

**HISTOLOGI LAMBUNG DAN OTAK IKAN MAS (*Cyprinus carpio* Linn)  
PADA UJI TOKSISITAS PESTISIDA GOLONGAN ORGANOFOSFAT**

**LAPORAN SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh :

**ALI HARJA DINATA**

**NIM. 125080101111015**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2016**

**HISTOLOGI LAMBUNG DAN OTAK IKAN MAS (*Cyprinus carpio* Linn)  
PADA UJI TOKSISITAS PESTISIDA GOLONGAN ORGANOFOSFAT**

**LAPORAN SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan  
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya**

Oleh :  
**ALI HARJA DINATA**  
**NIM. 125080101111015**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2016**

LAPORAN SKRIPSI

HISTOLOGI LAMBUNG DAN OTAK IKAN MAS (*Cyprinus carpio* Linn)  
PADA UJI TOKSISITAS PESTISIDA GOLONGAN ORGANOFOSFAT

Oleh:

ALI HARJA DINATA  
NIM. 125080101111015

Telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 21 April 2016  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Ir. Kusriani, MP  
NIP. 19560417 198403 2 001

Tanggal: 12 8 APR 2016

Menyetujui  
Dosen Pembimbing I

Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP  
NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal: 2 8 APR 2016

Dosen Penguji II

Ir. Herwati Umi S., MS  
NIP. 19520402 198003 2 001

Tanggal: 12 8 APR 2016

Dosen Pembimbing II

Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si  
NIP. 19730404 200212 2 001

Tanggal: 2 8 APR 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan



Dr. Ir. Arning Wituleng Ekawati, MS  
NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal: 2 8 APR 2016

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ali Harja Dinata

NIM : 125080101111015

Prodi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 21 April 2016

Ali Harja Dinata  
NIM. 125080101111015

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan penelitian skripsi ini tidak lepas dari segala bentuk dukungan yang penulis peroleh dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta dan keluarga atas setiap dukungan baik moril maupun materil yang telah diberikan.
2. Dr. Asus Maizar S.H., S.Pi., MP dan Dr. Uun Yanuar, S.Pi., M.Si selaku dosen pembimbing atas bimbingan serta nasehat yang telah diberikan.
3. Ir. Kusriani, MP dan Ir. Herwati Umi S., MS selaku dosen penguji atas kritik dan saran yang telah diberikan.
4. Sahabat MSP 2012 dan teman-teman se-angkatan senasib seperjuangan atas waktu, dukungan serta doa yang telah diberikan.
5. Teman-teman pak asus lovers atas segala doa dan dukungannya dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Kakak tingkat MSP dari berbagai angkatan yang telah bersedia berbagi ilmu dan pengalaman.
7. Mas Renanda yang telah mengajarkan dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh pihak-pihak tersebut dengan pahala dan ilmu yang bermanfaat. Semoga apa yang kita kerjakan dapat menjadi berkah, Aamiin.

Malang, 21 April 2016

Penulis

## RINGKASAN

**ALI HARJA DINATA.** Penelitian tentang Histologi Lambung dan Otak Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada Uji Toksisitas Pestisida Golongan Organofosfat (dibawah bimbingan **Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi., MP** dan **Dr. Uun Yanuar, S.Pi., M.Si**).

---

Ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) merupakan ikan air tawar yang mempunyai nilai ekonomis penting, sehingga ikan ini banyak dibudidayakan serta dapat dipelihara dalam kolam-kolam tertentu dan di sawah bersama-sama dengan tanaman padi. Kelangsungan hidup ikan sangat tergantung dari kondisi perairan habitatnya. Adanya hama pengganggu tanaman yang dapat mengakibatkan menurunnya produksi pertanian atau bahkan terjadinya gagal panen, muncul berbagai upaya untuk meningkatkan produksi salah satunya dengan menggunakan pestisida. Salah satu jenis pestisida yang banyak digunakan di Indonesia adalah pestisida golongan organofosfat yang termasuk dalam jenis insektisida. Mengingat besarnya dampak pencemaran yang diakibatkan oleh sisa pestisida tersebut dalam perairan, maka penggunaan pestisida hendaknya dilakukan secara bijaksana. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai pengamatan histopatologi organ lambung dan otak ikan mas yang dapat dijadikan sumber informasi bagaimana kondisi perairan yang tercemar oleh pestisida tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim pada uji toksisitas dengan konsentrasi yang berbeda. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Desember 2015–Januari 2016 di Laboratorium Workshop, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang dan di Laboratorium Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan dengan 3 kali pengulangan dan menggunakan teknik analisis data dengan cara deskriptif. Sampel histologi lambung dan otak diperoleh dari ikan mas yang terpapar pestisida pada bak-bak percobaan. Konsentrasi yang digunakan yaitu 0 ppm sebagai kontrol / perbandingan; 1,35 ppm; 1,8 ppm; 2,4 ppm; 3,2 ppm; 4,2 ppm; 6,5 ppm; dan 8,7 ppm. Ikan sampel yang baru mati dari masing-masing konsentrasi diangkat dan diambil organ lambung dan otaknya untuk pembuatan preparat histologi dengan metode pewarnaan *Hematoksilin-Eosin* dan menggunakan mikroskop *Dot Slide*. Analisis histopatologi lambung dan otak ikan mas dilakukan dengan bantuan aplikasi OlyVIA dan untuk menghitung persentase kerusakan jaringan dilakukan dengan bantuan aplikasi CoreIDRAW.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini, pada lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan jaringan lambung sama sekali atau masih dalam keadaan normal. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm terjadi kerusakan edema yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan dengan persentase sebesar 10,65 %. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm terjadi kerusakan edema, atrofi, dan vakuolisasi yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan dengan persentase sebesar 15,06 %. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi, atrofi, dan vakuolisasi yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan dengan persentase

sebesar 20,05 %. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi, atrofi, nekrosis, dan vakuolisasi yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan dengan persentase sebesar 28,18 %. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi, atrofi, nekrosis, vakuolisasi dan lisis yang tergolong dalam tingkat kerusakan sedang dengan persentase sebesar 40,54 %. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm terjadi kerusakan edema, hiperplasia, atrofi, nekrosis, vakuolisasi, dan lisis yang tergolong dalam tingkat kerusakan sedang dengan persentase sebesar 61,09 %. Jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm terjadi kerusakan edema, hiperplasia, atrofi, nekrosis, vakuolisasi, dan lisis yang tergolong dalam tingkat kerusakan sedang dengan persentase sebesar 71,4 %.

Selanjutnya hasil yang diperoleh pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan sama sekali atau masih dalam keadaan normal. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm terjadi kerusakan edema yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan yaitu sebesar 9,87 %. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi 1,8 ppm terjadi kerusakan edema dan hemoragi yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan yaitu sebesar 14,13 %. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm terjadi kerusakan edema dan hemoragi yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan yaitu sebesar 18,53 %. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi dan nekrosis yang tergolong dalam tingkat kerusakan ringan yaitu sebesar 24,93 %. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi dan nekrosis yang tergolong dalam tingkat kerusakan sedang yaitu sebesar 36,8 %. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi dan nekrosis yang tergolong dalam tingkat kerusakan sedang yaitu sebesar 59,87 %. Jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm terjadi kerusakan edema, hemoragi dan nekrosis yang tergolong dalam tingkat kerusakan berat yaitu sebesar 70,13 %.

Selanjutnya hasil pengukuran parameter kualitas air didapat nilai suhu berkisar antara 24–25,7 °C, nilai pH berkisar antara 7–8, dan nilai DO berkisar antara 6–8,2 ppm yang menunjukkan nilai parameter kualitas air yang diukur tersebut masih dalam kisaran yang sesuai untuk kehidupan ikan mas.

Perlu dilakukannya pengawasan dan pengendalian terhadap penggunaan pestisida golongan organofosfat dalam batas yang dianjurkan tersebut agar tidak mencemari lingkungan perairan dan membahayakan kehidupan organisme perairan maupun organisme non–target serta perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai gambaran darah maupun pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah Nya-lah penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi yang berjudul “Histologi Lambung dan Otak Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada Uji Toksisitas Pestisida Golongan Organofosfat”. Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam meraih gelar Sarjana Perikanan (S.Pi) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan Laporan Skripsi ini tentunya tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi. Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan baik dari ketelitian pada penulisan maupun kesalahan penyampaian kata, karena semua itu tidak lepas dari keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan skripsi ini selanjutnya lebih sempurna. Semoga Skripsi ini dapat diterima dengan baik dan bermanfaat bagi para pembaca, Aamiin.

Malang, 21 April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

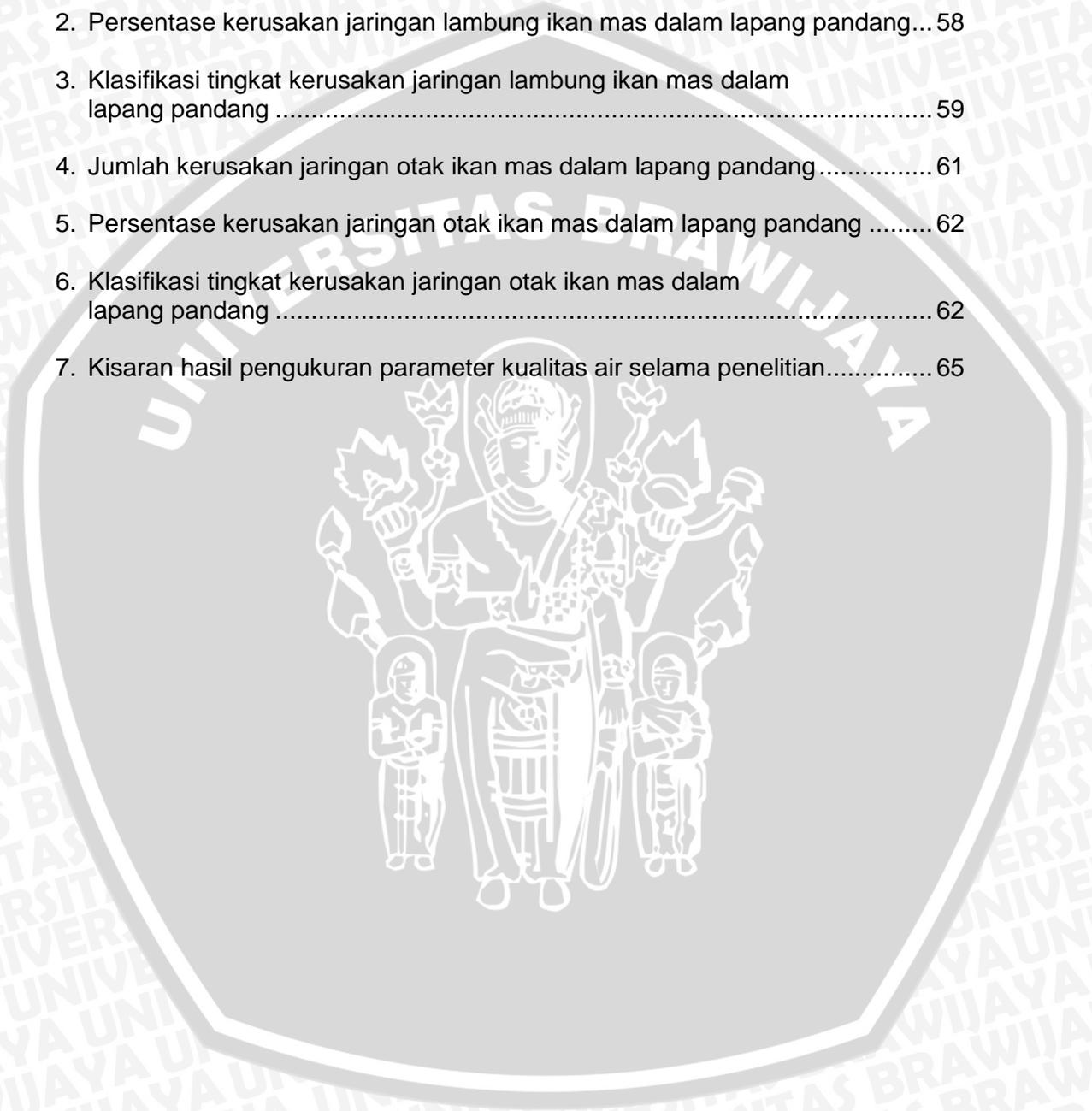
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Kegunaan Penelitian .....	5
1.5 Tempat dan Waktu .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn) .....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Mas .....	6
2.1.2 Habitat Ikan Mas .....	7
2.1.3 Anatomi dan Fisiologi Ikan Mas .....	8
2.1.4 Anatomi Lambung dan Otak Ikan Mas .....	11
2.1.5 Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Mas .....	12
2.2 Pestisida .....	13
2.2.1 Pengertian Pestisida .....	13
2.2.2 Penggolongan Pestisida .....	14
2.2.3 Pestisida Organofosfat .....	17
2.2.4 Pengaruh Pestisida Bagi Organisme dan Perairan .....	18
2.3 Mekanisme Pestisida Masuk dalam Tubuh Organisme .....	20
2.4 Histologi dan Histopatologi .....	22
2.5 Jenis Perubahan Histopatologi .....	23
2.6 Uji Toksisitas .....	24
2.7 Parameter Kualitas Air .....	26
2.7.1 Suhu .....	26
2.7.2 Derajat Keasaman (pH) .....	27
2.7.3 Oksigen Terlarut (DO) .....	28
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN</b> .....	29
3.1 Materi Penelitian .....	29
3.2 Alat dan Bahan .....	29



3.3 Metode Penelitian.....	29
3.3.1 Data Primer.....	29
3.3.2 Data Sekunder.....	30
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Adaptasi Hewan Uji (Aklimatisasi).....	30
3.4.2 Metode Pemaparan Pestisida.....	31
3.4.3 Pengambilan Sampel Organ Lambung.....	32
3.4.4 Pengambilan Sampel Organ Otak.....	32
3.4.5 Pembuatan Preparat Histologi.....	33
3.4.6 Analisis Histopatologi.....	35
3.4.7 Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	36
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Analisis Histopatologi Lambung Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn).....	38
4.1.1 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 0 ppm (Kontrol).....	38
4.1.2 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,35 ppm.....	39
4.1.3 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,8 ppm.....	40
4.1.4 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 2,4 ppm.....	41
4.1.5 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 3,2 ppm.....	42
4.1.6 Lambung Ikan Mas pada Konsentrasi Pestisida 4,2 ppm.....	44
4.1.7 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 6,5 ppm.....	45
4.1.8 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 8,7 ppm.....	46
4.2 Analisis Histopatologi Otak Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn).....	48
4.2.1 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 0 ppm (Kontrol).....	48
4.2.2 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,35 ppm.....	49
4.2.3 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,8 ppm.....	50
4.2.4 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 2,4 ppm.....	51
4.2.5 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 3,2 ppm.....	52
4.2.6 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 4,2 ppm.....	54
4.2.7 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 6,5 ppm.....	55
4.2.8 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 8,7 ppm.....	56
4.3 Persentase Kerusakan Lambung dan Otak Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn).....	57
4.3.1 Persentase Kerusakan Lambung Ikan Mas.....	57
4.3.2 Persentase Kerusakan Otak Ikan Mas.....	61
4.4 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	64
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>76</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
1. Jumlah kerusakan jaringan lambung ikan mas dalam lapang pandang .....	58
2. Persentase kerusakan jaringan lambung ikan mas dalam lapang pandang...	58
3. Klasifikasi tingkat kerusakan jaringan lambung ikan mas dalam lapang pandang .....	59
4. Jumlah kerusakan jaringan otak ikan mas dalam lapang pandang .....	61
5. Persentase kerusakan jaringan otak ikan mas dalam lapang pandang .....	62
6. Klasifikasi tingkat kerusakan jaringan otak ikan mas dalam lapang pandang .....	62
7. Kisaran hasil pengukuran parameter kualitas air selama penelitian.....	65

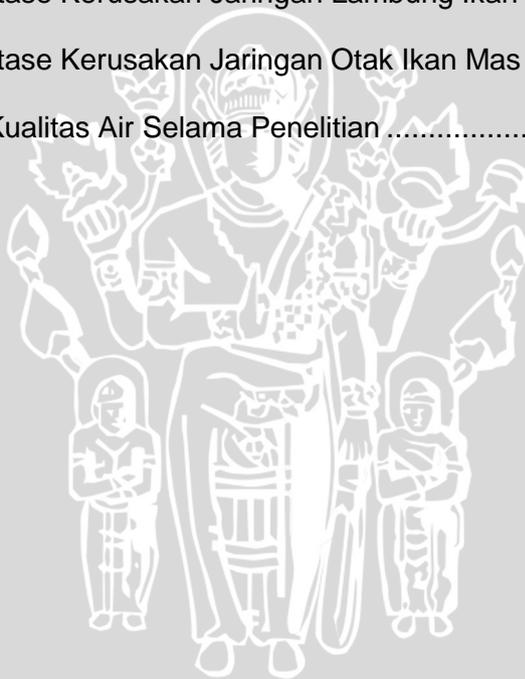


## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir rumusan masalah.....	4
2. Morfologi ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn) .....	6
3. Anatomi ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn) .....	11
4. Anatomi lambung ikan.....	11
5. Anatomi otak ikan .....	12
6. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol).....	38
7. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm .....	39
8. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm .....	40
9. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm .....	41
10. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm .....	43
11. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm .....	44
12. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm .....	45
13. Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm .....	46
14. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol).....	48
15. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm.....	49
16. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm.....	50
17. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm.....	51
18. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm.....	53
19. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm.....	54
20. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm.....	55
21. Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm.....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan Penelitian.....	76
2. Cara Perhitungan Pengenceran Pestisida .....	78
3. Tabel Skala Rand .....	80
4. Penentuan Jumlah Jenis Kerusakan Jaringan Lambung Ikan Mas dengan Menggunakan CoreIDRAW .....	81
5. Penentuan Jumlah Jenis Kerusakan Jaringan Otak Ikan Mas dengan Menggunakan CoreIDRAW .....	84
6. Perhitungan Persentase Kerusakan Jaringan Lambung Ikan Mas .....	87
7. Perhitungan Persentase Kerusakan Jaringan Otak Ikan Mas .....	90
8. Hasil Pengukuran Kualitas Air Selama Penelitian .....	93



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pestisida di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun (Sastroutomo, 1992). Pestisida adalah substansi kimia yang digunakan untuk mengendalikan berbagai hama (Yenie, *et al.* 2013). Pestisida dapat digolongkan bermacam-macam sesuai dengan kegunaannya. Golongan pestisida berdasarkan fungsinya antara lain insektisida, acarisida, nematosida, fungisida, herbisida, ovisida, larvasida, rodentisida, algisida, dan molluscisida. Namun petani lebih sering menggunakan pestisida dengan jenis insektisida karena insektisida dapat membunuh serangga dan terutama ulat pada tanaman (Ekha, 1988).

Insektisida organofosfat atau lebih dikenal senyawa OP pada saat ini hampir mencapai 50 % dari insektisida yang terdaftar. Kelebihan dari senyawa organofosfat ini adalah senyawa ini tidak stabil, karena itu dari segi lingkungan lebih baik daripada organoklorin namun senyawa organofosfat lebih toksik terhadap hewan bertulang belakang jika dibandingkan dengan senyawa organoklorin karena senyawa organofosfat mempengaruhi sistem syaraf (Sastroutomo, 1992). Insektisida organofosfat sangat toksik karena ketika insektisida tersebut memasuki tubuh hewan akan menempel pada enzim kolinesterase, sehingga enzim tersebut tidak dapat memecahkan asetilkolin. Impuls syaraf mengalir terus (konstan) menyebabkan suatu gerakan yang cepat dari otot-otot dan akhirnya mengarah kepada kelumpuhan. Pada saat otot-otot pada sistem pernafasan tidak berfungsi maka terjadilah kematian (Priyanto, 2009).

Pengaruh lain dari penggunaan insektida adalah menurunnya kualitas lingkungan karena kontaminasi oleh pestisida telah mengakibatkan timbulnya masalah-masalah baru yang harus segera diatasi. Kematian ikan di sawah, kolam, dan sungai, makin jaranginya dijumpai jenis burung tertentu, terjadinya resistensi hama maupun timbulnya eksplosi hama sekunder antara lain diduga sebagai akibat penggunaan pestisida yang tidak bijaksana (Mulyani, 1973). Jika pestisida yang masuk ke dalam perairan adalah jenis pestisida yang dapat larut dalam air terbang ke perairan secara sengaja maupun tidak, dapat mencemari perairan dan dapat mempengaruhi antara lain proses metabolisme, organ tubuh, tingkah laku, siklus hidup, perkembangan embrio, pertumbuhan sel atau jaringan dari organisme yang hidup di perairan tersebut (Suryawardani, 2000).

Efek toksik pada makhluk hidup dapat terlihat dan dapat juga tidak. Bila dosis yang diserap relatif kecil, kerusakannya dapat terbatas pada beberapa sel saja. Masih cukup banyak sel yang sehat untuk tetap menjalankan fungsi normal organ. Jika sel banyak yang mengalami kerusakan, maka organ tersebut tidak dapat lagi berfungsi normal. Pada saat itu biasanya keracunan (kerja toksik) menampakkan diri, umumnya sebagai proses penyakit yang integral pada individu itu (Koeman, 1987).

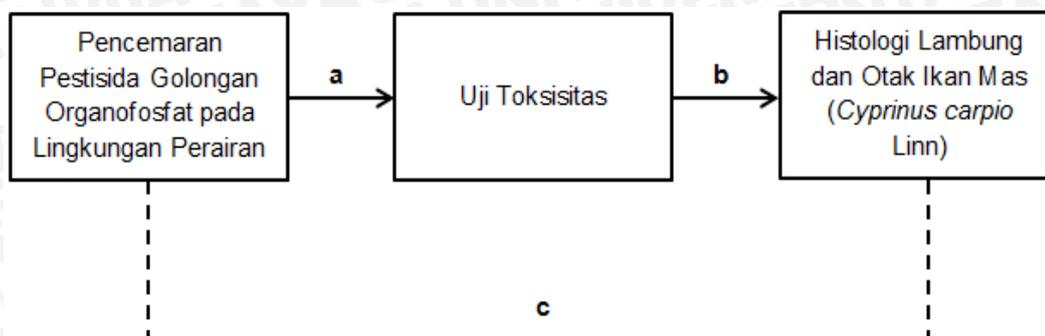
Dari masalah tersebut, maka perlu dilakukan pengamatan terhadap kelainan tingkah laku, stimulasi atau depresi sistem syaraf pusat, aktivitas motorik dan pernapasan hewan uji untuk mendapat gambaran sebab kematian, dapat juga dilengkapi dengan pemeriksaan laboratorium klinik dan pembuatan preparat histopatologi dari organ yang dianggap memperlihatkan kelainan (Darmansjah, 1995). Pengamatan histopatologi merupakan salah satu cara untuk melihat sejauh mana kerusakan suatu jaringan atau organ dan perubahan-perubahan yang terjadi akibat suatu penyakit tertentu (Djojopranoto, 1963).

