

**Uji Toksisitas Akut Insektisida Sipermetrin Dan Lamda
Sihalotrin Pada Biota Uji Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)
Dan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)**

Nama Mahasiswa : Dika Nurrachmi
NRP : 3310100027
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu, ST, MT,
Ph.D

ABSTRAK

Insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin merupakan pestisida golongan piretroid yang banyak digunakan petani untuk melindungi hasil produksi pertanian dari berbagai macam hama pengganggu. Namun pemakaian yang kian meningkat dengan penggunaan yang tidak tepat akan menimbulkan potensi pencemaran pada lingkungan perairan. Maka dari itu, kiranya perlu dilakukan uji toksisitas untuk mengetahui batas toksisitas dan konsentrasi aman, sehingga kerugian untuk biota air dapat diminimalisir kedepannya.

Pada penelitian ini akan dilakukan uji toksisitas akut terhadap insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin yang dilakukan selama 96 jam (4 hari) pada Ikan guppy (*Poecilia reticulata*) dan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*). Variasi konsentrasi pada uji toksisitas akut diperoleh dari *Range Finding Test* dengan konsentrasi 0 mg/l (kontrol) ; 0,01 mg/l ; 0,1 mg/l ; 1 mg/l ; 10mg/l; 100 mg/l. Kemudian, dilakukan uji *acute toxicity* dengan mempersempit rentang variasi volume air pengencer/volume toksikan. Digunakan pengolahan data dengan metode *Lithfield-Wilcoxon* selama LC_{50-96jam}

Berdasarkan penelitian, diperoleh nilai LC₅₀ insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin berturut-turut terhadap ikan guppy sebesar 0,4393 mg/L dan 0,07118 mg/L. Sedangkan nilai LC₅₀ insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin berturut-turut

terhadap tumbuha kayu apu sebesar 48,658 mg/L dan 5,0237 mg/L.

Kata kunci : *Poecilia reticulate*, *Pistia stratiotes*, insektisida sipermetrin, insektisida lamda sihalotrin, LC-50

**Acute Toxicity Test Chypermetrin Insecticide And Lambda
Chyhalothrin Insecticide By Biota Test Guppy Fish (*Poecilia
reticulata*) And Shell Flower (*Pistia stratiotes*)**

Name : Dika Nurrachmi
ID Number : 3310100027
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, Ph.D

ABSTRACT

Chypermetrin insecticides and lambda cyhalothrin are the pyrethroid class of pesticides widely used by farmers to protect agricultural production from a variety of pests. However, with the increasing of inappropriate use will lead to potential contamination in the aquatic environment. Therefore, it is necessary to determine the toxicity test to know the toxicity limit and safe concentration, so the damage to aquatic biota can be minimized in the future.

In this study, the acute toxicity tests will be done towards sipermetrin insecticides and lambda cyhalothrin conducted for 96 hours (4 days) in the guppy fish (*Poecilia reticulata*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*). Concentration variation in acute toxicity tests obtained from the range finding test with a concentration of 0 mg /L (control); 0.01 mg /L ; 0.1 mg /L ; 1 mg /L ; 10mg /L; 100 mg /L. Then, the acute toxicity test with a narrow range of variation of dilution water volume / toxicant volume is done. The data processing uses Lithfield-Wilcoxon method for 50-96 hours LC.

Based on the study, LC₅₀ values of chypermetrin insecticides and lambda cyhalothrin are obtained consecutively against guppies at 0.4393 mg /L and 0.07118 mg /L. While the LC₅₀ values of chypermetrin insecticides and lambda cyhalothrin consecutively against shell flower are 48,658 mg /L and 5.0237 mg /L

Keywords: *Poecilia reticulata*, *Pistia stratiotes*, *Chypermetrin*,
Lamda chyhalotrin. *Lethal Concentration-50*

DAFTAR ISI

Abstrak

Abstract

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR PUSTAKA	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pestisida	5
2.1.1 Insektisida.....	6
2.1.2 Insektisida Piretroid.....	6
2.1.2.1 Sipermetrin.....	7
2.1.2.2 Lamda Sihalotrin.....	8
2.2 Formulasi Pestisida.....	9
2.3 Pestisida di Lingkungan Akuatik	10
2.4 Toksikologi.....	11
2.4.1 Toksikan	11
2.4.2 Toksisitas	12
2.4.3 Efek Pemajanan Toksikan	12
2.5 Hubungan Antara Konsentrasi Dan Respon.....	13
2.6 Metode Manual Estimasi LC ₅₀	14

2.7 Pemilihan Biota Uji	15
2.7.1 Ikan Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)	15
2.7.2 Tumbuhan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	17
2.8 Mekanisme Masuknya Insektisida Pada Biota Uji	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian.....	21
3.2 Tahapan Penelitian	23
3.2.1 Ide Penelitian	23
3.2.2 Studi Literatur.....	23
3.2.3 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.4 Analisa Pendahuluan.....	25
3.2.5 Tahap Aklimatisasi	25
3.2.6 Uji Hayati.....	26
3.2.6.1 Range Finding Test.....	27
3.2.6.2 Acute Toxicity Test.....	29
3.2.7 Perhitungan LC ₅₀ Hasil Uji Toksisitas.....	31
3.2.8 Analisis Data dan Pembahasan	32
3.3.9 Kesimpulan dan Saran	32
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Analisa Pendahuluan	33
4.2 Aklimatisasi	33
4.3 Range Finding Test.....	38
4.4 Acute Toxicity Test.....	46
4.5 Perhitungan LC ₅₀	56
4.5.1 Perhitungan LC ₅₀ Ikan Guppy	56
4.5.2 Perhitungan LC ₅₀ Tumbuhan Kayu Apu.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN A.....	83
LAMPIRAN B.....	87
LAMPIRAN C.....	101

LAMPIRAN D	123
LAMPIRAN E	129
BIODATA PENULIS	131

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pestisida

Pestisida berasal dari kata *pestis* yang berarti hama dan *sida* berasal dari kata *caedo* berarti membunuh. Pestisida dapat diartikan secara sederhana sebagai pembunuh hama. Menurut *Food and Agriculture Organization* dan Peraturan Pemerintah RI No. 7 Tahun 1973, pestisida adalah campuran bahan kimia yang digunakan untuk mencegah, membasmi dan mengendalikan hewan atau tumbuhan pengganggu seperti pengerat, termasuk serangga penyebar penyakit, dengan tujuan kesejahteraan manusia. Sedangkan menurut Djojosumarto (2000), pestisida pada umumnya merupakan bahan kimia maupun campuran dari bahan kimia dengan bahan-bahan lainnya (mikroorganisme, ekstrak tumbuhan) yang digunakan dalam mengendalikan OPT (Organisme pengganggu tanaman atau tumbuhan).

Pestisida merupakan bahan kimia toksikan yang dalam penggunaannya ditambahkan atau dimasukkan secara sengaja ke dalam lingkungan untuk membunuh beberapa bentuk tumbuhan pengganggu. Idealnya, pestisida hanya akan bekerja pada organisme sasaran yang dikehendaki, bukan sebaliknya (Keman, 2001). Pemakaian pestisida akan terus meningkat seiring dengan banyaknya praktek-praktek pertanian yang ada (Diao, et al., 2014). Sedangkan berdasarkan organisme targetnya, pestisida terbagi menjadi (Soemirat, 2003) :

- a. Insektisida berfungsi untuk membunuh atau mengendalikan serangga
- b. Herbisida berfungsi untuk membunuh gulma
- c. Fungisida berfungsi untuk membunuh jamur dan cendawan
- d. Algasida berfungsi untuk membunuh alga
- e. Avisida berfungsi untuk membunuh burung serta mengontrol populasi burung
- f. Akarisida berfungsi untuk membunuh tungau atau kutu

- g. Bakterisida berfungsi untuk membunuh atau melawan bakteri
- h. Larvasida berfungsi untuk membunuh larva
- i. Molusksisida berfungsi untuk membunuh siput
- j. Nematisida berfungsi untuk membunuh cacing
- k. Ovisida berfungsi untuk membunuh telur

2.1.1 Insektisida

Insektisida adalah bahan yang mengandung senyawa kimia beracun yang bisa mematikan semua jenis serangga. Untuk membunuh serangga, insektisida masuk dalam tubuh serangga melalui lambung, kontak dan alat pernafasan. Sedangkan dilihat dari cara kerjanya, insektisida dibedakan menjadi (Wudianto, 2004) :

- Insektisida peracun fisik akan menyebabkan dehidrasi, yaitu keluarnya cairan tubuh dari dalam tubuh serangga
- Insektisida peracun protoplasma dapat mengendapkan protein dalam tubuh serangga
- Insektisida peracun pernafasan dapat menghambat aktivitas enzim pernafasan

2.1.2 Insektisida Piretroid

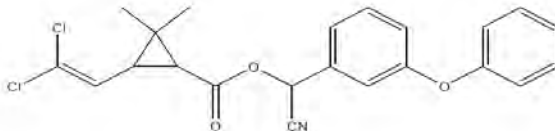
Insektisida piretroid berasal dari bubuk bunga matahari (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) yang telah mengalami modifikasi dengan gugus ester. Insektisida jenis ini mulai diperkenalkan di pasaran pada tahun 1980-an dan berkembang sangat pesat (Djojosumarto, 2008). Piretroid merupakan racun saraf yang mempunyai cara kerja dengan cepat serta menimbulkan paralisis yang bersifat sementara. Sebagian insektisida jenis piretroid memiliki efek sebagai racun kontak dan racun perut yang sangat kuat. Serangga atau hama pengganggu yang terkena kontak langsung dengan insektisida jenis ini akan mengalami gangguan pada impuls syaraf. Hal ini mengakibatkan

stimulasi yang terjadi secara terus menerus pada impuls saraf. Nantinya serangga akan mengalami hipereksitasi (kegelisahan) dan konvulsi (kekejangan) (Djojsumarto, 2008). Namun, pemanfaatan insektisida piretroid yang berlebihan dan terus menerus tanpa memperhatikan kaidah pengendalian hama akan mengakibatkan efek yang negatif, yaitu menurunnya keanekaragaman hayati dan kualitas lingkungan sekitar (Narwanti dkk., 2012).

Penggunaan pestisida yang berlebihan ini, senantiasa mengakibatkan kematian pada biota air terutama ikan. Hal ini dikarenakan sifat insektisida piretroid yang sangat toksik terhadap ikan. (Djojsumarto, 2008).

2.1.2.1 Sipermetrin

Sipermetrin merupakan salah satu bahan aktif dari insektisida piretroid untuk pengendalian serangga atau hama dan pertama kali disintesis pada tahun 1974. Senyawa tersebut mengandung racun neurotoxin yang bekerja dengan cepat dalam tubuh serangga. Berikut ini adalah rumus kimia insektisida sipermetrin:



Gambar 2. 1 Rumus Kimia Dagang Insektisida Sipermetrin

Sumber: HSDB (*Hazardous Substances Data Bank*), 2001

Rumus Empiris : $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$

Berat Molekul : 416,3 g/mol

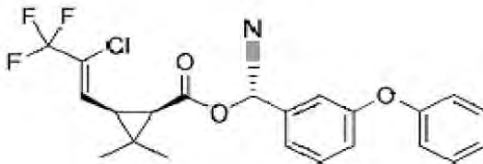
Kelarutan (air) : 0,004 g/L pada suhu $20^\circ - 30^\circ C$

Sesuai dengan pernyataan WHO (2006) sipermetrin mempunyai efek toksik yang rendah terhadap mamalia, burung

dan manusia tetapi bersifat sebaliknya terhadap ikan. Namun, pada dosis tertentu senyawa ini dapat mengganggu kesehatan pada sel tubuh seperti iritasi pada kulit jika tersentuh, iritasi pada saluran pernafasan bila terhirup, serta dapat menyebabkan kerusakan syaraf. Sipermetrin bekerja sebagai racun kontak dan perut. Penggunaan sipermetrin sangat populer di kalangan petani bahkan dapat dimanfaatkan untuk hama pemukiman seperti mengendalikan lalat, kecoa dan nyamuk (Efiyatni dkk., 2013). Insektisida dengan bahan aktif sipermetrin yang banyak dijual dipasaran adalah dengan nama dagang sidametrin 50 EC yang memiliki konsentrasi sebesar 50 g/l.

2.1.2.2 Lamda Sihalotrin

Selain sipermetrin, salah satu bahan aktif golongan insektisida piretroid adalah *lambda cyhalotrin*. *Lambda cyhalotrin* telah terdaftar sebagai salah satu bahan aktif pestisida pada tahun 1984. Insektisida berbahan aktif ini mempunyai spektrum yang luas dalam membasmi hama seperti kumbang, ulat bahkan hama pemukiman seperti kecoa dan nyamuk (EPA, 2010). Berikut ini adalah rumus umum insektisida lamda sihalotrin:



Gambar 2. 2 Rumus Umum Insektisida Lamda Sihalotrin

Sumber: HSDB (*Hazardous Substances Data Bank*), 2001

Rumus Empiris : $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$

Berat Molekul : 449,90 g/mol

Kelarutan (air) : 0,9 g/mL pada suhu 20° C

Bahan aktif ini akan bekerja sebagai racun kontak dan racun lambung yang kuat (Djojoseumarto, 2008). Racun kontak terjadi jika insektisida berkontak langsung dengan tubuh serangga atau serangga berada di atas permukaan tanaman yang telah terakumulasi dengan insektisida tersebut. Selain itu, insektisida lamda sihalotrin juga memiliki racun kontak sangat kuat dan memiliki efek melumpuhkan (*knock down effect*). Sedangkan racun lambung terjadi jika insektisida tersebut termakan oleh serangga (Untung, 2006). Insektisida dengan bahan aktif lamda sihalotrin dijual dipasaran salah satunya adalah dengan nama dagang matador 25 EC yang memiliki konsentrasi sebesar 25 g/l.

2.2 Formulasi Pestisida

Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2012), formulasi merupakan bentuk akhir dari suatu olahan bahan teknis insektisida. Bentuk formulasi insektisida bermacam-macam, mulai dari padat, cair, kental, campuran air, serbuk dan lain sebagainya. Komponen formulasi yang paling penting adalah bahan aktif. Bahan aktif adalah bahan utama yang secara biologis mempunyai sifat sebagai insektisida. Kadar bahan aktif insektisida untuk formulasi cair dinyatakan dalam g/L, sedangkan untuk formulasi padat, kental, atau campuran cair dan padat dinyatakan dalam persen bobot (g/kg). Berdasarkan formulasinya, jenis-jenis formulasi insektisida yang banyak digunakan di Indonesia adalah:

- *Granule (GR)*
Granul merupakan formulasi siap pakai berbentuk butiran dengan kandungan bahan aktif yang relatif rendah. Cara penggunaannya dapat langsung disebarkan tanpa dilarutkan terlebih dahulu.
- *Dust (DP)*
Berbentuk seperti tepung yang sangat halus dengan kandungan bahan aktif berkisar 0,5%-1%.

Penggunaannya dibantu dengan alat penghembus (*duster*).

- *Wettable Powder (WP)*
WP adalah formulasi yang berbentuk tepung dan dapat dilarutkan dalam air. Penggunaannya disemprotkan dengan bantuan alat penyemprot.
- *Emulsifiable Concentrate (EC)*
Formulasi EC berbentuk cairan pekat yang bahan aktifnya mengandung bahan pengemulsi dan dapat digunakan setelah dilarutkan dalam air. Cara penggunaannya dapat disemprotkan dengan bantuan alat penyemprot pada bagian tanaman. Contoh insektisida dengan formulasi EC antara lain : Sidametrin 50 EC dan Matador 25 EC.
- *Ultra-Low Volume (UL)*
Formulasi siap pakai yang digunakan dalam skala besar. Biasanya disemprotkan dengan pesawat terbang dengan penyemprot khusus yang disebut *Micron Ultra Sprayer*. Semua formulasi akan terus berkembang sesuai dengan perkembangan teknologi formulasi yang ada.

2.3 Pestisida di Lingkungan Akuatik

Pestisida di lingkungan dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain oleh hujan, angin, evaporasi dan perantara lainnya. Pestisida yang digunakan dengan cara menyemprotkan ke tanamana akan membuat hasil penyemprotan pestisida oleh angin menyebar. Hal ini menyebabkan perpindahan pestisida ke daerah yang tidak diharapkan. Selain itu, pestisida dapat berubah dari bentuk cair menjadi gas dan akan hilang di atmosfer. Pestisida di atmosfer dapat sampai dipermukaan tanah, melalui air hujan yang kemudian diadsorpsi oleh akar tanaman, sehingga dapat mencemari sumber air tanah dan sungai. Pencemaran pestisida terhadap lingkungan air dapat pula terjadi pada air irigasi yang mengalir ke badan air yang kemudian akan terserap oleh sedimen.

Di dalam badan air, residu pestisida yang tinggi akan membunuh organisme akuatik. Residu insektisida yang diserap organisme akuatik selanjutnya dapat menyebabkan efek secara biologis dan akan terbioakumulasi dalam rantai musim serta terendap lama dalam sedimen dan bangkai (Hermawanto, 2006).

Faktor manusia dalam kesalahan penggunaan pestisida seperti jatuh atau tertumpah serta buangan industri dapat menjadi salah satu penyebab pencemaran pestisida baik itu di dalam tanah ataupun badan air (Novizan, 2002).

2.4 Toksikologi

Menurut USEPA 2002, toksikologi merupakan ilmu yang mempelajari efek merugikan dari zat-zat kimia terhadap organisme hidup. Selain itu toksikologi juga mempelajari kemampuan racun pada biota uji untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya.

2.4.1 Toksikan

Toksikan merupakan zat (berdiri sendiri atau dalam campuran zat, limbah dan sebagainya) yang menghasilkan efek negatif bagi tingkat organisasi biologis seperti populasi, individu, organ, jaringan sel dan biomolekul dalam bentuk merusak struktur maupun fungsi biologis (Soemirat, 2003).

Menurut Mangkoedihardjo dan Samudro (2009), toksikan adalah semua zat yang menyebabkan efek negatif terhadap makhluk hidup. Sumber asal lepasan toksikan dapat berupa:

1. Sumber tersebar (*non point source*) dapat berupa *point source* dalam jumlah yang banyak, misalnya limpasan air pertanian, air tanah terkontaminasi, buangan udara dari transportasi dan lain sebagainya.
2. Sumber menetap (*point source*) berupa suatu lokasi tertentu, misalnya pembuangan efluen limbah

pemukiman, limbah industri, tempat pembuangan sampah, instalasi pengolahan air limbah dan lain sebagainya.

2.4.2 Toksisitas

Toksisitas adalah kemampuan suatu zat dalam menyebabkan efek negatif terhadap makhluk hidup. Selain itu, bisa diartikan sebagai sifat relatif toksikan dalam hal ini yaitu fungsi dari durasi pemaparan toksikan yang berkaitan dengan potensinya dalam menyebabkan efek negatif bagi makhluk hidup. Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas antara lain (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009):

- Organisme, meliputi pola metabolisme dari organisme. Setiap organisme yang muda maupun tua, betina atau jantan, dan yang sehat atau sakit mempunyai pola metabolisme yang berbeda antara satu dengan lainnya.
- Pemaparan, semakin lama pemaparan akan menyebabkan efek yang lebih berbahaya bagi organisme itu sendiri.
- Zat kimia, hal ini mempunyai pengaruh yang cukup penting terhadap selektivitas suatu zat untuk bereaksi dengan sel dan jaringan organik.
- Lingkungan, seperti pH, DO dan temperatur.

2.4.3 Efek Pemajanan Toksikan

Akibat dari pemajanan toksikan, dapat dibedakan dua macam efek toksisitas (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009):

1. Efek akut adalah efek toksik yang terjadi dengan cepat akibat dari hasil pemaparan jangka pendek. Bagi ikan dan biota uji lainnya, efek akut akan membentuk respons kematian. Suatu zat yang dapat secara langsung membunuh 50 % atau lebih biota yang terpapar dalam waktu sekitar 96 jam hingga 14 hari dapat dinilai sebagai toksikan akut. Pada umumnya digunakan konsentrasi zat yang tinggi agar didapatkan

hasilnya dengan waktu yang relatif singkat atau pendek.

2. Efek kronis dan sub kronis dapat terjadi karena zat menghasilkan efek merusak karena pemajanan secara berulang atau dalam jangka waktu yang relatif panjang.

Efek kronis dapat menghasilkan :

- Efek letal terjadi karena kesalahan atau penyimpangan produksi organisme dalam jangka panjang.
- Efek subletal seperti perubahan kelakuan dan perubahan fisiologis (hambatan untuk reproduksi, perkembangan maupun pertumbuhan). Efek ini dapat menghasilkan kematian tidak langsung pada biota uji, contohnya ikan yang mengalami kesulitan berenang dapat mengalami masalah dalam pencarian makanan sehingga lama kelamaan akan mati.

2.5 Hubungan Antara Konsentrasi Dan Respon

Keterkaitan dosis dan respon mengacu pada hubungan antara kontak zat toksik dengan respon yang diamati. Tiap-tiap organisme mempunyai respon yang berbeda pada konsentrasi pemaparan yang sama. Efek proses dapat bervariasi terhadap organisme, ada yang berpengaruh sangat besar, ada yang sedikit berpengaruh atau tidak sama sekali terhadap toksikan. Umumnya, jumlah bahan kimia yang masuk kedalam suatu organisme tidak dapat diukur. Makadari itu, respon hasil observasi lebih tepat dengan menggunakan konsentrasi yang dapat disimpulkan dengan hubungan antara konsentrasi dan respon. Nantinya akan didapatkan korelasi dasar antara konsentrasi dan efek yang dipaparkan dalam grafik dengan bentuk S. Hal ini mengindikasikan jika konsentrasi yang dipaparkan pada biota cukup tinggi, biota akan memberikan respon yang tinggi pula.

Sebaliknya, respon biota tidak terlihat saat konsentrasi yang rendah (Suwito, 2004).

