

CEMARAN PESTISIDA KARBAMAT DALAM AIR DANAU BUYAN BULELENG BALI

I. B. Putra Manuaba

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran

ABSTRAK

Pestisida telah terbukti secara luas di seluruh dunia dapat menyelamatkan produk-produk pertanian dan perkebunan, sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa pestisida memegang peranan penting dalam melindungi tanaman, ternak, dan juga untuk mengontrol sumber-sumber penyakit (*vector-borne diseases*). Demikian juga penggunaan pestisida untuk memproteksi tanaman bagi petani di seputar Danau Buyan tidak terelakkan. Pada penelitian ini dilakukan analisis mengenai residu cemaran pestisida golongan karbamat dalam air danau Buyan.

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian observasi untuk menganalisis residu cemaran pestisida golongan karbamat dalam air Danau Buyan. Preparasi sampel dilakukan mengikuti prosedur standar, diteruskan dengan analisis residu cemaran pestisida golongan karbamat menggunakan GC-MS.

Dari 55 titik sampel air yang diambil di lima zona sampling didapatkan adanya dua residu cemaran pestisida karbamat, yaitu: karbofuran dan metomil, masing-masing sebesar 6,1 dan 8,9 ppb. Total residu cemaran pestisida golongan karbamat ini semuanya adalah 15,0 ppb, jauh di bawah ambang batas yang diizinkan yaitu sebesar 100 ppb (SK Gubernur Bali No. 515 Tahun 2000).

Kata kunci : pestisida karbamat, *vector-borne diseases*, memproteksi tanaman, residu

ABSTRACT

Pesticide is a very important material for protecting plant, animal, and controlling vector-borne diseases. The use of pesticide by farmer at Lake Buyan area is inevitable. The aim of this study is to investigate carbamate pesticide residual contaminant in water of Lake Buyan.

This is an observational study to investigate carbamate contaminant in water of Lake Buyan. Sample preparation for this purposed was carried out following the standard method. GC-MS was employed in order to determine the carbamate pesticide contaminant.

Carbamate pesticide contamination, i.e. carbofurane and methomyl were observed on 55 water sampling point taken from 5 zone. The residual contaminant of carbofurane and methomyl were 6.1 and 8.9 ppb, respectively. Total residual contaminant was 15.0 ppb with, which was bellow the threshold concentration of 100 ppb (SK Gubernur Bali No. 515 Tahun 2000).

Keywords : carbamate pesticide, vector-borne disease, protecting plant, residu

PENDAHULUAN

Air merupakan ciri utama suatu ekosistem danau. Volume air, suhu dan kedalamannya dapat digunakan untuk mendeterminasi jenis-jenis ikan yang dapat

hidup pada ekosistem tersebut. Air Danau Buyan adalah air yang berasal dari air hujan, baik air hujan yang langsung jatuh pada danau maupun air hujan yang jatuh di daerah tangkapan dan menjadi air limpasan, dan air yang mengalir melalui 11 buah drainase di sisi sebelah timur

dan selatan danau. Sumber air lainnya adalah air yang berasal dari mata air Yeh Masem dengan debit 0,5 L/detik (Dinas PU., 2000). Air yang keluar danau utamanya dimanfaatkan untuk penyiraman pertanian, kebutuhan rumah tangga maupun untuk air minum yang dikelola secara komersial oleh PDAM setempat. Di samping juga adanya air yang hilang akibat penguapan, mengalir melalui rengkahan menjadi mata air dan terserap di dasar danau.

Danau Buyan merupakan danau kaldera yang terbentuk dari hasil letusan gunung api dan runtuhnya Gunung Beratan dan Buyan Purba. Keadaan ini dapat terlihat dari dinding sisi Utara danau yang curam dan membentuk tebing terjal (Dinas PU., 2000). Danau Buyan memiliki daerah tangkapan seluas 24,1 km²; dengan panjang 3,7 km dan lebar 1,25 km. Luas permukaan airnya adalah 3,67 km²; kedalaman rata-rata 31,7 m; dan kedalaman maksimal 69 m. Volume air Danau Buyan adalah 116,25 X 10⁶ m³ (Bapedalda Regional II, 1999; Dinas PU., 2000).