Salah satu biota yang dapat digunakan untuk hewan uji adalah ikan karena ikan merupakan hewan yang digunakan dalam sistem budidaya minapadi, sehingga bisa terpengaruh langsung oleh insektisida. Ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) adalah salah satu jenis ikan yang memenuhi persyaratan untuk dijadikan hewan uji, karena ikan ini sangat peka, mudah dipelihara, penyebarannya merata, dan mudah ditemukan (Pratiwi, *et al.* 2012). Selain itu, penggunaan ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) sebagai hewan uji karena ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) merupakan ikan air tawar yang mempunyai nilai ekonomis penting, sehingga ikan ini banyak dibudidayakan serta dapat dipelihara dalam kolam-kolam tertentu dan di sawah bersama-sama dengan tanaman padi (Rudiyanti dan Ekasari, 2009).

Kelangsungan hidup ikan sangat tergantung pada kondisi perairan yang digunakan sebagai tempat hidupnya. Mengingat besarnya potensi pencemaran oleh pestisida dalam perairan yang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air yang secara langsung dapat mempengaruhi biota yang hidup di dalamnya. Pestisida akan masuk ke dalam tubuh ikan melalui rantai makanan, sehingga dapat terakumulasi oleh tubuh ikan. Ikan yang terakumulasi oleh pestisida kemungkinan besar organ-organ dalam tubuhnya akan mengalami kerusakan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana gambaran histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar oleh pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim dengan konsentrasi yang berbeda.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir rumusan masalah

Penjelasan mengenai bagan perumusan masalah di atas dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Diperlukan tindakan untuk mengevaluasi pencemaran pestisida golongan organofosfat pada lingkungan perairan melalui uji toksisitas.
- b. Hasil dari uji toksisitas akan menyebabkan terjadinya perubahan histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn).
- c. Perubahan histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) diharapkan bisa menjadi bahan dasar untuk mengevaluasi pencemaran pestisida golongan organofosfat pada lingkungan perairan dalam batas penggunaan yang diperlukan.

## 1.3 Tujuan Penelitian

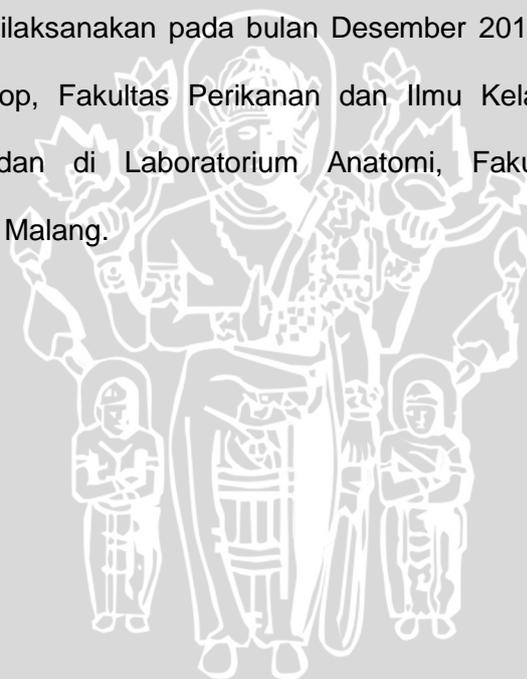
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim dengan konsentrasi yang berbeda.

#### 1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan informasi keilmuan tentang gambaran histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim dengan konsentrasi yang berbeda, yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk menentukan kebijakan dalam penggunaan pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim agar tidak mencemari lingkungan perairan dan tidak membahayakan kehidupan organisme perairan.

#### 1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2015–Januari 2016 di Laboratorium Workshop, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang dan di Laboratorium Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)

#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Mas

Klasifikasi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) menurut ITIS (2015) adalah sebagai berikut:

Kingdom	:	<i>Animalia</i>
Phylum	:	<i>Chordata</i>
Class	:	<i>Actinopterygii</i>
Order	:	<i>Cypriniformes</i>
Family	:	<i>Cyprinidae</i>
Genus	:	<i>Cyprinus</i>
Species	:	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758



Gambar 2. Morfologi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) (NSW, 2015)

Secara umum, ikan mas memiliki bentuk tubuh yang agak memanjang dan memipih tegak (*compressed*). Mulutnya terletak di ujung tengah (*terminal*) dan dapat disembulatkan (*protaktil*). Bagian anterior mulut terdapat dua pasang sungut. Bagian ujung dalam mulut terdapat gigi kerongkongan (*pharyngeal teeth*) yang tersusun atas tiga baris gigi geraham. Hampir seluruh bagian tubuh ikan mas ditutupi sisik. Sisik ikan mas berukuran relatif besar dan digolongkan ke

dalam sisik tipe sikloid (Khairuman, *et al.* 2008). Morfologi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) dapat dilihat pada Gambar 2.

Sirip punggungnya (*dorsal*) memanjang dengan bagian belakang berjari keras dan bagian akhir (sirip ketiga dan keempat) bergerigi. Letak sirip punggung berseberangan dengan permukaan sirip perut (*ventral*). Sirip duburnya (*ana*) memiliki kesamaan seperti sirip punggung yang berjari keras dan bagian akhirnya bergerigi. Garis rusuk atau gurat sisinya (*linea lateralis*) tergolong lengkap, berada di pertengahan tubuh dengan bentuk melintang dari tutup insang sampai ke ujung belakang pangkal ekor (Khairuman dan Amri, 2008).

### 2.1.2 Habitat Ikan Mas

Ikan mas atau sering juga disebut karper memiliki tempat hidup atau habitat di air tawar seperti danau, sungai, kolam dan kadang-kadang juga dapat dijumpai pada hilir sungai dekat pantai yang airnya sering kita sebut air payau. Ikan mas yang hidup di danau dan sungai, dewasa ini telah banyak dibudidayakan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Hal ini dapat dilakukan dengan memelihara di kolam-kolam, baik kolam air deras maupun kolam air tenang. Disamping itu juga ikan mas dapat dikembangkan dari berbagai varietas untuk dijadikan ikan hias yang dapat dipelihara di dalam akuarium dan sejenisnya (Karmana, 2012).

Ikan mas termasuk ke dalam golongan family *Cyprinidae*. Ikan mas memiliki habitat (tempat hidup) di perairan tawar yang tidak terlalu dalam dan alirannya tidak terlalu deras, misalnya di pinggiran sungai atau danau. Ikan ini dapat hidup dengan baik pada ketinggian 150–600 m di atas permukaan air laut (dpl) dan pada suhu 25 °C–30 °C (Praseno, *et al.* 2010).

Habitat yang disukai ikan mas adalah perairan yang kedalamannya mencapai 1 meter, mengalir pelan, dan subur yang ditandai dengan melimpahnya makanan alami, misalnya rotifera, rotatoria, udang-udangan renik, dan lain-lain. Sebaliknya, larva ikan mas menyukai perairan dangkal, tenang, dan terbuka (tidak ternaungi pepohonan yang rindang). Sedangkan benih ikan mas yang berukuran cukup besar lebih menyukai perairan yang agak dalam, mengalir, dan terbuka (Djarajah, 2001).

### 2.1.3 Anatomi dan Fisiologi Ikan Mas

Sistem saraf dikelompokkan menjadi dua sistem berdasarkan pengendaliannya, yakni sistem saraf pusat yang terdiri atas otak dan sumsum tulang punggung (*spinal cord*) dan sistem saraf perifer yang terdiri atas saraf spinal, saraf kranial, dan organ indra yang berkaitan dengan pandangan, bau, pendengaran, sistem lateralis, sentuhan, rasa, dan suhu. Sedangkan sistem otonomik meliputi ganglia dan serat bagian simpatetik dan parasimpatetik (Rahardjo, *et al.* 2011). Kedua sistem tersebut pada dasarnya tidak bekerja secara terpisah, akan tetapi saling melengkapi (Fujaya, 2008).

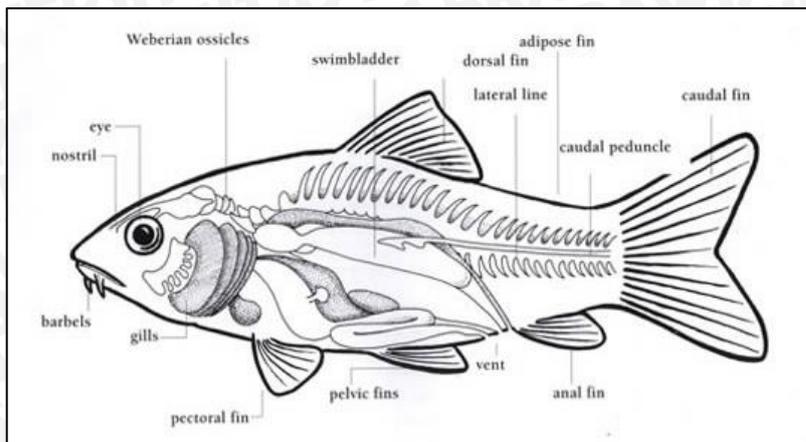
Komponen penyusun sistem peredaran darah adalah jantung, darah, saluran darah, dan limpa. Saluran pembuluh darah utama dalam tubuh ikan adalah arteri dan vena yang terdapat di sepanjang tubuh. Selain pembuluh utama, juga terdapat pembuluh-pembuluh cabang atau pembuluh kapiler yang menuju ke kulit, otot, otak, tulang belakang, organ viseral dan lain-lain. Sistem peredaran darah ikan bersifat tunggal, artinya hanya terdapat satu jalur sirkulasi peredaran darah. Dimulai dari jantung, darah menuju insang untuk melakukan pertukaran gas. Selanjutnya, darah dialirkan ke dorsal aorta dan terbagi ke segenap organ-organ tubuh melalui saluran-saluran kecil. Selain itu, sebagian darah dari insang kadang langsung kembali ke jantung. Hal ini terjadi bilamana

tidak semua output jantung dibutuhkan untuk menuju ke dalam dorsal aorta dan pembuluh eferen yang lain. Pada bagian lain, yaitu berawal dari insang pertama, sebelum dihubungkan ke sistem vena. Peranan kedua organ ini mungkin sebagai ventilasi kontrol dan untuk sekresi gas ke cairan mata. Dorsal aorta adalah sumber darah terbesar pada tubuh. Dari sini darah di suplai ke kepala, otot badan, ginjal dan semua organ pencernaan melalui pembuluh kapiler. Ada tiga rute pengembalian darah ke jantung, yakni pertama, dari otak, darah kembali ke jantung melalui vena cardinal anterior yang berhubungan dengan vena cardinal umum. Di sini, juga bertemu darah dari vena cava posterior, yakni darah dari vena caudal yang telah melalui sistem renal portal. Kedua, dari organ visceral, darah kembali ke jantung melalui vena hepatic. Terakhir, dari insang, darah dikembalikan ke jantung melalui vena branchial (Evand, 2009).

Menurut Fujaya (2008), alat pencernaan ikan terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Pada umumnya, saluran pencernaan ikan berturut-turut dimulai dari segmen mulut, rongga mulut, faring, esofagus, lambung, pilorus, usus, rektum, dan anus, sedangkan sel atau kelenjar pencernaan terdapat pada lambung, hati, dan pankreas yang dapat dilihat pada Gambar 3. Fungsi dari saluran dan kelenjar pencernaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mulut : Struktur anatomi mulut erat kaitannya dengan cara mendapatkan makanan
2. Rongga mulut : Rongga mulut diselaputi sel-sel penghasil lendir yang berperan mempermudah jalannya makanan ke segmen berikutnya, terdapat organ pengecap untuk menyeleksi makanan, dan gigi untuk menghancurkan makanan.

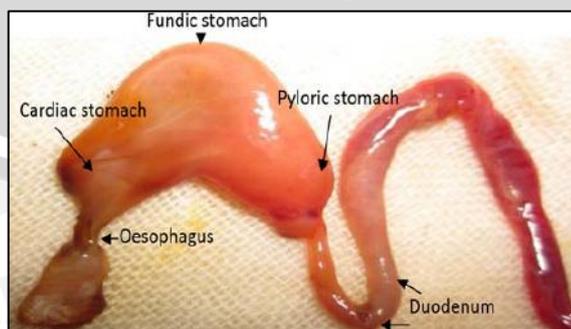
3. Faring : Lapisan permukaan faring hampir sama dengan rongga mulut, kadang kala masih ditemukan organ pengecap. Jika material yang masuk bukan makanan maka akan dibuang melalui celah insang.
4. Esofagus : Permulaan dari saluran pencernaan yang berbentuk pipa, mengandung lendir untuk membantu penelanan makanan.
5. Lambung : Berfungsi sebagai penampung makanan, dimana pada ikan tidak berlambung, fungsi penampung makanan digantikan oleh usus depan yang dimodifikasi menjadi kantung yang membesar (lambung palsu) dan memiliki kelenjar penghasil hormon.
6. Hati : Organ penting yang mensekresikan bahan untuk proses pencernaan.
7. Pankreas : Berperan dalam mensintesis hormon dan enzim.
8. Pylorus : Berfungsi sebagai pengatur pengeluaran makanan dari lambung ke segmen usus.
9. Usus : Tempat terjadinya penyerapan zat makanan.
10. Rectum : Berfungsi dalam penyerapan air dan ion. Pada larva ikan, juga berfungsi untuk penyerapan protein.
11. Anus : Ujung dari saluran pencernaan.



Gambar 3. Anatomi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) (Bailey dan Sandford, 2000)

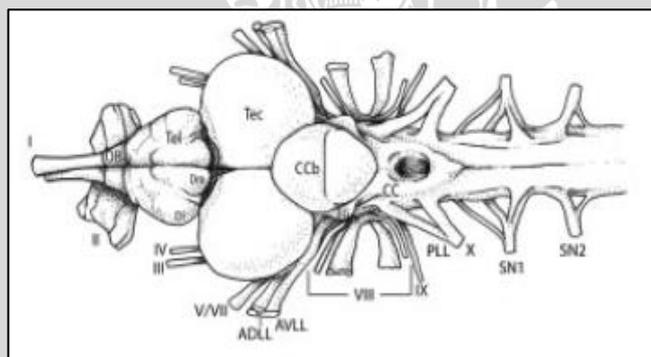
#### 2.1.4 Anatomi Lambung dan Otak Ikan Mas

Fungsi utama lambung adalah menerima dan menampung makanan serta sebagai tempat pencernaan makanan, namun tidak semua jenis ikan mempunyai lambung. *Cyprinidae* termasuk kelompok ikan yang tidak mempunyai lambung. Pada ikan mas, bagian depan ususnya membesar menyerupai lambung, karena itu bagian ini dinamakan lambung semu. Lambung semu dapat ditengarai oleh ketiadaan pepsin atau asam klorida yang dihasilkan. Hal ini yang membuat lambung semu tidak mampu merombak cangkang dan tulang. Pada lambung semu pH bersifat netral. Secara anatomis lambung semu ditandai oleh tidak adanya pilorik di bagian posteriornya (Rahardjo, *et al.* 2011). Anatomi lambung ikan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Anatomi lambung ikan (Abidi dan Parwez, 2015)

Otak ikan berukuran relatif kecil. Otak ikan terletak dalam rongga neurokranium yang dilindungi oleh tulang-tulang kepala, dikelilingi oleh cairan serebrospinal dan oleh suatu kumpulan lemak yang mengisi rongga kranial. Otak ikan merupakan pembesaran ujung anterior sumsum tulang punggung. Baik otak maupun sumsum tulang punggung keduanya lunak dan berwarna keputihan. Sumsum tulang punggung keluar dari rongga neurokranium melalui foramen magnum dan memanjang sepanjang tubuh ikan pada saluran *neural vertebrae*. Otak ikan dapat dipisahkan menjadi lima bagian berurutan dari anterior ke arah posterior yaitu telensefalon, diensefalon, mesensefalon, metensefalon, dan mielensefalon (Helfman, *et al.* 1997). Anatomi otak ikan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Anatomi otak ikan (Eastman dan Lannoo, 2007)

### 2.1.5 Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Mas

Ikan mas bersifat omnivor (pemakan segala). Makanannya terutama hewan kecil yang hidup di dasar perairan (*bottom feeder*), misalnya larva *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Tubificidae*, *Epemoridae*, *Trichoptera*, dan *Molusca*. Cara makan hewan-hewan kecil tersebut dilakukan dengan cara mengambil lumpur, menyeleksi, dan mengisap bagian yang dapat dimakan dan jasad yang tidak dapat dimakan dikeluarkan lagi (Cahyono, 2000).

Ikan mas tergolong jenis ikan omnivora, yakni ikan yang dapat memangsa berbagai jenis makanan, baik yang berasal dari tumbuhan maupun hewan air. Hewan air yang menjadi makanan ikan mas diantaranya invertebrata air, udang-udangan, serangga, kerang-kerangan, dan larva air. Ikan mas juga memakan plankton tumbuhan (fitoplankton) dan plankton hewani (zooplankton) (Supriatna, 2013).

Di perairan alami, ikan mas (*Cyprinus carpio*) memakan berbagai macam makanan alami yang berupa organisme hewani ataupun nabati, misalnya invertebrata air, udang-udangan renik, larva serangga air, kerang-kerangan, dan macam-macam tanaman air. Ikan ini juga dapat memakan berbagai jenis biji-bijian, misalnya padi-padian, jagung jawawut (jelai), jagung, dan gandum yang dicampurkan sebagai suplemen makanan buatan (*artificial foods*). Bahkan, ikan mas seringkali memakan bahan-bahan organik berupa detritus dan pucuk tanaman keras yang tumbuh atau tertimbun di dasar perairan. Sumber protein, vitamin, lemak, dan mineral sebagai sumber energi metabolisme tubuh dan pertumbuhan diperoleh dari makanan renik berupa plankton nabati (*phytoplankton*) dan plankton hewani (*zooplankton*) (Djarajah, 2001).

## **2.2 Pestisida**

### **2.2.1 Pengertian Pestisida**

Berdasar Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 7 Tahun 1973, pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman atau hasil pertanian; memberantas rerumputan; mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan; mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian tanaman, tidak termasuk pupuk. Selain pada tanaman, adapula pestisida yang digunakan untuk keperluan

pemberantasan dan pencegahan hama pada hewan piaraan dan ternak; binatang dan jasad renik dalam rumah tangga, bangunan dan alat pengangkutan; binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau binatang yang perlu dilindungi.

Pestisida yang banyak digunakan biasanya merupakan bahan kimia toksikan yang unik, karena dalam penggunaannya, pestisida ditambahkan atau dimasukkan secara sengaja ke dalam lingkungan dengan tujuan untuk membunuh beberapa bentuk kehidupan. Idealnya pestisida hanya bekerja secara spesifik pada organisme sasaran yang dikehendaki saja dan tidak pada organisme lain yang bukan sasaran. Tetapi kenyataannya, kebanyakan bahan kimia yang digunakan sebagai pestisida tidak selektif dan malah merupakan toksikan umum pada berbagai organisme, termasuk manusia dan organisme lain yang diperlukan oleh lingkungan (Adriyani, 2006).

Seperti disebutkan sebelumnya, penggunaan pestisida dalam aktifitas manusia sangat beragam. Diantaranya adalah penggunaan pestisida di bidang pertanian, yang merupakan salah satu upaya untuk peningkatan produk pertanian. Penggunaan pestisida ini tidak akan menimbulkan masalah apabila sesuai dengan aturan yang diperbolehkan. Penggunaan pestisida yang tidak sesuai dengan aturan yang berlaku dapat membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini sehubungan dengan sifatnya yang toksik, serta kemampuan dispersinya yang tinggi yaitu mencapai 100 % (Mangkoedihardja, 1999).

### **2.2.2 Penggolongan Pestisida**

Pestisida adalah bahan kimia yang didesain untuk memberantas berbagai macam hama pada tanaman agrikultur dan hortikultura. Pestisida digolongkan menjadi tiga kelompok besar yaitu insektisida, fungisida, dan herbisida. Ada juga

yang disebut dengan rodentisida (pengontrol hama dari kelompok vertebrata), nematosida (pembasmi cacing mikroskopik), moluscasida (pemberantas siput dan keong), dan acarisida (pemberantas tungau). Penggunaan bahan kimia di bidang pertanian ini dapat menghilangkan pupuk anorganik pada skala yang besar (Cremllyn, 1991).

Menurut Detiktani (2013), pestisida dibuat dalam formulasi yang disesuaikan dengan sifat bahan, cara kerja, objek sasaran. Formulasi tersebut merupakan komposisi bahan aktif, bahan pembawa, dan bahan tambahan lain untuk membantu proses kerja. Berdasarkan formulasinya, pestisida dibedakan menjadi 6 golongan yang antara lain:

1. Cairan emulsi: Biasanya berupa cairan pekat yang jika dicampur dengan pelarut akan membentuk emulsi. Komposisi pestisida bentuk cair biasanya terdiri dari tiga komponen yaitu bahan aktif, pelarut serta perata. Pestisida formulasi ini dapat mudah dikenali dengan membaca label nama dagang. Biasanya di belakang nama dagang diikuti singkatan ES (*Emulsifiable Solution*), atau WSC (*Water Soluable Concentrate*), atau E (*Emulsifiable*), atau S (*Solution*).
2. Butiran (*Granular*): Biasanya berupa butiran dengan ukuran 20-80 mesh yang merupakan komposisi bahan aktif antara 2–25 %, bahan pembawa yang berupa talk (serbuk) dan kuarsa. Pestisida kelompok ini, di belakang nama dagangnya tercantum singkatan G (*Granular*) atau WDG (*Water Dispersible Granule*).
3. Debu (*Dust*): Komposisi pestisida formulasi debu terdiri dari bahan aktif dan talk. Nama dagang kelompok formulasi debu biasanya diikuti singkatan D (*Dust*)

4. Tepung (*Powder*): Komposisi pestisida formulasi tepung pada umumnya terdiri atas bahan aktif dan bahan pembawa seperti tanah liat dan talk (biasanya 50–75 %). Dibelakang nama dagang pestisida formulasi tepung diikuti singkatan WP (*Wettable Powder*) atau WSP (*Water Soluable Powder*) atau SP (*Soluable Powder*)
5. Minyak (*Oil*): Bahan dengan formulasi ini biasanya dicampur minyak seperti xiten, korosen atau aminoester. Pestisida ini sering juga disebut SCO (*Solluble Concentrate in Oil*).
6. Fumigansia (*Fumigant*): Pestisida ini berupa zat kimia yang dapat menghasilkan uap, gas, bau, asap yang biasa digunakan di gudang penyimpanan.