2.6 Metode Manual Estimasi LC_{50}

Menurut Peltier (1978) dalam Mangkoedihardjo (1999), metode yang dapat digunakan untuk menghitung LC_{50} adalah :

1. *Straight-line graphical interpolation* (Metode kalkulus Grafis)
 - a) Gambaran cepat distribusi data untuk dilihat adanya korelasi positif konsentrasi-efek akut.
 - b) Kelemahannya adalah tidak memperhitungkan batas-batas kepercayaan LC_{50} .
2. *Moving average interpolation* (Metode Rata-rata sudut bergerak).
Metode ini dipakai apabila:
 - a) Tidak ada efek akut parsial dalam pengujian.
 - b) Sedikitnya terdapat dua data konsentrasi toksikan yang lebih besar dari LC_{50} .
 - c) Memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC_{50} .
3. *Lithfield-Wilcoxon Abbreviated Method*
 - a) Harus ada efek akut parsial dalam pengujian.
 - b) Memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC_{50}
 - c) Prosedur perhitungan *Lithfield-Wilcoxon Abbreviated Method* adalah:
 - Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-log serta menentukan garis korelasi (garis proposi respon harapan) dengan persamaanya.
 - Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) di setiap konsentrasi yaitu dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis korelasi

- Menghitung perbedaan mutlak antara respon harapan (RH) dengan respon uji terkoreksi pada setiap konsentrasi.
- Menghitung Chi^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf Chi^2
- Menghitung tingkat kebebasan (N) dengan tabel Chi^2 untuk batasan kepercayaan 95%
- Menghitung LC_{50} 96 jam berikut batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.

2.7 Pemilihan Biota Uji

Biota uji yang digunakan adalah ikan guppy (*Poecilia reticulata*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*). Untuk menaksir efek toksikologis dari beberapa polutan kimia dalam lingkungan dapat diuji dengan menggunakan spesies yang mewakili lingkungan yang ada di perairan tersebut. Spesies yang diuji harus dipilih atas dasar kesamaan biokemis dan fisiologis dari spesies dimana hasil percobaan digunakan (Soemirat, 2003). Pemilihan biota uji harus sesuai dengan kriteria hewan uji toksisitas (APHA, 2005) antara lain:

- Biota uji merupakan organisme yang sensitif terhadap material beracun serta perubahan lingkungan sekitar.
- Biota uji tersedia dalam jumlah yang melimpah dengan berbagai macam ukuran sepanjang tahun.
- Biota uji dapat bertahan hidup atau dipelihara dalam skala laboratorium.
- Biota uji merupakan sumber daya yang bersifat ekonomis.
- Biota uji harus sesuai dengan kepentingan uji hayati.

2.7.1 Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Salah satu ikan hias air tawar yang banyak digemari karena variasi warnanya yang indah adalah ikan guppy. Selain warnanya

yang indah, ikan guppy mudah dipelihara dan sedang banyak dibudidayakan peternak ikan sebagai komoditas ekspor. Penampakan morfologi antara ikan guppy betina dan jantan sangat mudah dibedakan. Warna tubuh ikan guppy betina umumnya monoton, kebanyakan berwarna coklat muda dengan ekor berwarna kemerahan. Ikan guppy jantan mempunyai pola warna yang beragam dan unik seperti pelangi. Adanya perbedaan warna tersebut menyebabkan ikan guppy jantan lebih tinggi harganya dan sangat diminati oleh para akuakultoris (Zairin dkk, 2002). Pertumbuhan maksimal yang dicapai ikan betina adalah 7 cm, sedangkan untuk ikan jantan sekitar 3,75 cm. Ikan guppy dapat bertahan hidup dengan pH 7-8 , DO > 4 ppm dan suhu berkisar antara 18⁰C sampai 30⁰C (Sarida,dkk. 2010).

Menurut Muslim (2010), ikan guppy juga dikenal dengan julukan ikan seribu (*million fish*), karena gampang dan cepat sekali dalam berkembang biak. Walaupun dalam perawatan ikan guppy tidak memerlukan perlakuan khusus tetapi ikan ini sangat peka terhadap perubahan air di sekitarnya. Selain itu, ikan guppy terbukti efektif untuk meredam malaria, karena kemampuannya dalam melahap jentik nyamuk sudah tidak diragukan lagi. Hingga saat ini, ikan guppy dapat dengan mudah ditemukan di sekitar sungai dan parit.



Gambar 2. 3 Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*)

Sumber: Hasil Dokumentasi

Taksonomi ikan guppy, antara lain :

Phylum	: Chordata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Cyprinodontiformes
Sub Ordo	: Poecilioidei
Familia	: Poeciliidae
Genus	: Poecilia
Spesies	: <i>Poecilia reticulata</i>

Beberapa uji toksisitas terhadap ikan guppy pernah dilakukan salah satunya adalah insektisida piretroid dengan bahan aktif deltametrin. Hasil dari LC₅₀ pajanan insektisida deltametrin terhadap ikan guppy adalah 0.297±0.13 ppm (Hedayati,dkk. 2012).

2.7.2 Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Tumbuhan kayu apu merupakan tumbuhan yang berada pada permukaan perairan air tawar. Tumbuhan ini kaya akan nutrient dan termasuk salah satu tumbuhan yang penyebarannya sangat luas di seluruh penjuru dunia pada daerah yang beriklim tropis dan memiliki temperatur hangat (Skillicom et al., 2005). Ciri-ciri fisiologi tumbuhan ini tidak berbatang, memiliki akar serabut yang panjangnya mencapai 90 mm, helaian daun berongga seperti spons dengan ujung membulat dan melekok, tumbuhan ini umumnya berbentuk oval dengan lebar daun rata-rata 5 mm berwarna hijau. Kriteria air yang cocok untuk tempat tinggal tumbuhan ini adalah adanya unsur hara yang tinggi, suhu yang optimum yaitu berkisar antara 6° – 33° C, pH antara 6,5 – 7,5, dan mendapatkan sinar matahari yang cukup. Tumbuhan kayu apu memiliki taksonomi sebagai berikut:

Sub Kingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida
Subkelas : Arecidae
Ordo : Arales
Famili : Araceae
Genus : Pistia
Spesies : *Pistia stratiotes*



Gambar 2. 4 Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)
Sumber: Hasil Dokumentasi

2.8 Mekanisme Masuknya Insektisida Pada Biota Uji

Insektisida masuk ke dalam tubuh ikan melalui *portal of entry* atau jalan masuk: oral, dermal, inhalasi atau parental. Setelah masuk ke dalam tubuh, zat toksik akan mengalami metabolisme yaitu diadsorpsi, didistribusi, dibiotransformasi, dieliminasi dan diekskresi (Titah, 2003). Nantinya insektisida yang masuk ke dalam tubuh ikan akan diserap, dan umumnya terjadi pada usus ikan, ginjal, hati dan otak (Ahmad, 2009). Insektisida akan bekerja pada saat berada di dalam lambung ikan. Lambung merupakan organ yang mengsekresikan bahan yang kemudian digunakan dalam proses pencernaan makanan. Bahan hasil sekresi lambung langsung digunakan untuk proses pencernaan di lambung, sedangkan hati dan pankreas mencurahkan hasil sekresinya ke usus.

Untuk tumbuhan kayu apu, penyerapan toksikan seperti insektisida akan teradsorpsi ke dalam struktur penting seperti akar(sistem produksi). Sistem akar adalah pintu gerbang menuju ke seluruh tubuh tumbuhan. Di dalam jaringan tubuh tumbuhan akan terjadi penimunan (akumulasi) suatu substansi atau senyawa dalam jaringan makhluk hidup atau yang sering disebut dengan bioakumulasi. Nantinya dari akar akan menuju ke jaringan tumbuhan lainnya seperti daun. Pada daun, insektisida akan berinteraksi dengan penyerapan gizi sehingga nutrisi kurang mampu mencapai struktur daun yang halus dan mengakibatkan daun kering serta berwarna kecoklatan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi insektisida dengan bahan aktif sipermetrin dan lamda sihalotrin yang dapat menyebabkan kematian 50% dari populasi biota. Metode yang digunakan mengacu pada LC_{50} (*Lethal Concentration 50*) dengan dua tahap penelitian yaitu: *range finding test* dan *acute toxicity test*. Nantinya, konsentrasi dan kematian biota uji (mortalitas) pada *acute toxicity test* akan dimasukkan ke dalam metode *Lithfield-wilcoxon* untuk diketahui batas atas dan bawah konsentrasi yang menimbulkan efek akut.

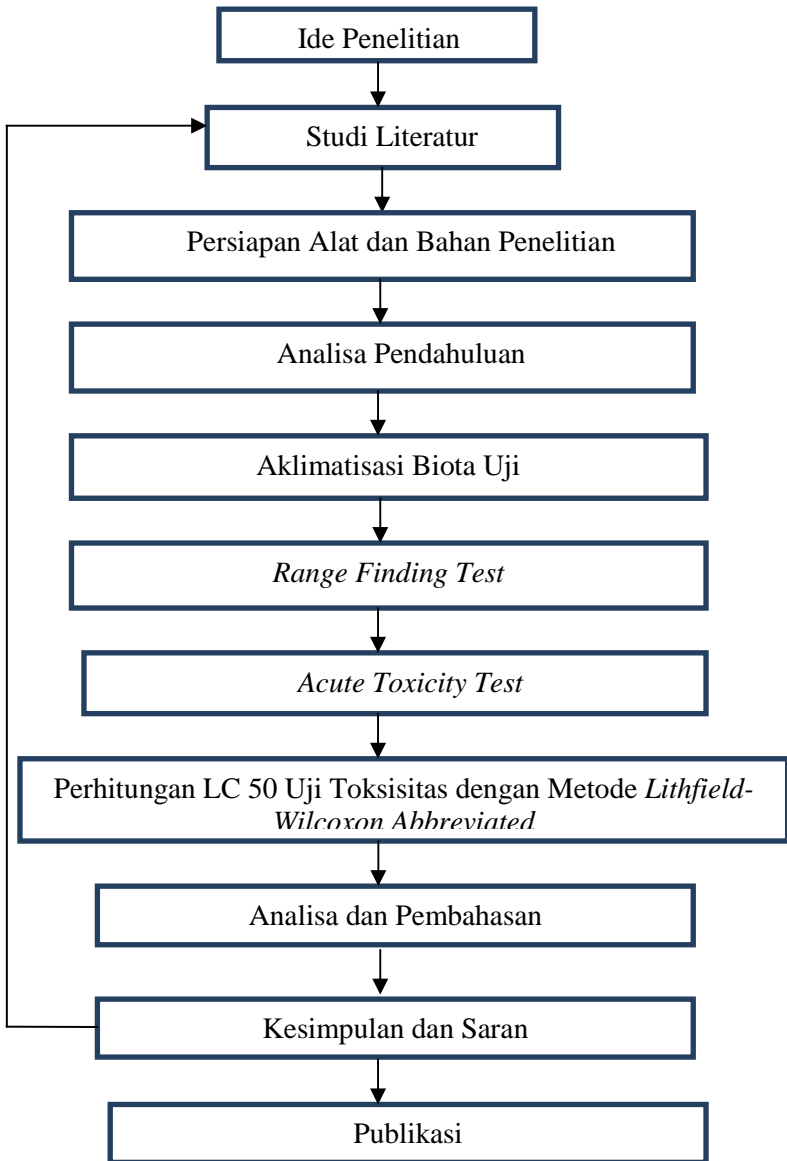
Diperlukan kerangka penelitian untuk merumuskan ide studi, melakukan peninjauan pada pustaka, melakukan penelitian dalam skala laboratorium, menganalisa dan melakukan perhitungan serta penarikan kesimpulan pada hasil penelitian.

3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian

Kerangka penelitian berfungsi sebagai pedoman dalam penelitian, hal ini dimaksudkan agar proses pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi sistematis dan terarah..

Pada penelitian ini dilakukan uji toksisitas akut insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin menggunakan ikan guppy dan tumbuhan kayu apu yang dilakukan dalam skala laboratorium sesuai dengan metoda standar (APHA, 1998). Selanjutnya, ikan dipaparkan dengan insektisida berbahan aktif sipermetrin dan lamda sihalotrin dengan konsentrasi pestisida yang diberikan, yakni 0 mg/L (sebagai kontrol) ; 0,01 mg/L ; 0,1 mg/L ; 1 mg/L ; 10 mg/L dan 100 mg/L toksikan.

Waktu pemantauan sesuai dengan tujuan penelitian waktu pemaparan jangka pendek (4 hari atau 96 jam). Selanjutnya, kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berisi tentang langkah langkah yang akan dilakukan dalam penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini akan diberikan penjelasan mengenai tahapan penelitian yang akan dilakukan, yaitu :

3.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian tugas akhir ini bermula dari besarnya jumlah pemakaian insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin dalam mengusir hama pengganggu hasil pertanian. Di sisi lain, penggunaan insektisida ini juga mengindikasikan terjadinya pencemaran khususnya pada badan air dan ekosistem didalamnya. Berawal dari pemikiran tersebut, maka berkembang suatu ide untuk menganalisis biota akuatik yang dianggap representatif terhadap terjadinya pencemaran. Hal ini dapat dilakukan dengan menganalisa variasi dan variabel untuk karakteristik air sampel yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji tentang kelayakan insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin dimana akan ditinjau kematian biota uji. Biota uji yang digunakan yaitu ikan guppy (*Poecilia reticulata*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistiastratiotes*).

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan guna mendapatkan data atau teori yang menunjang dalam pelaksanaan penelitian. Literatur yang digunakan didapat dari berbagai macam sumber informasi baik dari sumber tertulis seperti *text book*, jurnal penelitian, artikel, website, tugas akhir maupun dari hasil studi lapangan. Pada penelitian ini, digunakan literatur mengenai insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin, biota uji yang digunakan, dan berbagai literatur lainnya yang terkait dengan pelaksanaan penelitian.

3.2.3 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

- a. Persiapan tempat

Tempat uji toksisitas di laboratorium jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

- b. Persiapan peralatan
- Wadah untuk aklimatisasi
 - Perlengkapan aerasi (aerator, selang, kompresor udara)
 - Alat-alat laboratorium untuk analisa DO (DO meter)
 - Alat laboratorium untuk pengukuran suhu (thermometer)
 - Alat laboratorium untuk pengukuran pH (pH meter)
 - Reaktor uji (4 reaktor kontrol tanpa perlakuan dan 20 reaktor uji untuk penelitian) dengan ukuran 25 cm x 30 cm x 30 cm
- c. Persiapan bahan
1. Pestisida
Jenis pestisida yang digunakan sebagai toksikan dalam penelitian ini adalah insektisida golongan piretroid dengan bahan aktif sipermetrin (merk dagang : sidametrin 50 EC) dan lamda sihalotrin (merk dagang: matador 25 EC)
 2. Biota Uji
Biota uji yang harus disiapkan yaitu ikan guppy (*Poecilia reticulata*) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*). Untuk ikan dengan ukuran panjang 3-5 cm, berat rata-rata 1 gram dan umur sekitar 3 minggu.
 3. Air Pengencer
Air yang digunakan sebagai pengencer yaitu air PDAM di laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

3.2.4 Analisa Pendahuluan

Analisa pendahuluan pada penelitian ini meliputi analisa terhadap air pengencer yang digunakan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya kematian hewan uji akibat kondisi air dari air pengencer. Air pengencer yang digunakan merupakan air sambungan PDAM yang terdapat di laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Adapun parameter kriteria air pengencer yang diperbolehkan sebagai air pengencer menurut OECD (2004) adalah:

- Temperatur : 25°C – 30°C
- pH : 6,0 – 8,5
- DO : 5 – 6 mg/L

3.2.5 Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi dilakukan dengan tujuan agar biota uji dapat menyesuaikan diri dengan keadaan yang ada di laboratorium selama 7 hari dengan air pengencer. Berdasarkan OECD (2004) kriteria air pengencer antara lain:

- a. Air Pengencer tidak dapat digunakan dalam uji toksisitas apabila terdapat lebih dari 10% populasi biota uji yang ada mati.
- b. Dilakukan perpanjangan aklimatisasi selama 14 hari apabila jumlah biota yang mati berkisar antara 5% hingga 10% dari populasi biota yang ada.
- c. Air pengencer dikatakan layak untuk uji toksisitas apabila jumlah biota yang mati adalah kurang dari 5% dari total populasi ikan yang ada.

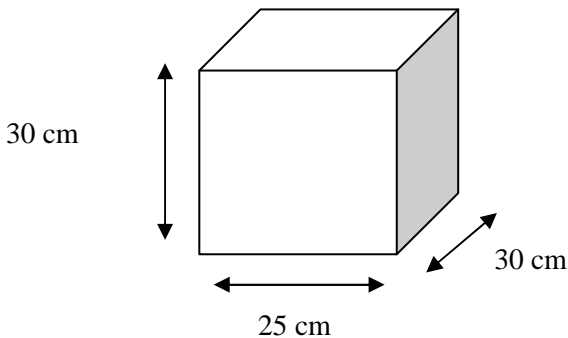
Pemberian makan dilakukan satu kali setiap hari, namun sehari sebelum dilakukan pengujian, pemberian makan dihentikan untuk meminimlasi feses dan kebutuhan oksigen pada ikan. Pembersihan pada bak aklimatisasi dilakukan 3 hari sekali sehingga pencemaran air akibat feses dan sisa makanan dapat dihindarkan. Pemantauan terhadap parameter suhu, DO, kematian biota dan pH dilakukan setiap hari. Dilakukan pencatatan

akumulasi ikan yang mati (OECD, 1984). Tahap aklimatisasi dilakukan dalam ember.

3.2.6 Uji Hayati

Tahap uji hayati terdiri atas dua macam pengujian yaitu *range finding test* dan *acute toxicity test*. Dalam melakukan pengujian diperlukan akuarium kaca sebagai reaktor. Pada setiap reaktor dimasukkan sebanyak 10 ekor ikan uji yang mempunyai berat rata-rata 1 gram/ekor. Hal ini dimaksudkan karena dalam pengujian paling sedikit dibutuhkan 10 ekor ikan untuk setiap konsentrasi dan kontrol. Kebutuhan air yang diperlukan sebanyak 1 liter untuk setiap 1 gram berat ikan karena pengujian bersifat statik, sehingga setiap ikan memerlukan 1000 cm^3 untuk kebebasan ruang geraknya. Volume yang diperlukan untuk 10 ekor ikan adalah sebesar 10.000 cm^3 atau setara dengan 10 liter tiap reaktor. Variasi konsentrasi sebanyak 5 variasi konsentrasi dan satu kontrol serta pengujian dilakukan dengan replikasi 2 kali (OECD, 1984).

Diameter reaktor adalah 30 cm x 25 cm x 30 cm. Bentuk reaktor bak dijelaskan pada Gambar 3.2 dibawah ini :



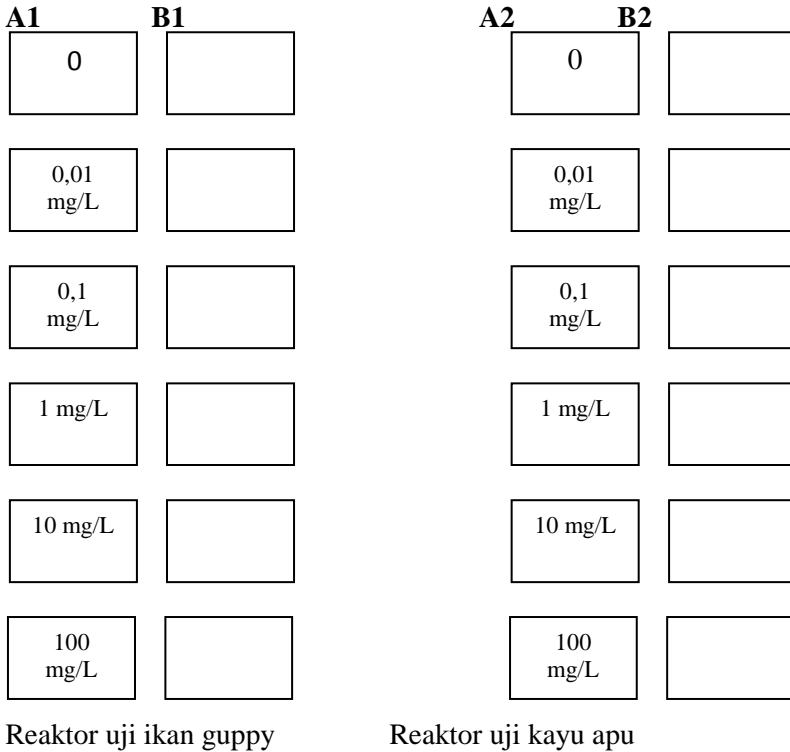
Gambar 3. 2 Reaktor Uji

3.2.6.1 Range Finding Test

Range finding test merupakan uji biota pada rentang konsentrasi yang lebar, dalam hal ini yaitu 0mg/L (kontrol), 0,01 mg/L, 0,1 mg/L, 1 mg/L, 10 mg/L dan 100mg/L (Kurniasari, 2003). Setelah tahapan ini dilakukan, maka dipilih seri konsentrasi yang berbeda secara geometris antara konsentrasi tertinggi yang tidak mematikan atau hanya mematikan sebagian kecil dari seluruh organisme uji (angka kematian 0%), dan konsentrasi terendah yang mematikan sebagian besar atau semua organisme uji (angka kematian 100%) untuk mencari nilai kematian yang mendekati 50%. Tahap ini merupakan pencarian kisaran secara kasar, oleh karena itu dilakukan variasi konsentrasi toksikan dengan jarak interval yang cukup besar. Sistem pemajanan yang digunakan yaitu metode hayati bersifat statis (*static bioassay*) dimana hewan uji ditempatkan di dalam bak uji selama pengujian berlangsung, larutan tidak diganti selama perlakuan 96 jam.

Selanjutnya diperlukan penambahan air pengencer sesuai dengan masing-masing konsentrasi yang sudah ditentukan pada awal tahap *range finding test* ini. Selama tahap *range finding test* pada biota uji ikan guppy tidak diberi makan untuk menghindari kematian ikan akibat pencemaran makanan atau feses yang berlebihan. Pengamatan dan pengambilan terhadap kematian ikan dilakukan setiap hari untuk menghindari pencemaran akibat kematian ikan, begitu juga untuk biota uji tumbuhan kayu apu.