Bahan pencemar berupa gas, material terlarut, dan partikulat dapat mencemari suatu sistem perairan danau melalui udara, tanah, limpasan pertanian, dan limbah baik publik, maupun industri (Edward, 1993). Richard dan Morgan (2002) melaporkan bahwa terjadi cemaran logam timbal dan poliklorinasi bifenil (PCB) pada ikan di Long Lake Amerika. Konsentrasi cemarannya telah berada pada ambang batas untuk dikeluarkan rekomendasi konsumsi ikan tersebut.

Di India juga dilaporkan terjadi bioakumulasi cemaran logam-logam berat seperti Pb, Cu, Cr, Mg dan Mn pada ikan di daerah Kalkuta Timur dan cemaran pestisida pada ikan Danau Kolleru. Demikian juga ditemukan adanya cemaran pestisida golongan klor organik pada air, sedimen dan ikan di Danau Paranoa Brasilia, dan Danau Taihu Cina (Feng, *et. al.* 2003; Amarareni dan Pillala, 2001; Buddhadeb *et al.* 2001; Caldas, *et. al.* 1999).

Kondisi danau-danau di Indonesia juga mengalami hal serupa, seperti dilaporkan bahwa danau Tondano Manado, kualitas airnya telah melampaui ambang batas air golongan B yaitu air untuk bahan baku air minum. Cemaran pestisida di beberapa lokasi pengambilan sampel danau

tersebut mencapai 15,68 ppm, nilai ini jauh di atas nilai ambang batas yang diperbolehkan yaitu 0,01 ppm sesuai PP. No. 20 Tahun 1990 (Veronica, 2002). Untuk danau-danau di Pulau Bali, yaitu; Danau Tamblingan dan Buyan terletak di Kabupaten Buleleng, Danau Beratan di Kabupaten Tabanan dan Danau Batur di Kabupaten Bangli, juga mengalami nasib yang serupa (Sandi-Adnyana, 2003). Keempat danau ini merupakan reservoir air untuk memenuhi kebutuhan air bagi seluruh wilayah Pulau Bali. Di keempat danau ini, terutama di Danau Buyan telah terjadi peningkatan aktivitas penduduk, khususnya di bidang pertanian. Peningkatan aktivitas penduduk di sekitar danau mengakibatkan tekanan lingkungan terhadap danau pun meningkat. Berdasarkan hasil penelitian kualitas air Danau Buyan didapatkan bahwa kualitas airnya memenuhi baku mutu kelas III sesuai PP. Nomor 82 Tahun 2001. Baku mutu kelas III adalah syarat kualitas air yang digunakan untuk tanaman, peternakan, dan pemeliharaan ikan air tawar (Tantri-Endarini, 2004).

Penggunaan pestisida dalam menopang peningkatan produk pertanian maupun perkebunan telah banyak membantu untuk meningkatkan produksi pertanian. Namun demikian penggunaan pestisida ini juga memberikan dampak negatif baik terhadap manusia, biota maupun lingkungan. Erin, *et. al.* (2001) mendapatkan bahwa terjadi resiko kematian janin dua kali lebih besar bagi ibu yang saat kehamilannya berusia 3-8 minggu tinggal dekat areal pertanian dibandingkan dengan yang tinggal jauh dari daerah pertanian. Penggunaan herbisida klorofenoksi (yang mengandung 2,4-D) telah terbukti mengakibatkan resiko cacat bawaan pada bayi yang dilahirkan oleh ibu-ibu yang bermukim didekat daerah pertanian (Schreinemachers, 2003).

Penggunaan pestisida oleh petani di sekitar tepian Danau Buyan tidak terelakan, data yang diperoleh dari kelompok tani di kawasan tersebut menunjukkan bahwa dalam setahun disemprotkan sekitar 1500 kg pestisida padat dan 140 L pestisida cair. Pestisida fosfat-organik yang digunakan di sekitar Danau Buyan disajikan pada Tabel 1. Penggunaan pestisida ini juga memberikan dampak negatif, seperti

dilaporkan oleh Wira-Maharani (2004), didapatkan bahwa 28 % petani di sekitar Danau Buyan mengalami keracunan pestisida akibat terpapar saat penggunaan pestisida. Dilaporkan pula bahwa terdapat residu cemaran pestisida klor-organik (DDT dan klorotalonil) pada air Danau Buyan, namun cemaran tersebut masih jauh di bawah nilai ambang batas yang diizinkan (Putra-Manuaba, 2007).

