare, nyeri perut, pusing dan kekakuan. Selanjutnya keracunan kronik menimbulkan kerusakan pada sistem syaraf atau jaringan lain seperti hati, ginjal dan gangguan perkembangan fetus hewan.

Penurunan kadar residu pada pangan dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan yaitu secara

fisik dan kimia. Residu pestisida pada produk pertanian dapat dikurangi dengan cara mencuci produk tersebut dengan air yang mengalir untuk beberapa kali, kemudian direndam di dalam air selama satu jam. Alternatif lain adalah merebus produk tersebut selama satu menit dan kemudian buang air rebusan. Bila kedua cara tersebut dikombinasi maka penurunan residu pestisida dapat berlangsung terus. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa detergen dapat digunakan untuk melepaskan residu pestisida pada buah-buahan.

Pencemaran lingkungan

Kontaminasi lingkungan akibat pestisida merupakan konsekuensi dari penggunaan secara intensif pada lahan pertanian. Kebiasaan bertani untuk menyiram tanaman melalui irigasi dapat pula mengkontaminasi sumber air lainnya dan rumput sebagai pakan ternak yang memungkinkan dikonsumsi/digunakan oleh ternak yang berada disekitarnya sehingga pada akhirnya pestisida tersebut ditranslokasikan ke dalam daging dan susu sebagai produk akhir peternakan (TEJADA *et al.*, 1990; INDRANINGSIH *et al.*, 2004; INDRANINGSIH, 2006). Aplikasi pestisida pada area pertanian merupakan sumber potensial timbulnya kontaminasi pada air. Penyebaran kontaminasi ini bergantung pada dosis yang diaplikasikan, penguraian pestisida, kondisi tanah dan faktor ekologi lainnya (ZAKI *et al.*, 1982).

Pada Tabel 8 terlihat bahwa karbofuran dapat terdeteksi pada air dan tanah sawah yang terdapat di beberapa kabupaten di Provinsi Jawa Tengah. Keberadaan kontaminan karbofuran tersebut pada air dan tanah sawah menunjukkan bahwa insektisida ini digunakan dalam kegiatan pertanian padi dan menjadi sumber pencemaran pada produk pertanian dan peternakan di provinsi ini, yang mana pada akhirnya dapat terakumulasi dan terdeteksi pada beras yang ditanam di atas lahan tersebut. Demikian pula pada Tabel 5, hijauan pakan ternak (jerami jagung dan jerami padi) terdeteksi residu karbofuran dengan kisaran 12 – 102 ppb yang dapat menimbulkan residu pada produk ternak dimana pada daging terdeteksi

sebesar 110 – 269 ppb dan pada serum sapi 167 – 721 ppb. Namun demikian pula, pencemaran karbofuran pada daging sapi dapat pula terjadi akibat dilakukannya penyemprotan karbofuran di sekitar tempat pemotongan hewan maupun pada saat pengiriman hewan ke pasar serta tercemarnya air yang digunakan untuk kebersihan rumah potong hewan.

Residu pestisida dapat terurai (degradasi) secara perlahan, cepat atau konstan. Faktor yang mempengaruhi degradasi pestisida terdiri dari penguapan, pencucian/pembilasan, pelapukan, degradasi enzimatis dan translokasi (TARUMINGKENG, 1992). Penurunan konsentrasi residu insektisida merupakan jalur utama pelepasan insektisida tersebut dari tanah (RAO *et al.*, 2004). Sifat kimiawi dan fisik insektisida seperti kelarutan, polaritas, volatilitas dan stabilitas merupakan faktor penentu jalur dan laju degradasi insektisida (FUSHIWAKI dan URANO, 2001). Berbagai teknik reduksi residu/cemaran insektisida dalam produk pangan dan lingkungan telah berkembang melalui berbagai metode. Umumnya metoda pengurangan residu/cemaran insektisida dibagi dalam tiga kelompok yaitu secara fisik (pemanasan dan penguapan), kimia dan biologis.

Sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang bergantung pada bahan biologis, budaya dan penggunaan bahan kimia yang minimal secara intensif bertujuan untuk pengendalian hama merupakan salah satu jawaban untuk mengurangi pencemaran insektisida pada lingkungan dan produk pangan. Sistem PHT telah berkembang dan diterapkan diberbagai negara berkembang termasuk Indonesia untuk beberapa komoditas hortikultura dalam rangka minimalisasi residu pada produk pangan (NORTON *et al.*, 2003).

Aplikasi insektisida seperti karbofuran pada tanaman dapat jatuh ke tanah dan keberadaannya di tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kemampuan absorpsi partikel tanah dan bahan organik, pencucian oleh hujan, penguapan, degradasi atau aktivasi oleh mikroorganisme tanah, dekomposisi fisiko-kimia oleh sinar matahari dan translokasi melalui sistem hayati (SETHUNATHAN dan SIDDARAMMAPA, 1977; MABURY *et al.*, 1996). Sifat fisiko-kimia

Tabel 8. Konsentrasi residu karbofuran pada air sawah tadah hujan, tanah, beras, pakan ternak dan produk ternak di Jawa Tengah pada tahun 1997

Jenis sampel	n	Rataan (ppb)	Asal sampel	Sumber data
Air sawah	10	0,1 (tt – 0,2)	Rembang, Blora, Grobogan, Pati dan Demak	JATMIKO <i>et al.</i> (1999)
Tanah	10	2,5 (1,2 – 5,0)	Rembang, Blora, Grobogan, Pati dan Demak	JATMIKO <i>et al.</i> (1999)
Beras	10	3,0 (1,2 – 6,2)	Rembang, Blora, Grobogan, Pati dan Demak	JATMIKO <i>et al.</i> (1999)

tt = tidak terdeteksi; ppb = *part per billion*; Angka dalam kurung menunjukkan kisaran residu

insektisida tersebut seperti kelarutan, polaritas, daya penguapan, reaktivitas dan stabilitas kimia memegang peran penting dalam penguraian pestisida di alam bebas (TARUMINGKENG, 1992). ADININGSIH *et al.* (1998) melaporkan bahwa karbofuran dan klorpirifos serta γ -BHC lebih stabil di dalam tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan pH yang rendah. Sementara itu OZAKI *et al.* (1986) menyatakan bahwa pH dan kandungan bahan organik dalam tanah dapat mempengaruhi laju degradasi pestisida. Semakin tinggi kandungan bahan organik di dalam tanah maka semakin rendah proses degradasi pestisida yang timbul.

Karbofuran mengalami hidrolisis secara cepat pada kondisi lingkungan basa yang biasanya terdapat pada lahan sawah, dan hasil hidrolisisnya juga mengalami degradasi dengan cepat (MABURY *et al.*, 1996). Degradasi insektisida dapat dipercepat dengan proses gabungan antara fisika (sinar matahari) dan biologi (mikroorganisme). Degradasi mikroba dapat berlangsung pada masing-masing jenis pestisida. Pada keadaan tertentu populasi mikroba (*Pseudomonas* spp.) digunakan untuk melakukan proses degradasi karbofuran, tetapi tidak efisien untuk mendegradasi produk hidrolisis (metabolit) karbofuran yang dikenal sebagai karbofuran fenol (MABURY *et al.*, 1996). Beberapa *Actinomycetes*, jamur dan bakteri lainnya dilaporkan dapat melangsungkan proses biodegradasi terhadap karbamat seperti bensulfuron metil melalui proses oksidasi dan hidrolisis sekaligus. Tiobenkarb dapat mengalami biodegradasi pada kondisi anaerob dalam kecepatan rendah. Selanjutnya SEO *et al.* (2007) melaporkan bahwa jamur *Mucor ramanianus* dapat mendegradasi karbofuran dan metabolit karbofuran fenol menjadi senyawa yang tidak toksik.

KESIMPULAN

Insektisida golongan karbamat yang umum digunakan dalam kegiatan pertanian adalah karbofuran (Furadan), aldicarb (Temik) dan karbaril (Sevin). Bila penggunaan insektisida dilakukan sesuai aturan dapat memberikan keuntungan, tetapi bila tidak, akan menimbulkan kerugian seperti keracunan, gangguan kesehatan, pencemaran lingkungan dan residu pada produk pangan.

