

Uji Toksisitas Akut Dalam Penentuan LC₅₀-96H Insektisida Klorpirifos Terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat

Taufiq Ihsan*, Tivany Edwin, Nailul Husni dan Widia Detiari Rukmana

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas
Kampus Limau Manis Padang Sumatera Barat 25613;

*Corresponding author: taufiqihsan@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan insektisida klorpirifos mencapai 99,8% oleh petani di Provinsi Sumatera Barat. Fungsi utama klorpirifos dalam pertanian adalah melindungi tanaman jagung, kapas dan buah-buahan terhadap hama serangga. Klorpirifos yang telah disemprotkan ke tanaman, berpotensi terbilas oleh air dan mengalir ke wilayah perairan sehingga dapat mencemari ekosistem perairan. Salah satu biota perairan adalah ikan. Tak terkecuali kegiatan pertanian dan perkebunan di Kawasan Danau Kembar (Danau Di Ateh dan Danau Di Bawah), Sumatera Barat. Klorpirifos yang biasa digunakan para petani di kawasan ini adalah merk Dursban. Konsentrasi klorpirifos terdeteksi sebesar 0,007 mg/L di perairan danau tempat melakukan budidaya ikan. Jenis ikan yang biasa dibudidayakan di Danau Kembar adalah Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji toksisitas akut dan menganalisis nilai LC₅₀-96h insektisida klorpirifos dengan menggunakan hewan uji dua jenis ikan budidaya tersebut pada skala laboratorium. Penentuan nilai LC₅₀-96h mengacu pada Metode USEPA. Jumlah hewan uji untuk masing-masing jenis ikan adalah 240 ekor dengan umur ± 1 bulan. Penelitian dilakukan dengan dua kali pengulangan dengan metode static test. Uji toksisitas akut ini meliputi uji pendahuluan dan uji dasar. Pengujian berlangsung dalam kondisi fisik air sesuai batas yang diizinkan untuk pemeliharaan ikan budidaya yaitu pH 6 – 9, DO minimal 3 mg/L dan suhu 25 – 30 °C. Hasil penelitian uji toksisitas akut ini diperoleh nilai LC₅₀-96h dengan menggunakan Metode Probit sebesar 0,03 mg/L (ikan mas) dan 0,08 mg/L (ikan nila). Berdasarkan nilai LC₅₀-96h yang diperoleh, klorpirifos termasuk kategori sangat toksik, sehingga monitoring terhadap penggunaan insektisida ini sangat diperlukan.

Kata kunci: Danau Kembar, Ikan Mas, Ikan Nila, Klorpirifos, LC₅₀-96h, Toksisitas Akut.

ABSTRACT

The use of chlorpyrifos insecticide reached 99.8% by farmers in West Sumatera Province. The main function of chlorpyrifos in agriculture is to protect corn, cotton and fruit trees against insect pests. Chlorpyrifos that have been sprayed into plants, potentially flushed by water and flowed into the water body so as to pollute the aquatic ecosystems. One of the aquatic biota is the fish. No exception agricultural and plantation activities in the area of Twin Lakes (Di Ateh Lake and Di Bawah Lake), West Sumatra. Chlorpyrifos commonly used by farmers in this region is the brand Dursban. Measurements of chlorpyrifos concentration was 0.007 mg/L in the waters of the lake where fish cultivation. Types of fish commonly cultivated in Twin Lakes are Common carp (*Cyprinus carpio* L) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). This study aims to perform the acute toxicity test and analyze the value of LC₅₀-96h chlorpyrifos insecticide by using the test animals of two species of fish cultivation on the laboratory scale. The determination of the LC₅₀-96h value refers to the USEPA Method. The number of test animals for each species of fish is 240 with an age of ± 1 month. The study was conducted with two repetitions using static test method. These acute toxicity tests include preliminary and baseline tests. The test takes place in the physical condition of the water according to the permitted limits for the maintenance of the aquaculture fish ie pH 6 - 9, DO at least 3 mg/L and temperature 25 - 30°C. The results of this acute toxicity test obtained LC₅₀-96h value using Probit Method of 0.03 mg/L (carp) and 0.08 mg/L (tilapia). Based on the value of LC₅₀-96h obtained, chlorpyrifos is a highly toxic category, so monitoring of the use of insecticides is important.