Terjadinya pencemaran pestisida terhadap lingkungan termasuk danau disebabkan oleh beberapa hal seperti cara aplikasi, wujud pestisida saat diaplikasikan, sifat tanah dan tanaman, volatilitas dan solubilitas pestisida, serta iklim (Ahlrichs, *et al.*, 1974; Waldron, 1992; Kerle, *et al.*, 1996).

Proses transfer pestisida

Transfer pestisida dapat terjadi melalui 5 cara, yaitu;

1. Adsorpsi adalah terikatnya pestisida dengan partikel-partikel tanah. Jumlah pestisida yang dapat terikat dalam tanah bergantung pada jenis pestisida, kelembaban, pH, dan tekstur tanah. Pestisida dapat teradsorpsi dengan kuat pada tanah berlempung ataupun tanah yang kaya bahan-bahan organik, sebaliknya pestisida tidak dapat teradsorpsi dengan kuat pada tanah berpasir. Adsorpsi pestisida yang kuat di dalam tanah mengakibatkan tidak terjadi penguapan sehingga tidak menimbulkan pencemaran terhadap air tanah maupun air danau (Anonim, 1996; Waldron, 1996).
2. Penguapan adalah suatu proses perubahan bentuk padat atau cair ke bentuk gas, sehingga dalam bentuk gas bahan tersebut dapat bergerak dengan bebas ke udara sesuai dengan pergerakan arah angin. Kehilangan akibat penguapan ini dapat menghancurkan tanaman yang jauh dari tempat dimana pestisida tersebut digunakan. Pestisida dapat menguap dengan mudah di samping memang pestisidanya bersifat mudah menguap, juga sebagai akibat dari tanahnya yang berpasir dan basah. Cuaca yang panas, kering dan berangin juga mempercepat terjadinya penguapan pestisida (Anonim, 1996; Waldron, 1996).
3. Kehilangan pestisida saat aplikasi adalah kehilangan yang disebabkan terbawanya pestisida oleh angin saat disemprotkan. Kehilangan ini dipengaruhi oleh ukuran butiran semprotan, semakin kecil ukuran butiran semakin tinggi kemungkinan untuk hilang, kecepatan angin, jarak antara lubang penyemprot dengan tanaman target. Pestisida yang hilang atau tidak mengenai target ini dapat membahayakan atau mengkontaminasi tanaman lain, bahkan dapat membahayakan orang lain, ternak ataupun hewan bukan target. Demikian juga, pestisida ini dapat mencemari danau, sungai sehingga membahayakan biota yang ada di dalamnya (Anonim, 1996; Waldron, 1996).
4. Limpasan akhir adalah terbawanya pestisida bersama-sama aliran air menuju daerah yang lebih rendah. Pestisida yang terbawa ini dapat bercampur dengan air atau terikat dengan tanah erosi yang ikut terbawa. Banyaknya pestisida yang terbawa ini dipengaruhi oleh: kecuraman lokasi, kelembaban tanah, curah hujan, dan jenis pestisida yang digunakan. Limpasan dari daerah pertanian yang menggunakan pestisida akan dapat mencemari aliran air, sungai, danau, sumur maupun air tanah. Residu cemaran pestisida pada permukaan air dapat membahayakan tanaman, biota dan juga dapat mencemari air tanah (Anonim, 1996; Waldron, 1996).
5. Rembesan adalah perpindahan pestisida dalam air di dalam tanah. Perembesan dapat terjadi keseluruhan penjuru, ke bawah, atas dan samping. Fakto-faktor yang mempengaruhi terjadinya perembesan adalah sifat-sifat pestisida dan tanah, dan interaksi pestisida dengan air seperti saat terjadinya hujan ataupun irigasi saat musim tanam. Proses perembesan dapat meningkat bila pestisidanya bersifat mudah larut dalam air, tanahnya berpasir, turun hujan saat penggunaan pestisida, dan pestisidanya teradsorpsi dengan kuat dalam tanah (Anonim, 1996; Waldron, 1996).

Proses degradasi pestisida

Proses degradasi adalah proses terjadinya peruraian pestisida setelah digunakan, dapat terjadi sebagai akibat adanya; mikroba, reaksi kimia, dan sinar matahari. Prosesnya dapat terjadi setiap saat dari hitungan jam, hari, sampai tahunan bergantung pada kondisi lingkungan dan sifat-sifat kimia pestisida (Anonim, 1996).