Menurut Hudayya dan Jayanti (2012), berdasarkan cara kerjanya (*mode of action*), yaitu menurut sifat kimianya, pestisida dibagi menjadi empat 4 golongan besar, yaitu:

1. Organoklorin merupakan insektisida sintetik yang paling tua yang sering disebut hidrokarbon klor. Secara umum diketahui bahwa keracunan pada serangga ditandai dengan terjadinya gangguan pada sistem saraf pusat yang mengakibatkan terjadinya hiperaktivitas, gemetar, kemudian kejang hingga akhirnya terjadi kerusakan pada saraf dan otot yang menimbulkan kematian. Organoklorin bersifat stabil di lapangan, sehingga residunya sangat sulit terurai.
2. Organofosfat merupakan insektisida yang bekerja dengan menghambat enzim asetilkolinesterase, sehingga terjadi penumpukan asetilkolin yang berakibat pada terjadinya kekacauan pada sistem pengantar impuls saraf ke sel-sel otot. Keadaan ini menyebabkan impuls tidak dapat diteruskan, otot menjadi kejang, dan akhirnya terjadi kelumpuhan (*paralisis*) dan akhirnya serangga mati.

3. Karbamat merupakan insektisida yang berspektrum luas. Cara kerja karbamat mematikan serangga sama dengan insektisida organofosfat yaitu melalui penghambatan aktivitas enzim asetilkolinesterase pada sistem saraf. Perbedaannya ialah pada karbamat penghambatan enzim bersifat bolak-balik reversible yaitu penghambatan enzim bisa dipulihkan lagi. Karbamat bersifat cepat terurai.
4. Piretroid merupakan piretrum sintetis, yang mempunyai sifat stabil bila terkena sinar matahari dan relatif murah serta efektif untuk mengendalikan sebagian besar serangga hama. Piretroid mempunyai efek sebagai racun kontak yang kuat, serta mempengaruhi sistem saraf serangga pada peripheral (sekeliling) dan sentral (pusat). Piretroid awalnya menstimulasi sel saraf untuk memproduksi secara berlebihan dan akhirnya menyebabkan paralisis dan kematian.

### 2.2.3 Pestisida Organofosfat

Pestisida organofosfat merupakan pestisida yang sangat berbahaya karena ikatan pestisida organofosfat dan kolinesterase hampir bersifat irreversibel. Intoksikasi dapat timbul akibat penyerapan dari beberapa tempat termasuk dari kulit dan saluran nafas. Petani yang menggunakan pestisida organofosfat kemungkinan akan mengabsorpsi pestisida tersebut dalam jumlah cukup banyak. Cara kerja semua jenis pestisida organofosfat sama yaitu menghambat penyaluran impuls syaraf dengan cara mengikat kolinesterase, sehingga tidak terjadi hidrolisis asetilkolin (Raini, 2007).

Organofosfat merupakan ester asam fosfat atau asam tiosfat. Organofosfat umumnya merupakan racun pembasmi serangga yang paling toksik terhadap binatang bertulang belakang seperti ikan, burung, cicak, dan mamalia. Pestisida ini bekerja memblokade penyaluran impuls syaraf dengan mengikat

enzim asetilkolinesterase. Akibatnya terjadi penumpukan asetilkolin yang meningkatkan aktivitas syaraf, dengan gejala mulai dari sakit kepala hingga kejang-kejang otot dan kelumpuhan (Raini, 2009).

Golongan ini sering disebut *organic phosphates*, *phosphorus insecticide*, *phosphates*, *phosphate insecticides*, dan *phosphorus esters* atau *phosphorus acid esters*. Mereka adalah derivat dari *phosphoric acid* dan biasanya sangat toksik untuk hewan vertebrata (bertulang belakang). Golongan organofosfat cara kerjanya berhubungan erat dengan gas syaraf. Organofosfat selain toksik terhadap hewan vertebrata ternyata tidak stabil dan nonpersisten, sehingga golongan ini dapat menggantikan organochlorines, khususnya untuk menggantikan DDT. Golongan organofosfat merupakan racun kontak yang menurunkan aktivitas enzim kolinesterase darah dan bekerja sebagai racun saraf sebagaimana halnya dengan racun golongan karbamat. Komposisi Organofosfat terdiri dari unsur fosfat, karbon, dan hidrogen (Fathonah, 2014).

#### 2.2.4 Pengaruh Pestisida Bagi Organisme dan Perairan

Penggunaan pestisida dalam menopang peningkatan produk pertanian maupun perkebunan telah banyak membantu untuk meningkatkan produksi pertanian. Namun demikian penggunaan pestisida ini juga memberikan dampak negatif baik terhadap manusia, biota maupun lingkungan. Selain itu, juga menyebabkan terjadinya resiko kematian janin dua kali lebih besar bagi ibu yang saat kehamilannya berusia 3–8 minggu tinggal dekat areal pertanian dibandingkan dengan yang tinggal jauh dari daerah pertanian (Manuaba, 2009).

Penggunaan pestisida kimiawi yang berlebihan memberi dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Keseimbangan alam terganggu dan akan mengakibatkan timbulnya hama yang resisten, ancaman bagi predator, parasit, ikan, burung, dan satwa lain. Salah satu penyebab terjadinya dampak negatif

pestisida terhadap lingkungan adalah adanya residu pestisida di dalam tanah, sehingga dapat meracuni organisme non-target, terbawa sampai ke sumber-sumber air dan meracuni lingkungan sekitar. Bahkan, residu pestisida pada tanaman dapat terbawa sampai pada mata rantai makanan, sehingga dapat meracuni konsumen, baik hewan maupun manusia (Djunaedy, 2009).

Menurut Adriyani (2006), penggunaan pestisida yang tidak bijaksana dan tidak sesuai dengan aturan yang berlaku dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Beberapa dampak negatif yang mungkin timbul akibat penggunaan pestisida dalam bidang pertanian, yang tidak sesuai dengan aturan adalah sebagai berikut:

1. Pencemaran air dan tanah

Pencemaran air oleh pestisida di lingkungan perairan terutama terjadi melalui aliran air dari tempat kegiatan manusia yang menggunakan pestisida dalam usaha menaikkan produksi pertanian dan peternakan. Jenis-jenis pestisida yang persisten tidak mengalami degradasi dalam tanah, tapi malah akan berakumulasi. Pestisida dalam air dapat mengakibatkan *biology magnification* yang dapat mencapai komponen terakhir, yaitu manusia melalui rantai makanan.

2. Merusak keseimbangan ekosistem

Penggunaan pestisida seperti insektisida, fungisida dan herbisida untuk membasmi hama tanaman, hewan, dan gulma yang bisa mengganggu produksi tanaman sering menimbulkan komplikasi lingkungan. Penekanan populasi insekta hama tanaman dengan menggunakan insektisida, juga akan mempengaruhi predator dan parasitnya, termasuk serangga lainnya yang memangsa spesies hama dapat ikut terbunuh.

### 3. Dampak terhadap kesehatan masyarakat

Penggunaan pestisida dalam kegiatan pertanian dapat mengakibatkan dampak negatif pada kesehatan manusia, misalnya terdapat residu pestisida pada produk pertanian serta bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui rantai makanan. Manusia sebagai makhluk hidup yang letaknya paling ujung dari rantai makanan dapat memperoleh efek biomagnifikasi yang paling besar.

### 2.3 Mekanisme Pestisida Masuk dalam Tubuh Organisme

Ada beberapa tahapan atau proses pestisida masuk ke dalam tubuh organisme. Pestisida yang masuk dalam tubuh organisme akan mengalami proses-proses yang sama dengan benda-benda asing. Proses-proses tersebut yaitu absorpsi, distribusi, dan akumulasi. Pestisida masuk dalam tubuh ikan dapat melalui saluran pencernaan, saluran pernafasan, dan penetrasi kulit. Pada saluran pencernaan, pestisida yang ada dalam usus akan mengalami proses absorpsi dan distribusi, dengan adanya proses ini mengakibatkan kerusakan pada jaringan ikan. Proses distribusi terjadi dimana pestisida yang ada di usus dibawa oleh peredaran darah vena portal hepatis menuju ke hepar. Di hepar akan terjadi detoksifikasi dan akumulasi racun. Pada saluran pernafasan pestisida dapat menyebabkan kerusakan pada bagian insang dan organ-organ yang berhubungan dengan insang. Masuknya pestisida dalam insang melalui kontak langsung, karena letaknya di luar (Rudiyanti dan Ekasari, 2009).

Menurut Hudayya dan Jayanti (2012), cara masuk insektisida ke dalam tubuh organisme dibedakan menjadi beberapa kelompok yaitu:

1. Racun perut/lambung merupakan bahan beracun pestisida yang dapat merusak sistem pencernaan jika tertelan oleh serangga.

2. Racun kontak merupakan bahan beracun pestisida yang dapat membunuh atau mengganggu perkembangbiakan serangga, jika bahan beracun tersebut mengenai tubuh serangga.
3. Racun nafas merupakan bahan racun pestisida yang biasanya berbentuk gas atau bahan lain yang mudah menguap (fumigan) dan dapat membunuh serangga jika terhisap oleh sistem pernafasan serangga tersebut.
4. Racun syaraf merupakan pestisida yang cara kerjanya mengganggu sistem saraf jasad sasaran.
5. Racun protoplasmik merupakan racun yang bekerja dengan cara merusak protein dalam sel tubuh jasad sasaran.
6. Racun sistemik merupakan bahan racun pestisida yang masuk ke dalam sistem jaringan tanaman dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman, sehingga bila dihisap, dimakan atau mengenai jasad sasarannya bisa meracuni. Jenis pestisida tertentu hanya menembus ke jaringan tanaman (translaminar) dan tidak akan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman

Potensi dan toksisitas selektif insektisida organofosfat pada dasarnya dikaitkan dengan ketidakaktifan enzim *acetylcholinesterase*. Enzim ini memutuskan neurotransmitter (penghantar syaraf) *acetylcholin* pada sinapse segera setelah fungsinya selesai. Insektisida organofosfat adalah ganglionik dibandingkan dengan racun aksionik, yang menyebabkan suatu rangsangan awal transmisi kolinergik yang diikuti oleh penurunan yang berakhir dalam paralisis seluruh sinapsis syaraf dan berakhirnya syaraf gerak. Potensi insektisida organofosfat dinyatakan dalam bentuk kepekatan molar penghambat yang menghasilkan 50 % hilangnya keaktifan *acetylcholinesterase* (AChE) (Connel dan Miller, 2006).

## 2.4 Histologi dan Histopatologi

Histologi merupakan cabang ilmu biologi anatomi yang mempelajari tentang susunan struktur sel-sel yang memiliki fungsi fisiologi yang sama tersusun menjadi satu jaringan yang kompleks. Perubahan dalam struktur sel terjadi akibat terkena penyakit, bakteri, adanya substansi berbahaya seperti logam berat, maupun karena terjadinya perubahan faktor fisika (suhu) dan kimia (salinitas, pH, dan DO) lingkungan. Analisa histologi dapat menjadi parameter yang sangat sensitif dan menjadi sangat penting di dalam menentukan perubahan struktur sel yang terjadi di organ dalam seperti ginjal, hati, gonad, dan lainnya (Khaisar, 2006)

Penerapan histologi terlebih dahulu diawali dengan pengetahuan mengenai anatomi dasar. Banyak peneliti yang menggunakan analisa histologi untuk mendeteksi perubahan maupun kelainan pada jaringan dan organ. Analisis histologi biasa digunakan di bidang keilmuan perikanan untuk mengevaluasi telur, embrio, dan perkembangan jaringan baik dalam keadaan normal maupun terinfeksi penyakit, pengamatan terhadap pengaruh pemaparan bahan beracun, nutrisi, karsinogenik, dan aspek internal lain dalam tubuh ikan (Schreck dan Peter, 1990).

Pemeriksaan histopatologis dapat memberikan gambaran perubahan pada jaringan ikan yang terkena penyakit ataupun gangguan lainnya. Untuk menentukan penyakit pada ikan diagnose merupakan langkah awal yang perlu untuk dilakukan. Pada proses ini terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah tanda-tanda klinis yang meliputi tingkah laku, ciri-ciri eksternal maupun ciri-ciri internal serta perubahan patologi. Untuk mengetahui perubahan jaringan pada ikan yang terserang penyakit perlu dilakukannya pemeriksaan secara histologi untuk mengetahui atau mendeteksi adanya

kelainan melalui pengamatan secara mikroskopis terhadap perubahan abnormal tingkat jaringan (Asniatih, *et al.* 2013).

## 2.5 Jenis Perubahan Histopatologi

Menurut Sunarto (2007) membedakan dan mengembangkan suatu metoda untuk mengevaluasi tingkat kerusakan yang terjadi pada suatu jaringan organisme yang berhubungan dengan pengaruh pencemaran, yaitu: (1) Edema merupakan pembengkakan pada jaringan dan terjadi penimbunan cairan di dalam tubuh, (2) Hiperplasia merupakan pembentukan jaringan secara berlebihan akibat bertambahnya jumlah dan ukuran sel, (3) Fusi merupakan menyatunya jaringan ataupun sel tertentu, (4) Atropi merupakan penyusutan pada sel maupun jaringan sehingga tampak lebih kecil dari awalnya, (5) Nekrosis hampir seluruh struktur jaringan mengalami kerusakan ataupun kematian sel (suatu keadaan dimana sel dan jaringan mempunyai aktifitas yang rendah dan kadang mati).

Hemoragi (*hemorrhage*) adalah sebuah keadaan kehilangan darah yang abnormal (Varney, *et al.* 2004). Suatu zat toksik seperti logam berat dapat mempengaruhi permeabilitas sel dan mengakibatkan keterbatasan sistem transportasi ion sehingga mengganggu transportasi cairan dari dan ke dalam membran sel, hal ini juga berakibat pada hancurnya sel darah akibat kerusakan kapiler darah dan menyebabkan *hemorrhage* (Hadi dan Alwan, 2012)

Lisis artinya hancurnya sel karena robeknya membran plasma. Peristiwa ini terjadi karena proses osmosis. Sel yang mempunyai sitoplasma pekat bila berada dalam kondisi hipotonik akan kemasukan air hingga tekanan osmosis dalam sel akan menjadi tinggi. Keadaan demikian akan memecah sel tersebut (Noferi, 2010). Sedangkan vakuolisasi inti adalah perubahan keseimbangan cairan dalam sel akibat bertambahnya cairan. Vakuolisasi ditandai dengan inti

yang tampak membesar dan bergelembung serta khromatinnya jarang dan tidak eosinofil. (Simanjuntak, 2010).

Trombosis adalah hasil dari aktivasi kaskade koagulasi dalam pembuluh darah atau jantung dari hewan hidup. Massa yang dihasilkan adalah thrombus. Trombus menyumbat aliran darah, sehingga jaringan kekurangan darah. Iskemia (kekurangan oksigen darah), mengakibatkan nekrosis pada jaringan. Trombus dapat terbagi-bagi, kemudian melepaskan emboli ke dalam sirkulasi. Ini pada akhirnya dapat tersangkut di pembuluh darah kecil, menghalangi aliran darah, dan menyebabkan nekrosis iskemik (Mumford, *et al.* 2007).

Kongesti (pembendungan) pada pembuluh darah yaitu meningkatnya jumlah darah dalam pembuluh yang ditunjukkan dengan kapiler darah tampak melebar yang penuh berisi eritrosit. Kongesti dapat terjadi akibat adanya reaksi peradangan akibat trauma, toksin atau mikroorganisme (Amrullah, *et al.* 2014).

## 2.6 Uji Toksisitas

Toksisitas adalah sifat relatif toksikan yang berkaitan dengan potensinya mengakibatkan efek negatif bagi makhluk hidup. Toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi pemaparan, sifat lingkungan, dan spesies biota. Toksikan dapat menimbulkan efek negatif bagi biota dalam bentuk perubahan struktur maupun fungsional, baik secara akut maupun kronik atau sub kronis. Efek tersebut dapat bersifat reversible sehingga dapat pulih kembali dan dapat pula bersifat irreversible yang tidak dapat pulih (Halang, 2004).

Toksisitas merupakan kemampuan suatu molekul atau senyawa kimia yang dapat menimbulkan kerusakan pada bagian yang peka di dalam maupun dibagian luar tubuh makhluk hidup (Ramdhini, 2010). Sedangkan yang dimaksud dengan uji toksisitas dilakukan untuk mendapatkan informasi atau data tentang

toksisitas suatu bahan (kimia) pada hewan uji. Secara umum uji toksisitas dapat dikelompokkan menjadi uji toksisitas jangka pendek/akut, dan uji toksisitas jangka panjang. Uji toksisitas akut dimaksudkan untuk mendapatkan informasi tentang gejala keracunan, penyebab kematian, urutan proses kematian dan rentang dosis yang mematikan hewan uji (*Lethal Dose* atau disingkat  $LD_{50}$ ) suatu bahan. Uji toksisitas akut merupakan efek yang merugikan yang timbul segera sesudah pemberian suatu bahan sebagai dosis tunggal, atau berulang yang diberikan dalam 24 jam (Fanani, 2009)

Menurut Bosman, *et al.* (2013), polutan toksik dapat mengakibatkan kematian (*lethal*) maupun bukan kematian (*sublethal*), misalnya terganggunya pertumbuhan, tingkah laku, dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik. Sedangkan menurut Ramadhani (2009) menjelaskan bahwa untuk meneliti berbagai macam efek yang berhubungan dengan masa pemejanaan, uji toksikologi dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

1. Uji Toksisitas Akut. Uji ini dirancang untuk menentukan efek toksik suatu senyawa yang akan terjadi dalam masa pemejanaan dengan waktu yang singkat atau pemberiannya dengan takaran tertentu. Uji ini dilakukan dengan cara pemberian konsentrasi tunggal senyawa uji pada hewan uji. Takaran konsentrasi yang dianjurkan paling tidak empat peringkat konsentrasi, berkisar dari konsentrasi terendah yang tidak atau hampir mematikan seluruh hewan uji. Biasanya pengamatan dilakukan selama 24 jam, kecuali pada kasus tertentu selama 7–14 hari.
2. Uji Toksisitas Sub Kronis atau Sub Akut. Uji ini dilakukan dengan memberikan zat kimia yang sedang diuji tersebut secara berulang-ulang terhadap hewan uji selama kurang dari 3 bulan. Uji ini ditujukan untuk mengungkapkan seberapa toksik senyawa uji, serta untuk melihat apakah zat toksik itu berkaitan dengan takaran konsentrasi.

3. Uji Toksisitas Kronis. Uji ini dilakukan dengan memberikan zat kimia secara berulang-ulang pada hewan uji selama lebih dari 3 bulan atau sebagian besar dari hidupnya. Meskipun pada penelitian digunakan waktu lebih pendek, tetapi tetap lebih lambat dibandingkan uji toksisitas akut maupun uji toksisitas sub akut.

## **2.7 Parameter Kualitas Air**

### **2.7.1 Suhu**

Dalam setiap penelitian pada ekosistem air pengukuran temperatur air merupakan hal yang mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas di dalam air serta semua aktivitas biologis-fisiologis di dalam ekosistem air sangat dipengaruhi oleh temperatur (Barus, 2002). Suhu merupakan salah satu parameter fisik perairan yang penting. Hal ini disebabkan suhu secara langsung mempengaruhi proses fisiologi dan siklus reproduksi hewan. Suhu juga mempengaruhi secara tidak langsung daya larut oksigen yang digunakan dalam proses respirasi organisme perairan (Karif, 2011).

Suhu dapat menjadi faktor penentu atau pengendali kehidupan flora dan fauna akuatis, terutama suhu di dalam air yang telah melampaui ambang batas (terlalu hangat atau dingin). Jenis, jumlah, dan keberadaan flora dan fauna akuatis seringkali berubah dengan adanya perubahan suhu air, terutama oleh adanya kenaikan suhu dalam air. Kisaran suhu yang sesuai untuk pertumbuhan makrozoobentos, siklus temperatur untuk kehidupan organisme perairan berkisar 26 °C–31 °C (Rakhmanda, 2011).

Pertumbuhan dan kehidupan biota air sangat dipengaruhi suhu air. Kisaran suhu optimal bagi kehidupan ikan di perairan tropis adalah antara 28 °C–32 °C. Pada suhu 18 °C–25 °C, ikan masih bertahan hidup, tetapi nafsu makannya mulai menurun. Suhu air 12 °C–18 °C mulai berbahaya bagi ikan,

sedangkan pada suhu di bawah 12 °C ikan tropis mati kedinginan. Secara teoritis, ikan tropis masih hidup normal pada suhu 30 °C–35 °C jika konsentrasi oksigen terlarut cukup tinggi (Kordi dan Tancung, 2010).

### 2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman lebih dikenal dengan istilah pH. pH (singkatan dari *puissance negatif de H*), yaitu logaritma dari kepekatan ion-ion H (Hidrogen) yang terlepas dalam suatu cairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter) pada suhu tertentu atau dapat ditulis:  $\text{pH} = -\log (\text{H})^+$ . Karena nilai pH didefinisikan sebagai logaritma negatif konsentrasi ion  $\text{H}^+$ , maka yang harus diperhitungkan dalam menentukan rata-rata nilai pH rendah bersamaan dengan rendahnya kandungan mineral yang ada dan sebaliknya. Dimana mineral tersebut digunakan sebagai nutrien di dalam siklus produksi perairan dan pada umumnya perairan yang alkali adalah lebih produktif daripada perairan yang asam (Kordi dan Tancung, 2010).