Keywords: Twin Lakes, Common carp, Nile tilapia, Chlorpyrifos, LC₅₀-96h, Acute Toxicity

Citation: Ihsan, T., Edwin, T., Husni, N., dan Rukmana, W.D. (2018). Uji Toksisitas Akut dalam Penentuan LC₅₀-96h Insektisida Klorpirifos terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. Jurnal Ilmu Lingkungan, 16(1), 98-103, doi:10.14710/jil.16.1.98-103

1. Latar Belakang

Penggunaan insektisida merupakan suatu hal yang sulit dipisahkan dengan kegiatan pertanian khususnya dalam budidaya tanaman guna meningkatkan produk baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Sifat penting yang dimiliki insektisida adalah daya racun atau toksisitas. Meski insektisida tersebut hanya dimaksudkan untuk mematikan suatu jenis hama tertentu dalam kegiatan pertanian tetapi pada dasarnya bersifat racun untuk semua makhluk hidup. Hampir semua jenis insektisida yang ada tidak bersifat selektif dan mempunyai spektrum yang luas sebagai racun sehingga merupakan sumber pencemar yang potensial bagi sumber daya dan lingkungan perairan (Lu, 2006; Soemirat, 2009).

Penggunaan insektisida di Provinsi Sumatera Barat ini didominasi oleh golongan organofosfat klorpirifos 99,8% (BTPH, 2016). Klorpirifos merupakan insektisida yang memiliki sifat mudah menguap namun masih memiliki potensi toksik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Klorpirifos berbentuk kristal putih yang memiliki bau tajam, apabila klorpirifos masuk ke perairan maka akan membunuh biota perairan seperti udang, dan ikan. Insektisida klorpirifos ini bersifat non sistemik yang bekerja ketika terjadi kontak dengan kulit, termakan, dan terhirup (WHO, 2004). Pemakaian klorpirifos pada bibit dan tumbuhan dilakukan dengan penyemprotan dan banyak digunakan petani karena dianggap mampu untuk membunuh organisme target dengan baik (ATSDR, 2000).

Lahan pertanian dan perkebunan di Sumatera Barat juga terdapat di Kawasan Danau Kembar. Danau kembar terletak di Kabupaten Solok yang berjarak 60 km dari Kota Padang (ibukota provinsi). Sesuai dengan namanya, Danau Kembar merupakan salah satu tujuan wisata karena memiliki keunikan berupa dua danau bersebelahan yang berjarak 300 meter. Kedua danau mempunyai nama yang berbeda yakni Danau Di Ateh yang posisinya lebih rendah daripada danau lainnya yang bernama Danau Di Bawah (BPS, 2017). Lokasi Danau Kembar dapat dilihat pada Gambar 1.

Peruntukan kawasan danau pada aktivitas masyarakat juga berbeda. Kegiatan pertanian dan perkebunan terjadi di Danau Di Bawah. Sementara itu, kegiatan budidaya ikan dilakukan di perairan Danau Di Ateh. Potensi pencemaran insektisida muncul akibat aliran run-off air dari pertanian dan perkebunan pada Danau Di Bawah yang masuk ke perairan Danau Di Ateh, tempat budidaya. Penggunaan insektisida yang tidak terkendali dapat berdampak kepada lingkungan dan biota perairan yang ada pada danau. Salah satu organisme di ekosistem perairan adalah ikan. Ikan merupakan organisme akuatik yang sering dibudidayakan oleh masyarakat yang tinggal di dekat perairan. Jenis ikan air tawar yang sudah lama dibudidayakan oleh masyarakat di Kawasan Danau Kembar adalah Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) dan Ikan Nila (*Oreochromis*

niloticus). Hasil pengukuran konsentrasi klorpirifos di lokasi budidaya ikan pada perairan danau yaitu sebesar 0,007 mg/l. Ikan yang hidup di dalam perairan yang tercemar klorpirifos akan menyerap bahan aktif insektisida tersebut dan tersimpan dalam tubuh (Kordi dan Ghufuran, 2004) sehingga perlu dilakukan penelitian uji toksisitas akut.