Degradasi akibat mikroba (*microbial degradation*) adalah degradasi pestisida oleh mikroorganisme seperti fungi dan bakteri. Proses degradasi oleh mikroba ini akan mengalami peningkatan bila: temperatur, pH tanah cocok untuk pertumbuhan mikroba, cukup oksigen, dan fertilitas tanah cukup baik.

1. Degradasi kimia (*chemical degradation*) adalah proses degradasi akibat terjadi reaksi-reaksi kimia. Tipe dan kecepatan reaksi yang terjadi dipengaruhi oleh; ikatan antara pestisida dengan tanah, temperatur dan pH tanah.
2. Degradasi akibat sinar matahari (*photodegradation*) adalah degradasi pestisida oleh adanya sinar matahari. Tingkat degradasi akibat sinar matahari ini dipengaruhi oleh intensitas dan spektrum sinar matahari, lamanya terpapar, dan sifat pestisida. Pestisida dapat mengalami degradasi lebih cepat pada rumah kaca yang beratapkan plastik dibandingkan dengan yang beratapkan kaca, karena kaca mampu menahan sinar UV lebih baik dibandingkan plastik.

Pada penelitian ini dipilih Danau Buyan sebagai model, mengingat danau ini banyak mendapatkan tekanan akibat peningkatan aktivitas pemanfaatan kawasan danau, sebagai objek pariwisata, perkembangan aktivitas perhotelan, dan pertanian di wilayah tepian danau. Secara keseluruhan pemanfaatan kawasan tepian Danau Buyan adalah bagian Barat masih merupakan vegetasi alami darat berupa hutan, bagian Utara merupakan daerah sempadan terjal yang masih alami, bagian Timur merupakan daerah dengan aktivitas pertanian, dan bagian Selatan merupakan kawasan pemukiman, pertanian, perkebunan dan perikanan. Luas areal pertanian mencapai 377,55 ha atau sekitar 29,5% dari keseluruhan kawasan Danau Buyan (Dinas

PU., 2000; Bapedalda Regional II, 2002; Sandi-Adnyana, 2003).

MATERI DAN METODE

Bahan

Sampel berupa air Danau Buyan yang diambil di 5 zona sampling (Barat, Utara, Timur, Selatan, dan Tengah). Pada masing-masing zona ditetapkan 11 titik pengambilan sampling dan dimasing-masing titik diambil sampel pada ke dalaman 1 m, 3 m (daerah batas penetrasi cahaya efektif), dan 5 m (daerah tidak terlihat adanya cahaya). Dilakukan komposit terhadap sampel-sampel yang diambil dari ketiga ke dalaman tersebut, sehingga terdapat 55 sampel untuk keseluruhan zona sampling.

Bahan kimia yang digunakan adalah dengan tingkat kemurnian yang cocok untuk analisis kromatografi (*HPLC grade*), produksi J.T. Baker, dan langsung digunakan tanpa ada proses pemurnian. Bahan-bahan kimia tersebut adalah: petroleum ether, aseton, dietil eter, aseton (20 %) dalam petroleum eter, aseton (40 %) dalam petroleum eter, dietil eter (10 %) dalam petroleum eter, natrium sulfat anhidrat, florisil aktif (6 %) 60-80 mesh, timah(II) klorida, asam klorida, asam sulfat, asam nitrat, kalium permanganat. Pestisida standar karbofuran, benomil, merkaptodimetur, dan metomil bantuan dari Petrosida Gresik.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah; kertas penyaring, timbangan, gelas funel, labu alas datar (250 mL), *rotary evaporator*, gelas ukur bertutup (25 mL), jarum suntik (5 mL) dengan ukuran jarum 100 μ L, GC-MS Agilent (Laboratorium Forensik POLRI Cabang Denpasar).

Cara Kerja

Pengambilan sampel air

Sampel air diambil menggunakan alat *Kemmerer bottle sampler* di 11 titik di setiap

zona sampling, dilakukan sebagai berikut (Versar, 1982; Anonim, 2002).