Pada tahap ini setiap hari dilakukan pengamatan dan perhitungan biota uji yang mati serta analisis pH, suhu dan DO setiap harinya. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui bahwa parameter kehidupan biota tetap berada pada kisaran optimum biota dapat bertahan hidup, sehingga kematian biota pada saat uji *range finding test* dilakukan adalah benar-benar karena pemajanan toksikan dan bukan karena keadaan lingkungan sekitar. Untuk skema peralatan pada uji *range finding test* dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3. 3 Skema Peralatan Pada *Range Finding Test*

Keterangan:

- Reaktor berukuran 10L
- A1 merupakan insektisida berbahan aktif Sipermetrin dengan biota uji ikan guppy.
- B1 merupakan insektisida berbahan aktif dengan biota uji tumbuhan kayu apu.

- A2 merupakan insektisida berbahan aktif Lamda Sihalotrin dengan biota uji ikan guppy.
- B2 merupakan insektisida berbahan aktif Lamda Sihalotrin dengan biota uji tumbuhan kayu apu.

3.2.6.2 Acute Toxicity Test

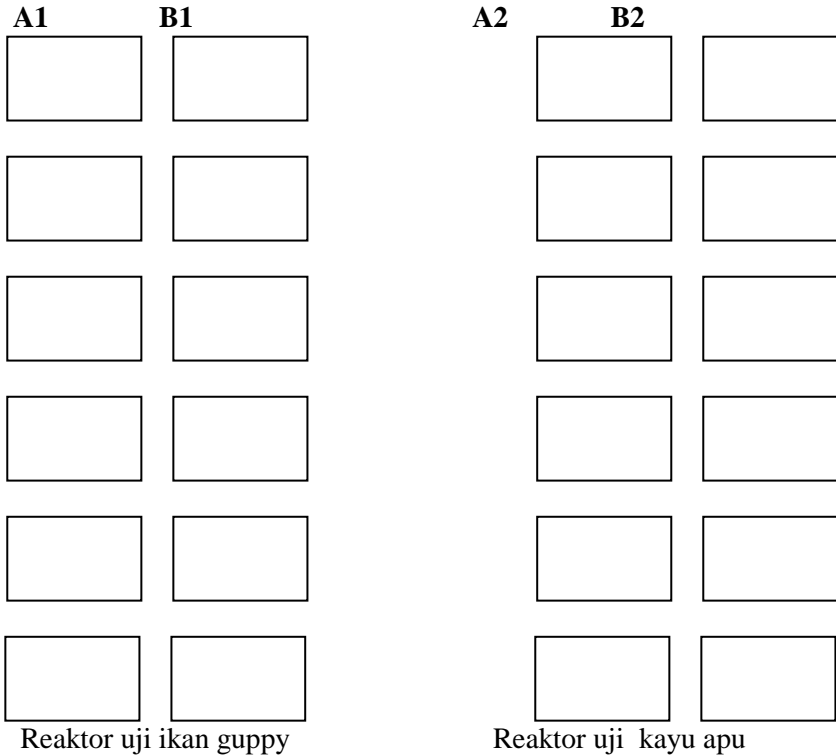
Acute toxicity test bertujuan untuk menentukan batas konsentrasi toksikan yang menimbulkan efek kematian biota dalam waktu singkat pada kisaran 50%. Pelaksanaannya dilakukan selama 96 jam (4 hari), dengan pemberian 5 jenis variasi konsentrasi toksikan yang diperoleh dari tahap *range finding test* dengan rentang yang dipersempit. Sistem pemajanan yang digunakan dalam tahap ini yaitu metode uji hayati bersifat statis (*static bioassay*). Nantinya biota uji akan ditempatkan pada bak uji selama pengujian berlangsung dan larutan tidak diganti selama perlakuan 96 jam (4 hari).

Perlakuan pada tahap *acute toxicity test* adalah sama dengan tahap *range finding test* yang dilakukan sebelumnya. Pertama, akan dilakukan penambahan dengan air pengencer pada setiap masing-masing konsentrasi toksikan.

Pada tahap ini, untuk biota uji ikan guppy tidak diberi makan guna menghindari pencemaran makanan serta akumulasi feses yang berlebihan. Pengamatan dan pengambilan terhadap kematian ikan dilakukan setiap hari untuk menghindari pencemaran akibat kematian ikan, begitu juga untuk biota uji tumbuhan kayu apu. Dilakukan pengamatan dan perhitungan biota uji yang mati serta analisis pH, suhu dan DO setiap harinya. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui bahwa parameter kehidupan biota tetap berada pada kisaran optimum biota dapat bertahan hidup, sehingga kematian biota pada saat uji dilakukan adalah benar-benar karena pemajanan toksikan dan bukan karena keadaan lingkungan sekitar.

Dilakukan duplo pada *acute toxicity test* agar didapatkan konsentrasi yang benar-benar valid. Berikut ini adalah desain penempatan reaktor pada saat pengujian

dengan konsentrasi yang
didapat dari tahap pengujian sebelumnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini:



Gambar 3. 4 Skema Peralatan Pada *Acute Toxicity Test*

Keterangan:

- Reaktor berukuran 10L
- A1 merupakan insektisida berbahan aktif Sipermetrin dengan biota uji ikan guppy

- B1 merupakan insektisida berbahan aktif Sipermetrin dengan biota uji tumbuhan kayu apu
- A2 merupakan insektisida berbahan aktif Lamda Sihalotrin dengan biota uji ikan guppy
- B2 merupakan insektisida berbahan aktif Lamda Sihalotrin dengan biota uji tumbuhan kayu apu
- Konsentrasi padatahap *acute toxicity test* adalah konsentrasi yang dipersempit pada tahap sebelumnya (*range finding test*).

3.2.7 Perhitungan LC_{50} Hasil Uji Toksisitas

Nilai LC_{50} merupakan nilai dimana pada konsentrasi tersebut terdapat 50% biota uji dalam penelitian mati. Nilai LC_{50} ini diperlukan dalam menganalisa dan pembahasan dari penelitian ini. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai LC_{50} ini menggunakan metode *Lithfield-Wilcoxon*, dikarenakan metode ini memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC_{50} . Langkah-langkah dalam perhitungan ini adalah (Margiastuti, 2005):

- a. Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-Log serta menentukan garis korelasinya dengan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan.
- b. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis korelasi.
- c. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dengan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
- d. Menghitung CHI^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf CHI^2 .
- e. Menghitung tingkat kebebasan (N) dengan tabel CHI^2 untuk batasan kepercayaan 95%.

- f. Menghitung LC_{50} 96 jam berikut batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.

3.2.8 Analisis Data dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, maka selanjutnya data-data yang diperoleh akan dipaparkan dalam bentuk tabel. Selanjutnya dilakukan analisis yang disertai dengan pembahasan terutama terhadap nilai LC_{50} , perbandingan tingkat toksikan pada biota sebagai tujuan dari penelitian ini.

3.3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan ditarik berdasarkan pembahasan yang didapat dari analisis data yang dilakukan dan hasilnya diuraikan secara singkat, jelas dan mudah dipahami serta sesuai dengan tujuan penelitian agar lebih mudah untuk dipahami. Saran diberikan sebagai perbaikan penelitian yang akan datang.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pendahuluan

Analisa pendahuluan pada penelitian ini berfungsi untuk menganalisa kandungan yang terdapat pada air pengencer (air PDAM yang tersambung pada laboratorium Teknik Lingkungan ITS). Adapun hasil analisa air pengencer adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Analisa Air Pengencer (Air PDAM)

Parameter	Kriteria Air Pengencer (*)	Air Pengencer (**)
Total Kesadahan	50-250 mg CaCO ₃ /L	210 mg CaCO ₃ /L
pH	6,0-8,5	7,95

Sumber : (*) OECD(2011) ;(**)Hasil Penelitian, 2014

Berdasarkan hasil analisa tersebut dapat dipastikan bahwa air pengencer yang berasal dari air PDAM di laboratorium Teknik Lingkungan, ITS adalah layak untuk digunakan karena air pengencer ini masih berada dalam ambang batas yang ditentukan

4.2 Aklimatisasi

Selama proses transportasi menuju laboratorium, tidak menutup kemungkinan adanya indikasi biota uji mengalami stress yang mengakibatkan kondisi tubuh rentan terhadap penyakit. Oleh karena itu diperlukan proses karantina biota uji selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian, yang disebut dengan tahap aklimatisasi. Tahap aklimatisasi digunakan dengan tujuan agar biota uji dapat segera terpulihkan selama transportasi serta dapat beradaptasi dengan keadaan yang ada di laboratorium Hal ini dimaksudkan agar pada saat pengujian, biota uji benar-benar mati karena zat toksikan yang dipaparkan dan bukan karena

ketidakmampuan biota uji dalam beradaptasi pada lingkungan yang baru. Air pengencer yang digunakan berasal dari air sambungan kran PDAM yang berada di ruang workshop Teknik Lingkungan, ITS. Digunakan air PDAM karena air tersebut masih belum tercemar.

Pada saat aklimatisasi, untuk ikan tetap diberi makan sekali setiap harinya dan diberhentikan sehari sebelum pengujian guna meminimalkan kebutuhan oksigen dan pencemaran akibat akumulasi feses yang berlebih. Proses aklimatisasi dilakukan pada ember dan pembersihan ember pada ikan dilakukan sebanyak 3 hari sekali agar kondisi pada saat aklimatisasi tidak tercemar oleh feses ikan. Jumlah masing-masing biota uji pada saat tahap aklimatisasi adalah sebanyak 150 untuk sekali pengujian.

Selama tahap aklimatisasi, dilakukan pemantauan terhadap kematian biota uji setiap harinya. Biota uji yang mati harus segera diambil agar tidak berpengaruh terhadap biota uji yang lainnya. Pada dua hari pertama apabila jumlah kematian ikan kurang dari 10%, aklimatisasi dapat dilanjutkan hingga hari ke 7. Namun, jika pada dua jam pertama jumlah kematian ikan sudah lebih dari 10%, maka mengindikasikan air pengencer yang tidak sesuai dengan kelangsungan hidup biota atau bisa juga biota mengalami stres. Jika hal ini terjadi, tahap aklimatisasi harus diulang kembali.

Beberapa parameter yang harus diukur setiap harinya antara lain suhu dan pH, sedangkan DO dapat diamati sebanyak 2 hari sekali. Menurut Sarida,dkk. (2010), untuk biota uji ikan guppy dapat bertahan hidup dengan kondisi pH 7-8, DO > 4 ppm dan suhu berkisar antara 18⁰C sampai 30⁰C. Untuk biota uji tumbuhan kayu apu dapat bertahan hidup dengan kondisi suhu yang optimum antara 6⁰C-33⁰C dan pH antara 6,5-7,5. Hasil dari aklimatisasi masing-masing biota uji dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.4 yang terdapat di bawah ini:

Tabel 4. 2 Hasil Aklimatisasi Biota Uji Pada Tahap *Range Finding Test*

Jenis Biota	Parameter	Satuan	Hari ke-						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Guppy	pH		7,21	7,32	7,53	7,51	7,42	7,38	7,46
	DO	mg/L	5,88			6,12			6,01
	Suhu		29,7	29	30	28,8	29	29	29,2
	Kumulatif kematian Ikan	Ekor	2	2	2	2	2	3	3
	% Kematikan Ikan	%	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	2	2
Tumbuhan Kayu Apu	pH		7,02	7,23	7,28	7,42	7,37	7,19	7,23
	Suhu		29,3	28	29	29	29	28	29
	Kumulatif kematian tumbuhan	Tumbuhan	0	0	0	0	0	0	0
	% Kematian Ikan	%	0	0	0	0	0	0	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4. 3 Hasil Aklimatisasi Biota Uji Pada Tahap *Acute Toxicity Test 1*

Jenis Biota	Parameter	Satuan	Hari ke-						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Guppy	pH		7,47	7,36	7,28	7,46	7,23	7,38	7,35
	DO	mg/L	5,48			5,44			5,59
	Suhu		29	29	29	29	30	29	29
	Kumulatif kematian Ikan	Ekor	1	1	1	3	3	3	6
	% Kematikan Ikan	%	0,06	0,06	0,06	2	2	2	4
Tumbuhan Kayu Apu	pH		7,39	7,09	7,47	7,36	7,33	7,38	7,47
	Suhu		30	30	29	30	29	29	28,5
	Kumulatif kematian Tumbuhan	Tumbuhan	0	0	0	0	1	1	3
	% Kematian Ikan	%	0	0	0	0	0,6	0,6	2

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4. 4 Hasil Aklimatisasi Biota Uji Pada Tahap *Acute Toxicity Test 2*

Jenis Biota	Parameter	Satuan	Hari ke-						
			1	2	3	4	5	6	7
Ikan Guppy	Ph		7,5	7,47	7,37	7,45	7,42	7,33	7,48
	DO	mg/L	5,86			5,64			5,68
	Suhu		29,7	29,2	28,9	29,4	29,4	29	29,5
	Kumulatif kematian Ikan	Ekor	0	0	1	1	1	3	3
	% Kematikan Ikan	%	0	0	0,7	0,7	0,7	2	2
Tumbuhan Kayu Apu	pH		7.57	7.49	7.36	7.42	7.34	7.43	7.37
	Suhu		29.3	29.4	29.6	29.5	29.4	29	29,3
	Kumulatif kematian tumbuhan	tumbuhan	0	0	0	0	0	0	0
	% Kematian Ikan	%	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4.2 sampai Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengukuran parameter untuk aklimatisasi cukup stabil dan menunjukkan kondisi optimum biota uji untuk bertahan hidup. Untuk biota uji ikan guppy hasil kisaran parameter pH, DO dan suhu selama 7 hari berturut-turut adalah 7,21-7,53 untuk pH, 5,44-6,12 mg/L untuk DO serta 28,8-30⁰C untuk suhu. Sedangkan untuk tumbuhan kayu apu, hasil kisaran parameter pH dan suhu adalah 7,02-7,57 untuk pH serta 28-30⁰C untuk suhu. Parameter yang tetap pada batas-batas optimum ini mengindikasikan bahwa air sambungan kran pada workshop Teknik Lingkungan, ITS layak digunakan sebagai pengujian. Selanjutnya, untuk prosentase kematian ikan guppy dan kayu apu pada 2 hari pertama sebesar 1,3% dan 0%, hal ini menunjukkan bahwa ikan mampu beradaptasi dan tidak mengalami stress ataupun penyakit. Begitu pula halnya dengan aklimatisasi hari ke 7, ikan guppy maupun kayu apu masing-masing memiliki prosentase kematian sebesar 3-4% dan 0-2%. Kematian yang kurang dari 5% ini menandakan bahwa biota uji dapat beradaptasi dengan baik dan layak dimanfaatkan untuk uji toksisitas.

4.3 Range Finding Test

Range finding test digunakan untuk menguji biota uji terhadap konsentrasi toksikan dengan rentang yang lebar, dalam penelitian ini yaitu 0,01 mg/L, 0,1 mg/L, 1 mg/L, 10 mg/L dan 100 mg/L. Digunakan masing-masing 10 ekor ikan pada tiap konsentrasi toksikan. Pada tahap *range finding test*, sistem pemajanan yang digunakan bersifat statis. Hal ini berarti, biota uji akan ditempatkan di dalam bak uji (reaktor kaca) dimana larutan tidak diganti selama 96 jam. Kemudian, pemberian makan pada ikan harus dihentikan sehari sebelum uji dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menghindari akumulasi feses yang berlebihan. Pada saat pengujian, jika biota uji mengalami kematian harus segera diambil agar tidak mempengaruhi kandungan air toksikan serta biota uji lainnya.

Penelitian ini menggunakan 2 macam insektisida sebagai toksikan. Adapun insektisida yang digunakan adalah insektisida sipermetrin dengan merek dagang Sidametrin 50 EC (konsentrasi 50 g/L) dan insektisida lamda sihalotrin dengan merek dagang Matador 25 EC (konsentrasi 25 g/L). Konsentrasi masing-masing insektisida kemudian diencerkan dengan air PDAM sebanyak 10 L untuk dijadikan sebagai larutan standar. Berikut ini adalah perhitungan pengenceran masing masing insektisida :

$$M_{\text{insektisida sipermetrin}} = 50 \text{ g/L} = 50.000 \text{ mg/L}$$

$$M_{\text{Lamda Sihalotrin}} = 25 \text{ g/L} = 25.000 \text{ mg/L}$$

Pembuatan larutan standar (konsentrasi insektisida sipermetrin 1000 mg/L dalam 1 L air)

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 50.000 \text{ mg/L} \times V_1 &= 1000 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} \\ V_1 &= 20 \text{ ml} \end{aligned}$$

Pembuatan larutan standar (konsentrasi insektisida lamda sihalotrin 1000 mg/L dalam 1 L air)

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 25.000 \text{ mg/L} \times V_1 &= 1000 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} \\ V_1 &= 40 \text{ ml} \end{aligned}$$

Pembuatan konsentrasi insektisida sipermetrin 0,01 mg/L dalam 10 L air

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1000 \text{ mg/L} \times V_1 &= 0,01 \text{ mg/L} \times 10 \text{ L} \\ V_1 &= 0,1 \text{ ml} \end{aligned}$$

Berdasarkan prosedur pengenceran diatas, maka dapat dihasilkan variasi pengenceran sesuai dengan konsentrasi yang akan dipajankan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4. 5 Variasi Pengenceran Pada Tiap Konsentrasi Toksikan
Range Finding Test

Variasi toksikan (mg/L)	Volume toksikan (mg/L)	Volume air PDAM (mg/L)	Volume total (L)
0	0	10000	10
0,01	0,1	9999,9	10
0,1	1	9999	10
1	10	9990	10
10	100	9900	10
100	1000	9000	10

Sumber : Hasil Perhitungan

Selama pemaparan dilakukan, kondisi biota uji pada tiap reaktor harus diperhatikan dan dianalisa suhu, pH dan DO setiap harinya selama 96 jam. Selain itu, respon biota uji setelah pemaparan toksikan juga harus diamati. Setiap biota uji mempunyai respon yang berbeda-beda. Untuk hewan seperti ikan guppy, bentuk respon yang cenderung membuat ikan meloncat-loncat mengindikasikan bahwa ikan mengalami stress atau tidak nyaman dengan kondisi lingkungan tersebut (Alabaster dan Lloy, 1984). Kemudian, ikan dapat dikatakan mati jika tubuhnya sudah tidak bergerak dan mengapung di permukaan air.

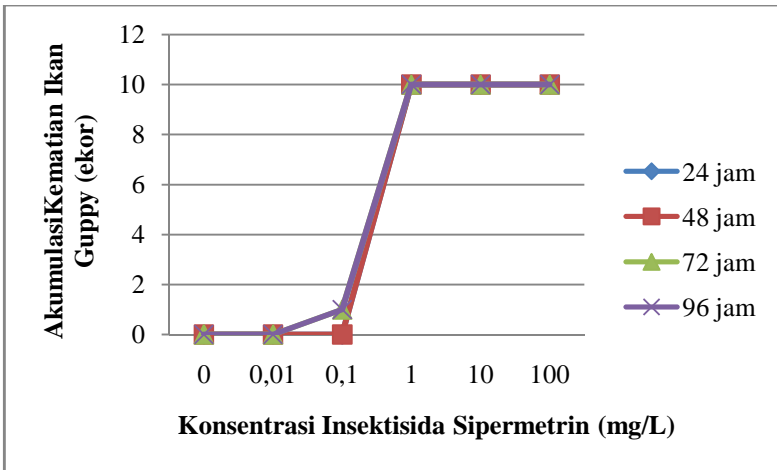
Sedangkan untuk tumbuhan, daun yang mulai menguning dan mulai layu merupakan indikasi awal bahwa tumbuhan merasa terganggu dengan kondisi lingkungan yang kurang cocok dengan habitatnya. Selain itu, tumbuhan yang tenggelam serta daun dan akar yang mulai rontok juga dapat dikatakan jika tumbuhan itu telah mati. Di bawah ini akan dijelaskan masing-masing

parameter yang diperoleh pada biota uji setelah *range finding test* dilakukan:

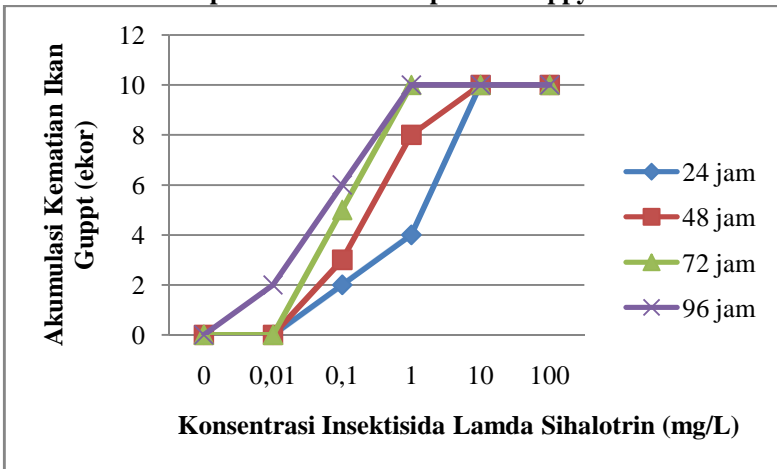
Tabel 4. 6 Hasil *Range Finding Test* Terhadap Biota Uji Ikan Guppy

Toksikan	Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji (ekor)	Jumlah kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-				
			0	24	48	72	96
Insektisida Sipermetrin	0	10	0	0	0	0	0
	0,01	10	0	0	0	0	0
	0,1	10	0	0	0	1	1
	1	10	0	10	10	10	10
	10	10	0	10	10	10	10
	100	10	0	10	10	10	10
Insektisida Lamda Sihalotrin	0	10	0	0	0	0	0
	0,01	10	0	0	0	0	2
	0,1	10	0	2	3	5	6
	1	10	0	4	8	10	10
	10	10	0	10	10	10	10
	100	10	0	10	10	10	10

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4. 1 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar 4. 2 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa pada insektisida sipermetrin selama 96 jam pada konsentrasi 0,01 mg/L telah mematikan ikan guppy sebanyak 0%, konsentrasi 0,1 mg/L sebanyak 10%, konsentrasi 1, 10 dan 100 mg/L telah mematikan ikan guppy sebesar 100%. Sedangkan untuk insektisida lamda sihalotrin telah mematikan biota uji ikan guppy sebanyak 20% pada konsentrasi 0,01 mg/L, 60% pada konsentrasi 0,1 mg/L dan 100% pada konsentrasi 1 hingga 100 mg/L. Kematian ikan guppy ditandai dengan ikan yang mengapung di atas permukaan air. Berikut ini adalah hasil pengamatan parameter selama pengujian berlangsung:

- pH = 7,12 – 7,62
- Suhu = 29,6°C -30°C
- DO = 5,06-6,38

Hasil pengamatan untuk ketiga parameter diatas menunjukkan bahwa kondisi lingkungan biota uji pada saat uji dilakukan masih berada di kisaran optimum biota uji dapat hidup.