Hasil *monitoring* penggunaan karbamat di Pulau Jawa terdeteksi residu karbofuran pada tanah sawah (0,8 – 56,3 ppb), air sawah (0,1 – 5,0 ppb), beras (tt – 5,0 ppb), kedelai (1,2 – 610 ppb); pakan ternak (12 – 102 ppb); daging sapi (110 – 269 ppb); dan serum sapi potong (167 – 721 ppb). Beberapa sampel pangan tersebut mengandung residu karbofuran yang melebihi batas maksimum residu yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Keberadaan residu karbofuran dalam produk pangan perlu menjadi perhatian mengingat karbamat

merupakan pestisida yang bersifat toksik bagi kesehatan masyarakat dan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- ADININGSIH, S., J.J. SOEJITNO dan WIBOWO. 1998. Ameliorasi Pencemaran Agrokimia pada Lahan Sawah Intensifikasi Jalur Pantura Jawa Barat. Laporan Riset Unggulan Terpadu IV 2. Kantor Menristek – Dewan Riset Nasional 1998. 86p
- AQUINO, G.B. and M.D. PHATHAK 1976. Enhanced absorption and persistence of carbofuran and chlordimeform in rice plant on root zone application under flooded condition. *J. Econ. Entomol.* 65: 686 – 690.
- ARDIWINATA, N., S.Y. JATMIKO dan E.S. HARSANTI. 1999. Monitoring residu insektisida, di Jawa Barat. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Bogor, 24 April 1999. Balit Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 91 – 105.
- BADAN PENGENDALI BIMAS. 1990. Rencana dan realisasi penggunaan pestisida untuk tanaman pangan. Departemen Pertanian. 13.
- BADAN STANDARDISASI NASIONAL. 2004. Codex Alimentarius Commission. Twenty Seventh Session. Rencana Standar Nasional Indonesia. Batas Maksimum Residu Pestisida Hasil Pertanian. Badan Standardisasi Nasional.
- BARON, R.L. 1994. A carbamate insecticide: a case study of Aldicarb. *Environ. Health Perspect.* 102: 27 – 27.
- BARON, R.L. and T.L. MERRIAM. 1988. Toxicology of aldicarb. *Rev. Exptl. Contam. Toxicol.* 105: 1 – 70.
- BLACK, A.L., Y.C. CHIU, M.A.H. FAHMI and T.R. FUKUTO. 1973. Selective toxicity of N-sulfenylated derivatives of insecticidal methylcarbamate esters. *J. Agric. Food Chem.* 21: 747 – 751.
- BONNER, M.R., W.J. LEE, D.P. SANDLER, J.A. HOPPIN, M. DOSEMECI and M.C.R. ALAVANJA. 2005. Occupational exposure to carbofuran and the incidence of cancer in the agricultural health study. *Environ. Health Perspect.* 113(3): 285 – 289.
- BUCKLEY, N.A., L. KARALLIEDDE, A. DAWSON, N. SENANAYAKE and M. EDDLESTON. 2004. Where is the evidence for the management of pesticide poisoning – is clinical toxicology fiddling while the developing world burns? *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 42: 113 – 116.
- COGGER, C.G., J.D. STARK, P.R. BRISTOW, L.W. GETZIN and M. MONTGOMERY. 1998. Transport and persistence of pesticides in alluvial soil II: carbofuran. *J. Environ. Qual.* 27: 551 – 556.
- CORNELL UNIVERSITY. 2001. Carbofuran (Furadan). Chemical Fact Sheet 6/84.5123. Cornstock Hall, Cornell University, Ithaca, New York. <http://www.u/profiles/insect-mite/cadusafos.cyromazine/carbofuran/insect.prof.carbofuran.html>. (16 Mei 2008).