1. Botol sampel telah dipersiapkan di laboratorium dibilas dengan petroleum eter.
2. Saat pengambilan sampel air, botol tidak perlu dibilas dengan sampel yang akan diambil.
3. Botol diisi sampel air tidak sampai penuh.
4. Tidak diperlukan preservasi, tetapi botol setelah diisi sampel air segera ditutup rapat dan diisolasi.
5. Ditempatkan pada bok berisi es, dibawa ke laboratorium dan disimpan direfrigerator sebelum dianalisis.
6. Lapisan bawah di masukkan kembali ke dalam corong pemisah dan dijenuhkan dengan larutan natrium klorida, selanjutnya ditambahkan larutan petroleum eter (20 mL), kocok selama 2 menit, biarkan memisah dan lapisan bawahnya dibuang, sedangkan lapisan atas digabung dengan lapisan atas lainnya dalam gelas labu.
7. Lapisan atas (organik) ini selanjutnya dikeringkan menggunakan *rotary evaporator*, kemudian tambahkan petroleum eter 5 mL dan natrium sulfat anhidrat serta diaduk untuk memisahkan semua air yang masih tersisa.
8. Selanjutnya sampel siap dianalisis dengan GC-MS.

Analisis penentuan pestisida pada sampel air

Destruksi sampel air dilakukan dengan cara sebagai berikut, dilanjutkan dengan analisis menggunakan GC (Anonim, 1992; Jean Hsu and Hsiao-Feng, 2002).

1. Sebanyak 100 mL sampel air dimasukkan ke dalam corong pemisah (500 mL).
2. Ke dalam corong pemisah tersebut di tambahkan larutan dietil eter 15 % dalam petroleum eter sebanyak 20 mL, dan dikocok selama 2 menit.
3. Sampel dibiarkan sehingga terjadi pemisahan (terbentuk dua lapisan).
4. Lapisan bawah ditampung dalam glas beaker (100 mL), dan lapisan atas (lapisan organik) ditempatkan pada gelas labu (250 mL).
5. Lapisan bawah dimasukkan kembali ke corong pemisah dan lakukan kembali langkah 3 dan 4, gabungkan lapisan organiknya pada gelas labu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Besarnya residu cemaran pestisida ini dihitung sesuai dengan perhitungan pada persamaan berikut :

$$\text{Residu} = \frac{\text{Area sampel}}{\text{Area standar}} \times \text{konsentrasi std.} \times \frac{\text{volume akhir}}{\text{Volume air}} \text{ mg/l}$$

(Anonim, 1992)

Rata-rata hasil analisis residu cemaran karbamat dalam air Danau Buyan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Residu Cemaran Pestisida Karbamat dalam Air Danau Buyan

No	Residu pestisida (\square g/L) pada Zona				
	I (Barat)	II (Timur)	III (Selatan)	IV (Utara)	V (Tengah)
1. Karbofuran					
1	1,8	12,3	12,1	1,3	3,5
2	1,7	11,9	11,5	1,3	4,2
3	1,9	11,8	11,6	1,4	3,4
4	1,9	11,7	11,3	1,3	3,4
5	1,9	12,7	11,2	1,3	3,2
6	1,8	12,3	12,1	1,3	3,5
7	1,8	11,9	11,5	1,3	4,2
8	1,7	11,8	11,6	1,4	3,4
9	1,9	11,7	11,3	1,3	3,4
10	1,9	11,9	11,2	1,3	3,2
11	1,9	12,3	12,1	1,3	3,5
Mean	1,8	12,0	12,0	1,3	3,5
SD	0,008	0,032	0,036	0,004	0,034
2. Metomil					
1	2,2	14,7	17,1	3,6	6,3
2	2,2	15,2	18,1	3,7	7,0
3	2,5	15,0	17,1	3,5	5,5
4	2,2	13,8	17,9	3,4	6,5
5	2,3	15,0	18,4	3,5	7,4
6	2,4	14,4	17,1	3,7	6,3
7	2,1	14,0	18,1	3,4	7,0
8	2,2	14,7	17,9	3,6	6,5
9	2,2	15,2	18,4	3,3	5,5
10	2,5	15,0	17,1	3,6	7,4
11	2,2	14,4	18,1	3,7	6,3
Mean	2,3	14,7	17,8	3,6	6,5
SD	0,013	0,047	0,054	0,014	0,065

Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan skrining menggunakan 4 pestisida golongan karbamat, yaitu: karbofuran, benomil, merkaptodimetur, dan metomil. Dari 4 golongan pestisida karbamat yang diskriminasi hanya terdeteksi ada 2 golongan yaitu karbofuran dan metomil. Terjadinya pencemaran pestisida golongan karbamat ini terhadap lingkungan danau Buyan disebabkan oleh beberapa hal seperti cara aplikasi, wujud pestisida saat diaplikasikan, sifat tanah dan tanaman, volatilitas dan solubilitas pestisida, serta iklim.