Menurut Sarida, dkk. (2010), ikan guppy dapat bertahan hidup pada pH 5-8. Selama pengujian berlangsung, nilai pH mengalami perubahan, baik peningkatan atau penurunan. Peningkatan nilai pH disebabkan karena adanya proses aerasi pada ikan. Aerasi ini dapat menyebabkan karbondioksida terurai dan meningkatkan pH air (Sawyer, 1994). Sedangkan penurun pH selama pengujian disebabkan oleh kandungan toksikan yang bersifat asam serta proses metabolisme ikan. (Lesmana, 2002).

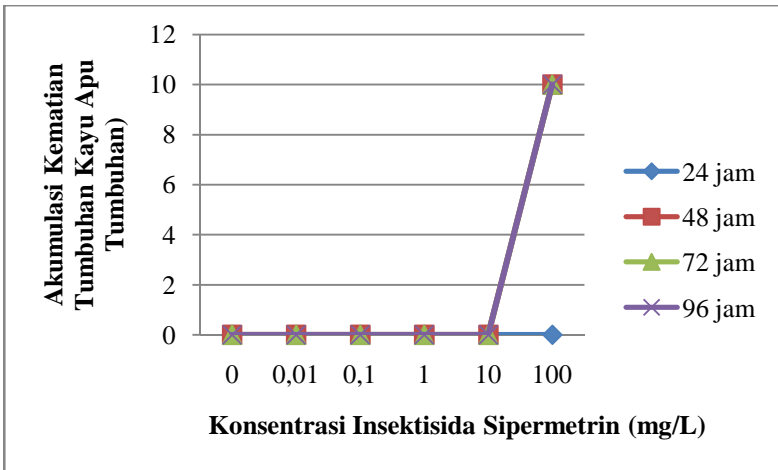
Pada tahap ini, ikan akan membutuhkan kadar oksigen untuk keperluan dalam respirasi. Kadar oksigen yang rendah akan mengganggu kehidupan ikan. Peningkatan kadar DO selama pengujian dibantu dengan aerasi pada setiap reaktor uji. Dengan demikian, DO dapat tetap berada pada kisaran optimum ikan dapat bertahan hidup. Menurut Arie (2002), suhu air dapat mempengaruhi derajat metabolisme dalam tubuh ikan. Suhu optimum untuk ikan berdasarkan Sarida, dkk. (2010) adalah sebesar 18°C-30°C. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kematian ikan yang terjadi selama pengujian bukan disebabkan

oleh kondisi lingkungan di laboratorium, melainkan karena pemaparan toksikan terhadap ikan itu sendiri.

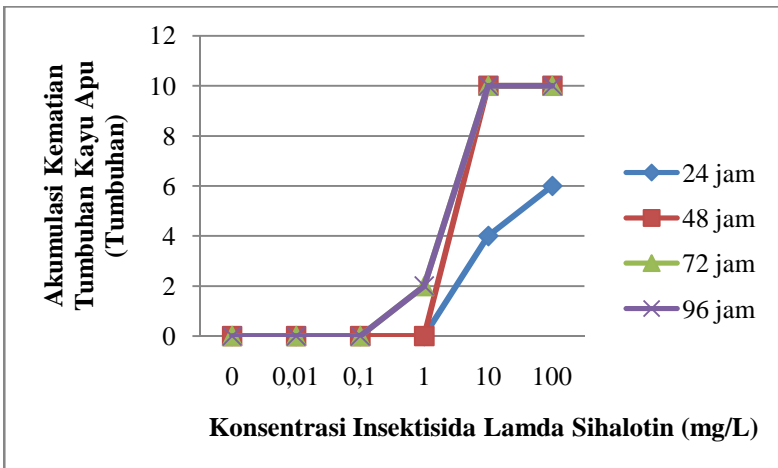
Tabel 4. 7 Hasil Range Finding Test Terhadap Biota Uji Tumbuhan Kayu Apu

Toksikan	Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji	Jumlah kematian tumbuhan setelah pemajanan pada jam ke-				
			0	24	48	72	96
Insektisida Sipermetrin	0	10	0	0	0	0	0
	0,01	10	0	0	0	0	0
	0,1	10	0	0	0	0	0
	1	10	0	0	0	0	0
	10	10	0	0	0	0	0
	100	10	0	0	10	10	10
Insektisida Lamda Sihalotrin	0	10	0	0	0	0	0
	0,01	10	0	0	0	0	0
	0,1	10	0	0	0	0	0
	1	10	0	0	0	2	2
	10	10	0	4	10	10	10
	100	10	0	6	10	10	10

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4. 3 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu



Gambar 4. 4 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Pada biota uji kayu apu, dengan pajanan insektisida sipermetrin 96 jam pada konsentrasi 10 dan 100 mg/L telah mematikan biota sebanyak 100% dari total tumbuhan satu reaktor sebanyak 10 tumbuhan. Sedangkan setelah dipajankan dengan insektisida lamda sihalotrin adalah 100% tumbuhan kayu apu mati pada konsentrasi 10 serta 100 mg/L dan 20% tumbuhan mati pada konsentrasi 1 mg/L. Kematian tumbuhan kayu apu ditandai dengan daun yang mulai menguning dan layu serta rontok satu persatu. Adanya perbedaan konsentrasi dan banyaknya biota yang mati disebabkan karena daya tahan biota uji yang berbeda-beda pula. Berikut ini adalah hasil pengamatan parameter selama pengujian berlangsung.

- pH = 7,2 – 7,49
- Suhu = 29,4°C -29,8°C

Hasil kisaran pH pada biota uji tumbuhan kayu apu untuk masing-masing insektisida masih dalam kondisi optimum. Kriteria air yang cocok untuk tumbuhan kayu apu adalah dengan adanya suhu dan pH yang optimum yaitu berkisar antara 6° – 33° C, pH antara 6,5 – 7,5. Tidak ada perbedaan yang cukup signifikan pada pH dan suhu yang diamati. Hanya saja semakin besar konsentrasi toksikan yang dipajankan semakin kecil pula pH yang dihasilkan. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor dari toksikan itu sendiri ataupun faktor dari keadaan lingkungan sekitar. Kondisi pH yang stabil mengindikasikan bahwa kematian biota uji benar-benar karena paparan toksikan.

4.4 Acute Toxicity Test

Tahapan *acute toxicity test* dilakukan untuk menentukan batas konsentrasi toksikan yang menimbulkan efek kematian biota dalam waktu singkat pada kisaran 50%. Perlakuan pada *acute toxicity test* sama dengan *range finding test*. Untuk biota uji ikan guppy, tidak diberi makan selama pengujian berlangsung guna menghindari pencemaran makanan dan akumulasi feses yang berlebihan. Biota uji yang mati pada saat pengujian harus

segera diambil agar tidak mempengaruhi biota uji yang masih hidup lainnya. Pengukuran parameter pH, DO dan suhu dilakukan setiap harinya. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui bahwa parameter kehidupan biota tetap berada pada kisaran optimum biota dapat bertahan hidup, sehingga kematian biota pada saat uji dilakukan adalah benar-benar karena pemajanan toksikan dan bukan karena keadaan lingkungan sekitar.

Pemberian 5 jenis variasi konsentrasi toksikan pada *acute toxicity test* diperoleh dari tahap *range finding test* dengan rentang yang dipersempit dan 1 kontrol yang tidak diberi toksikan. Berikut ini adalah masing-masing konsentrasi pada biota uji yang digunakan:

- Ikan Guppy
 - Insektisida Sipermetrin
Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 0,2 mg/L ; 0,4 mg/L ; 0,5 mg/L ; 0,7 mg/L dan 0,9 mg/L.
 - Insektisida Lamda Sihalotrin
Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 0,02 mg/L ; 0,04 mg/L ; 0,05 mg/L ; 0,07 mg/L dan 0,09 mg/L.
- Tumbuhan Kayu Apu
 - Insektisida Sipermetrin
Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 20 mg/L ; 40 mg/L ; 50 mg/L ; 70 mg/L dan 90 mg/L.
 - Insektisida Lamda Sihalotrin
Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 2 mg/L ; 4 mg/L ; 5 mg/L ; 7 mg/L dan 9 mg/L.

Berdasarkan prosedur yang sama di tahap sebelumnya, berikut ini adalah masing-masing variasi pengenceran konsentrasi untuk masing-masing variabel uji adalah seperti Tabel 4.8 sampai 4.11 di bawah ini :

Tabel 4. 8 Variasi Pengenceran Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy Pada *Acute Toxicity Test*

Variasi toksikan (mg/L)	Volume toksikan (mg/L)	Volume air PDAM (mg/L)	Volume total (L)
0	0	10000	10
0.2	2	9998	10
0.4	4	9996	10
0.5	5	9995	10
0.7	7	9993	10
0.9	9	9991	10

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 9 Variasi Pengenceran Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy Pada *Acute Toxicity Test*

Variasi toksikan (mg/L)	Volume toksikan (mg/L)	Volume air PDAM (mg/L)	Volume total (L)
0	0	10000	10
0.02	0.2	9999.8	10
0.04	0.4	9999.6	10
0.05	0.5	9999.5	10
0.07	0.7	9999.3	10
0.09	0.9	9999.1	10

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 10 Variasi Pengenceran Insektisida Sipermetrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu Pada *Acute Toxicity Test*

Variasi toksikan (mg/L)	Volume toksikan (mg/L)	Volume air PDAM (mg/L)	Volume total (L)
0	0	10000	10
20	200	9800	10
40	400	9600	10
50	500	9500	10
70	700	9300	10
90	900	9100	10

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 11 Variasi Pengenceran Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu Pada *Acute Toxicity Test*

Variasi toksikan (mg/L)	Volume toksikan (mg/L)	Volume air PDAM (mg/L)	Volume total (L)
0	0	10000	10
2	20	9980	10
4	40	9960	10
5	50	9950	10
7	70	9930	10
9	90	9910	10

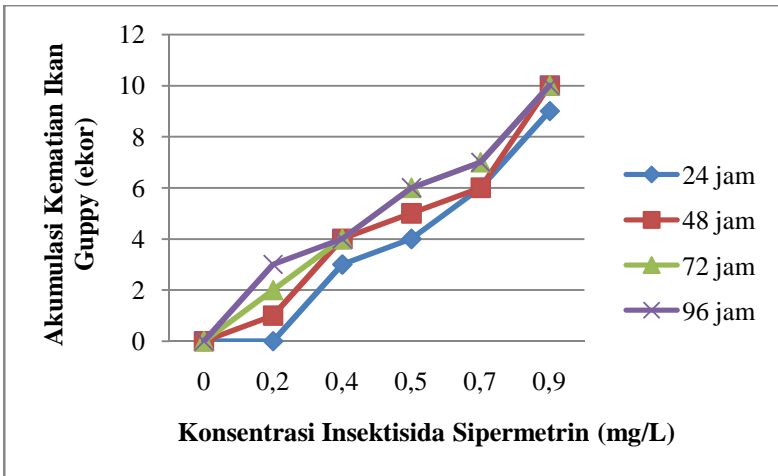
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tahap *acute toxicity test*, perlakukannya tidak jauh berbeda dengan *range finding test*. Pelaksanaan *acute toxicity test* dilakukan selama 96 jam (4 hari) dengan sistem pemajanan yang bersifat statis. Dilakukan duplo pada tahap *acute toxicity test*, agar didapatkan konsentrasi yang benar-benar valid. Selama proses pemajanan toksikan berlangsung, beberapa parameter kimia lingkungan seperti suhu, pH dan DO harus dianalisis setiap harinya. Hal ini bertujuan untuk mengontrol kondisi lingkungan sesuai dengan habitat biota uji sehingga biota uji mati bukan karena kondisi lingkungan yang tidak sesuai melainkan karena toksikan yang dipajankan. Selama pemajanan ikan tidak diberi makan untuk menghindari akumulasi feses yang berlebih. Hasil uji toksikan pada masing-masing biota uji dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan 4.13 berikut ini:

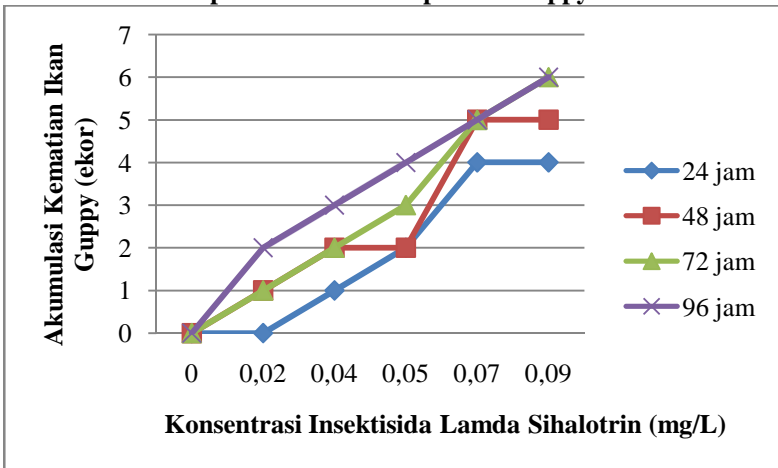
Tabel 4. 12 Hasil *Acute Toxicity Test* Terhadap Biota Uji Ikan Guppy

Toksikan	Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji	Jumlah kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-				
			0	24	48	72	96
Insektisida Sipermetrin	0	10	0	0	0	0	0
	0.2	10	0	0	1	2	3
	0.4	10	0	3	4	4	4
	0.5	10	0	4	5	6	6
	0.7	10	0	6	6	7	7
	0.9	10	0	9	10	10	10
Insektisida Lamda Sihalotrin	0	10	0	0	0	0	0
	0.02	10	0	0	1	1	2
	0.04	10	0	1	2	2	3
	0.05	10	0	2	2	3	4
	0.07	10	0	4	4	5	5
	0.09	10	0	4	5	6	6

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4. 5 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar 4. 6 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa hampir setiap variasi konsentrasi memberikan hasil jumlah kematian ikan yang berbeda. Setelah dilakukan pemaparan toksikan selama 96 jam dapat diketahui bahwa pada insektisida sipermetrin dengan konsentrasi sebesar 0,2 mg/L mematikan ikan sebanyak 30%, konsentrasi 0,4 mg/L mematikan ikan sebanyak 40%, konsentrasi 0,5 mg/L mematikan ikan sebanyak 60%, konsentrasi 0,7 mg/L mematikan ikan sebesar 70% dan konsentrasi 0,9 mg/L telah mematikan ikan sebanyak 100%. Dapat diketahui bahwa kematian ikan yang mendekati 50% terletak pada konsentrasi 0,4-0,5 mg/L. Kematian ikan ditandai dengan kondisi ikan yang tidak bergerak dan mengapung di atas permukaan air.

Selanjutnya, untuk insektisida lamda sihalotrin dapat diketahui bahwa pada konsentrasi 0,02 mg/L mematikan biota uji sebanyak 20%, 0,04 mg/L mematikan biota uji sebanyak 30%, 0,05 mg/L mematikan biota uji sebanyak 40%, 0,07 mg/L mematikan biota uji sebanyak 50% serta 60% pada konsentrasi 0,09 mg/L. Dapat diketahui bahwa kematian ikan yang mendekati 50% terletak pada konsentrasi 0,5 mg/L. Adapun parameter yang diamati adalah sebagai berikut:

- pH = 7,19 – 7,6
- DO = 5,83 – 6,23
- Suhu = 29,6°C -30°C

Hasil pengamatan untuk ketiga parameter diatas menunjukkan bahwa kondisi lingkungan biota uji pada saat uji dilakukan masih berada di kisaran optimum biota uji dapat hidup.

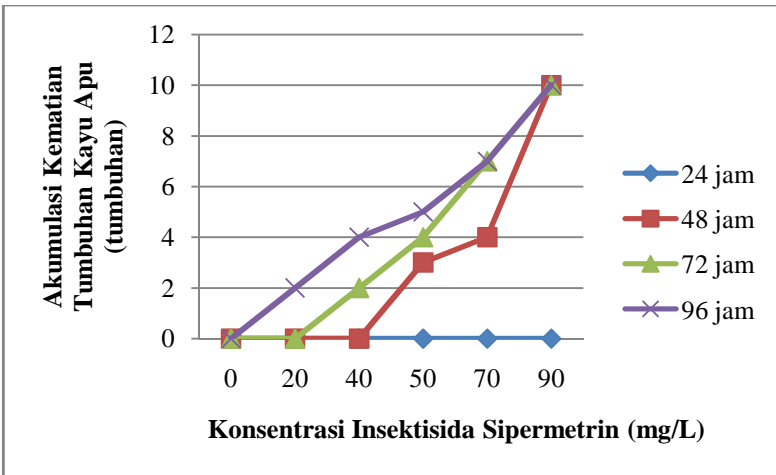
Menurut Sarida, dkk. (2010), ikan guppy dapat bertahan hidup pada pH 5-8. Selama pengujian berlangsung, nilai pH mengalami perubahan, baik peningkatan atau penurunan. Peningkatan nilai pH disebabkan karena adanya proses aerasi pada ikan. Aerasi ini dapat menyebabkan karbondioksida terurai dan meningkatkan pH air (Sawyer, 1994). Sedangkan penurunan pH selama pengujian disebabkan oleh kandungan toksikan yang bersifat asam serta proses metabolisme ikan. Aktivitas ikan yang memproduksi asam akan menurunkan pH di dalam air (Lesmana,

2002). Pada tahap ini, ikan akan membutuhkan kadar oksigen untuk keperluan dalam respirasi. Kadar oksigen yang rendah akan mengganggu kehidupan ikan. Peningkatan kadar DO selama pengujian dibantu dengan aeraasi pada setiap reaktor uji. Dengan demikian, DO dapat tetap berada pada kisaran optimum ikan dapat bertahan hidup. Menurut Arie (2002), suhu air dapat mempengaruhi derajat metabolisme dalam tubuh ikan. Suhu optimum untuk ikan berdasarkan Sarida, dkk (2010) adalah sebesar 18°C-30°C. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kematian ikan yang terjadi selama pengujian bukan disebabkan oleh kondisi lingkungan di laboratorium, melainkan karena paparan toksikan terhadap ikan itu sendiri. Selanjutnya untuk tumbuhan kayu apu dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini:

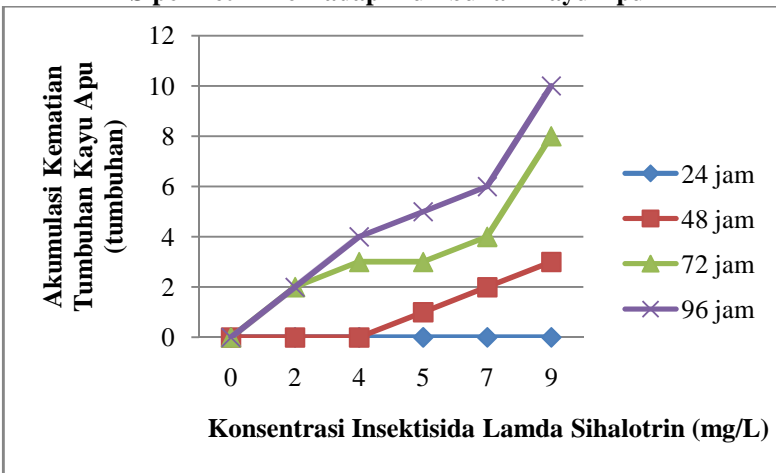
Tabel 4. 13 Hasil *Acute Toxicity Test* Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Toksikan	Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji	Jumlah kematian tumbuhan setelah pemajanan pada jam ke-				
			0	24	48	72	96
Insektisida Sipermetrin	0	10	0	0	0	0	0
	20	10	0	0	0	0	2
	40	10	0	0	0	2	4
	50	10	0	0	3	4	5
	70	10	0	0	4	7	7
	90	10	0	0	10	10	10
Insektisida Lamda Sihalotrin	0	10	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	2	2
	4	10	0	0	0	3	4
	5	10	0	0	1	3	5
	7	10	0	0	2	4	6
	9	10	0	0	3	8	10

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4. 7 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu



Gambar 4. 8 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada biota uji tumbuhan kayu apu dengan pemajanan insektisida sipermetrin selama 96 jam telah mematikan biota uji sebanyak % pada konsentrasi 20 mg/L, % pada konsentrasi 40 mg/L, % pada konsentrasi 50 mg/L, % pada konsentrasi 70 mg/L dan % pada konsentrasi 90 mg/L. Sedangkan pada saat pemajanan insektisida lamda sihalotrin telah mematikan tumbuhan kayu apu sebanyak 20% pada konsentrasi 2 mg/L, 40% pada konsentrasi 4 mg/L, 50% pada konsentrasi 5 mg/L, 60% pada konsentrasi 7 mg/L dan 100% pada konsentrasi 9 mg/L. Kematian tumbuhan kayu apu ditandai dengan daun yang mulai menguning kecoklatan serta rontok. Insektisida yang masuk pada tumbuhan akan diserap oleh akar menuju jaringan tumbuhan seperti daun. Nantinya di daun akan terakumulasi dengan penyerapan gizi sehingga nutrisi pada daun kurang mampu mencapai struktur daun yang halus. Hal inilah yang mengakibatkan daun berwarna coklat dan sangat rapuh. Berikut ini adalah hasil pengamatan parameter selama pengujian berlangsung:

- pH = 7,22– 7,43
- Suhu = 29,5^oC -30^oC

Dapat diketahui bahwa parameter diatas menunjukkan kondisi lingkungan tumbuhan kayu apu selama pemajanan toksikan berlangsung masih dalam kondisi tumbuhan kayu apu dapat bertahan hidup.