- DIREKTORAT JENDERAL INDUSTRI KIMIA DASAR. 2001. *Produksi Pestisida*. Direktorat Jendral Industri Kimia Dasar, Jakarta. 125 hlm.
- EDDLESTON, M., A. DAWSON, L. KARALLIDDE, W. DISSANAYAKE, A. HITTARAGE, S. AZHER and N.A. BUCKLEY. 2004. Early management after self-poisoning with an organophosphorus or carbamate pesticide- a treatment protocol for junior doctors. *Critical Care* 8(6): 391 – 397.
- EDDLESTON, M. 2004. Patterns and problems of deliberate self-poisoning in the developing world. *Q. J. Med.* 93: 715 – 731.
- EDDLESTON, M. and M.R. PHILLIPS. 2004. Self poisoning with pesticides. *Brit. Med. J.* 328: 42 – 44.
- FINLAYSON, D.G. dan H.R. MCCARTHY. 1973. Pesticide residues in plants. *In: Environmental Pollution by Pesticides*. EDWARD, C.A. (Ed.). Plenum Press, London. pp. 57 – 79.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1997. Pesticide residues in food – 1997. Report. <http://www.fao.org/docrep/w8a4e/w81411e0j.htm>. (16 Mei 2008).
- FRANK, R., H.E. BRAUN, I. WILKIE and R. EWING. 1991. A review of insecticide poisonings on domestic livestock in southern Ontario, Canada, 1982 – 1989. *Can. Vet. J.* 32: 219 – 226.
- FUSHIWAKI, Y. dan K. URANO. 2001. Adsorption of pesticide and their biodegraded products on clay minerals and soils. *J. Health Science.* 47: 429 – 432.
- GAINES, T.B. 1969. Acute toxicity of pesticide. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 14: 515 – 534.
- GOES, E.H., E.P. SAVAGE, G. GIBBONS, M. AARONSON, S.A. FORD and S.G. WHEELER. 1980. Suspected foodborne carbamate pesticide intoxication associated with ingestion of hydroponic cucumbers. *Am. J. Epidemiol.* 111: 254 – 259.
- HARSANTI, E.S., S.Y. JATMIKO dan A.N. ARDIWINATA. 1999. Residu insektisida pada ekosistem lahan sawah irigasi di Jawa Timur. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah*. Bogor, 24 April 1999. Balit Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 119 – 127.
- IESCE, M.R., M.D. GRECA, F. CERMORAL, M. RUBINO, M. ISIDORI and L. PASCARELLA. 2006. Transformation and ecotoxicology of carbamic pesticide in water. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 13(2): 105 – 109.
- INDRANINGSIH, Y. SANI, R. WIDIASTUTI, E. MASBULAN and G.A. BONWICK. 2004. Minimalization of pesticide residue in animal products. *Pros. Seminar Nasional Parasitologi dan Toksikologi Veteriner*. Bogor, 20 – 21 April 2004. Balai Penelitian Veteriner dan Department for International Development, Bogor. hlm: 105 – 126.