Gambar 1 Lokasi Danau Kembar

Uji toksisitas akut merupakan salah satu bentuk penelitian toksikologi perairan dan uji toksisitas ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah suatu perairan tercemar oleh kandungan pestisida, terutama pestisida jenis insektisida klorpirifos. Uji tersebut berfungsi untuk mengetahui apakah insektisida klorpirifos mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi tertentu yang menyebabkan kematian hewan uji. (Kusnoputranto, 1995). Penelitian ini dengan uji toksisitas akut akan diperoleh nilai *Lethal Concentration 50-96 hours* (LC_{50-96h}) yang mengacu pada USEPA (2002) sehingga dapat sebagai langkah awal biomonitoring insektisida klorpirifos khususnya di Danau Kembar, Sumatera Barat.

2. Metode

Hewan uji penelitian ini antara lain ikan mas dan ikan nila sebanyak 240 ekor untuk masing-masing jenis ikan, dengan umur \pm 1 bulan. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah aerator dan akuarium akrilik berukuran 30 x 25 m x 20 cm sebanyak 12 buah untuk masing-masing jenis ikan uji. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan larutan artifisial klorpirifos merk Dursban. Dursban merupakan merk insektisida

yang biasa digunakan oleh petani di Kawasan Danau Kembar. Penelitian mengacu pada Metode USEPA (2002) baik untuk tahap aklimatisasi, uji pendahuluan dan uji dasar dan penentuan nilai LC₅₀-96h.

2.1 Aklimatisasi Hewan Uji

Aklimatisasi hewan uji bertujuan untuk mengkondisikan hewan uji agar bisa beradaptasi dengan keadaan fisik laboratorium (lingkungan pengujian) dengan cara berangsur-angsur dipindahkan dari 100% air pemeliharaan ke 100% air uji. Selama aklimatisasi hewan uji diberi aerasi dengan cukup. Tahap aklimatisasi ini dilakukan selama 14 hari dan dilakukan pengukuran parameter pH, DO dan suhu setiap harinya yaitu 1 x 24 jam. Apabila pada tahap aklimatisasi ini kematian hewan uji >3%, maka hewan uji dianggap tidak memenuhi syarat dalam pengujian.

2.2 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan bertujuan untuk menentukan batas kisaran konsentrasi krisis bahan uji yang digunakan untuk penentuan LC₅₀-96h yaitu konsentrasi tertinggi dimana hewan uji tidak mengalami kematian, dan konsentrasi ambang atas yaitu konsentrasi terendah yang menyebabkan kematian 100%. Perlakuan pada percobaan ini dilakukan dengan 5 variasi pengenceran insektisida klorpirifos dan satu sebagai kontrol. USEPA merekomendasikan konsentrasi zat pencemar antara lain 0,01; 0,1; 1; 10; 100 ppm. Percobaan ini dilakukan dengan dua kali pengulangan. Pengamatan dilakukan selama 96 jam. Pada uji pendahuluan akan diperoleh konsentrasi (A-E) ppm yang memuat nilai LC₅₀-96h sementara.

2.3 Uji Dasar

Uji dasar dilakukan terhadap insektisida klorpirifos dengan variasi konsentrasi yang berada pada rentang yang telah didapat dari uji pendahuluan. Uji dasar dilakukan untuk mendapatkan nilai LC₅₀-96h yang lebih teliti dengan rentang konsentrasi yang mendekati kematian 50%.

Uji dasar dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Percobaan dilakukan terhadap ikan uji di dalam aquarium sebanyak 12 buah dengan hewan uji sebanyak 10 ekor setiap aquarium. Masing-masing aquarium diberi aerator sebagai supply oksigen selama percobaan berlangsung;
- Aquarium diisi ikan dan insektisida klorpirifos berdasarkan konsentrasi (A-E) ppm yang memuat nilai LC₅₀-96h sementara yang didapatkan dari uji pendahuluan;
- Pengamatan dilakukan pada jam ke-0, 24, 48, 72, dan 96 meliputi pengukuran suhu, pH, DO dan hewan uji yang mati dicatat. Data

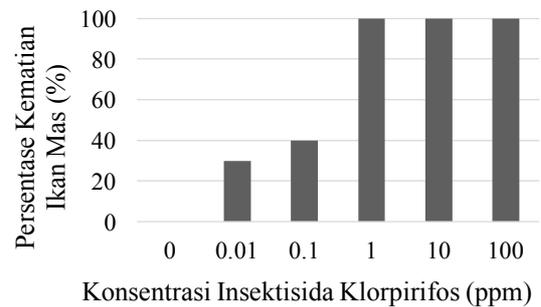
kematian ikan dianalisis dengan metode analisis data.