Kriteria air yang cocok untuk tempat tinggal tumbuhan ini adalah adanya unsur hara yang tinggi, suhu yang optimum yaitu berkisar antara 6° – 33° C serta pH antara 6,5 – 7,5. Dapat diamati bahwa semakin besar konsentrasi toksikan yang dipajankan semakin kecil pula pH yang dihasilkan. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor dari insektisida itu sendiri yang bersifat asam. Selama proses pengujian berlangsung, kisaran pH dan suhu yang didapat pada saat pengujian masih dalam kondisi tumbuhan kayu apu dapat bertahan hidup. al ini mengindikasikan bahwa kematian biota uji benar-benar karena paparan toksikan.

4.5 Perhitungan LC₅₀

Metode yang digunakan dalam menentukan nilai LC₅₀ ini menggunakan metode *Lithfield-Wilcoxon*, dikarenakan metode ini memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC₅₀.

4.5.1 Perhitungan LC₅₀ Ikan Guppy

Data yang diperoleh pada tahap Acute Toxicity Test, kemudian dilakukan perhitungan LC₅₀ dengan metode Lithfield-Wilcoxon. Perhitungan LC₅₀ pada biota uji dapat dihitung melalui beberapa tahapan antara lain sebagai berikut:

1. Menghitung prosentase proporsi kematian ikan guppy dengan rumus berikut:

$$R = \frac{\Sigma \text{mortalitas}}{\Sigma \text{biota}} \times 100\%$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan LC₅₀ ikan guppy dengan toksikan insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin berturut-turut adalah :

Data yang diperoleh:

- Insektisida sipermetrin

Konsentrasi	= 0,2 mg/L
Jumlah mortalitas	= 3 ekor
Jumlah biota	= 10 ekor

$$R = \frac{3}{10} \times 100\% = 30\%$$
- Insektisida lamda sihalotrin

Konsentrasi	= 0,02 mg/L
Jumlah mortalitas	= 2 ekor
Jumlah biota	= 10 ekor

$$R = \frac{2}{10} \times 100\% = 20\%$$

Untuk perhitungan prosentase kematian pada biota uji ikan guppy terhadap pemajanan toksikan dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 berikut ini:

Tabel 4. 14 Data Mortalitas dan Proporsi Respon Ikan Guppy Terhadap Paparan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)
0	10	0	0
0.2	10	3	30
0.4	10	4	40
0.5	10	6	60
0.7	10	7	70
0.9	10	10	100

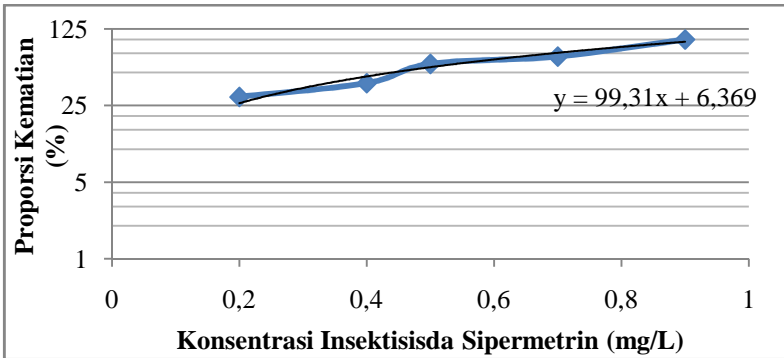
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 15 Data Mortalitas dan Proporsi Respon Ikan Guppy Terhadap Paparan Insektisida Lamda Sihalotrin

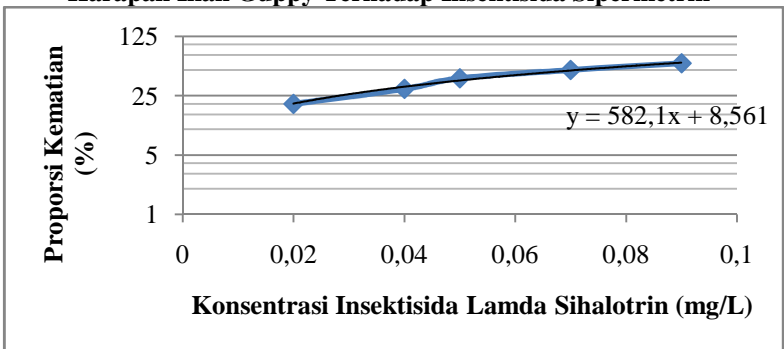
Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)
0	10	0	0
0.02	10	2	20
0.04	10	3	30
0.05	10	4	40
0.07	10	5	50
0.09	10	6	60

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Memasukkan data proporsi prosentase kematian dan data dari konsentrasi masing-masing toksikan ke dalam grafik log-log. Dari grafik log-log tersebut, akan didapatkan persamaan dan garis korelasi yang nantinya menunjukkan garis proporsi respon harapan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 berikut ini:



Gambar 4. 9 Grafik Log-log Korelasi Konsentrasi dan Proporsi Harapan Ikan Guppy Terhadap Insektisida Sipermetrin



Gambar 4. 10 Grafik Log-log Korelasi Konsentrasi dan Proporsi Harapan Ikan Guppy Terhadap Insektisida Lamda Sihalotrin

3. Mengidentifikasi besarnya efek terhadap biota uji akibat paparan toksikan pada tiap konsentrasi. Hasil dari perhitungan ini disebut sebagai hasil proporsi respon harapan (RH). Cara menghitung proporsi respon harapan adalah dengan memasukkan konsentrasi tiap toksikan sebagai x ke dalam persamaan yang telah didapat pada grafik log-log konsentrasi dan proporsi harapan sebelumnya. Hasil yang didapat nantinya sebagai y . Contoh perhitungan pada masing-masing toksikan adalah sebagai berikut:

- Insektisida Sipermetrin
Konsentrasi = 0,2 mg/L, maka persamaan yang didapat adalah:

$$y = 99,315x + 6,3699$$

$$= 99,315 (0,2) + 6,3699$$

$$y = 26$$
- Insektisida Lamda Sihalotrin
Konsentrasi = 0,02 mg/L, maka persamaan yang didapat adalah:

$$y = 582,19x + 8,5616$$

$$= 582,19 (0,02) + 8,5616$$

$$y = 20$$

Untuk hasil selengkapnya pada masing-masing toksikan, dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.18.

4. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
5. Menghitung nilai Chi^2 pada tiap konsentrasi dengan menggunakan bantuan nomograf Chi^2 . Contohnya adalah seperti berikut ini:
- Insektisida Sipermetrin
Untuk konsentrasi 0,2 mg/L, dengan RH 26 dan R-RH sebesar 4 maka nilai Chi^2 yang didapatkan sebesar 0.007.

- Insektisida Lamda Sihalotrin
Untuk konsentrasi 0,02 mg/L, dengan RH 20 dan R-RH sebesar 0 maka nilai Chi^2 yang didapatkan sebesar 0.

Hasil perhitungan Chi^2 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

6. Menghitung Chi^2 perhitungan tiap konsentrasi dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = \sum \text{Chi}^2 \times \left(\frac{\sum \text{biota uji}}{\sum \text{toksikan}} \right)$$

Tabel 4. 16 Data Chi^2 Ikan Guppy Terhadap Paparan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Σ Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)	Proporsi Respon Harapan (RH)	(R-RH)	Chi^2
0.2	10	3	30	26	4	0.007
0.4	10	4	40	46	6	0.04
0.5	10	6	60	56	4	0.006
0.7	10	7	70	76	6	0.2
0.9	10	10	100	96	4	0.4
Σ variasi konsentrasi = 5	Σ biota uji = 50	$\Sigma \text{Chi}^2 =$				0,653

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Chi}^2 \text{ perhitungan} &= \sum \text{Chi}^2 \times \left(\frac{\sum \text{biota uji}}{\sum \text{toksikan}} \right) \\ &= 0,653 \times \frac{50}{5} \\ &= 6,53 \end{aligned}$$

Tabel 4. 17 Data Chi² Ikan Guppy Terhadap Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikant (mg/L)	∑ Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)	Proporsi Respon Harapan (RH)	(R-RH)	Chi ²
0.02	10	2	20	20	0	0
0.04	10	3	30	32	2	0.0018
0.05	10	4	40	38	2	0.0016
0.07	10	5	50	49	1	0.001
0.09	10	6	60	61	1	0.001
∑ variasi konsentrasi = 5	∑ biota uji = 50	∑ Chi ² =				0.0054

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Chi}^2 \text{ perhitungan} &= \sum \text{Chi}^2 \times \left(\frac{\sum \text{biota uji}}{\sum \text{toksikant}} \right) \\
 &= 0,0054 \times \frac{50}{5} \\
 &= 0,054
 \end{aligned}$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh nilai Chi² (95%) yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil dari Chi² perhitungan. Tingkat kebebasan (N) dapat dihitung berdasarkan jumlah variasi konsentrasi yang digunakan pada saat pengujian. Berikut ini adalah contoh perhitungan tingkat kebebasan (N) :

$$N = \text{Jumlah variasi konsentrasi (K)} - 2$$

$$N = 5 - 2$$

$$N = 3$$

Tabel 4. 18 Nilai χ^2 untuk Batas Kepercayaan 95%

Tingkat Kebebasan (N)	χ^2 (95%)
1	3,84
2	5,99
3	7,82
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

Sumber: Mangkoedihardjo, 1999

Dengan tingkat kebebasan (N) sebesar 3, maka diperoleh nilai χ^2 (95%) sebesar 7,82. Setelah diketahui nilai χ^2 (95%), namun masih ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti berikut ini:

- Apabila hasil dari χ^2 perhitungan $<$ χ^2 (95%), maka garis korelasi konsentrasi toksikan harapan dapat diterima untuk perhitungan LC_{50} selanjutnya.
- Apabila hasil dari χ^2 perhitungan $<$ χ^2 (95%) tidak terpenuhi, maka perlu dicoba kembali hingga perhitungan yang dihasilkan terpenuhi.
- Apabila terjadi banyak pengulangan semasa perhitungan, maka uji toksisitas perlu dilakukan pengulangan kembali.

Untuk biota uji ikan guppy, hasil yang diperoleh pada masing masing toksikan adalah sebagai berikut :

- Insektisida Sipermetrin
Chi2 perhitungan (6,53) < (95%)
(7,82)
- Insektisida Lamda Sihalotrin
Chi2 perhitungan (0,054) < (95%)
(7,82)

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka garis proporsi respon harapan dapat diterima untuk perhitungan LC_{50} selanjutnya.

8. Menghitung LC_{50} 96 jam dengan batas-batas kepercayaan 95% berdasarkan korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima. Persamaan garis korelasi nantinya akan menghasilkan LC_{45} , LC_{50} dan LC_{55} . Nilai LC ini nantinya sebagai fungsi y yang akan dimasukkan ke dalam persamaan garis proporsi respon harapan. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada ikan guppy :

➤ Insektisida Sipermetrin

$$y = 99.315x + 6.3699$$

$$50 = 99.315x + 6.3699$$

$$x = 0,4393$$

Kemudian didapatkan nilai LC_{45} , LC_{50} dan

LC_{55} antara lain sebagai berikut:

$$LC_{45} = 0,389$$

$$LC_{50} = 0,4393$$

$$LC_{55} = 0,4897$$

- Menentukan kemiringan garis konsentrasi proporsi harapan dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \left(\frac{LC_{55}}{LC_{50}} + \frac{LC_{50}}{LC_{45}} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = \left(\frac{0,4897}{0,4393} + \frac{0,4393}{0,389} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = 1,122$$

- Menghitung faktor LC_{50} dengan persamaan berikut :

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{(N)^{0,5}}\right)}$$

$$= 1,122^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}}\right)} = 1,0739$$

- Menentukan batas-batas kepercayaan 95% LC_{50}

$$\begin{aligned} \text{Batas atas} &= LC_{50} \times f \\ &= 0,4393 \times 1,0379 \\ &= 0,4718 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= LC_{50} : f \\ &= 0,4393 : 1,0379 \\ &= 0,4091 \end{aligned}$$

➤ Insektida Lamda Sihalotrin

$$y = 582.19x + 8.5616$$

$$50 = 582.19x + 8.5616$$

$$x = 0,07118$$

Kemudian didapatkan nilai LC_{45} , LC_{50} dan LC_{55} antara lain sebagai berikut:

$$LC_{45} = 0,06259$$

$$LC_{50} = 0,07118$$

$$LC_{55} = 0,07977$$

- Menentukan kemiringan garis konsentrasi proporsi harapan dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \left(\frac{LC_{55}}{LC_{50}} + \frac{LC_{50}}{LC_{45}} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = \left(\frac{0,07977}{0,07118} + \frac{0,07118}{0,06259} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = 1,12894$$

- Menghitung faktor LC_{50} dengan persamaan berikut :

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{(N)^{0,5}}\right)}$$

$$= 1,12894^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}}\right)} = 1,07801$$

- Menentukan batas-batas kepercayaan 95% LC_{50}

$$\begin{aligned} \text{Batas atas} &= LC_{50} \times f \\ &= 0,07118 \times 1,07801 \\ &= 0,07673 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= LC_{50} : f \\ &= 0,07118 : 1,07801 \\ &= 0,06603 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan hasil LC_{50} toksikan insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin pada ikan guppy adalah :

- Nilai LC_{50} , 96 jam ikan guppy terhadap pajanan insektisida sipermetrin adalah 0,4393 mg/L
- Nilai LC_{50} , 96 jam ikan guppy terhadap pajanan insektisida lamda sihalotrin 0,07673 mg/L.

4.5.2 Perhitungan LC_{50} Tumbuhan Kayu Apu

Perhitungan LC_{50} pada tumbuhan kayu apu dapat dihitung melalui beberapa tahapan antara lain sebagai berikut ini:

1. Menghitung prosentase proporsi kematian tumbuhan kayu apu dengan rumus berikut:

$$R = \frac{\sum \text{mortalitas}}{\sum \text{biota}} \times 100\%$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan LC_{50} tumbuhan kayu apu dengan toksikan insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin berturut-turut adalah :

Data yang diperoleh:

- Insektisida sipermetrin
 Konsentrasi = 20 mg/L
 Jumlah mortalitas = 2 tumbuhan
 Jumlah biota = 10 tumbuhan

$$R = \frac{2}{10} \times 100\% = 20\%$$
- Insektisida lamda sihalotrin
 Konsentrasi = 2 mg/L
 Jumlah mortalitas = 2 tumbuhan
 Jumlah biota = 10 tumbuhan

$$R = \frac{2}{10} \times 100\% = 20\%$$

Untuk perhitungan prosentase kematian pada biota uji tumbuhan kayu apu terhadap pemajanan toksikan dapat dilihat pada Tabel 4.19-4.20 berikut ini. :

Tabel 4. 19 Data Mortalitas dan Proporsi Respon Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)
0	10	0	0
20	10	2	20
40	10	4	40
50	10	5	50
70	10	7	70
90	10	10	100

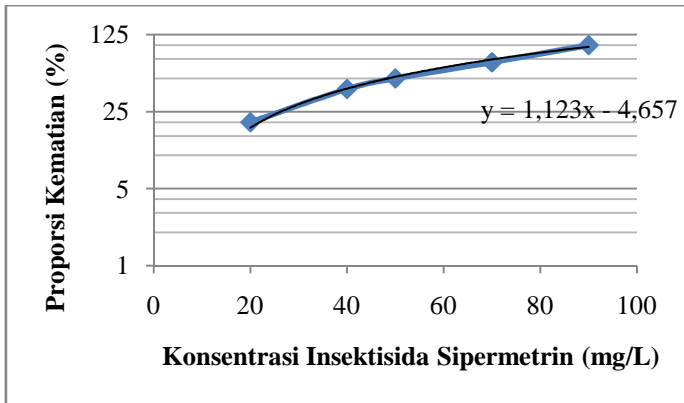
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 20 Data Mortalitas dan Proporsi Respon Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Paparan Insektisida Lamda Sihalotrin

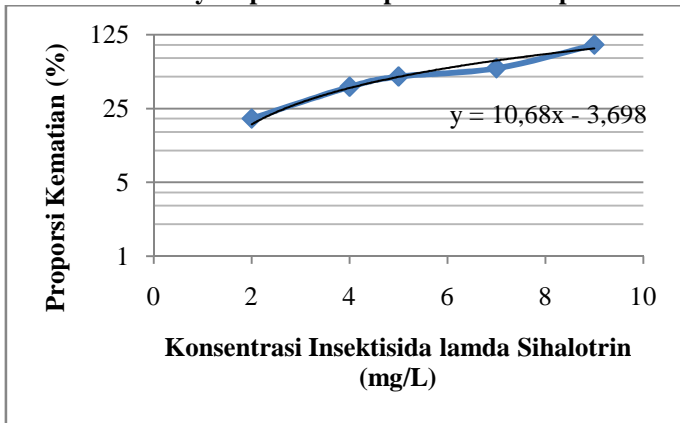
Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)
0	10	0	0
2	10	2	20
4	10	4	40
5	10	5	50
7	10	7	70
9	10	10	100

Sumber : Hasil Perhitungan

- Memasukkan data proporsi prosentase kematian dan data dari konsentrasi masing-masing toksikan ke dalam grafik log-log. Dari grafik log-log tersebut, akan didapatkan persamaan dan garis korelasi yang nantinya menunjukkan garis proporsi respon harapan. Garis respon harapan merupakan garis yang menunjukkan efek negatif terhadap biota uji akibat paparan toksikan pada konsentrasi tertentu. Untuk hasil selengkapnya, grafik log-log korelasi konsentrasi dan proporsi harapan tumbuhan kayu apu terhadap insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 berikut ini:



Gambar 4. 11 Grafik Log-log Korelasi Konsentrasi dan Proporsi Harapan Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Insektisida Sipermetrin



Gambar 4. 12 Grafik Log-log Korelasi Konsentrasi dan Proporsi Harapan Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Insektisida Lamda Sihalotrin

3. Mengidentifikasi besarnya efek terhadap biota uji akibat pajanan toksikan pada tiap konsentrasi. Hasil dari perhitungan ini disebut sebagai hasil proporsi respon harapan (RH). Cara menghitung proporsi respon harapan

adalah dengan memasukkan konsentrasi tiap toksikan sebagai x ke dalam persamaan yang telah didapat pada grafik log-log konsentrasi dan proporsi harapan sebelumnya. Hasil yang didapat nantinya sebagai y . Contoh perhitungan pada masing-masing toksikan adalah sebagai berikut:

- Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi = 20 mg/L, maka persamaan yang didapat adalah:

$$\begin{aligned} y &= 1.1233x - 4.6575 \\ &= 1,1233 (20) - 4,6575 \\ y &= 18 \end{aligned}$$

- Insektisida Lamda Sihalotrin

$$\begin{aligned} y &= 10.685x - 3.6986 \\ &= 10.685 (2) - 3.6986 \\ y &= 18 \end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya pada masing-masing toksikan, dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Tabel 4.22.

4. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
5. Menghitung nilai Chi^2 pada tiap konsentrasi dengan menggunakan bantuan nomograf Chi^2 .

Contoh :

- Insektisida Sipermetrin

Untuk konsentrasi 20 mg/L, dengan RH 18 dan R-RH sebesar 2 maka nilai Chi^2 yang didapatkan sebesar 0.0025.

- Insektisida Lamda Sihalotrin

Untuk konsentrasi 0,02 mg/L, dengan RH 18 dan R-RH sebesar 2 maka nilai Chi^2 yang didapatkan sebesar 0.0025.

Hasil perhitungan Chi^2 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.21 sampai Tabel 4.22.

6. Menghitung Chi² perhitungan tiap konsentrasi dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = \sum \text{Chi}^2 \times \left(\frac{\sum \text{biota uji}}{\sum \text{toksikan}} \right)$$

Tabel 4. 21 Data Chi² Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	∑ Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)	Proporsi Respon Harapan (RH)	(R-RH)	Chi ²
20	10	2	20	18	2	0.0025
40	10	4	40	40	0	0
50	10	5	50	52	2	0.0015
70	10	7	70	74	4	0.08
90	10	10	100	96	4	0.4
∑ variasi konsentrasi = 5	∑ biota uji = 50	∑ Chi ² =				0,484

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = \sum \text{Chi}^2 \times \left(\frac{\sum \text{biota uji}}{\sum \text{toksikan}} \right)$$

$$= 0,484 \times \frac{50}{5}$$

$$= 4,84$$

Tabel 4. 22 Data Chi² Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	\sum Biota Uji	Mortalitas Biota Uji	Proporsi Kematian (%)	Proporsi Respon Harapan (RH)	(R- RH)	Chi2
2	10	2	20	18	2	0.0025
4	10	4	40	40	0	0
5	10	5	50	50	0	0
7	10	6	60	71	11	0.3
9	10	10	100	93	7	0.3
\sum variasi konsentrasi = 5	\sum biota uji = 50	\sum Chi ² =				0.6025

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Chi2 perhitungan} &= \sum \text{Chi}^2 \times \left(\frac{\sum \text{biota uji}}{\sum \text{toksikan}} \right) \\
 &= 0,6025 \times \frac{50}{5} \\
 &= 6,025
 \end{aligned}$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh nilai Chi² (95%) yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil dari Chi² perhitungan. Tingkat kebebasan (N) dapat dihitung berdasarkan jumlah variasi konsentrasi yang digunakan pada saat pengujian. Berikut ini adalah contoh perhitungan tingkat kebebasan (N) :

$$N = \text{Jumlah variasi konsentrasi (K)} - 2$$

$$N = 5 - 2$$

$$N = 3$$

Dengan tingkat kebebasan (N) sebesar 3, maka diperoleh nilai χ^2 (95%) sebesar 7,82. Setelah diketahui nilai χ^2 (95%), namun masih ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti berikut ini:

- Apabila hasil dari χ^2 perhitungan $< \chi^2$ (95%), maka garis korelasi konsentrasi toksikan harapan dapat diterima untuk perhitungan LC_{50} selanjutnya.
- Apabila hasil dari χ^2 perhitungan $< \chi^2$ (95%) tidak terpenuhi, maka perlu dicoba kembali hingga perhitungan yang dihasilkan terpenuhi.
- Apabila terjadi banyak pengulangan semasa perhitungan, maka uji toksisitas perlu dilakukan pengulangan kembali.