Derajat keasaman (pH) air merupakan faktor pembatas pada pertumbuhan ikan dan jasad renik lainnya (plankton, zooplankton, dll.). Nilai keasaman (pH) perairan yang sangat rendah (sangat asam) dapat menyebabkan kematian pada ikan. Gejala yang diperlihatkannya adalah gerakan ikan tidak teratur, tutup insang bergerak sangat aktif, dan ikan berenang sangat cepat di permukaan air. Demikian pula, nilai keasaman (pH) perairan yang tinggi (sangat besar) menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat (Cahyono, 2001).

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Pada pH rendah, keanekaragaman plankton dan bentos mengalami penurunan.

Atas dasar ini, maka usaha budidaya perairan akan berhasil baik dalam air dengan pH 6,5–9,0 dan kisaran optimal pH adalah 7,0–8,7 (Kordi, 2014).

### 2.7.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan parameter kunci kualitas air. Tersedianya oksigen terlarut dalam air sangat menentukan kehidupan ikan. Oksigen terlarut dalam suatu perairan diperoleh melalui difusi dari udara ke dalam air, aerasi mekanis, dan fotosintesis tanaman akuatik. Sementara itu, oksigen terlarut dalam air dapat berkurang akibat adanya respirasi dan pembusukan bahan organik pada dasar perairan (Mubarak, *et al.* 2010).

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernafasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

Beberapa jenis ikan air tawar mampu bertahan hidup pada perairan dengan konsentrasi oksigen kurang dari 5 ppm, tetapi konsentrasi minimum yang masih dapat diterima oleh sebagian besar spesies biota air budidaya untuk hidup dengan baik adalah 5 ppm. Pada perairan dengan konsentrasi oksigen di bawah 4 ppm, beberapa jenis ikan masih mampu bertahan hidup, tetapi nafsu makannya mulai menurun. Konsentrasi yang baik dalam budidaya ikan adalah antara 4–7 ppm. Hanya ikan yang memiliki alat pernafasan tambahan yang mampu hidup pada perairan yang kandungan oksigennya rendah hingga 2 ppm (Kordi, 2014).

### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini yaitu histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim dengan konsentrasi yang berbeda melalui analisis histopatologi serta pengukuran parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, dan DO.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Penelitian dengan metode eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya kontrol (Nazir, 2003). Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara deskriptif yaitu dengan mengadakan kegiatan pengumpulan, analisis dan interpretasi data yang bertujuan untuk membuat deskripsi mengenai keadaan yang terjadi pada saat penelitian (Suryabrata, 1987). Data yang diambil meliputi data primer serta pengambilan data sekunder yang didapatkan dari jurnal, artikel, laporan PKL/Skripsi, situs internet dan kepustakaan yang menunjang penelitian ini.

##### 3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data asli yang dikumpulkan oleh periset untuk menjawab masalah risetnya secara khusus. Data ini tidak tersedia karena memang belum ada riset sejenis yang pernah dilakukan atau hasil riset yang

sejenis sudah kadaluarsa. Data primer diperoleh secara langsung dari sumbernya, sehingga periset merupakan tangan pertama yang memperoleh data tersebut (Istijanto, 2009). Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi jaringan lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim dengan konsentrasi yang berbeda melalui analisis histopatologi serta pengukuran parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, dan DO.

### **3.3.2 Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau dari sumber kedua (Marzuki, 2002). Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari jurnal, artikel ilmiah, laporan penelitian terdahulu, situs internet serta kepustakaan lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

## **3.4 Prosedur Penelitian**

### **3.4.1 Adaptasi Hewan Uji (Aklimatisasi)**

Sampel hewan uji ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) didapatkan dari Unit Pengelola Budidaya Air Tawar (UPBAT) Kepanjen, Kabupaten Malang. Sampel ikan mas yang digunakan sebagai hewan uji yaitu yang memiliki total panjang tubuh berkisar antara 4–7cm. Pemeliharaan ikan mas dilakukan di akuarium pemeliharaan Laboratorium Workshop, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pemeliharaan ini dilakukan selama 7 hari dengan pemberian pakan 3 kali setiap harinya. Setelah dipelihara selama 7 hari, ikan mas dipindahkan dalam wadah bak kapasitas 10 liter dengan aerasi menggunakan aerator untuk dilakukan aklimatisasi. Proses ini dilakukan pada 24 bak dengan jumlah 10 ekor pada masing-masing baknya, dimana setiap 8 bak

mewakili satu kali ulangan. Aklimatisasi ini dilakukan selama 1 hari (24 jam) dengan tanpa pemberian pakan.

### 3.4.2 Metode Pemaparan Pestisida

Dalam penelitian ini menggunakan bak-bak percobaan dengan pemberian pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim dengan konsentrasi yang berbeda. Konsentrasi pestisida yang digunakan ini didapatkan melalui uji pendahuluan dan uji sesungguhnya. Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan kisaran konsentrasi yang tepat dari pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim yang berlangsung selama 96 jam. Konsentrasi yang digunakan pada uji pendahuluan yakni 1 ppm, 10 ppm, 100 ppm, 1000 ppm, dan 10.000 ppm, sehingga memerlukan 5 bak yang berisi 10 liter air/bak dan dihitung berapa ml pestisida yang digunakan yang perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 2 dengan rumus pengenceran (Yosmaniar, *et al.* 2009) sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Dimana:

$N_1$  = Konsentrasi (ppm) pestisida dalam larutan stok

$N_2$  = Konsentrasi (ppm) pestisida yang diinginkan dalam media air

$V_1$  = Volume larutan stok yang akan diambil (L)

$V_2$  = Volume media air penelitian yang diinginkan (L)

Setelah melakukan uji pendahuluan kemudian didapat ambang letal bawah ( $LC_0$  48 jam) atau konsentrasi terkecil dimana hampir semua ikan uji masih hidup setelah kurun waktu 48 jam yaitu sebesar 1 ppm dan ambang letal atas ( $LC_{100}$  24 jam) atau konsentrasi terbesar dimana hampir semua ikan uji telah mati setelah waktu 24 jam yaitu sebesar 10 ppm (Setyorini, 2015).

Setelah diketahui nilai  $LC_{0}$  48 jam (ambang letal bawah) dan  $LC_{100}$  24 jam (ambang letal atas) yang didapatkan uji pendahuluan, kemudian dari hasil tersebut ditentukan variasi kadar uji sesungguhnya berdasarkan interval *progressive bisection* skala logaritmik (Guthrie dan Perry, 1980) yang dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil konsentrasi yang didapat yakni 0 ppm (kontrol) sebagai pembanding, 1,35 ppm; 1,8 ppm; 2,4 ppm; 3,2 ppm; 4,2 ppm; 6,5 ppm; 8,7 ppm, sehingga memerlukan 24 bak percobaan, karena penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan 3 kali pengulangan.

#### 3.4.3 Pengambilan Sampel Organ Lambung

Dalam pengambilan sampel organ lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) langkah pertama yang dilakukan yaitu sampel ikan yang akan diambil lambungnya, dimatikan terlebih dahulu atau mengambil sampel ikan yang baru mati untuk memudahkan dalam melakukan pembedahan. Kemudian pembedahan dilakukan dengan menggunakan gunting bedah, diawali dari lubang anus sampai kepala. Gunting yang digunakan pada awal pembedahan adalah yang ujungnya tajam, selanjutnya menggunakan dengan yang ujungnya tumpul agar isi perut tidak tersobek dan rusak. Kemudian lambung ikan diambil dengan dipotong terlebih dahulu ujung dan pangkal lambung (Muryanto dan Sumarno, 2013). Organ tersebut dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam botol film yang sudah diberi tanda dengan kertas kabel. Kemudian organ tersebut difiksasi dengan buffer formalin 10 % untuk selanjutnya dibuat preparat histologi dan diwarnai dengan pewarnaan *Hematoksilin-Eosin* (HE).

#### 3.4.4 Pengambilan Sampel Organ Otak

Dalam pengambilan sampel organ otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) langkah pertama yang dilakukan yaitu sampel ikan yang akan diambil otaknya, dimatikan terlebih dahulu atau mengambil sampel ikan yang baru mati untuk

memudahkan dalam melakukan pembedahan. Kemudian dipotong kepala ikan tepat di belakang tutup insang hingga putus. Potongan kepala tersebut kemudian diletakkan dengan mulut menghadap ke atas. Kemudian dipotong kepala ikan mas ke arah bawah mulai dari bawah lubang hidung hingga tulang tengkorak terbuka dan otaknya tampak. Kemudian otak tersebut diangkat dengan hati-hati, lalu dibersihkan darah dan lendirnya menggunakan tisu (Mahyuddin, 2008). Organ tersebut kemudian dimasukkan ke dalam botol film yang sudah diberi tanda dengan kertas kabel. Kemudian organ tersebut difiksasi dengan buffer formalin 10 % untuk selanjutnya dibuat preparat histologi dan diwarnai dengan pewarnaan *Hematoksilin–Eosin* (HE).

#### 3.4.5 Pembuatan Preparat Histologi

Sampel lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang telah difiksasi dalam *buffer formalin* 10 %, kemudian dibuat sediaan histologis (metode parafin dan pewarnaan *Hematoksilin–Eosin* (HE)) sesuai dengan prosedur standar yang dilakukan di Laboratorium Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang. Pengamatan sediaan histologis dilakukan dengan menggunakan aplikasi master OlyVIA (*Olympus Soft Imaging Solution*) terhadap gambaran histologi lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn), kemudian dilakukan pemotretan.

Tahapan dari yang digunakan dalam membuat preparat histologi mengacu pada Instruksi Kerja Pembuatan Preparat di Laboratorium Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang adalah sebagai berikut:

- a. Proses Pemotongan Jaringan Berupa Makross
  - Memasukkan gross hasil bedah ke larutan formalin 10 (fiksasi) semalam.
  - Memilih jaringan yang terbaik sesuai dengan yang akan diteliti.
  - Memotong jaringan kurang lebih ketebalan 2–3 mm.

- Memasukkan ke kaset dan memberi kode sesuai dengan kode gross peneliti.
- Memasukkan ke larutan formalin 10 % sebelum memprosesnya ke alat *Tissue Tex Prosesor*.
- Memprosesnya menggunakan alat/mesin *Tissue Tex Prosesor* selama 90 menit.
- Menunggu alarm berbunyi sebagai penanda selesai.

b. Proses Pengeblokan dan Pemotongan Jaringan

- Mengangkat jaringan dari mesin *Tissue Tex Prosesor*.
- Memblok jaringan dengan paraffin sesuai kode jaringan.
- Memotong jaringan dengan alat *microtome* ketebalan 3–5 mikron.

c. Proses Deparafinisasi

Setelah menyayat atau memotong jaringan lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) dengan ketebalan 3–5 mikron, menaruhnya dalam oven selama 30 menit dengan suhu panas 70–80 °C, kemudian memasukkan ke dalam 2 tabung larutan xylol masing-masing 20 menit, setelah itu memasukkan ke 4 tabung alkohol masing-masing tempat 3 menit (hidrasi), dan yang terakhir memasukkan air mengalir selama 15 menit.

d. Proses Pewarnaan (HE) / *Auto Staining*

- Memberi cat utama Harris Hematoksilin selama 10–15 menit.
- Mencuci dengan air mengalir selama 15 menit.
- Menyelupkan ke dalam alkohol asam 1 % sebanyak 2–5 celup.
- Menyelupkan lagi ke dalam amonia air sebanyak 3–5 celup.
- Memberi cat pembanding menggunakan Eosin 1 % selama 10–15 menit.

e. Proses Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penarikan air dalam jaringan dengan menggunakan alkohol. Proses ini melalui empat kali pengulangan menggunakan persentase alkohol yang berbeda, diantaranya adalah:

- Alkohol 70 % selama 3 menit.
- Alkohol 80 % selama 3 menit.
- Alkohol 95 % selama 3 menit.
- Alkohol absolut selama 3 menit.

f. Proses Penjernihan (*Clearing*)

- Menyelupkan kedalam Xylol I selama 60 menit.
- Menyelupkan kedalam Xylol II selama 60 menit.

g. *Mounting* dan *Labeling*

Penutupan preparat jaringan lambung dan otak ikan mas dengan menggunakan kaca penutup (*cover glass*) dan memberi kode identitas pada preparat organ lambung dan otak ikan mas sesuai dengan perlakuan:

- Membiarkan slide kering pada suhu ruangan.
- Mengamati slide yang sudah kering.

h. Pengamatan jaringan pada organ lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) dengan menggunakan mikroskop binokuler merk Olympus BX41 dan difoto menggunakan kamera digital merk Olympus tipe CX21FS.

### 3.4.6 Analisis Histopatologi

#### A. Pengamatan Kerusakan yang Terjadi

Potongan jaringan lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang telah diwarnai dengan pewarnaan *Hematoksin–Eosin* (HE) tersebut, kemudian diperiksa menggunakan mikroskop binokuler. Hasil yang diperoleh kemudian diamati dengan cara mengamati, menganalisis, serta mengidentifikasi

jenis dan tingkat kerusakan pada jaringan lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat dengan menggunakan aplikasi master OlyVIA sebagai pengganti mikroskop.

## B. Perhitungan Persentase Kerusakan

Preparat lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang telah terpapar pestisida golongan organofosfat tersebut, selanjutnya dilakukan pengamatan untuk melihat jenis kerusakan dan melakukan perhitungan jumlah kerusakan. Persentase kerusakan organ dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

Rumus tersebut diperoleh dari pengamatan lambung dan otak ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) dengan menggunakan satu lapang pandang dan menggunakan aplikasi master OlyVIA. Lapang pandang tersebut dibagi menjadi beberapa kotak dengan menggunakan aplikasi CorelDRAW, kemudian diberi warna yang berbeda untuk mewakili setiap kerusakan yang berbeda. Lalu dihitung masing-masing warna kotak (mm<sup>2</sup>) yang berbeda untuk kemudian dicatat sebagai jumlah jaringan yang rusak, sedangkan tiap kotak (mm<sup>2</sup>) yang mewakili jaringan dicatat sebagai jumlah jaringan yang diamati. Cara penentuan jumlah jenis kerusakan dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5.

### 3.4.7 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan pada saat uji sesungguhnya yang meliputi suhu, pH, dan DO. Pengukuran kualitas air dilakukan setiap 24 jam sekali selama 96 jam pada setiap bak percobaan. Metode yang digunakan pada saat pengukuran kualitas air berdasar Hariyadi, *et al.* (1992) adalah sebagai berikut:

## a. Suhu

Pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu Oxy meter yang dilakukan dengan langkah-langkah antara lain:

- Mengkalibrasi Oxy meter terlebih dahulu dengan membilas electrode (sensor) dengan aquadest lalu dilap dengan tisu.
- Menyalakan tombol ON.
- Menyelupkan ujung elektrod dari Oxy meter ke dalam sampel air.
- Menunggu sampai nilai suhu yang terbaca benar-benar konstan.
- Mencatat hasil pengukuran suhu dalam satuan °C.

## b. pH

Pengukuran pH dengan menggunakan alat yaitu pH paper yang dilakukan dengan langkah-langkah antara lain:

- Mencilupkan pH paper ke dalam perairan.
- Mendinginkan selama kurang lebih 2 menit.
- Mengangkat dan mengibaskan sampai setengah kering.
- Mencocokkan dengan skala 1–14 yang tertera pada kotak pH standar.
- Mencatat hasil pengukurannya.

## c. DO

Pengukuran oksigen terlarut (DO) dengan menggunakan alat yaitu Oxy meter yang dilakukan dengan langka-langkah antara lain:

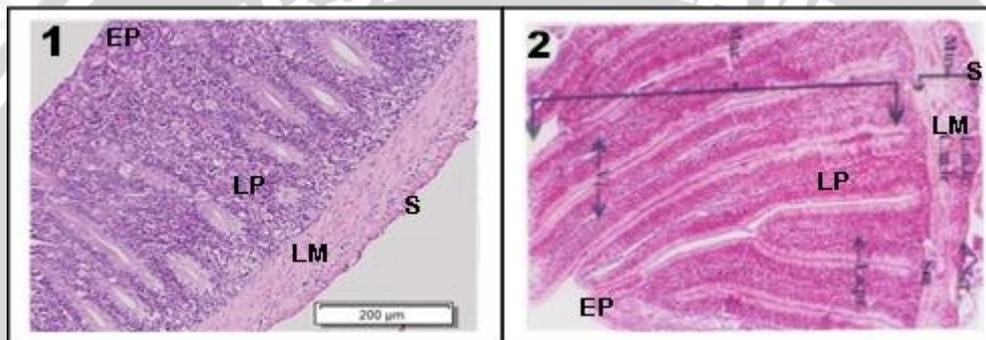
- Mengkalibrasi Oxy meter terlebih dahulu dengan membilas electrode (sensor) dengan aquadest lalu dilap dengan tisu.
- Menyalakan tombol ON.
- Menyelupkan ujung elektroda dari Oxy meter ke dalam sampel air.
- Menunggu sampai nilai DO yang terbaca benar-benar konstan.
- Mencatat hasil pengukuran suhu dalam satuan ppm..

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Histopatologi Lambung Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)

#### 4.1.1 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 0 ppm (Kontrol)

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) kontrol yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan yang dalam keadaan normal (Naguib, *et al.* 2011)

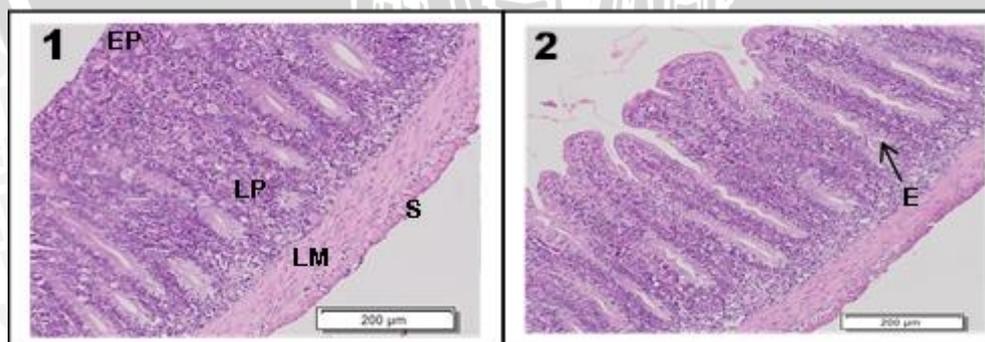
Gambar 6 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas kontrol memperlihatkan struktur jaringan lambung yang masih baik, teratur, dan belum memperlihatkan adanya kerusakan baik pada epitelium, lamina propria, lapisan muskularis, maupun serosa. Adanya ikan kontrol disini digunakan sebagai pembandingan dalam pengamatan jaringan lambung yang normal dan yang telah mengalami kerusakan. Menurut Haloi, *et al.* (2013), dinding lambung terdiri dari mukosa, sub mukosa, muskularis, dan serosa. Sel-sel yang tinggi dan berbentuk silindris ini memiliki pola lurik, berbentuk tidak tetap dan mengandung inti berbentuk oval yang terletak di tengah maupun di dasar sel. Mukosa lambung mensekresi sel-sel goblet yang diselingi pula dengan ekskresi sel kolumnar. Sel

lambung ikan yang tidak diberi perlakuan memiliki mikrovili yang normal dan sub mukosa, serta tidak ada kerusakan seperti vakuolasi maupun edema.

Menurut Junqueira, *et al.* (1998), pengamatan makroskopis pada lambung dapat dibedakan 4 daerah yaitu kardiak, fundus, korpus dan pilorus. Bagian fundus dan korpus memiliki struktur mikroskopik yang identik, sehingga secara histologis hanya ada tiga daerah. Mukosa lambung terdiri atas epitel permukaan yang menekuk dengan kedalaman bervariasi ke dalam lamina propria, membentuk foveola gastrika yang di dalamnya bermuara kelenjar-kelenjar tubular bercabang yang khas bagi masing-masing lambung. Lamina propria terdiri atas jaringan ikat longgar berbaur dengan otot polos dan sel limfosit. Selapis otot polos, yaitu muskularis mukosa, memisahkan mukosa dari submukosa di bawahnya.

#### 4.1.2 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,35 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 1,35 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 7.

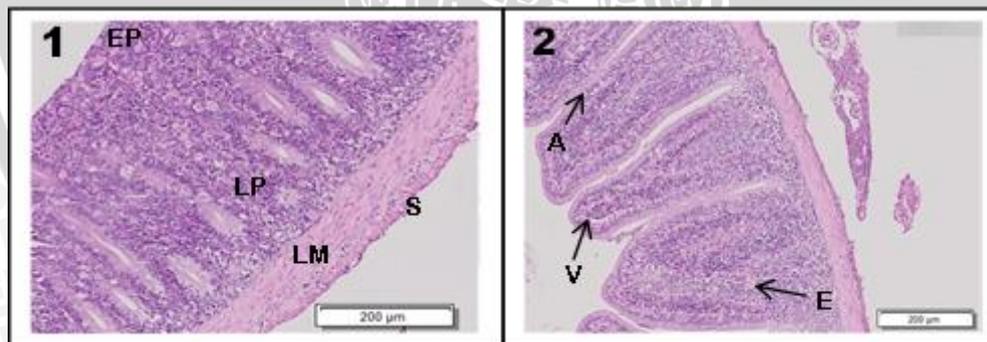


Gambar 7. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm yang terdapat kerusakan edema (E)

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm telah mengalami kerusakan berupa edema pada epitelium dan lamina propria. Hal tersebut ditandai dengan adanya volume sel yang membesar yang diiringi dengan penambahan volume cairan sitoplasma. Edema merupakan suatu gejala awal apabila jaringan tubuh telah terkena suatu bahan toksik. Menurut Haloi *et al.* (2013), pestisida dengan bahan aktif organofosfat dapat menimbulkan akibat pada jaringan lambung, diantaranya merusak sekresi sel mukosa, kerusakan membran luar mikrovili, terjadi *hemorrhage* pada sekitar bagian submukosa, serta pembengkakan sel atau edema.

#### 4.1.3 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,8 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 1,8 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 8.