Hasil uji pendahuluan dan uji dasar dapat diterima apabila 90% hewan uji pada kontrol di akhir pengamatan masih hidup. Apabila yang bertahan hidup lebih kecil dari 90% maka uji harus diulang (OECD, 1992).

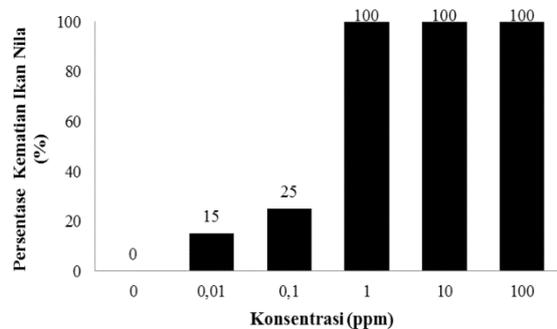
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Pendahuluan

Persentase rata-rata kematian ikan uji yang didapatkan dari pengamatan 1 dan pengamatan 2 pada uji pendahuluan selama 96 jam dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



(b)

Gambar 2. Persentase Kematian Hewan Uji pada Uji Pendahuluan Selama 96 Jam (a) Ikan Mas; (b) Ikan Nila

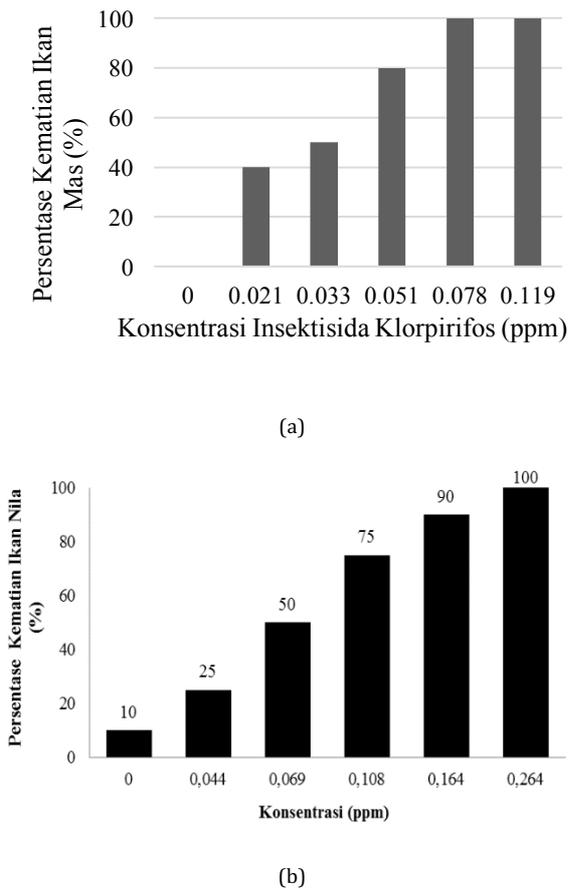
Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida klorpirifos maka semakin besar jumlah kematian ikan uji dan sebaliknya semakin kecil konsentrasi insektisida klorpirifos maka semakin sedikit kematian pada ikan uji. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi insektisida klorpirifos berpengaruh terhadap kematian ikan.

Dilihat dari data kematian hewan uji terdapat dua atau lebih konsentrasi yang mengalami kematian, sehingga nilai LC₅₀-96h dapat ditentukan dengan Metode Probit (USEPA, 2002). Nilai LC₅₀-96h diperoleh dengan memasukkan konsentrasi pada uji pendahuluan dan berapa banyak kematian hewan uji pada masing-masing konsentrasi dan kontrol dalam

aplikasi Probit, sehingga didapatkan nilai LC₅₀-96h sebesar 0,06 mg/l dengan konsentrasi tertinggi 0,17 mg/l dan konsentrasi terendah 0,01 mg/l (untuk ikan mas) dan 0,09 mg/l dengan batas atas 0,26 mg/l dan batas bawah 0,03 mg/l (untuk ikan nila). Batas konsentrasi terendah dan tertinggi ini yang selanjutnya digunakan sebagai input pada Aplikasi Probit (Finney, 1971) dalam mencari konsentrasinya.