Untuk biota uji tumbuhan kayu apu, hasil yang diperoleh pada masing masing toksikan adalah sebagai berikut :

- Insektisida Sipermetrin
 χ^2 perhitungan (4,84) $<$ (95%)
(7,82)
- Insektisida Lamda Sihalotrin
 χ^2 perhitungan (6,025) $<$ (95%)
(7,82)

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka garis proporsi respon harapan toksikan terhadap biota uji tumbuhan kayu apu dapat diterima untuk perhitungan LC_{50} selanjutnya.

8. Menghitung LC_{50} 96 jam dengan batas-batas kepercayaan 95% berdasarkan korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima. Persamaan garis korelasi nantinya akan menghasilkan LC_{45} , LC_{50} dan LC_{55} . Nilai LC ini nantinya sebagai fungsi y yang akan dimasukkan ke dalam persamaan garis proporsi respon harapan. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada kayu apu :

➤ Insektida Sipermetrin

$$y = 1,1233x - 4,6575$$

$$50 = 1,1233x - 4,6575$$

$$x = 48,658$$

Kemudian didapatkan nilai LC_{45} , LC_{50} dan LC_{55} antara lain sebagai berikut:

$$LC_{45} = 44,207$$

$$LC_{50} = 48,658$$

$$LC_{55} = 53,109$$

- Menentukan kemiringan garis konsentrasi proporsi harapan dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \left(\frac{LC_{55}}{LC_{50}} + \frac{LC_{50}}{LC_{45}} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = \left(\frac{53,109}{48,658} + \frac{48,658}{44,207} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = 1,0961$$

- Menghitung faktor LC_{50} dengan persamaan berikut :

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{(N)^{0,5}} \right)}$$

$$= 1,0961^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}} \right)}$$

$$= 1,0585$$

- Menentukan batas-batas kepercayaan 95% LC_{50}

$$\begin{aligned} \text{Batas atas} &= LC_{50} \times f \\ &= 48,658 \times 1,0585 \\ &= 51,503 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= LC_{50} : f \\ &= 48,658 : 1,0585 \end{aligned}$$

$$= 45,97$$

➤ Insektida Lamda Sihalotrin

$$y = 10,585x - 3,6986$$

$$50 = 10,585x - 3,6986$$

$$x = 5,0237$$

Kemudian didapatkan nilai LC_{45} , LC_{50} dan LC_{55} antara lain sebagai berikut:

$$LC_{45} = 4,556$$

$$LC_{50} = 5,0237$$

$$LC_{55} = 5,4915$$

- Menentukan kemiringan garis konsentrasi proporsi harapan dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \left(\frac{LC_{55}}{LC_{50}} + \frac{LC_{50}}{LC_{45}} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = \left(\frac{5,4915}{5,0237} + \frac{5,0237}{4,556} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$S = 1,0979$$

- Menghitung faktor LC_{50} dengan persamaan berikut :

$$f = S^{\left(\frac{2,77}{(N)^{0,5}} \right)}$$

$$= 1,0979^{\left(\frac{2,77}{20^{0,5}} \right)}$$

$$= 1,0596$$

- Menentukan batas-batas kepercayaan 95%

$$LC_{50}$$

Batas atas

$$= LC_{50} \times f$$

$$= 5,0237 \times 1,0596$$

$$= 5,3229$$

$$\begin{aligned}\text{Batas bawah} &= LC_{50} : f \\ &= 5,0237 : 1,0596 \\ &= 4,7414\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan hasil LC_{50} toksikan insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin pada tumbuhan kayu apu adalah :

- Nilai LC_{50} , 96 jam tumbuhan kayu apu terhadap pajanan insektisida sipermetrin adalah 48,658 mg/L.
- Nilai LC_{50} , 96 jam tumbuhan kayu apu terhadap pajanan insektisida lamda sihalotrin adalah 5,0237 mg/L.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Uji toksisitas akut insektisida sipermetrin dan lamda sihalotrin terhadap biota uji ikan guppy dan tumbuhan kayu apu antara lain adalah:
 - Nilai *Lethal Concentration-50* insektisida sipermetrin terhadap biota uji ikan guppy adalah 0,4393 mg/L .
 - Nilai *Lethal Concentration-50* insektisida lamda sihalotrin terhadap biota uji ikan guppy adalah 0,07118 mg/L.
 - Nilai *Lethal Concentration-50* insektisida sipermetrin terhadap biota uji tumbuhan kayu apu adalah 48,658 mg/L.
 - Nilai *Lethal Concentration-50* insektisida lamda sihalotrin terhadap biota uji tumbuhan kayu apu adalah 5,0237 mg/L.
2. Insektisida lamda sihalotrin lebih bersifat toksik terhadap ikan guppy dan tumbuhan kayu apu dibandingkan dengan insektisida sipermetrin.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Melakukan penelitian lebih lanjut untuk organ biota uji seperti kerusakan pada insang, dan lain sebagainya.
- Melakukan penelitian dengan menggunakan biota uji yang berbeda agar dapat diketahui tingkat toksisitasnya dan dapat dikendalikan penggunaannya.

- Melakukan penelitian dengan menggunakan jenis insektisida yang berbeda agar dapat diketahui tingkat toksisitasnya dan dapat dikendalikan penggunaannya

LAMPIRAN A DATA AKLIMATISASI

A.1 Aklimatisasi *Range Finding Test*

Tabel A.1 Aklimatisasi *Range Finding Test* Pada Ikan Guppy

Parameter	Satuan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,21	7,32	7,53	7,51	7,42	7,38	7,46
DO	mg/L	5,88			6,12			6,01
Suhu		29,7	29	30	28,8	29	29	29,2
Kumulatif kematian Ikan	ekor	2	2	2	2	2	3	3
% Kematian Ikan	%	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	2	2

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel A.2 Aklimatisasi *Range Finding Test* Pada Tumbuhan Kayu Apu

Parameter	Satuan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,02	7,23	7,28	7,42	7,37	7,19	7,23
Suhu		28	28	29	30	29	28	29
Kumulatif kematian tumbuhan	tumbuhan	0	0	0	0	0	0	0
% Kematian Ikan	%	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Penelitian

A.2 Aklimatisasi *Acute Toxicity Test* 1

Tabel A.3 Aklimatisasi *Acute Toxicity Test* Pada Ikan Guppy

Parameter	Satuan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,47	7,44	7,38	7,46	7,43	7,38	7,35
DO	mg/L	5,48			5,44			5,59
Suhu		29	29	29	29	30	29	29
Kumulatif kematian Ikan	ekor	1	1	1	3	3	3	6
% Kematikan Ikan	%	0,6	0,6	0,6	2	2	2	4

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel A.4 Aklimatisasi *Acute Toxicity Test* Pada Tumbuhan Kayu Apu

Parameter	Satuan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,49	7,49	7,47	7,46	7,43	7,42	7,47
Suhu		30	30	29	30	29	29	28,5
Kumulatif kematian tumbuhan	tumbuhan	0	0	0	0	1	1	3
% Kematian Ikan	%	0	0	0	0	0,6	0,6	2

Sumber: Hasil Penelitian

A.3 AKLIMATISASI ACUTE TOXICITY TEST 2

Tabel A.5 Aklimatisasi Acute Toxicity Test 2 Pada Ikan Guppy

Parameter	Satuan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,5	7,47	7,37	7,45	7,42	7,33	7,48
DO	mg/L	5,86			5,64			5,68
Suhu		29,7	29,2	28,9	29,4	29,4	29	29,5
Kumulatif kematian Ikan	ekor	0	0	1	1	1	3	3
% Kematian Ikan	%	0	0	0,7	0,7	0,7	2	2

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel A.6 Aklimatisasi Acute Toxicity Test 2 Pada Tumbuhan Kayu Apu

Parameter	Satuan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7.57	7.49	7.36	7.42	7.34	7.43	7.37
Suhu		29.3	29.4	29.6	29.5	29.4	29	29,3
Kumulatif kematian tumbuhan	tumbuhan	2	2	2	2	2	2	2
% Kematian Ikan	%	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

Sumber: Hasil Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B
DATA UJI RANGE FINDING TEST

Tabel B.1 Akumulasi Kematian Ikan Guppy Terhadap Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji (ekor)	Jumlah kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-				
		0	24	48	72	96
0	10	0	0	0	0	0
0,01	10	0	0	0	0	0
0,1	10	0	0	0	1	1
1	10	0	10	10	10	10
10	10	0	10	10	10	10
100	10	0	10	10	10	10

Sumber Hasil Penelitian

Tabel B.2 Akumulasi Kematian Ikan Guppy Terhadap Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji (ekor)	Jumlah kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-				
		0	24	48	72	96
0	10	0	0	0	0	0
0,01	10	0	0	0	0	2
0,1	10	0	2	3	5	6
1	10	0	4	8	10	10
10	10	0	10	10	10	10
100	10	0	10	10	10	10

Sumber Hasil Penelitian

Tabel B.3 Akumulasi Kematian Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Insektisida Sipermetrin

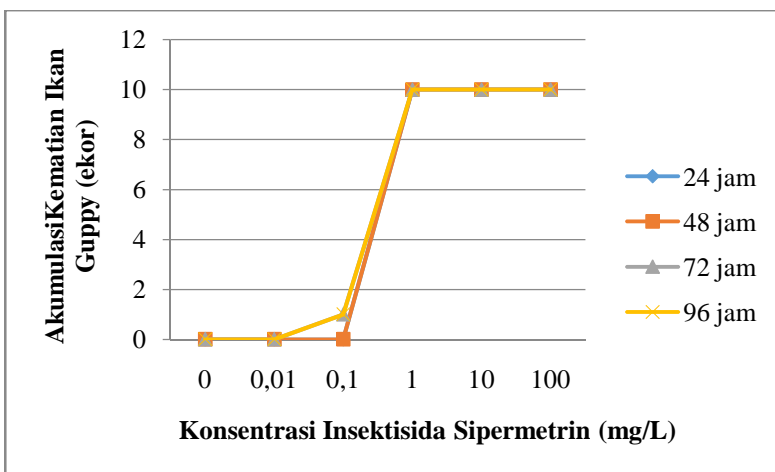
Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji (ekor)	Jumlah kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-				
		0	24	48	72	96
0	10	0	0	0	0	0
0,01	10	0	0	0	0	0
0,1	10	0	0	0	0	0
1	10	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	0
100	10	0	0	10	10	10

Sumber : Hasil Penelitian

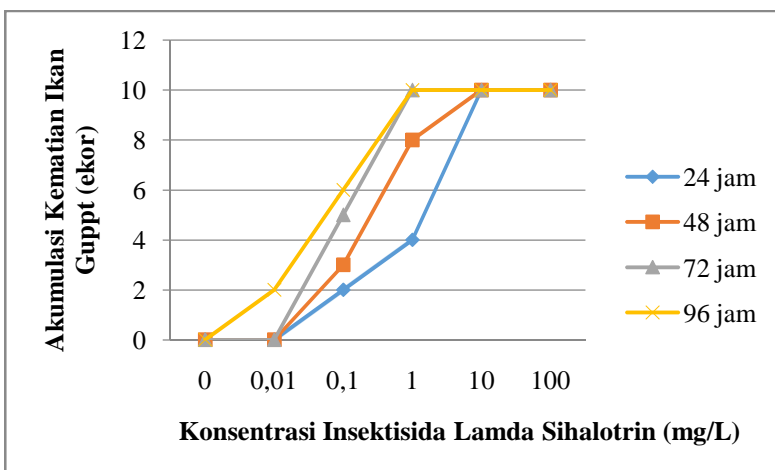
Tabel B.4 Akumulasi Kematian Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Jumlah awal biota uji (ekor)	Jumlah kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-				
		0	24	48	72	96
0	10	0	0	0	0	0
0,01	10	0	0	0	0	0
0,1	10	0	0	0	0	0
1	10	0	0	0	2	2
10	10	0	4	10	10	10
100	10	0	6	10	10	10

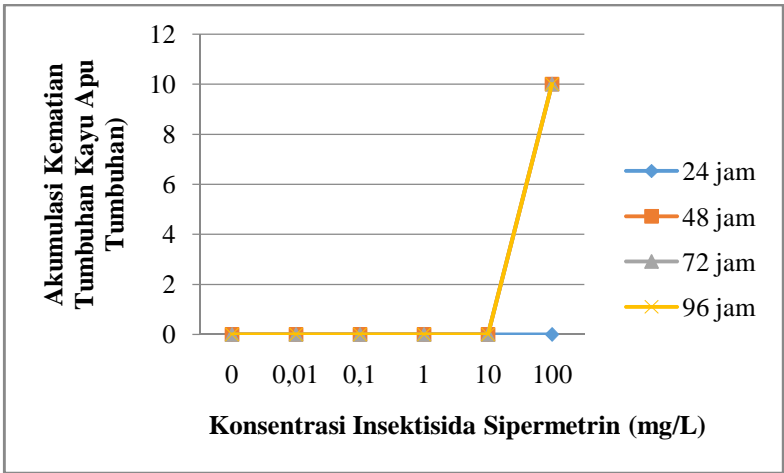
Sumber : Hasil Penelitian



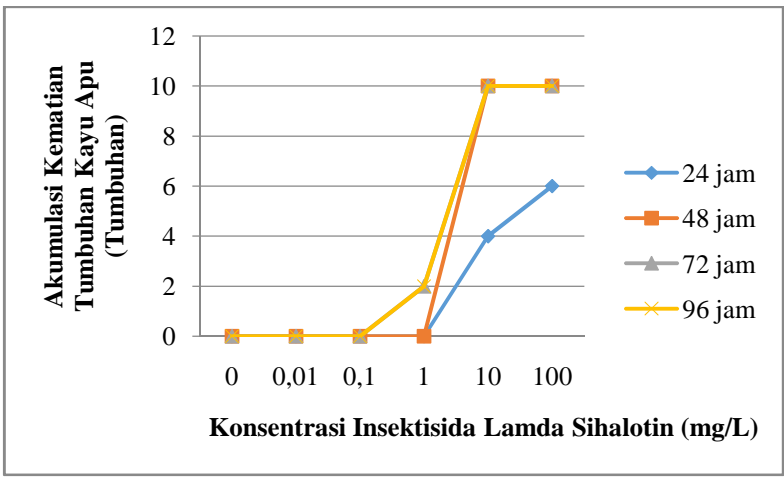
Gambar B.1 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar B.2 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar B.3 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

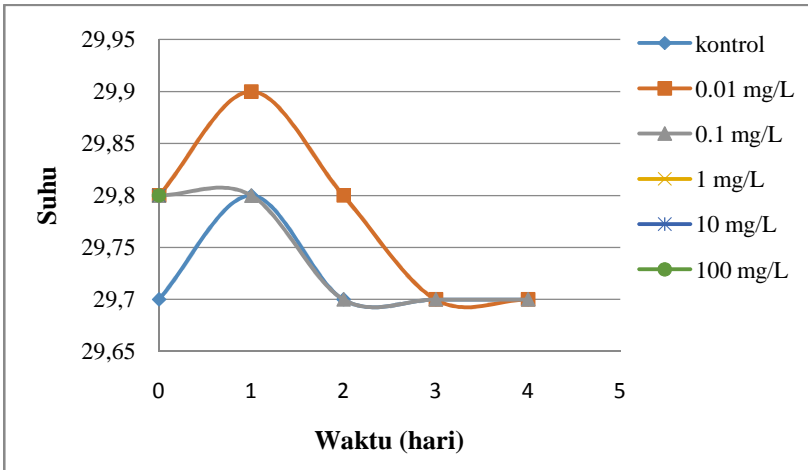


Gambar B.4 Grafik Hasil *Range Finding Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Tabel B.5 Data Suhu Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Suhu setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	29.7	29.8	29.7	29.7	29.7
0.01	29.8	29.9	29.8	29.7	29.7
0.1	29.8	29.8	29.7	29.7	29.7
1	29.8	-	-	-	-
10	29.8	-	-	-	-
100	29.8	-	-	-	-

Sumber : Hasil Penelitian

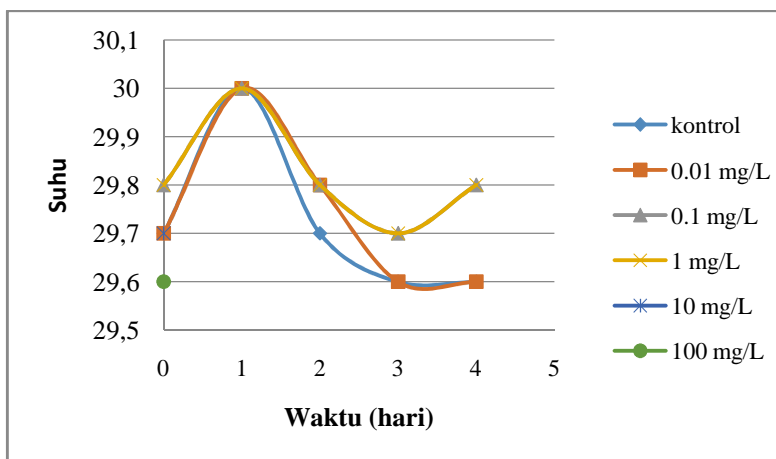


Gambar B.5 Grafik Suhu Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Tabel B.6 Data Suhu *Range Finding Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Suhu setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	29.7	30	29.7	29.6	29.6
0.01	29.7	30	29.8	29.6	29.6
0.1	29.8	30	29.8	29.7	29.8
1	29.7	29.9	29.7	-	-
10	29.7	-	-	-	-
100	29.6	-	-	-	-

Sumber : Hasil Penelitian

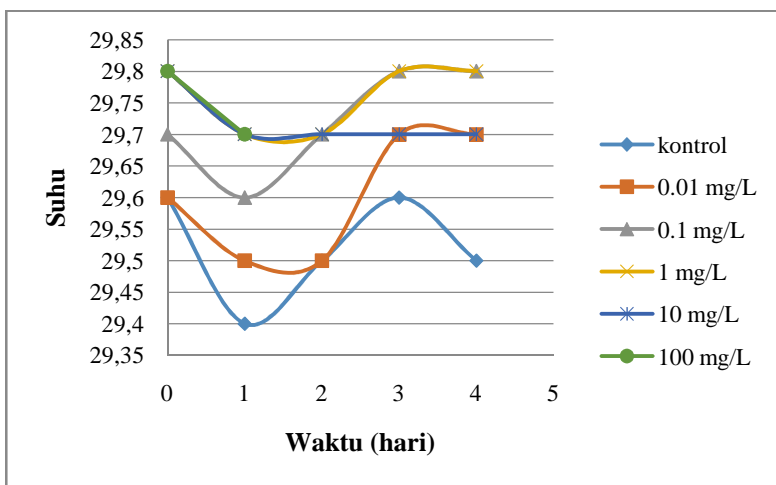


Gambar B.6 Grafik Suhu *Range Finding Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Tabel B.7 Data Suhu *Range Finding Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Suhu setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	29.6	29.4	29.5	29.6	29.5
0.01	29.6	29.5	29.5	29.7	29.7
0.1	29.7	29.6	29.7	29.8	29.8
1	29.8	29.7	29.7	29.8	29.8
10	29.8	29.7	29.7	29.7	29.7
100	29.8	29.7			

Sumber : Hasil Penelitian

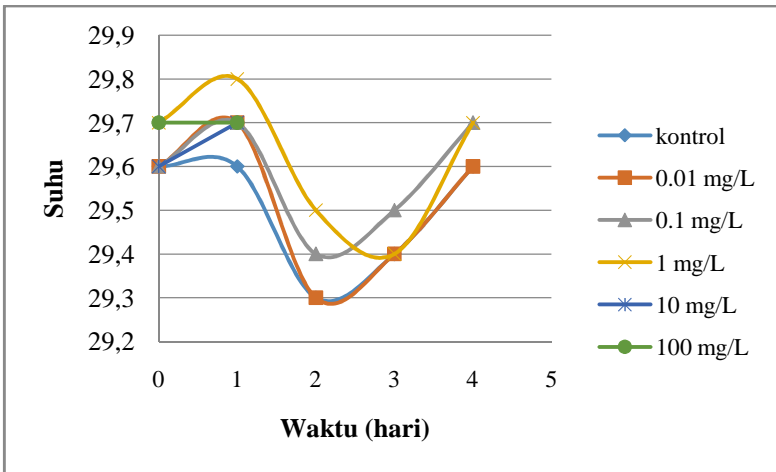


Gambar B.7 Grafik Suhu *Range Finding Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Tabel B.8 Data Suhu *Range Finding Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Paparan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Suhu setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	29.6	29.6	29.3	29.4	29.6
0.01	29.6	29.7	29.3	29.4	29.6
0.1	29.6	29.7	29.4	29.5	29.7
1	29.7	29.8	29.5	29.4	29.7
10	29.6	29.7			
100	29.7	29.7			

Sumber: Hasil Penelitian

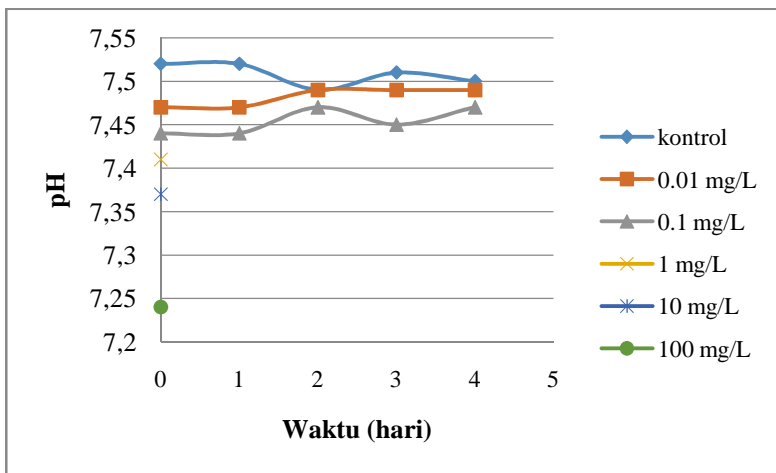


Gambar B.8 Grafik Suhu *Range Finding Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Paparan Insektisida Lamda Sihalotrin