Hasil analisis laboratorium residu cemaran pestisida karbamat di dalam air Danau

Buyan disajikan pada Tabel 1. Rata-rata secara keseluruhan untuk karbofuran dan metomil masing-masing adalah 6,1 dan 8,9 ppb. Sehingga total pestisida golongan karbamat ini di dalam air Danau Buyan yang didapat adalah 15,0 ppb. Nilai ini masih jauh di bawah nilai ambang batas yang diijinkan sesuai SK Gubernur Bali No. 515 Tahun 2000 yaitu sebesar 100 ppb.

Data residu cemaran pestisida golongan karbamat yang didapatkan ini memang masih jauh di bawah nilai ambang batas yang diijinkan, namun dengan penggunaan pestisida yang berkelanjutan tidak menutup kemungkinan terjadi bioakumulasi yang kemudian disertai dengan biomagnifikasi. Kalau hal ini terjadi

maka sudah barang tentu akan dapat memberikan dampak negatif. Namun demikian, mengingat di lingkungan juga terjadi proses degradasi pestisida yang dapat diakibatkan oleh sinar matahari maupun bakteri sehingga hal ini dapat mengurangi residu cemaran. Demikian juga waktu paruh dari pestisida yang relatif singkat juga mengakibatkan residu pestisida golongan fosfat-organik ini dapat berkurang (Anonim, 1996).

Ditemukan adanya residu cemaran karbofuran dan metomil di dalam air Danau Buyan juga tidak terlepas dari penggunaan pestisida oleh petani di seputar danau tersebut. Para petani menggunakan pestisida puradan 3G dan Petrofur 3G yang berbahan aktif karbofuran untuk melindungi tanaman mereka dari serangan hama. Seperti kita ketahui Danau Buyan adalah danau yang tidak memiliki *outlet* dan danau ini juga berfungsi sebagai penampung segala bentuk cemaran baik yang berasal dari limbah domestik maupun pertanian. Sehingga tidak menutup kemungkinan adanya residu cemaran pestisida golongan karbamat yang didapatkan adalah sebagai akibat penggunaan pestisida yang telah dilakukan secara terus menerus.

Besarnya residu cemaran karbofuran dan metomil yang didapatkan di masing-masing zona sampling memberikan kecenderungan bahwa cemaran tertinggi untuk kedua pestisida tersebut didapatkan di zona Timur dan Selatan kemudian disusul dengan Zona Tengah Barat dan Utara. Hal ini sejalan dengan pemanfaatan kawasan di tepizona-zona sampling yang diambil. Kecenderungan didapaknya cemaran pestisida karbofuran dan metomil yang tinggi di zona Timur dan Selatan adalah sejalan dengan pemanfaatan lahan ditepian zona tersebut sebagai lahan pertanian. Kemudian residu cemaran ini akan terdistribusi ke tengah, barat dan utara. Di kawasan barat dan utara adalah berupa hutan alami yang relatif belum banyak dijamah.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari data hasil analisis laboratorium penentuan residu pestisida karbamat pada air,

didapatkan pestisida karbamat karbofuran dan metomil. Keduanya terdapat jauh di bawah nilai batas ambang yang diijinkan.

Berdasarkan zona sampling didapatkan konsentrasi tertinggi kedua cemaran tersebut di zona timur dan selatan, menyusul zona tengah, barat, dan utara. Hal ini sejalan dengan pemanfaatan kawasan di tepian zona-zona tersebut. Zona bagian tepi timur dan selatan adalah daerah pertanian, sedangkan zona barat dan utara masih berupa hutan yang belum dijamah.

Saran

Pada penelitian ini hanya dilakukan analisis pestisida golongan karbamat, sementara itu perkembangan penggunaan pestisida golongan lain sangatlah pesat sehingga perlu dilakukan skrining residu cemaran pestisida untuk golongan pestisida lain, selain yang disebutkan di atas.

Data residu cemaran yang didapatkan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar (*base line*), sehingga sangatlah perlu untuk dilakukan monitoring residu cemaran baik di air, sedimen maupun ikan minimal setiap tahun untuk didapatkan suatu data base cemaran pestisida Danau Buyan.