- INDRANINGSIH. 2006. Sumber kontaminan dan penanggulangannya residu pestisida pada pangan produk peternakan: Suatu tinjauan. *Wartazoa* 16(2): 92 – 108.
- IPCSINTOX. 1985. Carbofuran. Data Sheet on Pesticide No.56. http://www.intox.org/databank/chemical/carbofur/pest56_e.htm. (18 April 2008).
- IPCSINTOX. 1994. International programme on chemical safety: Environmental health criteria. http://www.intox.org/databank/chemical/carbaryl/pest153_e.htm. (18 April 2008).
- JATMIKO, S.Y., E.S. HARSANTI dan A.N. ARDIWINATA. 1999. Pencemaran pestisida pada agroekosistem lahan sawah irigasi dan tadah hujan di Jawa Tengah. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah*. Bogor 24 April 1999. Balit Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 106 – 118.
- JEYARATNAM. J. 1990. Acute pesticide poisoning: a major global health problem. *World Health Statist. Q.* 43: 139 – 144.
- KERTOSEPOTRO, D. dan S.E. BAEHAKI. 1988. Residu karbofuran dalam tanah dan tanaman kedelai. *Media Penelitian Sukamandi* 6: 9 – 12.
- KIZZA, P.N. dan K.D. BROWN. 1998. Organic chemicals in the environment. *J. Environ. Qual.* 27: 1318 – 1324.
- KOMISI PESTISIDA. 1995. Progress Report (1988 – 1994). Departemen Pertanian, Jakarta. 51 hlm.
- LAKSANAWATI, H.D., O.S. GUNAWAN, R.E. SURIAATMADJA, I. SULASTRI dan M. SUPARMAN. 1994. Deteksi residu pestisida pada wortel dan seledri di beberapa sentra produksi di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Bull. Penel. Hort.* XXVII(1): 89 – 97.
- LANGLEY, R. dan D. SUMNER. 2002. Pesticide mortality in the United States, 1979 – 1998. *Vet. Hum. Toxicol.* 44: 101 – 105.
- LEE, M.H. dan J.F. RANSELL. 1984. A farmworker death due to pesticide toxicity: a case report. *J. Toxicol Environ. Health* 14: 239 – 246.
- MABURY, S.A., J.S. COX and D.G. CROSBY. 1996. Environmental fate of rice pesticide in California. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 147: 71 – 117.
- MENTERI PERTANIAN REPUBLIK INDONESIA (MENTAN). 2001. Keputusan Menteri Pertanian Nomor 434.1/Kpts/TP.270/7/2001 tentang Syarat dan Tatacara Pendaftaran Pestisida.
- MUSTAMIM dan MA'ARUF. 1990. Peranan Analisis Dampak Lingkungan dalam Penggunaan Pestisida. *Perlindungan Tanaman Menuju terwujudnya Pertanian Tangguh dan Kelestarian Lingkungan*. PT Agricon, Bogor. hlm. 695 – 715.
- NORTON, G.W., G.E. SANCHEZ, D. CLARKE-HARRIS and H.K. TRAORÉ. 2003. Food safety in food security and food trade. Case study: reducing pesticide residues on horticultural crops *Focus* 10(10): 1 – 2.
- OZAKI, M.Y.T. and S. KAWATSUKA. 1986. Degradation of isouron in soil. *J. Pestic. Sci.* 11: 223 – 229.