Tabel B.9 Data pH Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	pH setelah pajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	7.52	7.52	7.49	7.51	7.5
0.01	7.47	7.47	7.49	7.49	7.49
0.1	7.44	7.44	7.47	7.45	7.47
1	7.41				
10	7.37				
100	7.24				

Sumber ; Hasil Penelitian

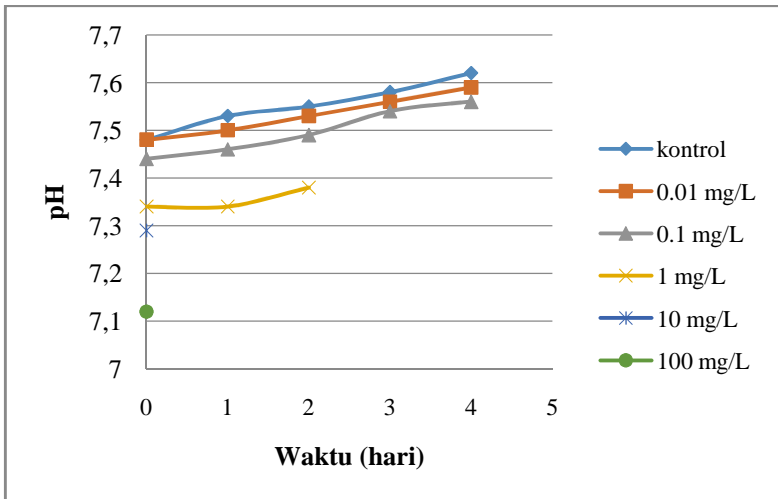


Gambar B.9 Grafik pH Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Tabel B.10 Data pH Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	pH setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	7.48	7.53	7.55	7.58	7.62
0.01	7.48	7.5	7.53	7.56	7.59
0.1	7.44	7.46	7.49	7.54	7.56
1	7.34	7.34	7.38		
10	7.29				
100	7.12				

Sumber ; Hasil Penelitian

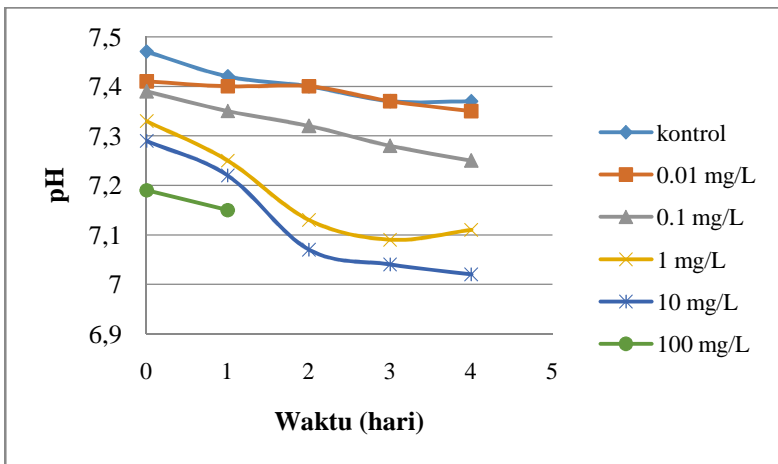


Gambar B.10 Grafik pH Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Tabel B.11 Data pH Range Finding Test Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	pH setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	7.47	7.42	7.4	7.37	7.37
0.01	7.41	7.4	7.4	7.37	7.35
0.1	7.39	7.35	7.32	7.28	7.25
1	7.33	7.25	7.13	7.09	7.11
10	7.29	7.22	7.07	7.04	7.02
100	7.19	7.15			

Sumber : Hasil Penelitian

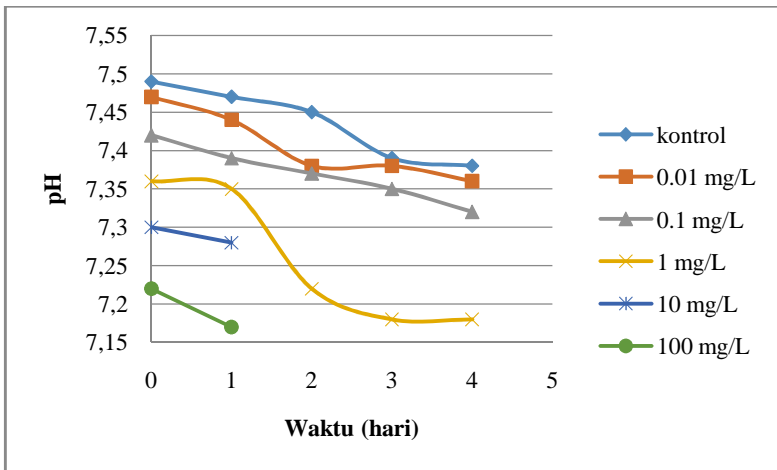


Gambar B.11 Grafik pH Range Finding Test Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Tabel B.12 Data pH Range Finding Test Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	pH setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	7.49	7.47	7.45	7.39	7.38
0.01	7.47	7.44	7.38	7.38	7.36
0.1	7.42	7.39	7.37	7.35	7.32
1	7.36	7.35	7.22	7.18	7.18
10	7.3	7.28			
100	7.22	7.17			

Sumber : Hasil Penelitian

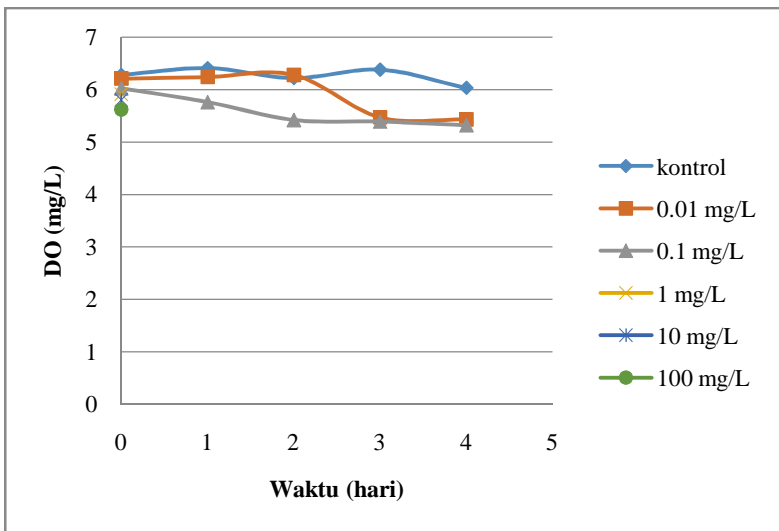


Gambar B.12 Grafik pH Range Finding Test Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Tabel B.13 Data DO *Range Finding Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	DO setelah pemajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	6.28	6.41	6.22	6.38	6.03
0.01	6.21	6.24	6.28	5.47	5.43
0.1	6.02	5.76	5.42	5.39	5.32
1	5.91				
10	5.8				
100	5.62				

Sumber : Hasil Penelitian

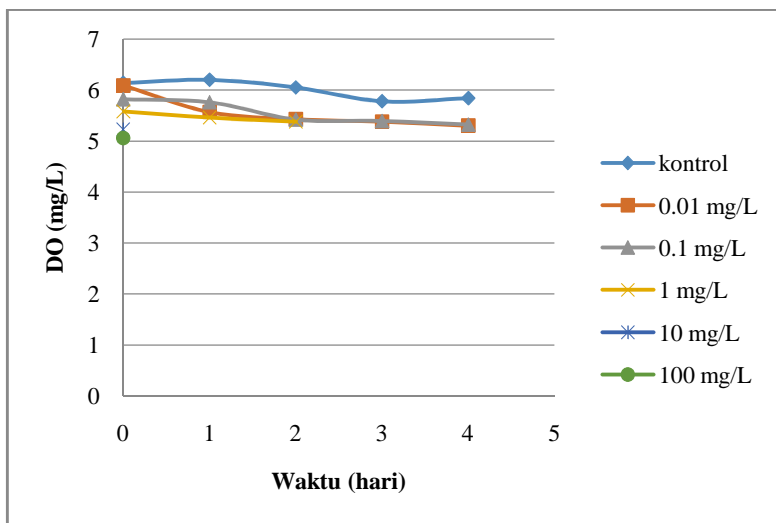


Gambar B.13 Grafik DO *Range Finding Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Tabel B.14 Data DO Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	DO setelah pajanan pada jam ke-				
	0	24	48	72	96
0	6.14	6.2	6.05	5.78	5.84
0.01	6.09	5.57	5.43	5.38	5.3
0.1	5.82	5.76	5.42	5.39	5.32
1	5.58	5.46	5.38		
10	5.23				
100	5.06				

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar B.14 Grafik DO Range Finding Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

LAMPIRAN C DATA UJI AKUT

**Tabel C.1 Akumulasi Kematian Ikan Guppy Terhadap
Insektisida Sipermetrin**

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	Jumlah awal ikan uji (ekor)	Kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-			
			24	48	72	96
0	1	10	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0
	Rata-rata		0	0	0	0
0.2	1	10	0	1	1	3
	2	10	0	0	2	2
	Rata-rata		0	1	2	3
0.4	1	10	2	3	4	4
	2	10	4	4	4	4
	Rata-rata		3	4	4	4
0.5	1	10	4	5	6	6
	2	10	4	5	5	5
	Rata-rata		4	5	6	6
0.7	1	10	5	6	7	7
	2	10	6	6	7	7
	Rata-rata		6	6	7	7
0.9	1	10	9	10	10	10
	2	10	8	9	10	10
	Rata-rata		9	10	10	10

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel C.2 Akumulasi Kematian Ikan Guppy Terhadap Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	Jumlah awal ikan uji (ekor)	Kematian ikan setelah pemajanan pada jam ke-			
			24	48	72	96
0	1	10	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0
	Rata-rata		0	0	0	0
0.02	1	10	0	0	1	2
	2	10	0	1	1	2
	Rata-rata		0	1	1	2
0.04	1	10	0	1	2	3
	2	10	1	2	2	3
	Rata-rata		1	2	2	3
0.05	1	10	1	1	2	3
	2	10	2	2	3	4
	Rata-rata		2	2	2	3
0.07	1	10	3	4	4	5
	2	10	4	5	5	5
	Rata-rata		4	5	5	5
0.09	1	10	4	5	5	5
	2	10	4	5	6	6
	Rata-rata		4	5	6	6

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel C.3 Akumulasi Kematian Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Insektisida Sipermetrin

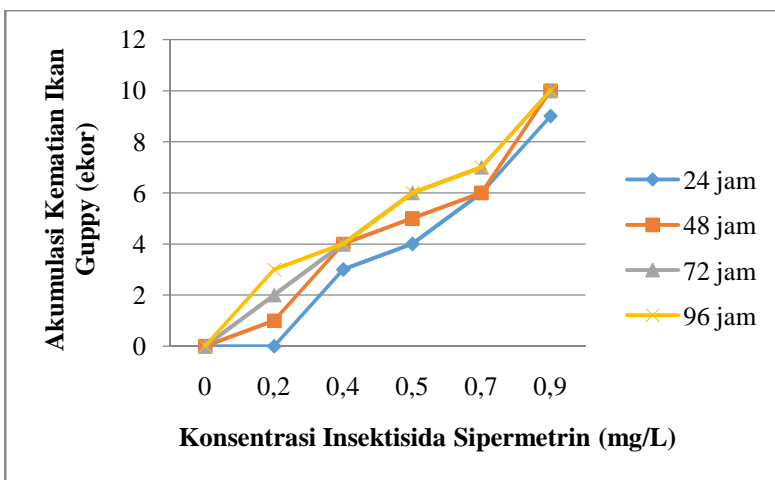
Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	Jumlah awal tumbuhan uji (tumbuhan)	Kematian tumbuhan setelah pemajanan pada jam ke-			
			24	48	72	96
0	1	10	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0
	Rata-rata		0	0	0	0
20	1	10	0	0	0	1
	2	10	0	0	0	2
	Rata-rata		0	0	0	2
40	1	10	0	0	2	3
	2	10	0	0	2	4
	Rata-rata		0	0	2	4
50	1	10	0	3	4	4
	2	10	0	3	4	5
	Rata-rata		0	3	4	5
70	1	10	0	3	6	7
	2	10	0	4	7	7
	Rata-rata		0	4	7	7
90	1	10	0	10	10	10
	2	10	0	10	10	10
	Rata-rata		0	10	10	10

Sumber: Hasil Penelitian

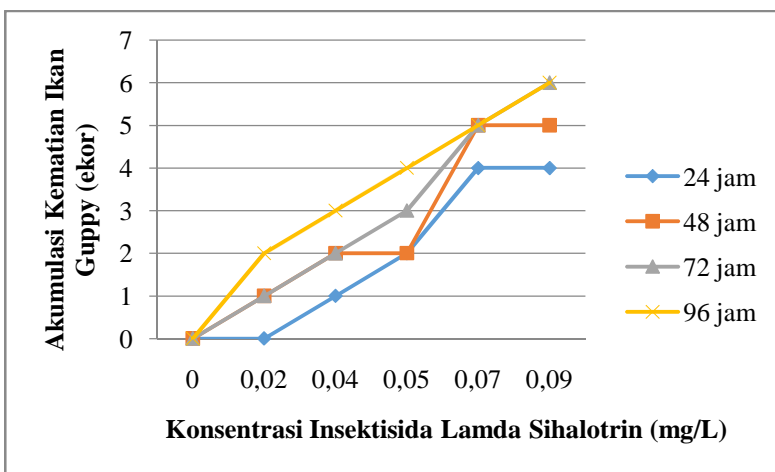
Tabel C.4 Akumulasi Kematian Tumbuhan Kayu Apu Terhadap Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikant (mg/L)	Replikasi	Jumlah awal tumbuhan uji (tumbuhan)	Kematian tumbuhan setelah pemajanan pada jam ke-			
			24	48	72	96
0	1	10	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0
	Rata-rata		0	0	0	0
2	1	10	0	0	2	2
	2	10	0	0	1	2
	Rata-rata		0	0	2	2
4	1	10	0	0	3	4
	2	10	0	0	2	3
	Rata-rata		0	0	3	4
5	1	10	0	1	3	5
	2	10	0	1	2	4
	Rata-rata		0	1	3	5
7	1	10	0	2	5	6
	2	10	0	1	3	6
	Rata-rata		0	2	4	6
9	1	10	0	3	9	10
	2	10	0	3	7	10
	Rata-rata		0	3	8	10

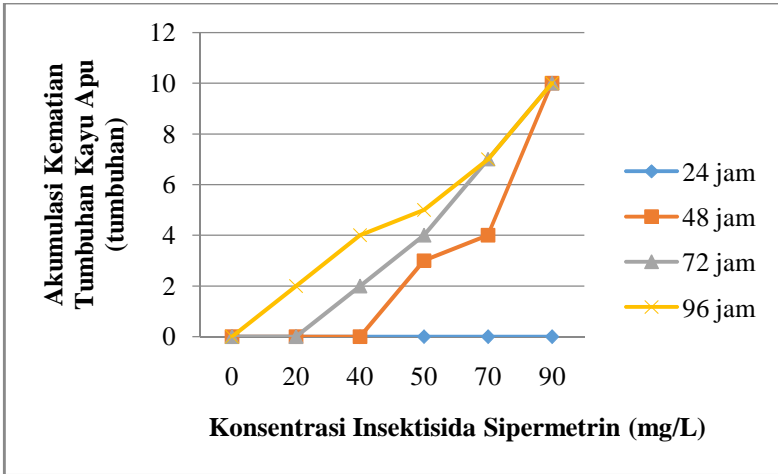
Sumber: Hasil Penelitian



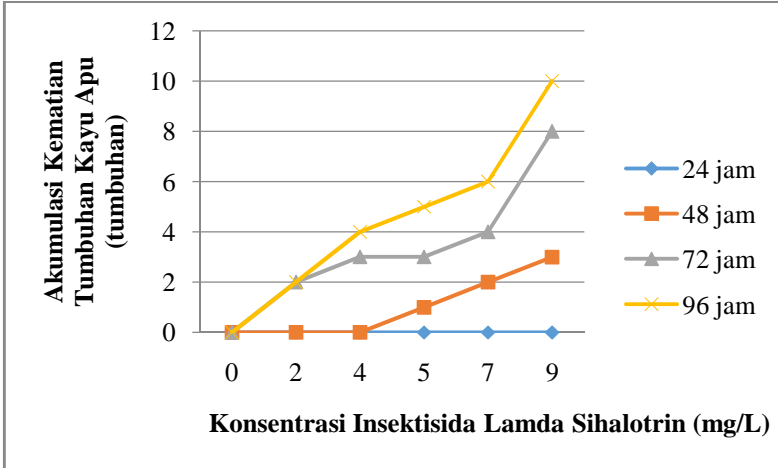
Gambar C.1 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.2 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.3 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu



Gambar C.4 Grafik Hasil *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Tabel C.5 Data Suhu *Acute Toxicity Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	Suhu setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	29.7	29.8	29.7	29.8	29.9
	2	29.8	29.9	29.8	29.6	29.7
	Rata-rata	29.8	29.9	29.8	29.7	29.8
0.2	1	29.7	29.8	29.7	29.6	29.7
	2	29.7	29.8	29.8	29.7	29.7
	Rata-rata	29.7	29.8	29.8	29.7	29.7
0.4	1	29.7	29.7	29.6	29.6	29.8
	2	29.7	29.8	29.8	29.7	29.5
	Rata-rata	29.7	29.8	29.7	29.7	29.7
0.5	1	29.7	29.8	29.6	29.6	30.0
	2	29.7	29.7	29.8	29.8	29.6
	Rata-rata	29.7	29.8	29.7	29.7	29.8
0.7	1	29.6	29.7	29.6	29.7	29.8
	2	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8
	Rata-rata	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8
0.9	1	29.7				
	2	29.8	29.7			
	Rata-rata	29.8	29.7			

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup.

Tabel C.6 Data Suhu *Acute Toxicity Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikant (mg/L)	Replikasi	Suhu setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	29.7	29.8	29.8	29.8	30.0
	2	29.8	29.7	29.8	29.8	29.7
	Rata-rata	29.8	29.8	29.8	29.8	29.9
0.02	1	29.7	29.7	29.8	29.7	29.9
	2	29.8	29.8	29.8	29.8	29.7
	Rata-rata	29.8	29.8	29.8	29.8	29.9
0.04	1	29.7	29.6	29.7	29.7	29.7
	2	29.7	29.7	29.8	29.8	29.8
	Rata-rata	29.7	29.7	29.8	29.8	29.8
0.05	1	29.7	29.5	29.7	29.7	29.8
	2	29.8	29.7	29.8	29.7	29.8
	Rata-rata	29.7	29.6	29.8	29.7	29.8
0.07	1	29.7	29.6	29.7	29.7	29.8
	2	29.7	29.7	29.7	29.8	29.7
	Rata-rata	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8
0.09	1	29.6				
	2					
	Rata-rata	29.6				

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup.