Pada penelitian ini sampel diambil saat musim hujan atau musim tanam, sehingga sangatlah perlu untuk dilakukan penelitian saat musim kemarau untuk mendapatkan perbedaan atau kecenderungan residu cemaran sesuai dengan musim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Dra. N K. Mardani, MS., dan Prof. Dr. N. Adiputra, M.OH., yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam menyelesaikan tulisan ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Ir. Rudy Tafif, MSi dari Laboratorium Forensik POLRI Cabang Denpasar yang telah membantu analisis kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahlrichs, J. L., Bloodworth, M. E., Chesters, G., and Nash, R. G. 1974. *Pesticides in Soil and Water*. Wisconsin USA : Soil Science Society of America, Inc., Publisher Madison
- Amaraneni, S. R., and Pillala, R. R. 2001. Concentration of Pesticide Residues in Tissues of Fish from Kolleru Lake in India, *Environ. Toxicol.* 16 (6) : 550-556
- Anonim. 1996. Pesticide Wise. Government of British Columbia: Ministry of Agriculture and Lands
- Anonim. 2002. Water Sampling Procedure. Queensland, Australia: The State of Queensland (Department of Natural Resources and Mines)
- Bapedalda Regional II. 1999. Norma dan Program Danau Lestari Propinsi Dati I Bali. Bali
- Buddhadeb, C. A., Chatterjee, A., and Mukhopadhyay, S. K. 2001. Bioaccumulation of metals in the East Calcutta wetland ecosystem. *Aquatic Ecosystem Health and Management Society*. 5(Suppl. 2): 191-203
- Caldas, E.D., Coelho, R., Souza, L. C. K. R., and Ciba, S.C. 1999. Organochlorine Pesticide in Water, Sediment, and Fish of Paranoa Lake of Brazilia Brazil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62: 199-206.
- Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali. 2000. Pola Pengamanan dan Konservasi Danau Buyan dan Danau Tamblingan dan lain-lain di Propinsi Bali. Bali: PT. Tata Guna Patria
- Edward, A. L. 1993. *Aquatic Pollution; An Introductory Text*. 2nd ed. USA: An Interscience Publication, John Wiley & Sons, INC
- Erin, M. B., Hertz-Picciotto, I., and Beaumont, J.J. 2001. Fetal Deaths Linked to Living Close to Agricultural Pesticide Use During Weeks 3-8 of Pregnancy. *Epidemiology*, 12(2) : 1-5
- Feng K., Yu, Y. B., Ge, D. M., Wong, M. H., Wang, X. C., and Cao, C. H. 2003. Organo-chlorine pesticide (DDT and HCH) residues in the Taihu Lake Region and its movement in soil-water system I. Field survey of DDT and HCH residues in ecosystem of the region. *Chemosphere* 50 (6) : 683-687
- Kerle, E. A., Jenkins, J. J., and Vogue, P. A. 1996. Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection. USA: Oregon State University
- Putra-Manuaba, I. B. 2007. Cemaran Pestisida Klor-Organik pada Air Danau Buyan Buleleng Bali. 1 (2) : 39-46.
- Richard, J., and Morgan. R. 2002. Analysis of Fish Tissue from Long Lake (Spokane River) for PCBs and Selected Metals. USA: Washington State of Department of Ecology.
- Sandi-Adnyana, I. W. 2003. Pemantauan Perubahan Penggunaan Lahan Di Kawasan Danau Beratan, Buyan dan Tamblingan, dalam Buku Dari Bali untuk Bali. Denpasar: Lembaga Penelitian Universitas Udayana.
- Schreinemachers, D. M. 2003. Birth Defects Higher in Babies Born to Families Living near Farming Areas using Pesticides. *Environmental Health Perspectives* Volume 111(9):1259-1264.
- Tantri-Endarini. 2004. Dampak Kegiatan Masyarakat Pada Kualitas Air Danau Buyan, Kabupaten Buleleng, Bali. (Tesis). Jakarta: Universitas Indonesia.
- Veronica, A. K. 2002. Aspek Strategis Pengelolaan Danau Tondano Secara Terpadu. *Ekoton*. 2 (Suppl. 1): 73-80.
- Waldron, A. C. 1992. Pesticide and Ground Water Contamination. Ohio State University.
- Wira-Maharani, K. 2004. Tingkat Keracunan Pestisida Dalam Darah Petani Sayuran Di Desa Pancasari Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng Dengan Penentuan Aktivitas Kholinesterase (Skripsi). Denpasar: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Udayana.