3.2 Uji Dasar

Persentase rata-rata kematian ikan uji yang didapatkan dari pengamatan 1 dan pengamatan 2 pada uji pendahuluan selama 96 jam dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Persentase Kematian Hewan Uji pada Uji Dasar Selama 96 Jam (a) Ikan Mas; (b) Ikan Nila

Berdasarkan data kematian ikan uji terdapat dua atau lebih konsentrasi yang mengalami kematian, sehingga dapat digunakan kembali Metode Probit (USEPA, 2002) untuk menentukan nilai LC₅₀-96h. Setelah diinput ke Aplikasi Probit (Finney, 1971) maka diperoleh nilai LC₅₀-96h klorpirifos untuk ikan mas yaitu 0,03 mg/L dan 0,08 mg/l untuk ikan nila. Mengacu pada nilai LC₅₀-96h yang telah diperoleh, insektisida jenis klorpirifos ini termasuk ke dalam pestisida dengan toksisitas tinggi atau sangat toksik dimana konsentrasi insektisida klorpirifos yang didapatkan kecil dari 1. Untuk organisme air kontaminasi pestisida dapat disebabkan oleh masuknya pestisida bersama makanan. Perairan

yang tercemar oleh insektisida klorpirifos dengan konsentrasi yang tinggi dapat membahayakan organisme akuatik yang berada di dalamnya terutama ikan. Rekapitulasi nilai LC₅₀-96h setiap jenis ikan budidaya Danau Kembar dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Perbandingan Nilai LC₅₀-96h Ikan dengan Konsentrasi Klorpirifos di Danau Kembar

LC ₅₀ -96h Ikan Mas (mg/l)	LC ₅₀ -96h Ikan Nila (mg/l)	Konsentrasi Klorpirifos di Danau Kembar (mg/l)
0,03	0,08	0,007

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan klorpirifos yang terdeteksi pada kawasan budidaya ikan di Danau Kembar masih di bawah nilai LC₅₀-96h. Meskipun begitu tetap diperlukan pelaksanaan monitoring awal terhadap penggunaan insektisida di kawasan ini.

3.3 Analisis Hubungan Nilai Konsentrasi Klorpirifos terhadap Persentase Kematian Ikan

Hubungan nilai konsentrasi insektisida klorpirifos dianalisis menggunakan persamaan regresi linear dan non-linear. **Tabel 2 dan 3** menunjukkan hasil analisis data nilai konsentrasi klorpirifos terhadap persentase kematian hewan uji menggunakan persamaan regresi.

Tabel 2. Hasil Analisis Hubungan Nilai Konsentrasi Klorpirifos terhadap Nilai LC Menggunakan Persamaan Regresi pada Ikan Mas

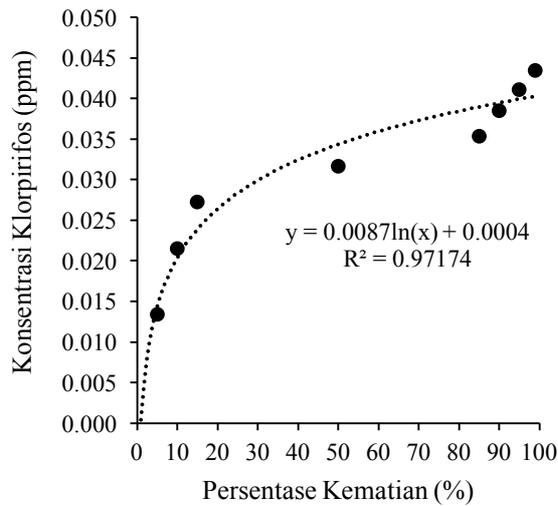
Jenis Regresi	R ²	r	Korelasi
Linear	0,9144	0,96	Sangat Kuat
Logaritma	0,9717	0,99	Sangat Kuat
Eksponensial	0,9144	0,96	Sangat Kuat
Polinomial	0,9141	0,95	Sangat Kuat