Tabel C.7 Data Suhu *Acute Toxicity Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Paparan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	suhu setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	28.7	29	29.2	29.8	29.6
	2	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7
	Rata-rata	28.9	29.1	29.3	29.7	29.7
20	1	28.8	29.2	29.4	30	29.8
	2	29	29.4	29.5	29.5	29.8
	Rata-rata	28.9	29.3	29.5	29.8	29.8
40	1	29	29.2	29.3	30	29.6
	2	29.2	29.4	29.3	29.6	29.6
	Rata-rata	29.1	29.3	29.3	29.8	29.6
50	1	29	29.3	29.4	29.8	29.5
	2	29.1	29.2	29.3	29.7	29.6
	Rata-rata	29.1	29.3	29.4	29.8	29.6
70	1	29	29.4	29.4	29.8	29.7
	2	29.2	29.3	29.5	29.8	29.7
	Rata-rata	29.1	29.4	29.5	29.8	29.7
90	1	29	29.2			
	2	29	29			
	Rata-rata	29	29.1			

Sumber: Hasil Penelitian

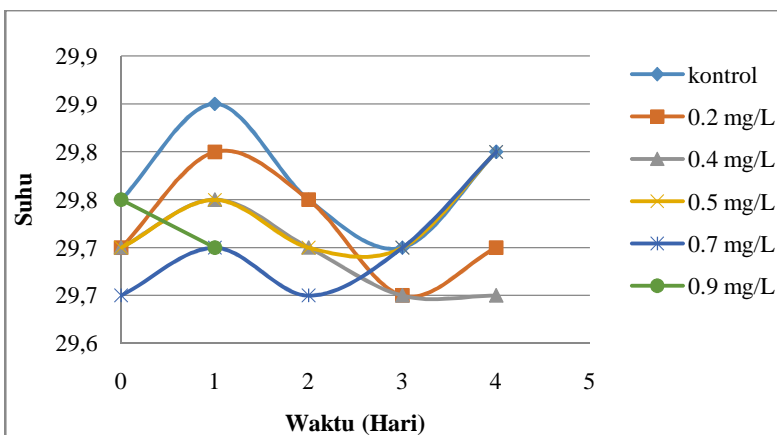
Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup

Tabel C.8 Data Suhu *Acute Toxicity Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Paparan Insektisida Lamda Sihalotrin

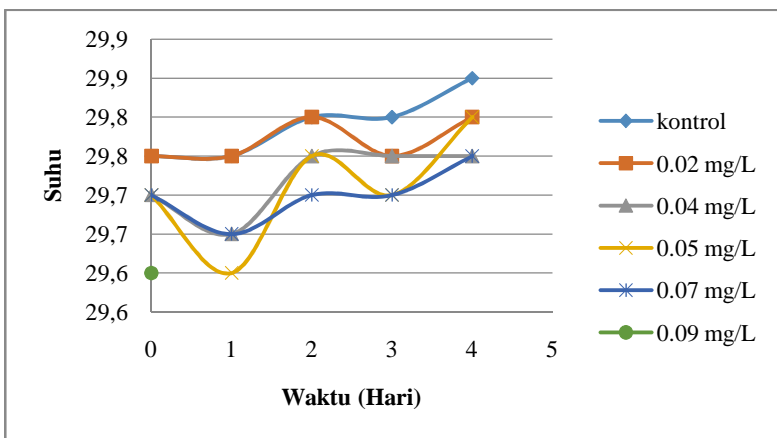
Konsentrasi Toksik (mg/L)	Replikasi	suhu setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	28.9	29.2	29.4	29.6	29.6
	2	29.0	29.4	29.4	29.7	29.6
	Rata-rata	29.0	29.3	29.4	29.7	29.6
2	1	29.0	29.0	29.4	29.7	29.4
	2	29.1	29.3	29.5	29.5	29.8
	Rata-rata	29.1	29.2	29.5	29.6	29.6
4	1	28.8	29.1	29.5	29.6	29.6
	2	29.2	29.3	29.3	29.7	29.5
	Rata-rata	29.0	29.2	29.4	29.7	29.6
5	1	28.8	29.2	29.6	29.6	29.7
	2	29.1	29.4	29.6	29.8	29.6
	Rata-rata	29.0	29.3	29.6	29.7	29.7
7	1	28.9	29.2	29.5	29.7	29.8
	2	29.2	29.5	29.6	29.8	29.8
	Rata-rata	29.1	29.4	29.6	29.8	29.8
9	1	29.0	29.1	29.5	29.7	
	2	29.3	29.3	29.7	29.6	
	Rata-rata	29.2	29.2	29.6	29.7	

Sumber: Hasil Penelitian

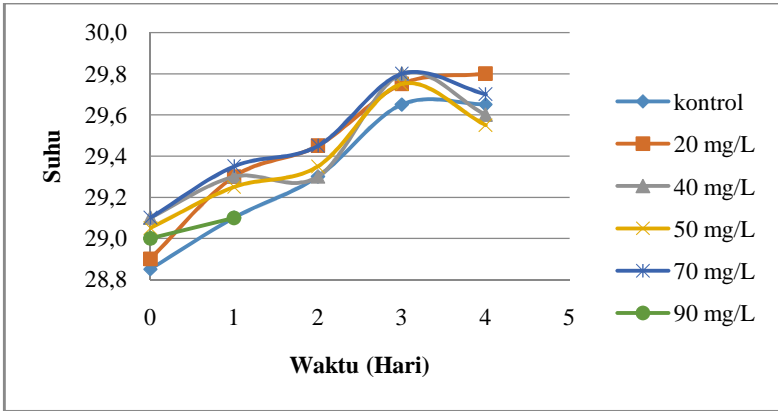
Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup



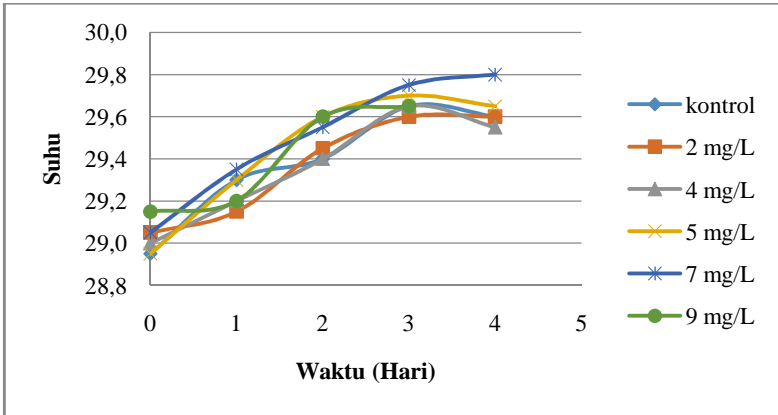
Gambar C.5 Grafik Rata-rata Perubahan Suhu *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.6 Grafik Rata-rata Perubahan Suhu *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.7 Grafik Rata-rata Perubahan Suhu *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu



Gambar C.8 Grafik Rata-rata Perubahan Suhu *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Tabel C.9 Data pH *Acute Toxicity Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi toksikan (mg/L)	Replikasi	pH setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	7.38	7.42	7.42	7.43	7.55
	2	7.49	7.47	7.52	7.56	7.60
	Rata-rata	7.44	7.45	7.47	7.50	7.58
0.2	1	7.36	7.37	7.46	7.49	7.52
	2	7.41	7.42	7.47	7.50	7.54
	Rata-rata	7.39	7.40	7.47	7.50	7.53
0.4	1	7.33	7.32	7.41	7.43	7.51
	2	7.38	7.35	7.43	7.46	7.49
	Rata-rata	7.36	7.34	7.42	7.45	7.50
0.5	1	7.31	7.28	7.32	7.36	7.41
	2	7.28	7.31	7.39	7.46	7.46
	Rata-rata	7.30	7.30	7.36	7.41	7.44
0.7	1	7.21	7.19	7.25	7.34	7.37
	2	7.31	7.28	7.30	7.38	7.41
	Rata-rata	7.26	7.24	7.28	7.36	7.39
0.9	1	7.22				
	2	7.28	7.22			
	Rata-rata	7.25	7.22			

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup

Tabel C.10 Data pH Acute Toxicity Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	pH setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	7.52	7.51	7.49	7.53	7.52
	2	7.48	7.47	7.46	7.49	7.52
	Rata-rata	7.50	7.49	7.48	7.51	7.52
0.02	1	7.52	7.49	7.49	7.5	7.52
	2	7.46	7.45	7.44	7.47	7.49
	Rata-rata	7.49	7.47	7.47	7.49	7.51
0.04	1	7.49	7.46	7.47	7.46	7.47
	2	7.43	7.42	7.35	7.43	7.49
	Rata-rata	7.46	7.44	7.41	7.45	7.48
0.05	1	7.46	7.43	7.43	7.44	7.45
	2	7.42	7.4	7.41	7.4	7.41
	Rata-rata	7.44	7.42	7.42	7.42	7.43
0.07	1	7.38	7.32	7.36	7.42	7.41
	2	7.35	7.30	7.32	7.36	7.39
	Rata-rata	7.37	7.31	7.34	7.39	7.40
0.09	1	7.34				
	2					
	Rata-rata	7.34				

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup

Tabel C.11 Data pH *Acute Toxicity Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Paparan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	Replikasi	pH setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	7.43	7.36	7.42	7.43	7.39
	2	7.39	7.41	7.38	7.36	7.34
	Rata-rata	7.41	7.39	7.40	7.40	7.37
20	1	7.35	7.36	7.32	7.29	7.27
	2	7.4	7.44	7.37	7.3	7.24
	Rata-rata	7.38	7.40	7.35	7.30	7.26
40	1	7.36	7.32	7.32	7.30	7.28
	2	7.42	7.42	7.38	7.29	7.22
	Rata-rata	7.39	7.37	7.35	7.30	7.25
50	1	7.32	7.28	7.26	7.24	7.21
	2	7.39	7.40	7.23	7.18	7.11
	Rata-rata	7.36	7.34	7.25	7.21	7.16
70	1	7.28	7.27	7.22	7.16	7.08
	2	7.35	7.38	7.16	7.07	6.98
	Rata-rata	7.32	7.33	7.19	7.12	7.03
90	1	7.28	7.23			
	2	7.32	7.28			
	Rata-rata	7.30	7.25			

Sumber: Hasil Penelitian

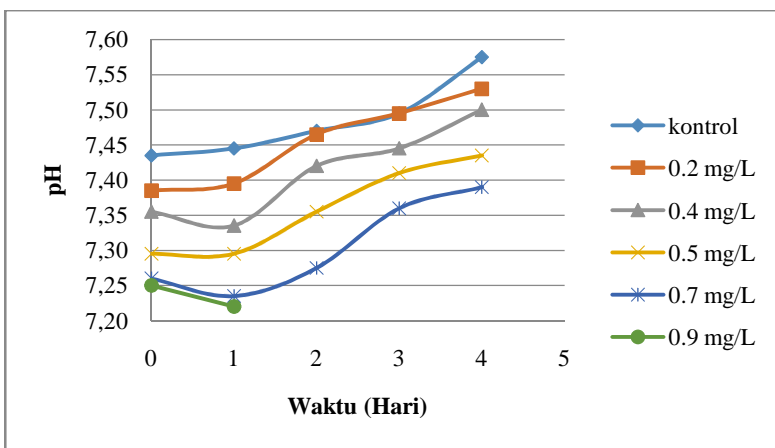
Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup

Tabel C.12 Data pH *Acute Toxicity Test* Tumbuhan Kayu Apu Akibat Paparan Insektisida Lamda Sihalotrin

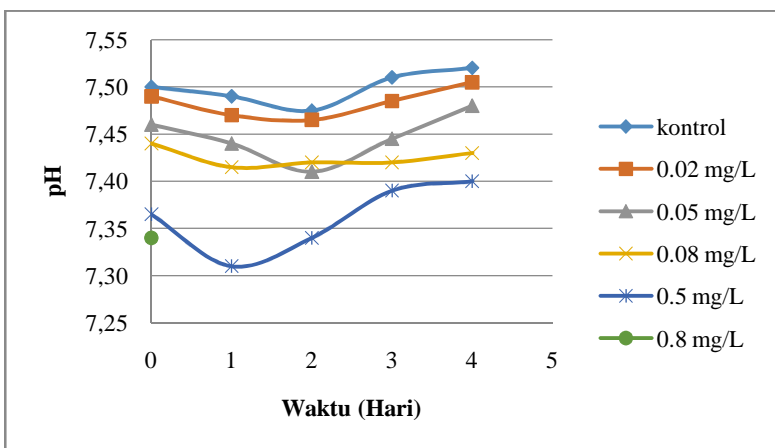
Konsentrasi Toksik (mg/L)	Replikasi	pH setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	7.39	7.41	7.38	7.35	7.35
	2	7.43	7.39	7.34	7.34	7.31
	Rata-rata	7.41	7.40	7.36	7.35	7.33
2	1	7.40	7.36	7.36	7.29	7.24
	2	7.39	7.41	7.37	7.34	7.30
	Rata-rata	7.40	7.39	7.37	7.32	7.27
4	1	7.37	7.40	7.36	7.29	7.22
	2	7.41	7.38	7.34	7.31	7.27
	Rata-rata	7.39	7.39	7.35	7.30	7.25
5	1	7.35	7.35	7.22	7.11	7.18
	2	7.37	7.32	7.26	7.24	7.21
	Rata-rata	7.36	7.34	7.24	7.18	7.20
7	1	7.35	7.30	7.19	7.11	7.09
	2	7.35	7.29	7.24	7.26	7.16
	Rata-rata	7.35	7.30	7.22	7.19	7.13
9	1	7.32	7.24	7.11	7.05	
	2	7.37	7.26	7.18	7.1	
	Rata-rata	7.35	7.25	7.15	7.08	

Sumber: Hasil Penelitian

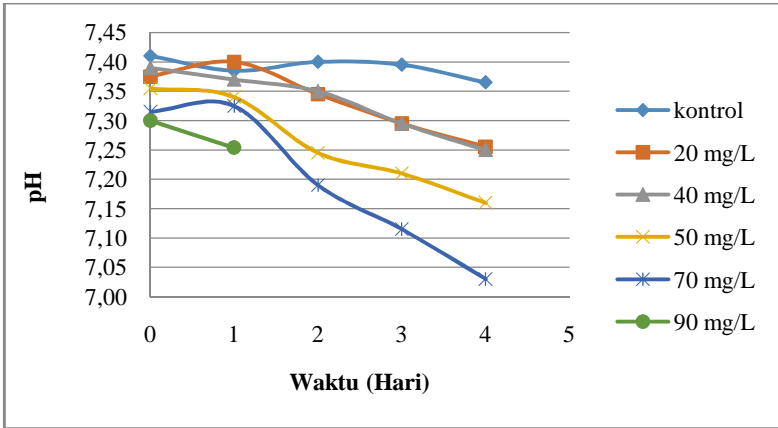
Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup



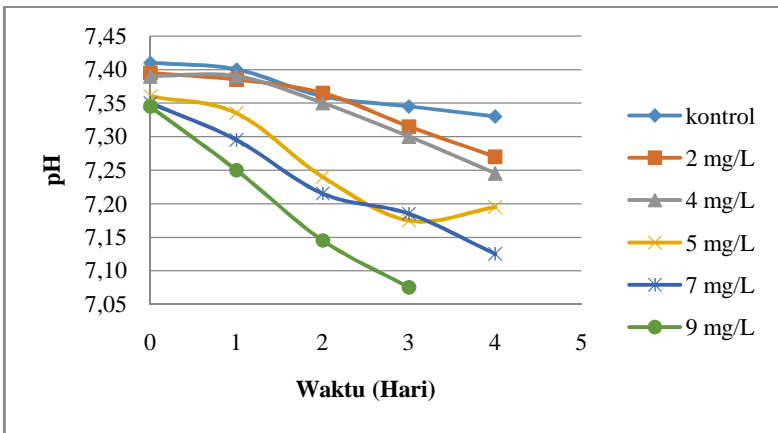
Gambar C.9 Grafik Rata-rata Perubahan pH *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.10 Grafik Rata-rata Perubahan pH *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.11 Grafik Rata-rata Perubahan pH *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu



Gambar C.12 Grafik Rata-rata Perubahan pH *Acute Toxicity Test* Insektisida Lamda Sihalotrin Terhadap Tumbuhan Kayu Apu

Tabel C.13 Data DO *Acute Toxicity Test* Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Sipermetrin

Konsentrasi Toksikant (mg/L)	Replikasi	DO setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	6.17	6.13	6.04	6.09	6.12
	2	6.23	6.17	6.08	6.11	6.09
	Rata-rata	6.20	6.15	6.06	6.10	6.11
0.2	1	6.14	6.09	6.04	6.03	6.01
	2	6.18	6.17	5.96	6.02	5.87
	Rata-rata	6.16	6.13	6.00	6.03	5.94
0.4	1	6.11	6.16	5.93	5.93	5.89
	2	6.09	6.02	5.96	5.94	5.90
	Rata-rata	6.10	6.09	5.95	5.94	5.90
0.5	1	6.11	6.06	6.00	5.95	5.89
	2	6.07	6.02	5.92	5.89	5.89
	Rata-rata	6.09	6.04	5.96	5.92	5.89
0.7	1	6.09	6.04	5.97	5.90	5.86
	2	6.04	6.02	5.97	5.89	5.83
	Rata-rata	6.07	6.03	5.97	5.90	5.85
0.9	1	6.07				
	2	6.02	5.98			
	Rata-rata	6.05	5.98			

Sumber: Hasil Penelitian

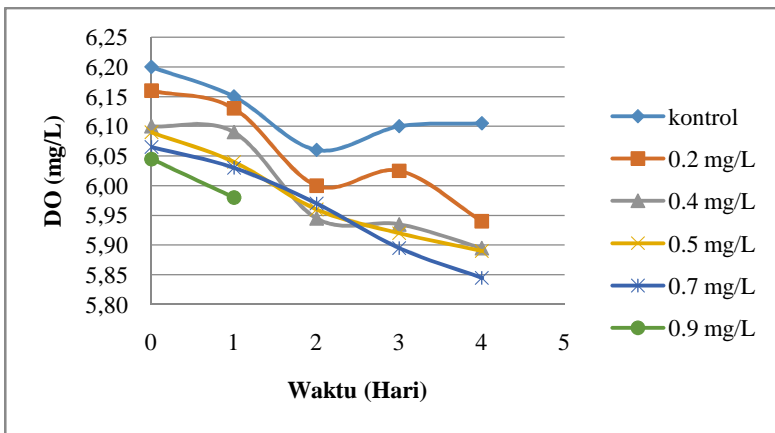
Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup

Tabel C.14 Data DO Acute Toxicity Test Ikan Guppy Akibat Pajanan Insektisida Lamda Sihalotrin

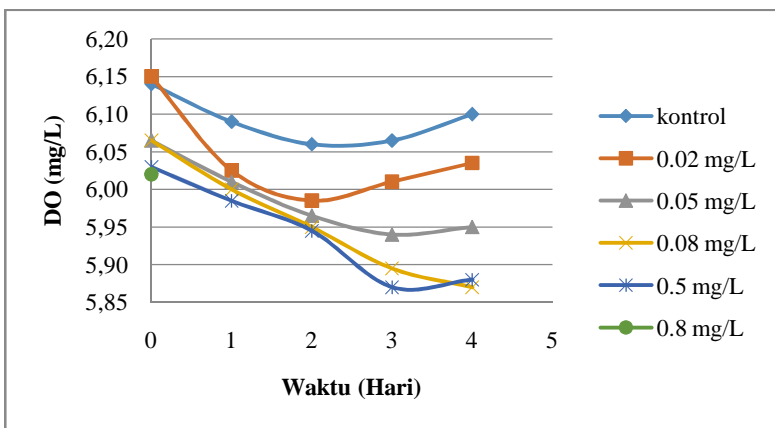
Konsentrasi Toksikant (mg/L)	Replikasi	DO setelah pemajanan pada hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	1	6.17	6.04	5.98	6.09	6.17
	2	6.11	6.14	6.14	6.04	6.03
	Rata-rata	6.14	6.09	6.06	6.07	6.10
0.02	1	6.13	6.07	6.01	5.97	6.05
	2	6.17	5.98	5.96	6.05	6.02
	Rata-rata	6.15	6.03	5.99	6.01	6.04
0.04	1	6.02	5.94	5.89	5.86	5.86
	2	6.11	6.08	6.04	6.02	6.04
	Rata-rata	6.07	6.01	5.97	5.94	5.95
0.05	1	6.07	6.02	5.96	5.86	5.84
	2	6.06	5.98	5.94	5.93	5.9
	Rata-rata	6.07	6.00	5.95	5.90	5.87
0.07	1	6.04	6.02	5.96	5.89	5.91
	2	6.02	5.95	5.93	5.85	5.85
	Rata-rata	6.03	5.99	5.95	5.87	5.88
0.09	1	6.02				
	2					
	Rata-rata	6.02				

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan: Tabel yang kosong menandakan tidak ada biota yang hidup



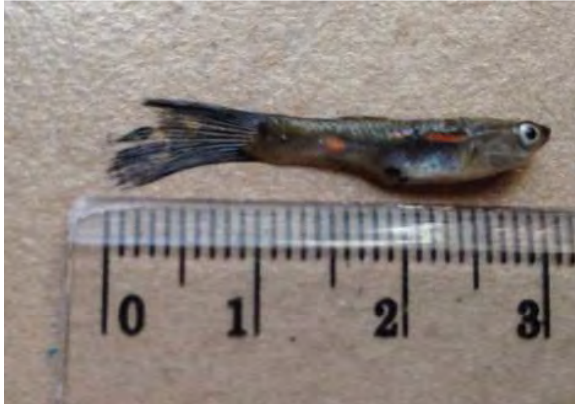
Gambar C.13 Grafik Rata-rata Perubahan DO *Acute Toxicity Test* Insektisida Sipermetrin Terhadap Ikan Guppy



Gambar C.14 Grafik Rata-rata Perubahan DO *Acute Toxicity Test* Insektisida Lambda Sihalotrin Terhadap Ikan Guppy

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D
FOTO-FOTO PENELITIAN



Gambar D.1 Biota Uji Ikan Guppy
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.2 Biota Uji Tumbuhan Kayu Apu
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.3 Bak Aklimatisasi Ikan Guppy
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.4 Bak Aklimatisasi Tumbuhan Kayu Apu
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.5 Reaktor Uji
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.6 Skema Reaktor Uji
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.7 Tahap Pengujian Ikan Guppy
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.8 Tahap Pengujian Tumbuhan Kayu Apu
Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar D.9 Kematian Ikan Guppy Akibat Pemajanan Toksikan

Sumber: Dokumentasi Penelitian



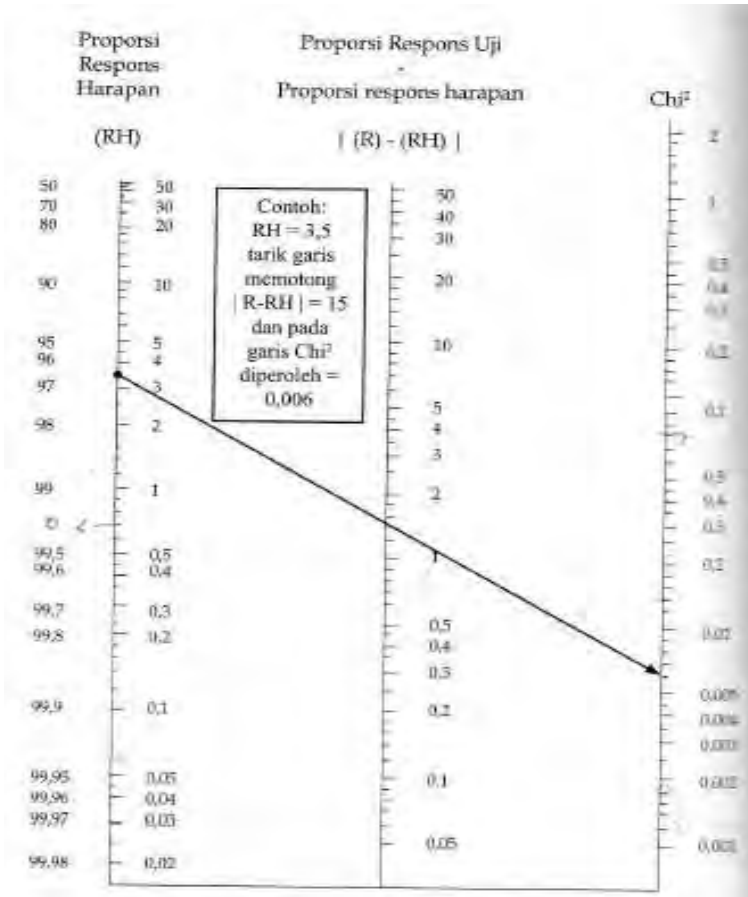
Gambar D.10 Kematian Tumbuhan Kayu Apu Akibat Pemajanan Toksikan

Sumber: Dokumentasi Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN E

NOMOGRAF χ^2



Gambar E1. Nomograf χ^2

Sumber: Mangkoedihardjo, 2009

“Halaman ini sengaja dikosongkan”