- RAO, P.C.S., R.S. MANSELL, L.B. BALDWIN and M.F. LAURENT. 2004. Pesticides and their behaviour in soil and water. Cornell University, pp. 1 – 5. <http://pmep.cce.cornell.edu/facts-s;ides-se;f/facts/gen-pubre-soil-water.html>.
- RISHER, J.F., F.L. MINK and J.F. STARA. 1987. The toxicologic effects of the carbamate insecticide Aldicarb in mammals: a review. *Environ. Health Perspect.* 72: 267 – 281.
- ROLDAN-TAPIA, L., A. LEYVA, F. LAYNEZ and F.S. SANTED. 2005. Chronic neuropsychological sequelae of cholinesterase inhibitors in the absence of structural brain damage: Two cases of acute poisoning. *Environmental Medicine: Case Report* 113(6): 762 – 766.
- SADJUSI dan E.I. LUKMAN. 2004. Penggunaan pestisida ditinjau dari segi pengamanan lingkungan. Pros. Seminar Nasional Parasitologi dan Toksikologi Veteriner. Balai Penelitian Veteriner dan Department for International Development. 20 - 21 April 2004. Bogor. hlm: 85 – 96.
- SAMUDRA, I.M., SUTRISNO dan A. NUGRAHA. 1992. Residu insektisida dalam biji kedelai di beberapa lokasi di Jawa Barat. *Hama-Hama Kedelai. Balit Tanaman Pangan, Bogor. Edisi Khusus* 4: 110 – 113.
- SEIBER J.N., E.A. HEINRICHS, G.B. AQUINO, S.L. VALENCIA, P. ANDRADE dan A.M. ARGENTE. 1978. Residues of carbofuran applied as a systemic insecticide in irrigated wetland rice: Implications for insect control. *IRRI Research Paper Series. The International Rice Research Institute, Filipina.* 28 p.
- SEO, J., J. JEON., S.D. KIM, S. KANG, J. HAN and H.G. HUR. 2007. Fungal biodegradation of carbofuran and carbofuran phenol by the fungus *Mucor ramannianus*: identification of metabolites. *Water Sci. Technol.* 55(1 – 2): 163 – 167.
- SETHUNATHAN, N. and R. SIDDARAMAPPA. 1977. Microbial degradation of pesticide in rice soils. *Symposium Soil and Rice at the ILRI, Los Banos, Laguna, Philippines.* September, 20 – 23. 26 p.
- SIDDARAMAPPA, R., A. TIROL and I. WATANABE. 1979. Persistence in soil and absorption and movement of carbofuran in rice plant. *J. Pesticide Sci.* 4: 473 – 479.
- SOEJITNO, J. dan A.N. ARDIWINATA. 1999. Residu pestisida pada agroekosistem tanaman pangan. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Bogor, 24 April 1999. Balit Tanaman Pangan, Bogor.* hlm. 72 – 90.
- SOEJITNO, J. dan I.M. SAMUDRA. 1994. Kajian resistensi penggerek batang padi putih (*S. innotata* Wlk) terhadap insektisida karbofuran 2G. *Penelitian Pertanian* 4(2): 78 – 83.
- SPIERENBURG, T.J., P.E.F. ZONN, F.W. DOORENBOS dan H. WANNINGEN. 1985. A case of aldicarb intoxication in cattle. *Eeu geval van aldicarb vergiftiging bij rundvee. Cent. Dieugenus Leundig Inst. Afd. Anal. Chem. Toxicol.* 110(14): 555 – 558.
- TARUMINGKENG, R.C. 1992. Pemanfaatan limbah padi untuk pakan. *Dalam: Padi Buku 3. SOENARJO, E., D.S. DAMARDJATI dan M. SYAM (Eds.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.* hlm. 963 – 997.
- TEJADA, A.W., S.M.F. CALUMPANG and E.D. MAGALLONA. 1990. The fate of carbofuran in rice-fish and livestock farming. *Tropical Pest Management* 36(3): 237 – 243.
- THELIN G.P. and L.P. GIANESSI. 2000. *Method for Estimating Pesticide Use for Country Areas of the Conterminous United States. Sacramento. CA. U.S. Geological Survey.*
- TOBIN, J.S. 1970. Carbofuran: a new carbamate insecticide. *J. Occup. Med.* 12(1): 16 – 19.
- TURNER, B.C. and J.H. CARO. 1973. Uptake and distribution of carbofuran and its metabolites in field-grown corn plants. *J. Environ. Qual.* 2(2): 245 – 246.
- WALDRON, A.C. and D.L. GOLEMAN. 1987. *Pesticide user's guide. The Ohio State University. Bull.* 745: 1 – 2.
- WALISZEWSKI, S.M., R. VILLABOS-PIETRINI, S. GOMEZ-ARROYO dan R.M. INFANZON. 2003. Persistent organochlorine pesticide levels in cow's milk samples from tropical regions of Mexico. *Food Addit. Contam.* 20(3): 270 – 275.
- WEIDEN, M.H.J., H.H. MOOREFIELD and L.K. PAYNE. (1965). *O*-(methyl-carbamoyl) oximes: a class of carbamate insecticides-ascaricides. *J. Econ. Entomol.* 58: 154 – 155.
- WESSELING, C., D. ANTICH, C. HOGSTEDT, A.C. RODRIGUEZ and A. AHIBOM. 1999. Geographical differences of cancer incidence in Costa Rica in relation to environmental and occupational pesticide exposure. *Int. J. Epidemiol.* 28(3): 365 – 374.
- WIDIASTUTI, R., INDRANINGSIH dan D. GHOLIB. 2005. *Penelitian Teknik Deteksi Cemaran dan Residu dalam Pakan Ternak. Laporan Penelitian Tahun 2005. Balai Penelitian Veteriner, Bogor.*
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1991. Aldicarb. *Environmental Health Criteria No. 21. International Programme on Chemical Safety.*
- YUNINGSIH. 1987. Kasus keracunan insektisida “TEMIK” pada sapi di Sumatera. *Penyakit Hewan* XIX(33): 38 – 39.
- ZAKI, M.H, D. P.E. MORAN and D. HARRIS. 1982. Pesticide in groundwater: The aldicarb story in Suffolk County, NY. *AJPH* 72(12): 1391 – 1395.