Tabel 3. Hasil Analisis Hubungan Nilai Konsentrasi Klorpirifos terhadap Nilai LC Menggunakan Persamaan Regresi pada Ikan Nila

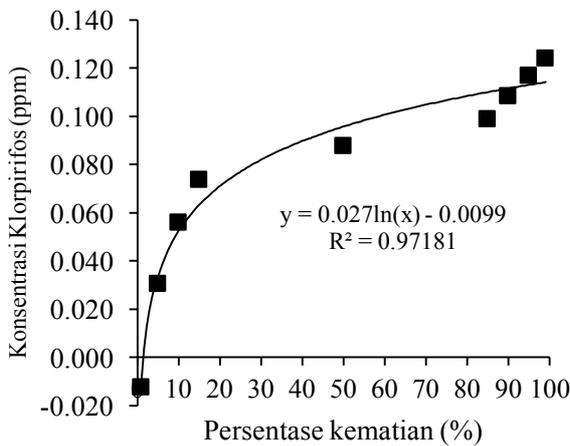
Jenis Regresi	R ²	r	Korelasi
Linear	0,9144	0,96	Sangat Kuat
Logaritma	0,9718	0,99	Sangat Kuat
Eksponensial	0,9144	0,96	Sangat Kuat
Polinomial	0,8676	0,93	Sangat Kuat

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, dapat dipilih persamaan regresinya yaitu logaritma karena memiliki nilai $r = 0,99$ dan fungsi-fungsi logaritma memodelkan respon makhluk hidup terhadap tekanan, suara, cahaya, zat beracun, dan lain-lain. Regresi logaritma memodelkan respon terhadap makhluk hidup dimana semakin tinggi konsentrasi insektisida klorpirifos maka semakin tinggi persentase kematian ikan mas. Persamaan regresi digunakan untuk menggambarkan hubungan antara konsentrasi insektisida klorpirifos terhadap persentase kematian ikan mas. Regresi logaritma terpilih dalam analisis hubungan nilai konsentrasi klorpirifos terhadap nilai LC yaitu untuk menunjukkan hubungan karakteristik pertumbuhan suatu makhluk hidup. Pertumbuhan dan kematian suatu makhluk hidup tidak bisa digambarkan

langsung secara linear (Sugiarti, 2002). Untuk lebih jelasnya mengenai regresi logaritma yang terpilih dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4. Hubungan Konsentrasi Klorpirifos terhadap Persentase Kematian Ikan (a) Mas (b) Nila

Dari Gambar 4, terlihat bahwa terdapat hubungan korelasi positif yang sangat kuat antara nilai konsentrasi insektisida klorpirifos terhadap persentase kematian ikan nila yang dibuktikan dengan nilai r yang mendekati 1. Dapat disimpulkan juga bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida klorpirifos yang diberikan maka semakin tinggi pula persentase kematian ikan uji, sebaliknya semakin rendah konsentrasi insektisida klorpirifos yang diberikan maka semakin rendah pula persentase kematian ikan uji.

Hal yang sama dengan penelitian Rao et al (2003); Singh et al (2009); Samajdar dan Mandal (2015) dan Ihsan dkk (2017) bahwa terdapat hubungan korelasi yang positif antara konsentrasi zat pencemar (insektisida klorpirifos) terhadap persentase kematian hewan uji. Hubungan korelasi yang positif antara konsentrasi insektisida klorpirifos terhadap persentase kematian ikan disebabkan oleh daya toksik insektisida klorpirifos tersebut pada

tingkat konsentrasi tertentu yang dapat mematikan organisme uji. Kematian ikan akibat pajanan insektisida disebabkan oleh masuknya insektisida melalui insang yang merupakan alat pertukaran gas. Selanjutnya akan masuk ke saluran darah, dan mengganggu kerja enzim pengatur saraf. Hal ini mengakibatkan saraf bekerja tanpa dapat dikendalikan. Dimana hal ini akan menyebabkan kematian pada ikan (Selvi et al, 2005; Halappa dan David, 2009; Yudhi, 2014).