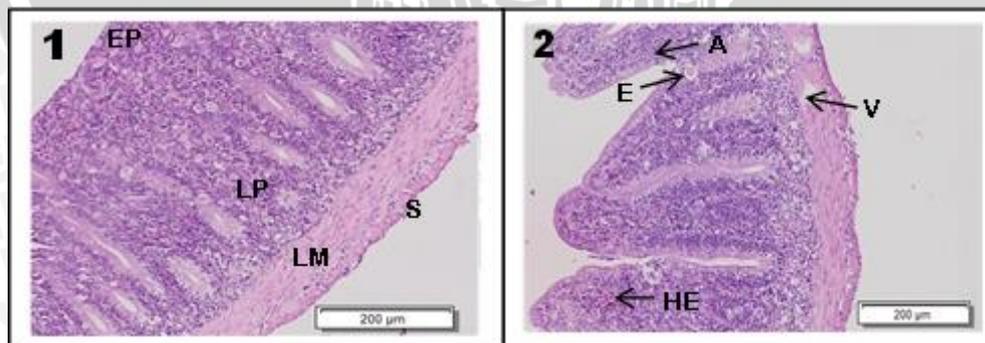


Gambar 8. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm yang terdapat kerusakan edema (E), atrofi (A), dan vakuolisasi (V)

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm telah mengalami kerusakan berupa edema dan vakuolisasi pada epitelium dan lamina propria dan atrofii pada epitelium. Edema ditandai dengan adanya volume sel yang membesar yang diiringi dengan penambahan volume cairan sitoplasma, sedangkan terjadinya hemoragi terlihat dengan menyebarnya darah pada jaringan lambung dan vakuolisasi ditandai dengan adanya rongga pada jaringan lambung. Menurut Aminol dan Daroff (2014), edema merupakan suatu penambahan kandungan air pada jaringan yang menyebabkan pembengkakan. Menurut Sarjadi (1999), atrofi pada sel epitel merupakan bentuk reaksi adaptif terhadap zat toksik yang menyebabkan aktivitas pencernaan tidak berjalan sempurna sehingga kebutuhan pasokan nutrisi serta hormon tidak mencukupi.

#### 4.1.4 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 2,4 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 2,4 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 9.

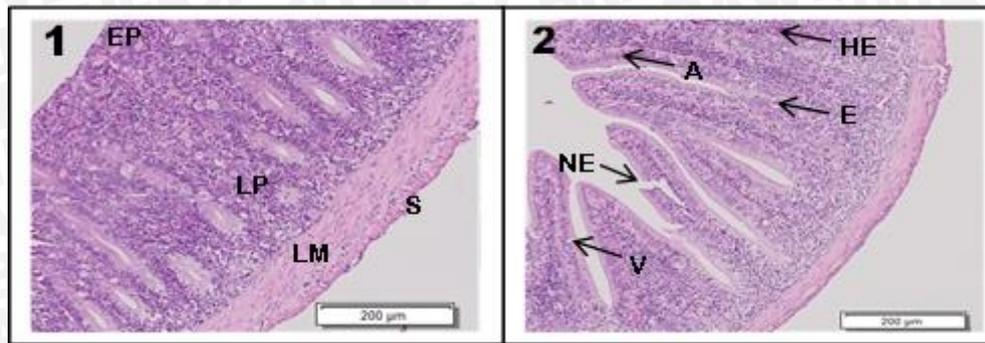


Gambar 9. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm yang terdapat kerusakan edema (E), hemoragi (HE), atrofi (A), dan vakuolisasi (V)

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm telah mengalami kerusakan berupa edema, hemoragi, atrofi, vakuolisasi baik pada epitelium maupun pada lamina propria. Terjadinya edema ditandai dengan adanya volume sel yang membesar yang diiringi dengan penambahan volume cairan sitoplasma, sedangkan terjadinya hemoragi ditandai dengan menyebarnya darah pada jaringan lambung. Kemudian terjadinya atrofi terlihat dengan menyusutnya ukuran sel maupun jaringan sehingga tampak lebih kecil dari awalnya dan vakuolisasi ditandai dengan adanya rongga pada jaringan lambung. Menurut Aini, *et al.* (2011), secara umum edema diartikan sebagai pengumpulan cairan yang berlebihan pada sela-sela jaringan atau rongga tubuh. Edema dapat timbul karena beberapa sebab, diantaranya adalah radang/infeksi, penurunan tekanan koloid osmotik, peningkatan permeabilitas kapiler, peningkatan tekanan hidrostatis, serta penyumbatan pembuluh. Menurut Asri (2015), hemoragi dapat disebabkan oleh trauma yaitu kerusakan dalam bentuk fisik yang merusak sistem vaskula jaringan di daerah benturan/kontak, infeksi agen infeksius terutama mengakibatkan septisemia, bahan toksik yang merusak endotel kapiler, faktor lain yang menyebabkan dinding vaskula lemah sehingga pembuluh darah rentan untuk bocor.

#### **4.1.5 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 3,2 ppm**

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 3,2 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu$ m dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*). Yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm yang terdapat kerusakan edema (E), hemoragi (HE), atrofi (A), nekrosis (NE), dan vakuolisasi (V)

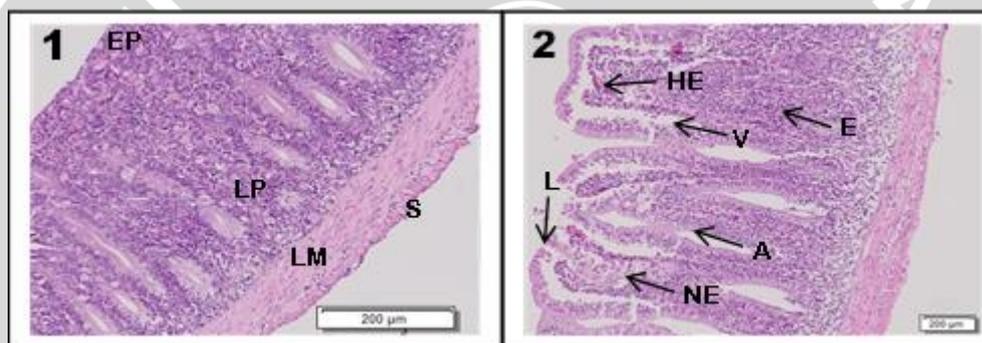
Gambar 10 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm telah mengalami kerusakan berupa edema, atrofi, nekrosis, dan vakuolisasi pada epitelium maupun lamina propria dan kerusakan berupa hemoragi pada lamina propria. Atrofi terjadi dengan ditandai menyusutnya ukuran sel serta dengan penyusutan yang terjadi secara perlahan akan menyebabkan terjadinya kematian sel (nekrosis) pada lambung. Nekrosis merupakan kematian sel sebagai akibat dari adanya kerusakan sel akut atau trauma, dimana kematian sel tersebut terjadi secara tidak terkontrol yang dapat menyebabkan rusaknya sel, adanya respon peradangan, dan berpotensi menyebabkan terganggunya fungsi organ pencernaan.

Menurut Shete dan Patwari (2012), zat toksik dapat menyebabkan dampak pada kerusakan jaringan lambung, diantaranya yaitu membesarnya sel epitel, terjadi nekrosis pada sel kelenjar lambung, serta vakuolisasi pada membran mukosa. Menurut Widayati, *et al.* (2011), sel yang mengalami nekrosis akan lepas dari jaringan penyokongnya dan menyebabkan jaringan yang berada di dekatnya menjadi rentan terhadap zat toksik. Menurut Pandey (2008), ikan yang terekspos zat toksik dapat mengalami dampak pada organ lambungnya.

Dampak tersebut yaitu adanya gejala atropi, perubahan bentuk, berlipat dan menyusut. Atropi lebih banyak muncul di mukosa. Epitelium di lipatan jaringan mukosa hampir seluruhnya rusak dan hancur. Sel goblet dan mokus mengalami nekrosis dan terjadi edema pada rongga atau sela-sela jaringan.

#### 4.1.6 Lambung Ikan Mas pada Konsentrasi Pestisida 4,2 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 4,2 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 11.



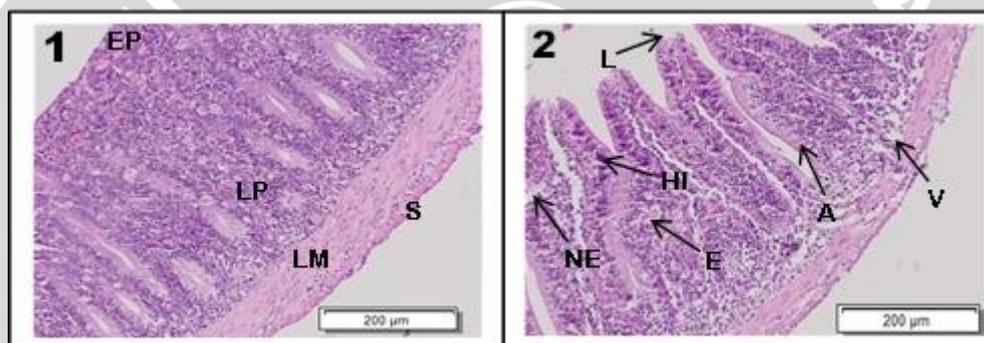
Gambar 11. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm yang terdapat kerusakan edema (E), hemoragi (HE), atrofi (A), nekrosis (NE), vakuolisasi (V), dan lisis (L)

Gambar 11 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm telah mengalami kerusakan berupa edema, atrofi, nekrosis, dan vakuolisasi pada epitelium maupun lamina propria serta kerusakan berupa hemoragi dan lisis pada epitelium. Nekrosis biasanya disebabkan karena stimulus yang bersifat patologis, sedangkan terjadinya lisis ditandai dengan pecahnya atau rusaknya integritas membran sel dan menyebabkan keluarnya organel sel. Menurut Pillai (1993), pembesaran sel mengakibatkan peningkatan keseluruhan volume sel karena pembentukan lisosom membesar

atau raksasa. kemudian menyebabkan atrofi sel pencernaan dan terjadi nekrosis. Menurut Prasetyo (2008), nekrosis melibatkan sekelompok sel, sel yang mengalami nekrosis akan mengalami kehilangan integritas membran, kemudian terlihat membengkak untuk kemudian mengalami lisis.

#### 4.1.7 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 6,5 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 6,5 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 12.



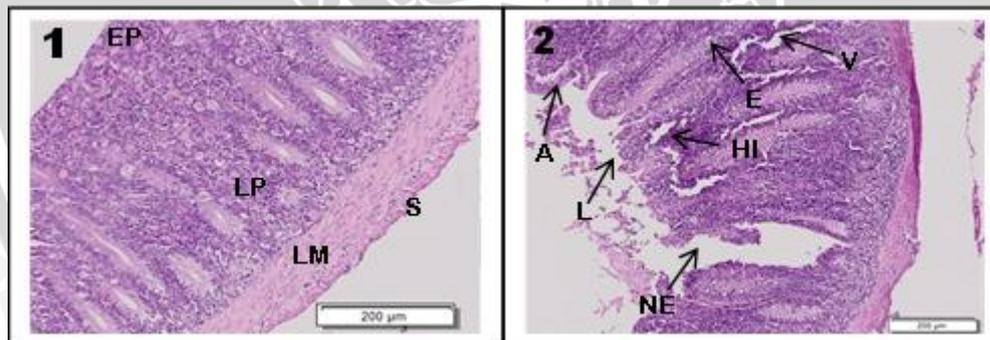
Gambar 12. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm yang terdapat kerusakan edema (E), hiperplasia (HI), atrofi (A), nekrosis (NE), vakuolisasi (V) dan lisis (L)

Gambar 12 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm telah mengalami kerusakan berupa edema, atrofi, dan nekrosis pada epitelium maupun lamina propria, kemudian kerusakan berupa hiperplasia dan lisis pada epitelium, serta kerusakan berupa vakuolisasi pada lamina propria. Lisis artinya hancurnya sel karena robeknya membran plasma. Peristiwa ini terjadi karena proses osmosis. Sel yang mempunyai sitoplasma pekat bila berada dalam kondisi hipotonik akan kemasukan air hingga tekanan osmosis dalam sel akan menjadi tinggi. Keadaan demikian akan

memecah sel tersebut. Menurut Putra (2015), terjadi edema sel epitel yang tinggi serta pembentukan sel epitel yang berlebih (hiperplasia) menyebabkan dinding lambung menebal. Hal tersebut disebabkan respon bahan kimia dari luar yang masuk ke lambung dan menyebabkan penurunan fungsi sistem pencernaan pada lambung. Menurut Kumari dan Mishra (2015), ikan yang terpapar pestisida dapat mengalami kerusakan lambung yaitu pada sel epitel mukosa dan sel kelenjar lambung. Kerusakan tersebut berupa pembengkakan, nekrosis, terpisahnya sel epitel atau mukus (lisis), vakuolasi, dan terjadi hemoragi pada lapisan-lapisan lambung.

#### 4.1.8 Lambung Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 8,7 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 8,7 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 200  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. (1). Histologi lambung ikan mas kontrol dengan keterangan bagian epitelium (EP), lamina propria (LP), lapisan muskularis (LM), dan serosa (S) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm yang terdapat kerusakan edema (E), hiperplasia (HI), atrofi (A), nekrosis (NE), vakuolisasi (V) dan Lisis (L)

Gambar 13 menunjukkan bahwa pada jaringan lambung ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm telah mengalami kerusakan jaringan lambung ikan mas berupa edema, hiperplasia, atrofi, nekrosis, dan vakuolisasi pada epitelium

maupun lamina propria serta kerusakan berupa lisis pada epitelium. Adanya stimulus yang terlalu berat akibat masuknya zat toksik dan berlangsung lama serta melebihi kapasitas adaptif sel akan menyebabkan kematian sel, dimana sel tidak mampu lagi mengompensasi tuntutan perubahan.

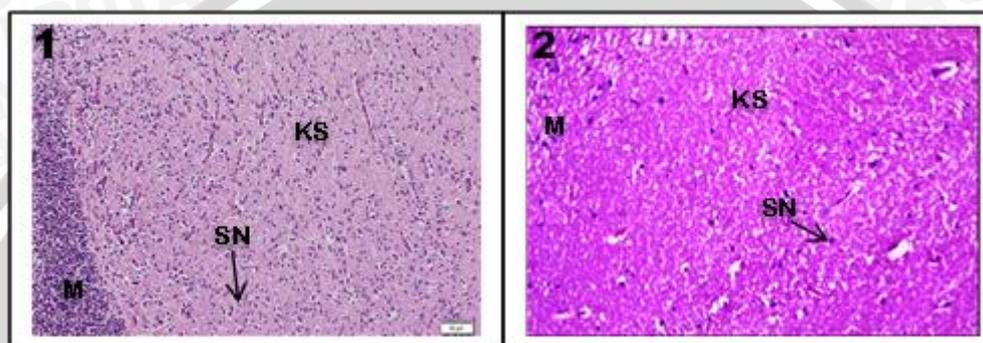
Ketidakseimbangan tekanan osmosis antara tekanan lingkungan dan tekanan dalam sel. Apabila terjadi peristiwa di mana kondisi lingkungan bersifat lebih hipotonis dibandingkan kondisi tekanan dalam sel, atau kondisi dalam sel lebih hipertonis daripada kondisi lingkungan, maka sel akan mengalami lisis. Hal ini diakibatkan peristiwa osmosis yaitu perpindahan air dari lingkungan hipotonis ke hipertonis. Akibatnya sel akan mengembang dan lama kelamaan pecah. Menurut Underwood (1996), kematian sel dan jaringan pada organisme hidup yang terjadi akibat cedera sel. Secara histologi hasilnya adalah jaringan masih mempertahankan bentuk luarnya sampai beberapa waktu setelah jaringan mengalami kerusakan disingkirkan dengan fagositosis (atau permukaannya melebur) dan kemudian mengalami perbaikan jaringan. Menurut Jones, *et al.* (2007), ada faktor yang mengganggu kemampuan membran sel untuk melakukan transport aktif ion natrium keluar sel yang berakibat masuknya air dalam jumlah yang berlebihan ke dalam sel. Menurut Price dan Lorraine (2006), paparan zat toksik menyebabkan hilangnya pengaturan volume pada bagian-bagian sel. Untuk mempertahankan kekonstanan lingkungan internalnya, suatu sel harus menggunakan energi metabolik untuk memompa ion natrium keluar dari sel.



## 4.2 Analisis Histopatologi Otak Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)

### 4.2.1 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 0 ppm (Kontrol)

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) kontrol yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 14.

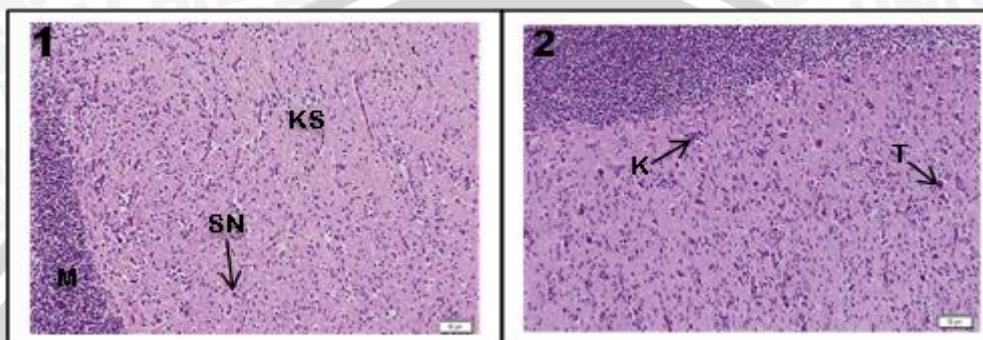


Gambar 14. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan yang dalam keadaan normal (Tabassum, *et al.* 2015)

Gambar 14 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas kontrol memperlihatkan struktur jaringan otak yang masih baik, teratur, dan belum memperlihatkan adanya kerusakan. Adanya ikan kontrol disini digunakan sebagai pembandingan dalam pengamatan jaringan otak yang normal dan yang telah mengalami kerusakan. Menurut Berillis, *et al.* (2014), histopatologi otak ikan kontrol menunjukkan struktur histologi normal tanpa adanya indikasi cacat. Pada lapisan molekuler, lapisan granular dan lapisan piramida tampak normal dan tidak ada tanda nekrosis dan tidak ada gejala hemoragi. Menurut Patnaik, *et al.* (2011), pengamatan histologis pada otak *Cyprinus carpio* menunjukkan adanya sel-sel neuron, sel-sel piramidal dan substansi nissl.

#### 4.2.2 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,35 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 1,35 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu$ m dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 15.



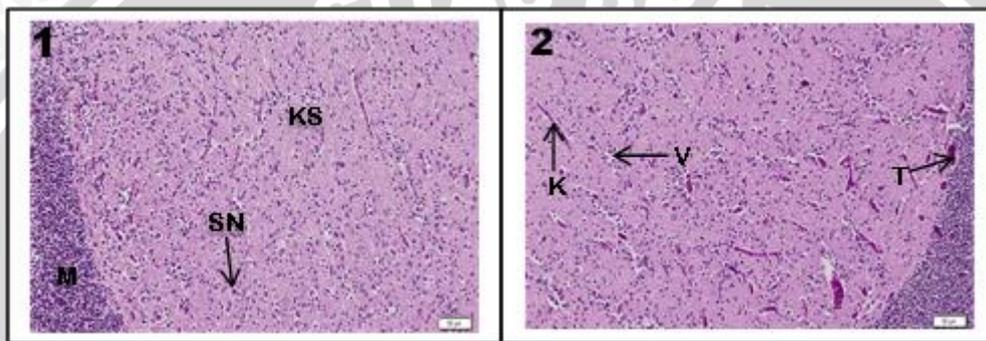
Gambar 15. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm yang terdapat kerusakan trombosis (T) dan kongesti (K)

Gambar 15 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombosis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Menurut Mantik (2004), bilamana terdapat gangguan dalam regulasi hemostasis baik oleh karena kapasitas inhibitor tidak sempurna atau oleh karena adanya stimulus yang menekan fungsi natural antikoagulan maka akan terjadi trombosis yaitu suatu proses terjadinya bekuan darah dalam pembuluh darah. Proses terjadinya trombosis melibatkan aliran darah dan pembuluh darah, interaksi trombosit pada pembuluh darah oleh karena kerusakan endotelium dan sistim koagulasi, baik natural antikoagulan dan sistem fibrinolitik. Menurut Hardi, *et al.* (2011), jaringan otak yang tampak adanya kongesti (pembendungan) pada pembuluh darah itu dikarenakan meningkatnya

jumlah darah dalam pembuluh, yang ditunjukkan dengan kapiler darah tampak melebar yang penuh berisi eritrosit pada pembuluh kranial.

#### 4.2.3 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 1,8 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 1,8 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm yang terdapat kerusakan trombotis (T), kongesti (K), dan vakuolisasi (V)

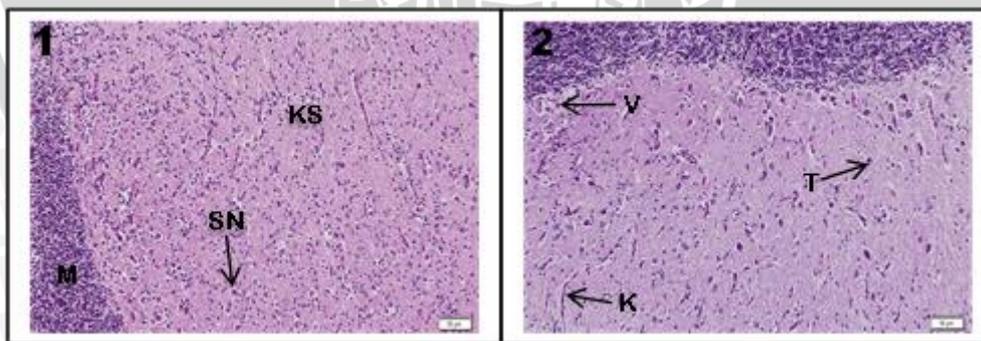
Gambar 16 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombotis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah dan mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa vakuolisasi yang ditandai dengan adanya rongga pada sitoplasma. Menurut Rena (2009), pada dasarnya terjadinya proses perdarahan dan trombotis pada waktu yang bersamaan. Manifestasi perdarahan yang sering muncul adalah kesadaran menurun akibat perdarahan otak. otak. Sedangkan

gejala trombosis yang terjadi dapat berupa iskemia serta kesadaran menurun akibat trombosis pada otak.

Menurut Michel, *et al.* (2010), dalam otak ikan yang menunjukkan tanda-tanda neurologis, kongesti kapiler dan vena kecil yang tampak jelas dalam valvula cerebelli dan medulla oblongata, terkait dengan disosiasi edema serat saraf. Menurut Patnaik, *et al.* (2011), ikan mudah menyerap zat toksik terlarut dan dapat berfungsi sebagai indikator tingkat pencemaran. Bioakumulasi konsentrasi subletal zat toksik, selanjutnya dapat menyebabkan kerusakan jaringan seperti vakuolisasi di jaringan otak yang mungkin akibat dari glikolisis yang mengarah ke mikrosomal dan disfungsi mitokondria dan berakibat pada gangguan fisiologi dan perilaku stres organisme

#### 4.2.4 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 2,4 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 2,4 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 17.



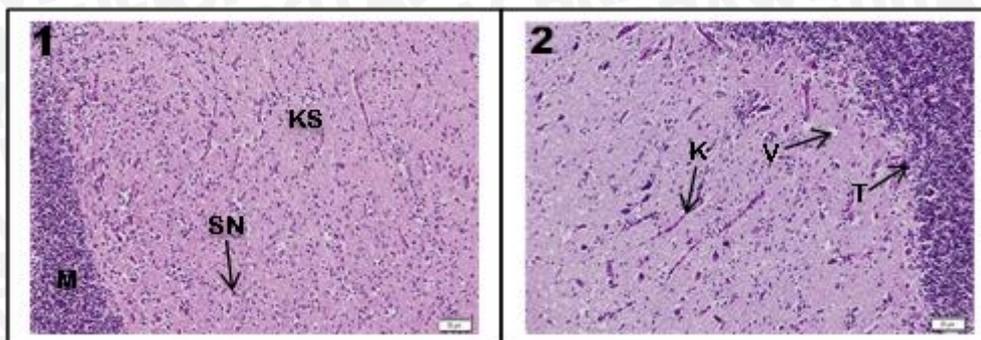
Gambar 17. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm yang terdapat kerusakan trombosis (T), kongesti (K), dan vakuolisasi (V)

Gambar 17 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombosis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah dan mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa vakuolisasi yang ditandai dengan adanya rongga pada sitoplasma. Menurut Mumford, *et al.* (2007), trombosis adalah hasil dari aktivasi kaskade koagulasi dalam pembuluh darah dari hewan hidup. Massa yang dihasilkan adalah trombus (trombus). Trombus menyumbat aliran darah, sehingga jaringan akan kekurangan darah. Trombus bisa memisahkan, melepaskan emboli ke dalam sirkulasi, sehingga pada akhirnya dapat menetap di pembuluh darah kecil, kemudian menghalangi aliran darah, dan menyebabkan nekrosis iskemik.

Menurut Susanti (2015), pelebaran pembuluh darah dan adanya kongesti terjadi karena adanya penyumbatan dalam suatu pembuluh yang mengakibatkan aliran darah terhambat sehingga terjadi kongesti. Menurut Ramudu dan Dash (2015), otak ikan yang tidak sehat dapat mengalami suatu kerusakan pada serabut sarafnya, seperti vakoulisasi. Vakoulisasi pada selubung myelin pada serabut saraf merupakan suatu perubahan degeneratif yang umum diamati pada jaringan otak. Vakoulisasi pada jaringan otak dapat terjadi akibat dari glikolisis yang mengarah pada disfungsi mikrosomal dan mitokondria.

#### **4.2.5 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 3,2 ppm**

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 3,2 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu$ m dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 18.

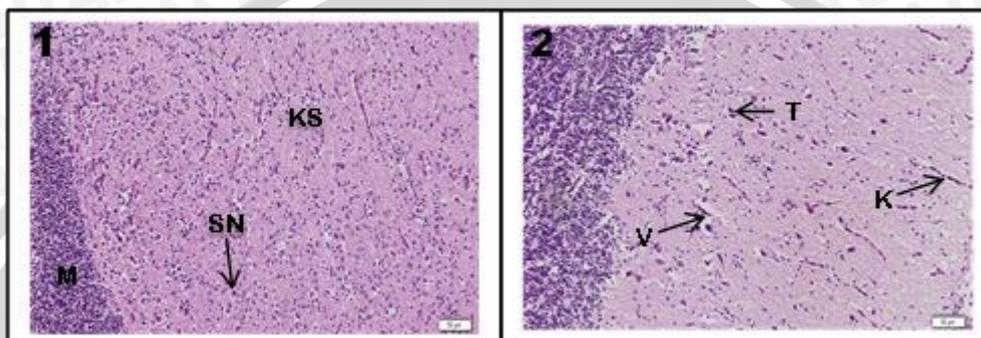


Gambar 18. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm yang terdapat kerusakan trombotis (T), kongesti (K), dan vakuolisasi (V)

Gambar 18 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombotis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah dan mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa vakuolisasi yang ditandai dengan adanya rongga pada sitoplasma. Menurut Afzali, *et al.* (2013), ikan yang sehat biasanya akan terpapar faktor yang berpotensi patogen yang menimbulkan bakteri, virus, jamur dan penyakit parasit pada berbagai tahap kehidupan hewan akuatik. Dasar dari penanggulangan yang baik adalah penggunaan yang tepat dari bahan-bahan kimia untuk mengurangi atau menghilangkan faktor patogen. Perubahan histologis yang paling penting diamati dalam otak itu kongesti (penyumbatan) suatu pembuluh darah. Menurut Juhryyah (2008), pasca pemberian formulasi insektisida, vakuol yang terbentuk berupa vakuol kecil-kecil dan sedikit vakuol besar tetapi belum mendesak inti ke pinggir. Perubahan ini bersifat reversibel, yaitu jika rangsang yang menimbulkan cedera dapat dihentikan, sel-sel akan kembali normal. Menurut Lusiastuti, *et al.* (2010), vakuolisasi terbentuk sebagai akibat gangguan mekanisme penyerapan sodium.

#### 4.2.6 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 4,2 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 4,2 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 19.



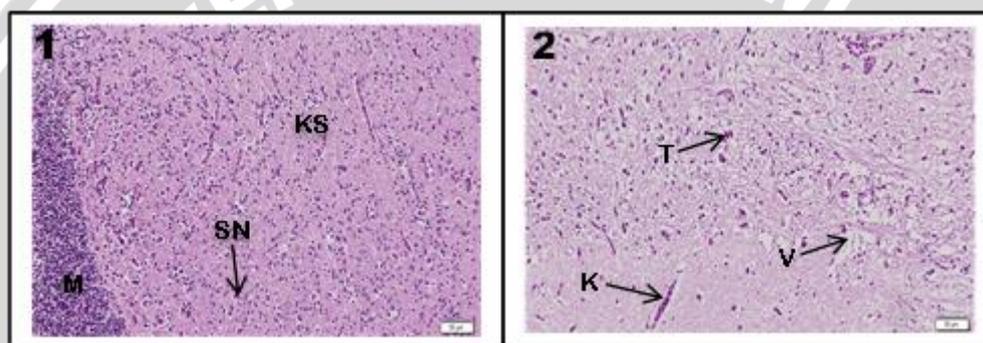
Gambar 19. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm yang terdapat kerusakan trombosis (T), kongesti (K), dan vakuolisasi (V)

Gambar 19 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombosis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah dan mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa vakuolisasi yang ditandai dengan adanya rongga pada sitoplasma. Menurut Maryadi (2009), perubahan histopatologi berupa kongesti mengindikasikan adanya kenaikan jumlah darah di dalam pembuluh darah, kapiler darah tampak melebar penuh terisi eritrosit. Menurut Lusiastuti, *et al.* (2010), kongesti (pembendungan pembuluh darah) terjadi akibat proses peradangan dan kerusakan dari organ. Menurut Hardi, *et al.* (2011), vakuolisasi terjadi akibat kerusakan sel, selanjutnya sel mengalami kehancuran sehingga

tertinggal sebagai ruangan yang kosong pada jaringan otak, diduga sebagai akibat infeksi secara sistemik, yaitu melalui aliran darah kemudian mencapai ke otak dan menimbulkan kerusakan pada jaringan penyusun organ tersebut.

#### 4.2.7 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 6,5 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 6,5 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu$ m dengan metode pewarnaan HE (*Hematoxilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 20.



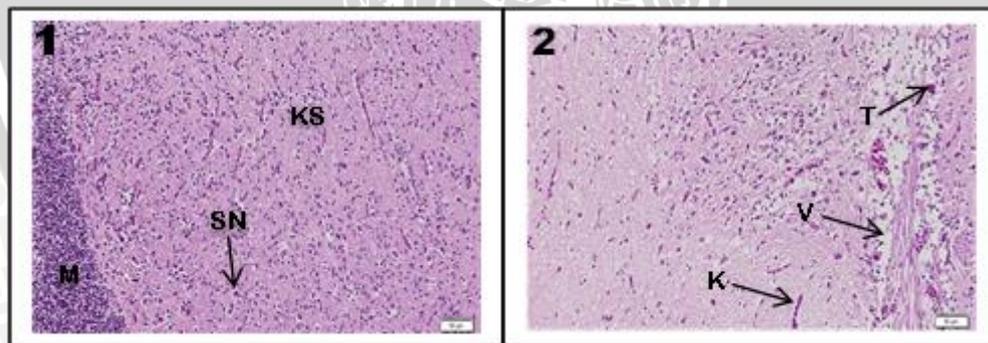
Gambar 20. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm yang terdapat kerusakan trombosis (T), kongesti (K), dan vakuolisasi (V)

Gambar 20 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombosis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah dan mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa vakuolisasi yang ditandai dengan adanya rongga pada sitoplasma. Menurut Mumford, *et al.* (2007), kongesti ditandai dengan adanya pembengkakan vena. Kongesti dikaitkan dengan penurunan aliran vena akibat peristiwa non peradangan seperti gagal jantung atau gangguan pada aliran

pembuluh darah akibat torsio jaringan, tumor, atau peristiwa tekanan lainnya. Menurut Das dan Mukherjee (2000), uji coba eksperimental mengungkapkan bahwa pestisida juga mungkin bersifat neurotoksik, yang dibuktikan dengan perubahan histopatologi ditandai dengan vakuolisasi dari parenkim otak dan pembengkakan moderat sel piramidal dari otak besar. Otak yang menunjukkan perubahan vacuolar ditandai dengan adanya ruang kosong. Vakuolisasi dapat terjadi akibat dari glikolisis yang mengarah pada disfungsi mikrosomal dan mitokondria. Kehilangan substansi nissl dan reaksi sel glial, yang dibuktikan dengan pembentukan benjolan glial pada otak, merupakan bukti dari sifat neurotoksik bahan kimia.

#### 4.2.8 Otak Ikan Mas dengan Konsentrasi Pestisida 8,7 ppm

Berikut adalah gambar histologi lambung ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida organofosfat dengan konsentrasi 8,7 ppm yang dilihat menggunakan aplikasi OlyVIA pada perbesaran 40x dan skala 50  $\mu\text{m}$  dengan metode pewarnaan HE (*Hematoksilin-Eosin*) yang dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. (1). Histologi otak ikan mas kontrol dengan keterangan bagian medulla (M), korteks (KS), dan sel-sel neuron (SN) yang dalam keadaan normal, (2). Histologi otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm yang terdapat kerusakan trombotis (T), kongesti (K), dan vakuolisasi (V)

Gambar 21 menunjukkan bahwa pada jaringan otak ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm telah mengalami kerusakan berupa trombosis yang ditandai dengan adanya pembekuan darah pada pembuluh darah dan mengalami kerusakan berupa kongesti yang ditandai dengan adanya pembendungan darah pada pembuluh darah. Selain itu, juga mengalami kerusakan berupa vakuolisasi yang ditandai dengan adanya rongga pada sitoplasma. Menurut Smith, *et al.* (1972), kongesti merupakan pembendungan darah di dalam pembuluh darah dimana secara mikroskopik terlihat pembuluh kapiler dan vena berdilatasi dan berisi darah. Kongesti menyebabkan pembuluh darah melebar dengan aliran darah yang melambat. Hal ini mengakibatkan darah membendung di jaringan sehingga berkumpul membentuk pembendungan di pembuluh darah. Pada kasus kongesti yang berlebihan akan dapat menimbulkan perdarahan, sehingga cairan akan bercampur dengan sel darah merah. Kongesti dapat berlanjut menjadi edema sehingga serabut otot akan tampak menjadi jarang karena rongga antar serabutnya berisi cairan. Menurut Hadi dan Alwan (2012), vakuolisasi dapat mengindikasikan ketidakseimbangan antara sintesis suatu substansi sel dan tingkat pelepasannya ke sistem sirkulasi. Peningkatan vakuolisasi merupakan sebuah sinyal dari proses degeneratif yang menunjukkan kerusakan metabolisme, dengan kemungkinan berhubungan dengan paparan air yang tercemar.

#### **4.3 Persentase Kerusakan Lambung dan Otak Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)**

##### **4.3.1 Persentase Kerusakan Lambung Ikan Mas**

Perubahan struktur jaringan lambung ikan dapat dijadikan sebagai indikator tingkat pencemaran di lingkungan mulai terjadinya pencemaran ringan sampai tingkat berat. Jumlah kerusakan jaringan lambung akibat paparan pestisida organofosfat yang berbahan aktif poksim dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah kerusakan jaringan lambung ikan mas dalam lapang pandang

Konsentrasi (ppm)	Jumlah Jenis Kerusakan (mm <sup>2</sup> )							Jumlah Jaringan yang Diamati (mm <sup>2</sup> )
	Edema	Hiperplasia	Hemoragi	Atrofi	Nekrosis	Vakolisasi	Lisis	
0	0	0	0	0	0	0	0	533
1,35	54	0	0	0	0	0	0	507
1,8	31	0	0	21	0	9	0	405
2,4	27	0	11	17	0	22	0	384
3,2	27	0	16	63	12	17	0	479
4,2	14	0	20	56	45	68	9	523
6,5	16	32	0	95	68	74	7	478
8,7	12	33	0	125	63	57	32	451

Persentase kerusakan jaringan lambung akibat paparan pestisida organofosfat yang berbahan aktif poksim dapat dilihat pada Tabel 2 dan cara perhitungan persentase kerusakannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 2. Persentase kerusakan jaringan lambung ikan mas dalam lapang pandang

Konsentrasi (ppm)	Persentase Jenis Kerusakan (%)							Total Kerusakan (%)
	Edema	Hiperplasia	Hemoragi	Atrofi	Nekrosis	Vakolisasi	Lisis	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	10,65	0	0	0	0	0	0	10,65
1,8	7,65	0	0	5,19	0	2,22	0	15,06
2,4	7,03	0	2,86	4,43	0	5,73	0	20,05
3,2	5,64	0	3,34	13,15	2,51	3,55	0	28,18
4,2	2,68	0	3,82	10,71	8,6	13	1,72	40,54
6,5	3,35	6,69	0	19,87	14,23	15,48	1,46	61,09
8,7	2,66	7,32	0	27,72	13,97	12,64	7,1	71,4

Klasifikasi tingkat kerusakan jaringan lambung akibat paparan pestisida organofosfat yang berbahan aktif poksim dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi tingkat kerusakan jaringan lambung ikan mas dalam lapang pandang

Konsentrasi (ppm)	Total Persentase Kerusakan (%)	Klasifikasi Tingkat Kerusakan
0	0	Normal
1,35	10,65	Ringan
1,8	15,06	Ringan
2,4	20,05	Ringan
3,2	28,18	Ringan
4,2	40,54	Sedang
6,5	61,09	Sedang
8,7	71,4	Berat

Keterangan:

- Normal = Tidak ada kerusakan sama sekali
- Ringan = Terjadi kerusakan kurang dari 30 % dari luasan pandang
- Sedang = Terjadi kerusakan 30–70 % dari luasan pandang
- Berat = Terjadi kerusakan lebih dari 70 % dari luasan pandang (Pantung, *et al.* 2008 dalam Setyawan, *et al.* 2013).

Dari tabel-tabel di atas menunjukkan bahwa pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan jaringan lambung sama sekali, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 0 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung masih dalam keadaan normal. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm telah terjadi kerusakan jaringan lambung kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 10,65 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung mengalami kerusakan ringan. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm juga terjadi kerusakan jaringan lambung kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 15,06 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung mengalami kerusakan ringan. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm juga terjadi kerusakan jaringan lambung kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar

20,05 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung mengalami kerusakan ringan. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm juga terjadi kerusakan jaringan lambung kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 28,18 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung mengalami kerusakan ringan.

Kemudian pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm terjadi kerusakan jaringan lambung dalam kisaran 30–70 % dari luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 40,54 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung mengalami kerusakan sedang. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm juga terjadi kerusakan jaringan lambung dalam kisaran 30–70 % dari luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 61,09 %, sehingga dapat dikatakan jaringan lambung mengalami kerusakan sedang. Namun, pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm terjadi kerusakan jaringan lambung dalam lebih dari 70 % dari luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 71,4 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan berat.

Secara umum masuknya pestisida pada ikan adalah melalui oral yaitu masuk bersamaan dengan makanan, permukaan kulit dan respirasi. Pestisida yang masuk kedalam tubuh ikan nantinya dapat menghambat proses penyerapan makanan dan metabolisme. Pestisida organofosfat mengandung senyawa ester yang dapat menyebabkan ikan mengalami mual, karena terganggunya proses pencernaan. Menurut Suryani dan Aunurohim (2013), jika insektisida sudah sampai pada lambung target. Di lambung inilah kerja racun mulai bereaksi. Secara tidak langsung air yang telah terpapar pestisida akan masuk dalam tubuh ikan melalui proses pengambilan air, respirasi maupun masuk bersamaan makanan. Pestisida yang masuk dalam tubuh ikan akan terbawa pada saluran pencernaan, dimana pada saluran pencernaan inilah

pestisida akan diserap. Pestisida akan bekerja pada saat berada di dalam lambung ikan. Lambung merupakan organ yang mengsekresikan bahan yang kemudian digunakan dalam proses pencernaan makanan. Dalam keadaan ini, dimungkinkan pestisida yang ikut diserap mampu merusak sel enterosit sehingga proses penyerapan makanan terganggu. Masuknya pestisida secara sistemik mempengaruhi jalannya nutrisi pada peredaran darah. Terganggunya proses pencernaan dan jalannya nutrisi ini mengakibatkan terganggunya metabolisme.

#### 4.3.2 Persentase Kerusakan Otak Ikan Mas

Perubahan struktur jaringan otak ikan juga dapat dijadikan sebagai indikator tingkat pencemaran di lingkungan mulai terjadinya pencemaran ringan sampai tingkat berat. Jumlah kerusakan jaringan otak akibat paparan pestisida organofosfat yang berbahaya aktif poksim dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah kerusakan jaringan otak ikan mas dalam lapang pandang

Konsentrasi (ppm)	Jumlah Jenis Kerusakan (mm <sup>2</sup> )			Jumlah Jaringan yang Diamati (mm <sup>2</sup> )
	Trombosis	Kongesti	Vakuolisasi	
0	0	0	0	750
1,35	50	23	0	750
1,8	31	47	32	750
2,4	23	60	64	750
3,2	25	58	108	750
4,2	14	49	214	750
6,5	59	62	327	750
8,7	51	64	413	750

Persentase kerusakan jaringan otak akibat paparan pestisida organofosfat yang berbahaya aktif poksim dapat dilihat pada Tabel 5 dan cara perhitungan persentase kerusakannya dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 5. Persentase kerusakan jaringan otak ikan mas dalam lapang pandang

Konsentrasi (ppm)	Persentase Jenis Kerusakan (%)			Total Kerusakan (%)
	Trombosis	Kongesti	Vakuolisasi	
0	0	0	0	0
1,35	6,67	3,07	0	9,73
1,8	4,13	6,27	4,27	14,67
2,4	3,07	8	8,53	19,6
3,2	3,33	7,73	14,4	25,47
4,2	1,87	6,53	28,53	36,93
6,5	7,87	8,27	43,6	59,73
8,7	6,8	8,53	55,07	70,4

Klasifikasi tingkat kerusakan jaringan otak akibat paparan pestisida organofosfat yang berbahaya aktif poksim dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi tingkat kerusakan jaringan otak ikan mas dalam lapang pandang

Konsentrasi (ppm)	Total Persentase Kerusakan (%)	Klasifikasi Tingkat Kerusakan
0	0	Normal
1,35	9,73	Ringan
1,8	14,67	Ringan
2,4	19,6	Ringan
3,2	25,47	Ringan
4,2	36,93	Sedang
6,5	59,73	Sedang
8,7	70,4	Berat

Keterangan:

- Normal = Tidak ada kerusakan sama sekali
- Ringan = Terjadi kerusakan kurang dari 30 % dari luasan pandang
- Sedang = Terjadi kerusakan 30–70 % dari luasan pandang
- Berat = Terjadi kerusakan lebih dari 70 % dari luasan pandang (Pantung, *et al.* 2008 dalam Widayati, *et al.* 2010).

Dari tabel-tabel di atas menunjukkan bahwa pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan jaringan otak sama sekali, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 0 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak masih dalam keadaan normal. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm telah terjadi kerusakan jaringan otak kurang dari

30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 9,73 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan ringan. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm juga terjadi kerusakan jaringan otak kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 14,67 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan ringan. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm juga terjadi kerusakan jaringan otak kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 19,6 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan ringan. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm juga terjadi kerusakan jaringan otak kurang dari 30 % luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 25,47 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan ringan.

Kemudian pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm terjadi kerusakan jaringan otak dalam kisaran 30–70 % dari luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 36,93 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan sedang. Pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm juga terjadi kerusakan jaringan otak dalam kisaran 30–70 % dari luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 59,73 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan sedang. Namun, pada ikan mas dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm terjadi kerusakan jaringan otak dalam lebih dari 70 % dari luasan pandang, karena memiliki total persentase kerusakan sebesar 70,4 %, sehingga dapat dikatakan jaringan otak mengalami kerusakan berat.

Terjadinya kerusakan jaringan otak ikan mulai dari edema sampai dalam tingkatan nekrosis, salah satunya disebabkan karena adanya bahan-bahan kimia yang terkandung dalam air. Menurut Setyawan, *et al.* (2013), terjadinya kerusakan jaringan pada ikan merupakan bentuk adaptasi sel untuk bertahan

hidup akibat pengaruh dari bahan toksik, seperti bahan kimia (pestisida) dan logam berat. Sehingga penggunaan bioindikator sebagai parameter kerusakan lingkungan khususnya perairan sangat dianjurkan, karena spesies indikator seperti ikan yang hidup di perairan tersebut dan memiliki mobilitas yang tinggi memungkinkan terjadinya akumulasi zat toksik di dalam tubuh ikan yang dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran pestisida di dalam perairan.