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian mengenai uji toksisitas akut dalam penentuan LC₅₀-96h dengan Metode USEPA (2002) insektisida klorpirifos terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L) dan ikan nila (*Oerochromis niloticus*) yaitu:

- Nilai LC₅₀-96h insektisida klorpirifos dengan waktu pengamatan 96 jam menggunakan Metode Probit terhadap ikan mas didapatkan nilai sebesar 0,03 mg/l dan terhadap ikan nila diperoleh nilai 0,08 mg/ l. Nilai LC₅₀-96h insektisida klorpirifos ini termasuk ke dalam jenis toksisitas sangat toksik.
- Analisis hubungan nilai konsentrasi insektisida klorpirifos terhadap persentase kematian ikan uji menunjukkan semakin tinggi konsentrasi insektisida klorpirifos maka semakin tinggi persentase kematian ikan. Nilai r korelasi yang didapat yaitu 0,99 yang berarti korelasi sangat kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- ATSDR. 2000. Toxicology Profile for Chlorpyrifos. US Department of health and human service. 1600 Clifton Road NE, E-29 Atlanta, Georgia.
- BPS, 2017. Kabupaten Solok dalam Angka. Provinsi Sumatera Barat.
- BPTPH, 2016. Laporan Data Statistik Pertanian Tanaman Pangan dan Hama Sumatera Barat. Sumatera Barat.
- Finney, D. J. 1971. Probit Analysis. 3th Aufl. Cambridge University Press. XV, 333 S., 41 Rechenbeispiele, 20 Diagr., 8 Tab., 231 Lit., L 5.80.
- Halappa, R. and David, M. 2009. Behavioural Responses of the Freshwater Fish, *Cyprinus carpio* (Linnaeus) Following Sublethal Exposure to Chlorpyrifos. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9, pp 233-238.
- Ihsan, T., Edwin, T., Vitri, R. Y. 2017. Analisis LC50 Logam Pb, Co dan Cr terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*. L) pada Limbah Cair Industri Percetakan Kota Padang. Jurnal Dampak Teknik Lingkungan, Vol.14(2): 98-103.
- Lu, F. C. 2006. Basic Toxicology-Indonesian Edition. UI- Press, Jakarta
- Kordi, K. dan Ghufuran, M. 2004. Penanggulangan Hama dan Penyakit Ikan. Cetakan Pertama. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Kusnoputranto, H. 1995. Pengantar Toksikologi Lingkungan. Dirjen Dikti, Jakarta
- OECD. 1992. Compendium of Environmental Exposure Assessment Methods for Chemicals in Model Ecosystem. National Research Council.
- Rao, J.V. Rani, C.H.S. Kavitha, P. Rao, R. N. and Madhavendra, S.S. 2003. Toxicity of chlorpyrifos to the fish, *Oreochromis mossambicus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 70(5), pp 985-922.
- Samajdar, I and Mandal, D.K. 2015. Acute toxicity and impact of an organophosphate pesticide, chlorpyrifos on some haematological parameters of an Indian minor carp, *Labeo*

- bata. *International Journal of Environmental Sciences*, Vol.6(1):106-113.
- Selvi, M., Sarikaya, R., Erkoc, F., Kocak, O. 2005. Investigation of acute toxicity of chlorpyrifos-methyl on guppy *Poecilia reticulata*. *Chemosphere* 60 (2005) 93-96. University of Gazi, Turkey.
- Singh, R. N., Rakesh, K.P., Narendra, N. S. 2009. Acute Toxicity and Behavioral Responses of Common Carp *Cyprinus carpio* to an Organophosphate (Dimethoate). *World Journal of Zoology*, 4(2), 70-75
- Sugiarti, R. 2002. *Analisa Regresi dan Korelasi Sederhana*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Soemirat, J. 2009. *Toksikologi Lingkungan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2002. *Method for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism*. Fifth Edition. EPA-821-R-02-012. Office of Water (43035). Washington, DC.
- WHO. 2004. *Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture*. Collaboration with United Nation Environment Programme. Geneva.
- Yudhi, N.L. 2014. *Uji Toksisitas Akut Insektisida Diazinon Dan Klorpirifos Terhadap Biota Uji Ikan Guppy (Poecilia Stratiotes) Dan Tumbuhan Kayu Apu (Pistia Stratiotes)*. Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.