Menurut Hardi, *et al.* (2011), apabila kerusakan terjadi pada syaraf motorik dapat mengakibatkan terganggunya syaraf yang mengontrol pergerakan dan keseimbangan ikan dalam berenang, sehingga terjadi perubahan perilaku gerakan renang ikan menjadi berputar-putar (*whirling*). Menurut Chamarthi, *et al.* (2014), otak merupakan pusat pengontrol semua fungsi dan gerakan tubuh organisme seperti ikan. Ikan mengalami perubahan histologis akibat terkena paparan pestisida. Perubahan ini bisa berhubungan dengan penghambatan atau penurunan aktivitas *cholinergic* akibat paparan pestisida. Hal ini disebabkan karena, pestisida berpotensi sebagai agen neurotoksik yang menghambat aktivitas asetilkolinesterase pada otak.

#### 4.4 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan dengan tujuan agar ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang digunakan sebagai hewan uji dapat terjamin kondisi lingkungan hidupnya, sehingga kelangsungan hidup ikan tidak terganggu. Pengukuran parameter kualitas air dalam penelitian ini meliputi suhu, derajat keasaman (pH), dan oksigen terlarut (DO). Pengukuran kualitas air dilakukan setiap 24 jam sekali selama 96 jam. Hasil pengukuran parameter kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 7. Hasil pengukuran kualitas air tersebut, menunjukkan bahwa kualitas air pada bak-bak percobaan dalam kondisi yang sesuai untuk kehidupan ikan mas, sehingga dapat diasumsikan

bahwa kematian ikan yang terjadi diakibatkan oleh pengaruh dari bahan uji pestisida golongan organofosfat. Kisaran hasil pengukuran kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kisaran hasil pengukuran parameter kualitas air selama penelitian

Parameter Kualitas Air	Hasil Pengukuran	Standar
Suhu (°C)	24–25,7	15–30 (Cahyono, 2000)
pH	7–8	7–8,5 (Effendi, 2003)
DO (ppm)	6–8,2	≥ 5 (Cahyono, 2000)

Hasil pengukuran parameter kualitas air yang didapat yaitu nilai suhu berkisar antara suhu berkisar antara 24–25,7 °C. Menurut Cahyono (2000), temperatur air yang tidak sesuai, misalnya terlalu tinggi atau terlalu rendah, dapat menyebabkan ikan tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Temperatur air yang sesuai untuk pertumbuhan ikan adalah berkisar antara 15–30 °C, namun suhu yang paling ideal bagi ikan mas adalah 25–27 °C. Hasil pengukuran pH yang didapat berkisar antara 7–8. Menurut Effendi (2003), sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH berkisar antara 7–8,5. Hasil pengukuran DO yang didapat berkisar antara 6–8,2 ppm. Menurut Cahyono (2000), kebutuhan oksigen yang tidak mencukupi kebutuhan hidup ikan dapat menyebabkan penurunan daya hidup ikan. Kandungan oksigen terlarut dalam air yang cocok untuk kehidupan dan pertumbuhan ikan mas adalah ≥ 5 ppm. Dengan demikian, nilai parameter kualitas air yang diukur tersebut masih dalam kisaran yang sesuai untuk kehidupan ikan mas.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

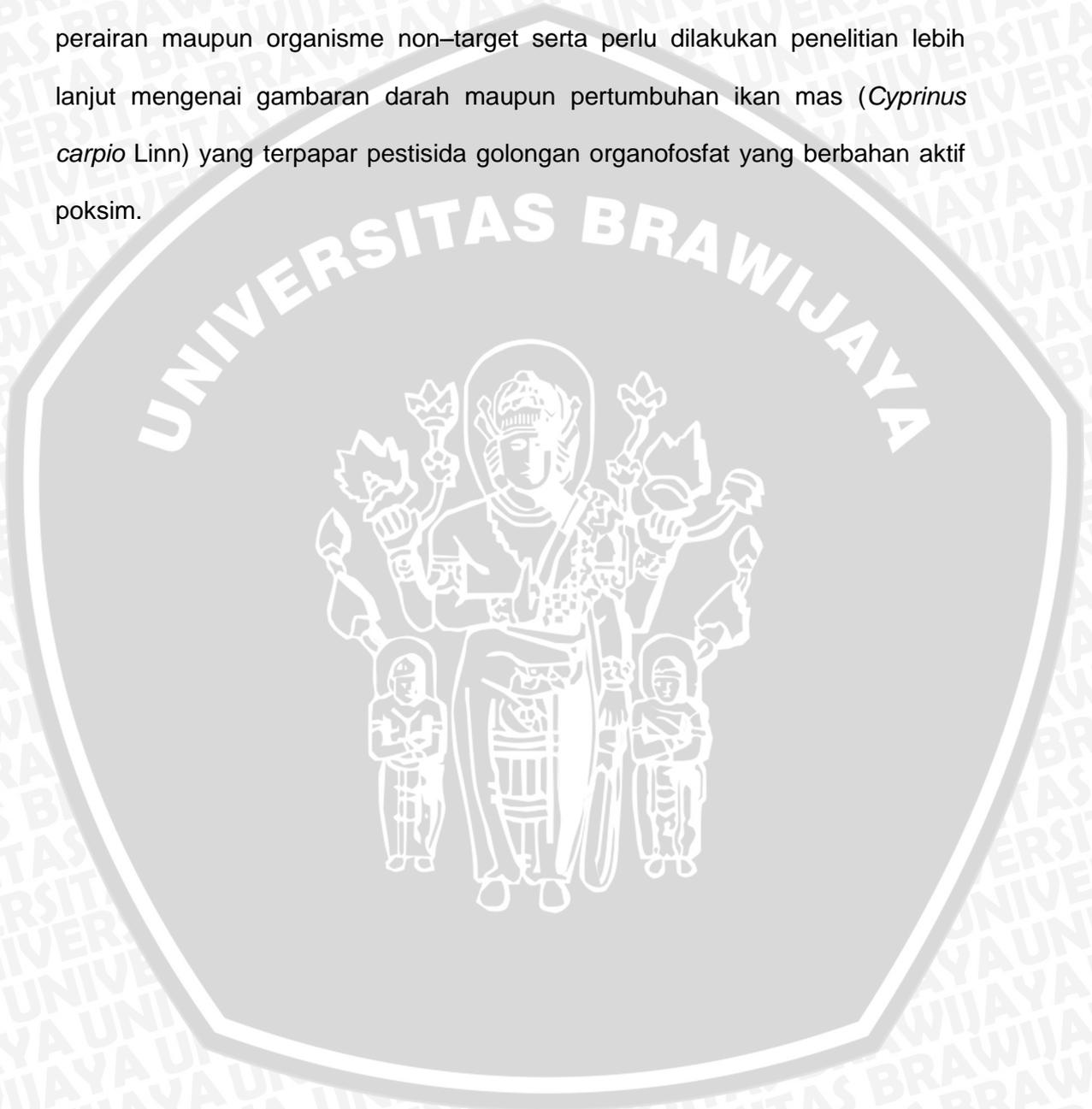
### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang Histologi Lambung dan Otak Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada Uji Toksisitas Pestisida Golongan Organofosfat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Jaringan lambung ikan mas yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim menunjukkan adanya kerusakan edema, hiperplasia, hemoragi, atrofi, nekrosis, vakuolisasi dan lisis, sedangkan pada perlakuan pestisida 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan jaringan (normal).
- Jaringan otak ikan mas yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim menunjukkan adanya kerusakan trombosis, kongesti, dan vakuolisasi, sedangkan pada perlakuan pestisida 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan jaringan (normal).
- Jaringan lambung dan otak ikan mas yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim (kontrol) dengan konsentrasi 1,35 ppm; 1,8 ppm; 2,4 ppm; dan 3,2 ppm termasuk dalam tingkat kerusakan ringan dengan nilai 0–30 %, pada konsentrasi 4,2 ppm dan 6,5 ppm termasuk dalam tingkat kerusakan sedang dengan nilai 30–70 %, dan pada konsentrasi 8,7 ppm termasuk dalam tingkat kerusakan berat dengan nilai > 70 %.
- Hasil pengukuran parameter kualitas air didapat nilai suhu berkisar antara 24–25,7 °C, nilai pH berkisar antara 7–8, dan nilai DO berkisar antara 6–8,2 ppm yang menunjukkan nilai parameter kualitas air yang diukur tersebut masih dalam kisaran yang sesuai untuk kehidupan ikan mas.

## 5.2 Saran

Perlu dilakukannya pengawasan dan pengendalian terhadap penggunaan pestisida golongan organofosfat dalam batas yang dianjurkan tersebut agar tidak mencemari lingkungan perairan dan membahayakan kehidupan organisme perairan maupun organisme non-target serta perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai gambaran darah maupun pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar pestisida golongan organofosfat yang berbahan aktif poksim.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abidi, S. dan I. Parwez. 2015. Histomorphology of Oesophagus and Histochemical Characterization of Oesophageal Mucin of The Catfish *Heteropneustes fossilis*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. **3** (1) : 199–204.
- Adriyani, R. 2006. Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan Akibat Penggunaan Pestisida Pertanian. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. **3** (1) : 95–106.
- Afzali, F., I. Sharifpour, dan M. Soltani. 2013. Study of Pathological Effects of an Organic Germicide Bathing on Rainbow Trout. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. **12** (3) : 500–510.
- Aini, Z.M., Jamaluddin, dan D. Dama. 2011. Modul Tutor: Bengkok. Fakultas Kedokteran Universitas Haluoleo. Kendari.
- Aminol, M.J., dan R.B. Daroff. 2014. *Encyclopedia of Neurological Science*. Academic Press, Elsevier. Philadelphia.
- Amrullah, Sukenda, E. Harris, Alimuddin, dan A. M. Lusiastuti. 2015. Toksisitas Protein 89 kDa Produk Ekstraseluler *Streptococcus agalactiae* pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*). *Jurnal Riset Akuakultur*. **10** (3) : 397–403.
- Asniatih, M. Idris, dan K. Sabilu. Studi Histopatologi pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. **3** (12) : 13–21.
- Asri, A. 2015. Gambaran Histopatologi Usus Ikan Dui Dui (*Dermogenys megarrhamphus*) di Danau Matano Luwu Timur Sulawesi Selatan yang Tercemar Logam Berat Nikel (Ni) Dan Besi (Fe). *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Bailey, M., dan G. Sandford. 2000. *Choosing Fish for Your Aquarium: A Complete Guide to Tropical Freshwater, Brackish and Marine Fishes*. Southwater. London.
- Barus, T.A. 2002. *Limnologi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Berrilis, P., T. Papadimitriou, E. Petridou, K. Konstantinos, dan K. Ifigenia. 2014. Brain and Liver Histopathological Examination of *Carassius gibelio* from A Newly Reconstructed Lake with Toxic Cyanobacteria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **14** (1) : 213–219.
- Bosman, O., Ferdinand H.T., dan Marsi. 2013. Toksisitas Limbah Cair Lateks terhadap Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan, dan Tingkat Konsumsi Oksigen Ikan Patin (*Pangasius sp.*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. **1** (2) : 148–160.

- Cahyono, B. 2000. Budi Daya Ikan Air Tawar. Kanisius. Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_. 2001. Budi Daya Ikan di Perairan Umum. Kanisius. Yogyakarta.
- Chamarthi, R.R., M. Bangeppagari, J.M. Gooty, S. Mandala, J.O. Tirado, dan S.R. Marigoudar. 2014. Histopathological Alterations in The Gill, Liver and Brain of *Cyprinus Carpio* on Exposure to Quinalphos. *American Journal of Life Sciences*. **2** (4) : 211–216.
- Connel, D.W. dan Miller, G.J. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Cremlyn, R.J. 1991. Agrochemicals (Preparation and Mode of Action). John & Willey Sons Ltd. England.
- Darmansjah, I. 1995. Dasar Toksikologi. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Das, B.K., dan S.C. Mukherjee. 2000. A Histopathology of Carp (*Labeo rohita*) Exposed to Hexachlorocyclohexane. *Veterinarski Arhiv*. **70** (4) : 169–180.
- Detiktani. 2013. Pestisida. <http://detiktani.blogspot.co.id/2013/06/pestisida.html>. Diakses pada tanggal 7 November 2015.
- Djarajah, A.S. 2001. Pembenihan Ikan Mas. Kanisius. Yogyakarta.
- Djojopranoto, M. 1963. Buku Peladjaran Patologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Djunaedy, A. 2009. Biopestisida sebagai Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang Ramah Lingkungan. *Embryo*. **6** (1) : 88–95.
- Eastman, J.T. dan M.J. Lannoo. 2007. Brain and Sense Organ Anatomy and Histology of Two Species of Phyletically Basal Non-Antarctic Thornfishes of the Antarctic Suborder Notothenioidei (Perciformes: Bovichtidae). *Journal of Morphology*. **10** (268) : 485–503.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Ekha, I. 1988. Dilema Pestisida Tragedi Revolusi Hijau. Kanisius. Yogyakarta.
- Evand, G. 2009. Sistem Peredaran Darah dan Pernafasan pada Ikan. <http://kusukaikan.blogspot.co.id/2009/10/sistem-peredaran-darah-dan-pernafasan.html>. Diakses pada tanggal 10 November 2015.
- Fanani, R. 2009. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) Per Oral pada Tikus Galur Sprague Dawley. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Fathonah, N. 2014. Organofosfat dan Karbamat. <http://rumahedukasiipa.wordpress.com/2014/12/14/organofosfat-dan-karbamat/>. Diakses pada tanggal 10 November 2015.

- Fujaya, Y. 2008. Fisiologi Ikan : Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Guthrie, F.E., dan J.J. Perry. 1980. Introduction to Enviromental Toxicology. Interdepartemental Program in Toxicology. New York.
- Hadi, A. A. dan S. F. Alwan. 2012. Histopathological Changes in Gills, Liver and Kidney of Fresh Water Fish, *Tilapia zillia*, Exposed to Aluminium. *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*. **3** (11): 2071–2081.
- Halang, B. 2004. Toksisitas Air Limbah Deterjen terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Bioscientiae*. **1** (1) : 39–49.
- Haloi, K., M. Kalita, dan R. Nath. 2013. The Study on The Histopathological Changes of Stomach of *Channa punctatus* (Bloch). by Used Pesticide Endosulfan. *Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences*. **13** (2): 1–6.
- Hardi, E.H., Sukenda, E. Harris, dan A.M. Lusiastuti. 2011. Karakteristik dan Patogenisitas Streptococcus Agalactiae Tipe  $\beta$ -hemolitik dan Non-hemolitik pada Ikan Nila. *Jurnal Veteriner*. **12** (2) : 152–164.
- Hariyadi, S., Suryadiputra, dan B. Widigdo. 1992. Limnologi Metode Kualitas Air. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Helfman, G.S., B.B. Collete, dan D.E. Facey. 1997. The Diversity of Fishes. Blackwell Science. Massachusetts.
- Hudayya, A. dan H. Jayanti. 2012. Pengelompokan Pestisida Berdasarkan Cara Kerja (Mode of Action). Yayasan Bina Tani Sejahtera. Bandung.
- Istijanto. 2009. Aplikasi Praktis Riset Pemasaran. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- ITIS. 2015. Taksonomi *Cyprinus carpio*. <http://www.itis.gov>. Diakses pada tanggal 6 November 2015.
- Jones, T.C., D.H. Ronald, dan W.K. Norval. 2007. Veterinary Pathology. Blackwell Publishing. Baltimore.
- Juhryyah, S. 2008. Gambaran Histopatologi Organ Hati dan Ginjal Tikus pada Intoksikasi Akut Insektisida (Metofluthrin, D-phenothrin, D-Alletrin) dengan Dosis Bertingkat. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Junqueira, L.C., J. Carneiro, dan R.O. Kelley. 1998. Histologi Dasar. EGC. Jakarta.
- Karif, I.V. 2011. Variabilitas Suhu Permukaan Laut di Laut Jawa Dari Citra Satelit Aqua Modis dan Terra Modis. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Karmana, I. W. 2012. Pengaruh Konsentrasi Air Laut terhadap Daya Tahan Tubuh Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Ganec Swara*. **6** (2) : 53–57.

Khairuman, D. Sudenda, dan B. Gunadi. 2008. Budi Daya Ikan Mas secara Intensif. Agromedia Pustaka. Jakarta.

\_\_\_\_\_ dan K. Amri. 2008. Buku Pintar Budi Daya 15 Ikan Konsumsi. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Khaisar, O. 2006. Kandungan Timah (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen, dan Bioakumulasi Serta Respon Histopatologis Organ Ikan Alu-alu (*Sphyraena barracuda*) di Perairan Teluk Jakarta. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Koeman, J.H. 1987. Pengantar Umum Toksikologi. Terjemahan oleh Yudono, R.H. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Kordi, M.G.H. dan A.B. Tancung. 2010. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Rineka Cipta. Jakarta.

\_\_\_\_\_. 2014. Panen Untung dari Akuabisnis Ikan Gurami. Lily Publisher. Yogyakarta.

Kumari, R., dan B. K. P. Mishra. 2015. Effects of pesticide on the histology of stomach and liver of a water breathing teleost, *Mystus tengara*. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*. **3** (5): 32–35.

Lusiastuti, A.M., U. Purwaningsih, dan T. Sumiati. 2010. Isolasi Bakteriofaga Anti *Streptococcus agalictiae* dari Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Riset Akuakultur*. **5** (2) : 237–243.

Mahyuddin, K. 2008. Panduan Lengkap Agribisnis Lele. Penebar Swadaya. Depok.

Mangkoediharja, S. 1999. *Ekotoksikologi Keteknikan*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Mantik, M.F.J. 2004. Gangguan Koagulasi. *Sari Pediatri*. **6** (1) : 60–67.

Manuaba, I.B.P. 2009. Cemaran Pestisida Karbamat dalam Air Danau Buyan, Buleleng, Bali. *Jurnal Kimia*. **3** (1) : 47–54.

Maryadi, H. 2009. Studi Perkembangan Gejala Klinis dan Patologi pada Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) yang Diinfeksi dengan *Streptococcus iniae*. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Marzuki. 2002. Metodologi Riset. Prasetya Widi Pratama. Yogyakarta.

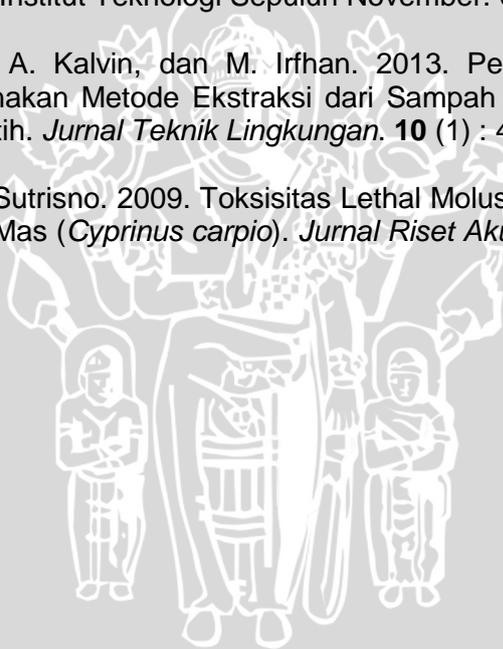
Michel, B., G. Fournier, F. Liefbrig, B. Costes, dan A, Vanderplasschen. 2010. Cyprinid Herpesvirus 3. *Emerging Infectious Diseases*. **16** (12) : 1835–1843.

- Mubarak A.S., D.A. Satyari, dan R. Kusdarwati. 2010. Korelasi antara Konsentrasi Oksigen Terlarut pada Kepadatan yang Berbeda dengan Skoring Warna *Daphnia* spp. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. **2** (1) : 45–50.
- Mulyani. 1973. Pengaruh Pestisida. Laporan Direktorat Perlindungan Tanaman. Jakarta.
- Mumford, S., J. Heidel, C. Smith, J. Morrison, B. MacConnell, dan V. Blazer. 2007. Fish Histology and Histopathology. USFWS-NCTC. Amerika Serikat.
- Muryanto, T. dan D. Sumarno. 2013. Teknik Pengamatan Isi Lambung Ikan Sidat (*Anguilla marmorata*) Hasil Tangkapan di Das Poso, Sulawesi Tengah. *BTL*. **11** (2) : 51–56.
- Nadrah, J., Yusfiati, dan Elvira. 2013. Struktur Mikroskopis Lambung Ikan Baung Binawidya. Pekanbaru.
- Naguib, S.A.A., A. El-Shabaka, dan F. Ashour. 2011. Comparative Histological and Ultrastructural Studies on the Stomach of *Schilbe mystus* and the Intestinal Swelling of *Labeo niloticus*. *Journal of American Science*. **7** (8) : 251–263.
- Nazir, M. 2003. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Noferi. 2010. Peristiwa yang Terjadi Dalam Sel. <http://noferilumbangaol.blogspot.co.id/2010/11/peristiwa-yang-terjadi-dalam-sel.html>. Diakses pada tanggal 10 November 2015.
- Novisa, E., Tasim, dan E. Harpeni. 2015. Pengaruh Jintan Hitam (*Nigella sativa*) terhadap Histopatologi Organ Kakap Putih (*Lates calcarifer*) yang Terinfeksi *Viral Nervous Necrosis* Secara Buatan. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. **3** (2) : 383–388.
- NSW. 2015. Carp (*Cyprinus carpio*). <http://www.dpi.nsw.gov.au/fisheries/pests-diseases/freshwater-pests/species/carp>. Diakses pada tanggal 8 November 2015.
- Pandey, B.N. 2008. Fish Research. S.B. Nanghia. New Delhi.
- Patnaik, B.B., H. Howrelia, T. Mathews, dan M. Selvanayagam. 2011. Histopathology of Gill, Liver, Muscle, and Brain of *Cyprinus Carpio communis* L. Exposed to Sublethal Concentration of Lead and Cadmium. *African Journal of Biotechnology*. **10** (57) : 12218– 12223.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1973 tentang Pengawasan atas Peredaran, Penyimpanan, dan Penggunaan Pestisida. Jakarta.
- Pillai, S.P. 1993. Heavy Metal Toxicity in Bivalve Histological and Histochemical Enquiry. Thesis. Cochin University. India.

- Praseno, O., H. Krettiawan, S. Asih, dan A. Sudradjat. 2010. Uji Ketahanan Salinitas Beberapa Strain Ikan Mas yang Dipelihara di Akuarium. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur. Puslitbang Perikanan Budidaya Jakarta.
- Prasetyo, A.A. 2008. Beda Apoptosis dan Nekrosis. <http://afie.staff.uns.ac.id/2008/12/25/beda-apoptosis-dan-nekrosis/>. Diakses pada tanggal 25 Februari 2016.
- Pratiwi, Y., S. Sunarsih, dan W.F. Windi. 2012. Uji Toksisitas Limbah Cair Laundry Sebelum dan Sesudah Diolah dengan Tawas dan Karbon Aktif terhadap Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. **2** (2) : 2337–3520.
- Price, S.A., dan Lorraine M.W. 2006. Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit. EGC. Jakarta.
- Prijanto, T.B. 2009. Analisis Faktor Risiko Keracunan Pestisida Organofosfat pada Keluarga Petani Hortikultura di Kecamatan Ngablak Kabupaten Magelang. *Tesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putra, R.B.D.S. 2015. Perubahan Struktur Jaringan Insang dan Lambung pada Kijing Taiwan (*Anodonta Woodiana*) terhadap Dosis Pemaparan Timbal yang Berbeda. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rahardjo, M.F., D.S. Sjafei, R. Affandi, dan Sulistiono. *Iktiology*. Lubuk Agung. Bandung.
- Raini, M. 2007. Toksikologi Pestisida dan Penanganan Akibat Keracunan Pestisida. *Media Litbang Kesehatan*. **17** (3) : 10–18.
- \_\_\_\_\_. 2009. Toksikologi Insektisida Rumah Tangga dan Pencegahan Keracunan. *Media Litbang Kesehatan*. **19** (2) : 27–33.
- Rakhmanda, A. 2011. Estimasi Populasi Gastropoda di Sungai Tambak Bayan Yogyakarta. *Jurnal Ekologi Perairan*. **1** (1) : 1–7.
- Ramadhani, A.N. 2009. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Daun Sukun (*Artocarpus altilis*) terhadap Larva *Artemia Salina* Leach dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BST). *Skripsi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ramdhini, R.N. 2010. Uji Toksisitas terhadap *Artemia Salina* Leach. dan Toksisitas Akut Komponen Bioaktif *Pandanus conoideus var. conoideus* Lam. sebagai Kandidat Anti Kanker. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ramudu, K. R. dan G. Dash. 2015. Histopathological Alterations in The Vital Organs of Indian Major Carps with Parasitic Infestation in Fish Farms West Bengal, India. *Drug Development and Therapeutics*. **6** (1) : 38–43.

- Rena, N.M.R.A., S. Utama, dan T. Parwati. 2009. Kelainan Hematologi pada Demam Berdarah Dengue. *Jurnal Penyakit Dalam*. **10** (3) : 218–225.
- Rudiyanti, S. dan A.D. Ekasari. 2009. Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Raegent 0,3 G. *Jurnal Saintek Perikanan*. **5** (1) : 49–54.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. **30** (3): 21–26.
- Sarjadi. 1999. Patologi dan Sistemik. EGC. Jakarta.
- Sastroutomo, S.S. 1992. Pestisida : Dasar-Dasar dan Dampak Penggunaannya. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Schreck, C.B. dan B.M. Peter. 1990. Methods for Fish Biology. Exxon Company. USA.
- Setyawan, N., N. Kariada, dan E. Peniati. 2013. Gambaran Mikroanatomi Pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat Di Perairan Kaligarang Semarang. *Journal of Life Science*. **2** (1) : 50–56.
- Setyorini, D.N. 2015. Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub> 96 Jam) Pestisida Organofosfat dengan Bahan Aktif Poksim terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) dan Kajiannya pada Histopatologi Organ. *Tesis*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Shete, P. S., dan Patwari, J. M. 2012. Acute toxicity of CuSO<sub>4</sub> in The Freshwater Fish: Histopatology of The Stomach. *International Journal of Science*. **1** (1): 36–37.
- Simanjuntak, L. 2010. Pengaruh Pemberian Vitamin C terhadap Gambaran Histologis Hati Mencit (*Mus musculus* L) yang Dipapari Monosodium Glutamate. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Smith, H.A., T.C. Jones, dan R.D. Hunt. 1972. Veterinary Pathology. United States of America Press. Philadelphia.
- Sunarto, 2007. Bioindikator Pencemar Logam Berat Cadmium (Cd) dengan Analisis Struktur Mikroanatomi, Efisiensi Fungsi Insang, Morfologi dan Kondisi Cangkang Kerang Air Tawar (*Anodonta woodiana* Lea). *Disertasi*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Supriatna, Y. 2013. Budi Daya Ikan Mas di Kolam Hemat Air. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Suryabrata, S. 1987. Metodologi Penelitian. Rajawali Pers. Jakarta.
- Suryani, A., dan Aunurohim. 2013. Paparan Sub Lethal Insektisida Diazinon 600 EC terhadap Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. **2** (2) : 191–196.

- Suryawardani, F. 2000. Pengaruh Konsentrasi Sub Lethal Phosmidon terhadap Pertumbuhan Ikan Nila. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Susanti, E. 2015. Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) yang Diberi Insektisida Golongan Piretroid (Sipermetrin). *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Tabassum, H., J. Khan, M. Salman, S. Raisuddin, dan S. Parvez. 2015. Propiconazole induced toxicological alterations in brain of freshwaterfish *Channa punctata* Bloch. *Ecological Indicators*. **62** : 242–248.
- Underwood. 1996. General and Systematic Pathology : Second Edition. Churchill Livingstone. London.
- Varney, H., J. M. Kriebs, dan C. L. Geger. 2004. Varney's Midwifery. Jones and Bartlett Publisher. USA.
- Widayati, D. E., Aunurrohim, Nurlita A. 2011. Studi Histopatologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Pada Konsentrasi Sublethal Air Lumpur Sidoarjo. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Yenie, E., S. Elystia., A. Kalvin, dan M. Irfhan. 2013. Pembuatan Pestisida Organik Menggunakan Metode Ekstraksi dari Sampah Daun Pepaya dan Umbi Bawang Putih. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **10** (1) : 45–59.
- Yosmaniar, Eddy, dan Sutrisno. 2009. Toksisitas Lethal Moluskisida Niklosamida Pada Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Riset Akuakultur*. **4** (1) : 85–93.



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
<b>Ikan Mas Sampel</b>		
1.	Ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn) ukuran 4–7 cm	Sebagai hewan uji yang diamati jaringannya
<b>Pemeliharaan Ikan Mas</b>		
2.	Bak	Sebagai wadah percobaan
3.	Air	Sebagai media hidup ikan
4.	Aerator set	Untuk aerasi
5.	pH paper dan kotak pH standard	Untuk mengukur pH
6.	Oxy meter	Untuk mengukur suhu dan DO
7.	Pestisida golongan organofosfat (FOKKER 500 EC)	Untuk bahan uji
8.	Seser	Untuk mengambil ikan
9.	Gelas ukur	Untuk wadah takaran pestisida
10.	Pellet	Untuk pakan ikan
<b>Pembedahan Ikan Mas</b>		
11.	Sectio set	Untuk alat bedah ikan mas
12.	Sarung tangan (glove)	Untuk melindungi tangan
13.	Nampan	Untuk tempat bedah ikan mas
14.	Tisu	Untuk membantu mengeringkan alat
15.	Air dan sabun	Untuk mencuci alat yang telah dipakai
16.	Kertas label	Untuk melabeli sampel
17.	Botol film	Untuk tempat sampel
<b>Fiksasi jaringan</b>		
18.	Jaringan lambung	Jaringan yang diamati
19.	Jaringan otak	Jaringan yang diamati

Lampiran 1 lanjutan.

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
20.	Slide dan cover glass	Untuk tempat sampel yang diamati di bawah mikroskop
21.	Formalin 10 %	Untuk mengawetkan sampel
22.	Alkohol 70 %, 80 %, 95 %, dan absolute	Untuk dehidrasi sampel
23.	Xylol	Untuk membersihkan sampel dari alkohol dan paraffin
24.	Paraffin	Untuk menginfiltrasi sampel
25.	Inkubator 55–63 °C	Untuk menginkubasi
26.	Pinset	Untuk mengambil sampel
27.	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan
28.	Kotak preparat	Untuk tempat preparat
29.	Waterbath suhu 95 °C	Untuk memanaskan
30.	Pembuat blok	Untuk tempat blok
31.	Freezing mikrotom	Untuk menyayat secara mikro
32.	Pisau mikrotom	Untuk memotong secara mikro
33.	Bunsen	Untuk mensterilkan alat
<b>Pengamatan Histopatologi</b>		
34.	Preparat jaringan lambung	Jaringan yang diamati
35.	Preparat jaringan otak	Jaringan yang diamati
36.	Mikroskop binokuler merk Olympus BX41	Alat pengamatan jaringan
37.	Kamera digital merk Olympus tipe CX21FS1	Alat pengamatan jaringan
38.	Notebook Lenovo B40	Alat pengamatan jaringan
39.	Aplikasi OlyVIA	Alat pengamatan jaringan
40.	Aplikasi CorelDRAW X7	Alat pengamatan jaringan

Lampiran 2. Cara Perhitungan Pengenceran Pestisida

Rumus Pengenceran:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan:

$V_1$  = volume pestisida organofosfat yang dibutuhkan (L)

$N_1$  = konsentrasi stok pestisida organofosfat (ppm)

$V_2$  = volume air yang digunakan (L)

$N_2$  = konsentrasi pestisida organofosfat yang diinginkan (ppm)

Diketahui bahwa:

- Konsentrasi pestisida organofosfat dengan bahan aktif poksim ( $N_1$ ) = 500 gr/L  
= 500.000 ppm
- Volume air yang digunakan ( $V_2$ ) = 10 L
- Konsentrasi pestisida organofosfat yang diinginkan ( $N_2$ ) yaitu 1,35 ppm; 1,8 ppm; 2,4 ppm; 3,2 ppm; 4,2 ppm; 6,5 ppm; dan 8,7 ppm

**Pembuatan Larutan Stok (Induk)**

⇒ 1000 ppm sebanyak 10 L

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_1 \times (500.000 \text{ ppm}) = (10 \text{ L}) \times (1000 \text{ ppm})$$

$$V_1 = \frac{10.000}{500.000} \text{ L}$$

$$V_1 = 0,02 \text{ L} = 20 \text{ mL}$$

Sehingga untuk membuat larutan stok yaitu dibutuhkan 20 mL pestisida organofosfat yang ditambahkan aquades hingga 10 L.

Lampiran 2 lanjutan.

**1. Konsentrasi pestisida organofosfat 1,35 ppm**

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (1,35 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,0135 \text{ L} = 13,5 \text{ mL}$$

**2. Konsentrasi pestisida organofosfat 1,8 ppm**

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (1,8 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,018 \text{ L} = 18 \text{ mL}$$

**3. Konsentrasi pestisida organofosfat 2,4 ppm**

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (2,4 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,024 \text{ L} = 24 \text{ mL}$$

**4. Konsentrasi pestisida organofosfat 3,2 ppm**

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (3,2 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,032 \text{ L} = 32 \text{ mL}$$

**5. Konsentrasi pestisida organofosfat 4,2 ppm**

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (4,2 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,042 \text{ L} = 42 \text{ mL}$$

**6. Konsentrasi pestisida organofosfat 6,5 ppm**

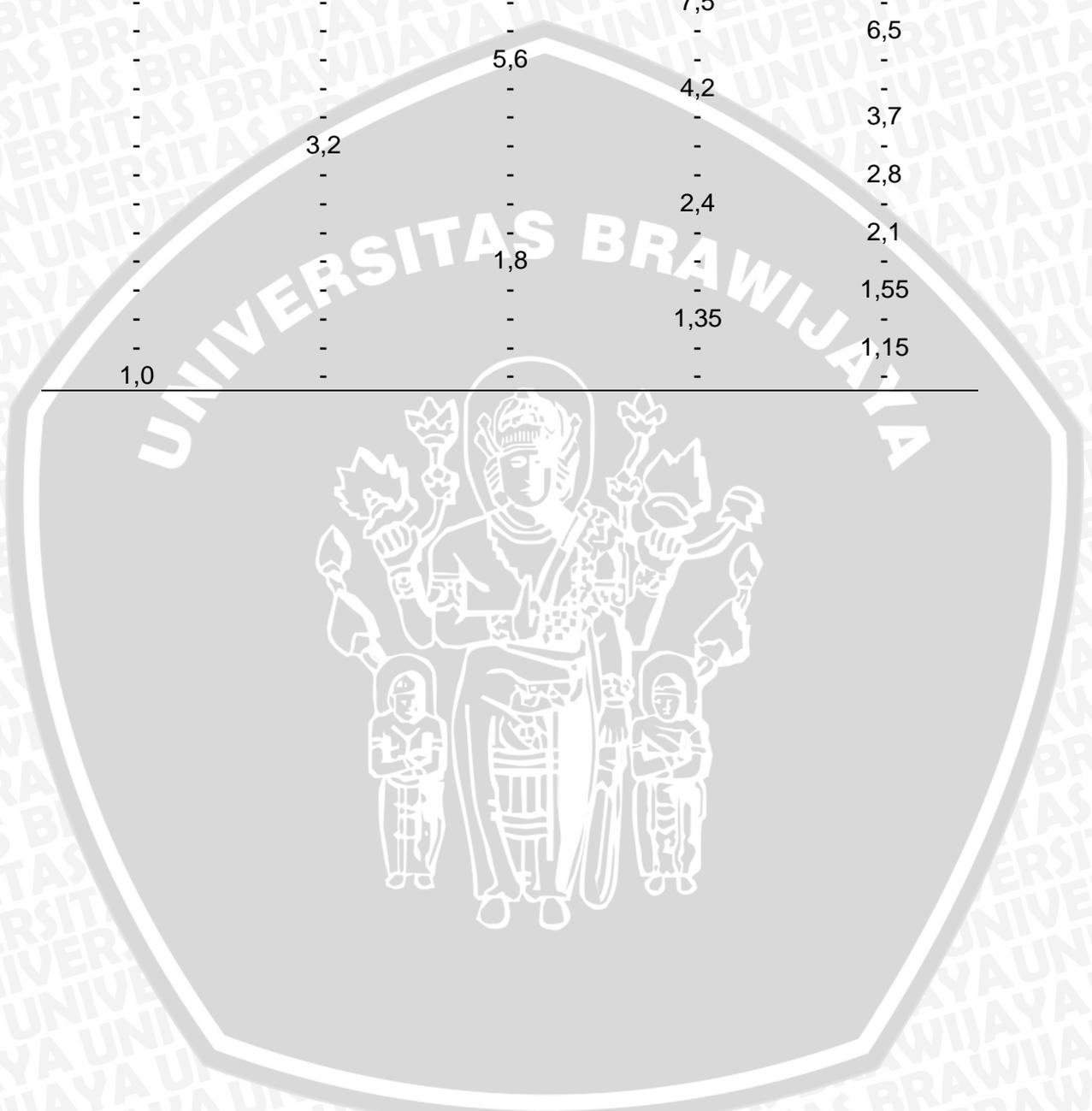
$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (6,5 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,065 \text{ L} = 65 \text{ mL}$$

**7. Konsentrasi pestisida organofosfat 8,7 ppm**

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (8,7 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}} = 0,087 \text{ L} = 87 \text{ mL}$$

Lampiran 3. Tabel Skala Rand

Konsentrasi				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10,0	-	-	-	-
-	-	-	-	8,7
-	-	-	7,5	-
-	-	-	-	6,5
-	-	5,6	-	-
-	-	-	4,2	-
-	-	-	-	3,7
-	3,2	-	-	-
-	-	-	-	2,8
-	-	-	2,4	-
-	-	-	-	2,1
-	-	1,8	-	-
-	-	-	-	1,55
-	-	-	1,35	-
1,0	-	-	-	1,15
-	-	-	-	-

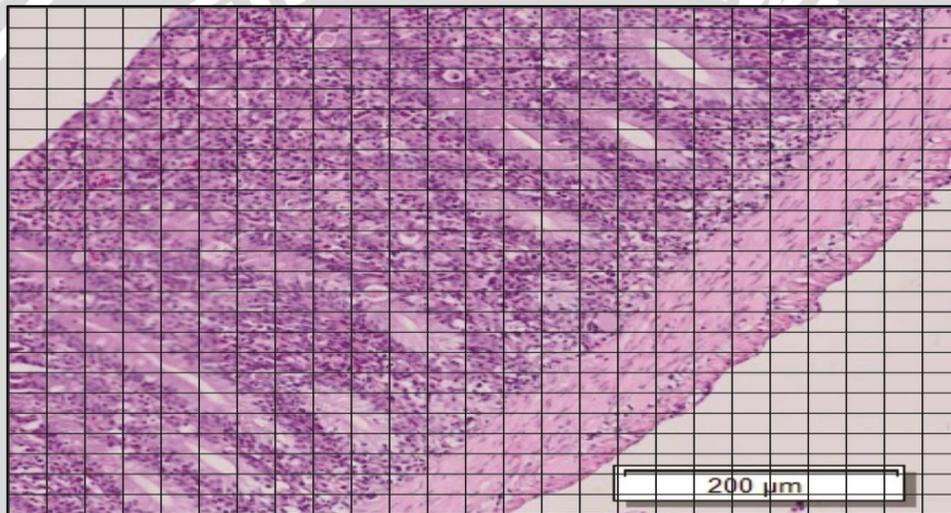


Lampiran 4. Penentuan Jumlah Jenis Kerusakan Jaringan Lambung Ikan Mas dengan Menggunakan CoreIDRAW

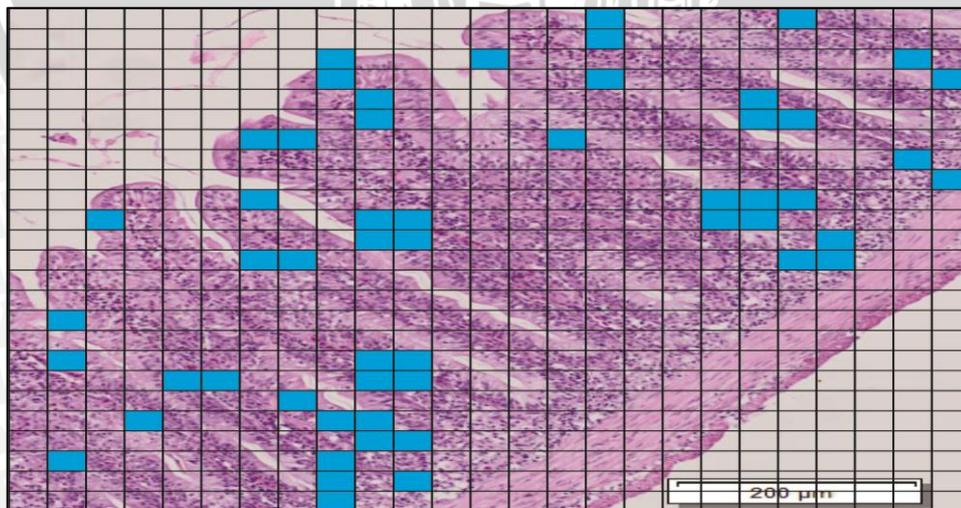
Keterangan:

	Biru muda = Edema		Hijau = Hiperplasia
	Merah muda = Hemoragi		Kuning = Atrofi
	Abu-abu = Nekrosis		Coklat = Vakuolisasi
	Oranye = Lisis		

1) Lambung dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol)

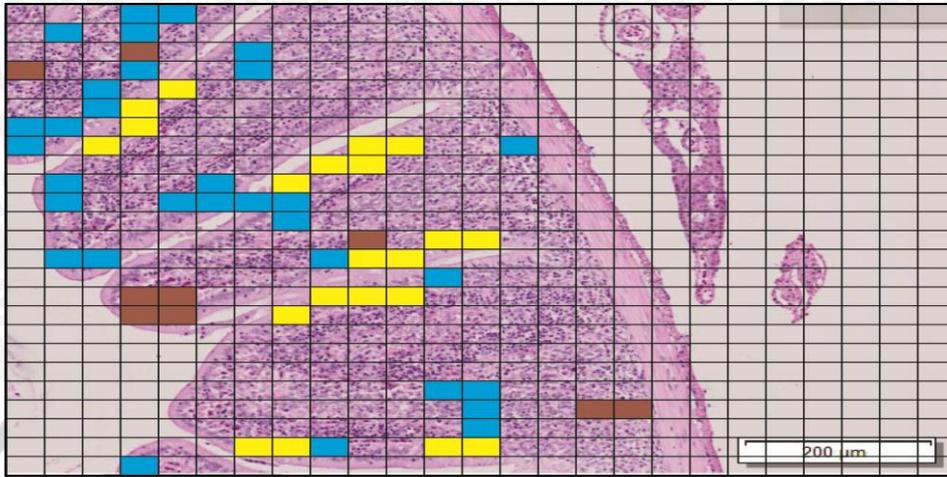


2) Lambung dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm

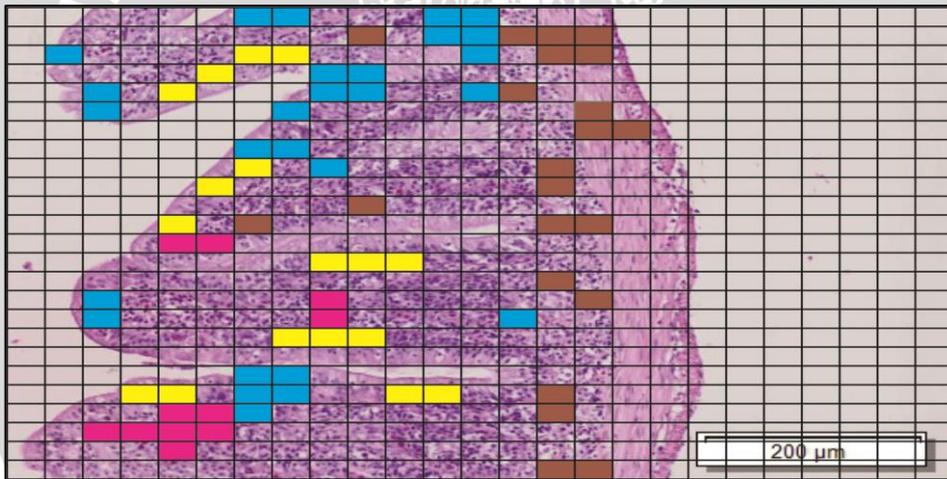


Lampiran 4 lanjutan.

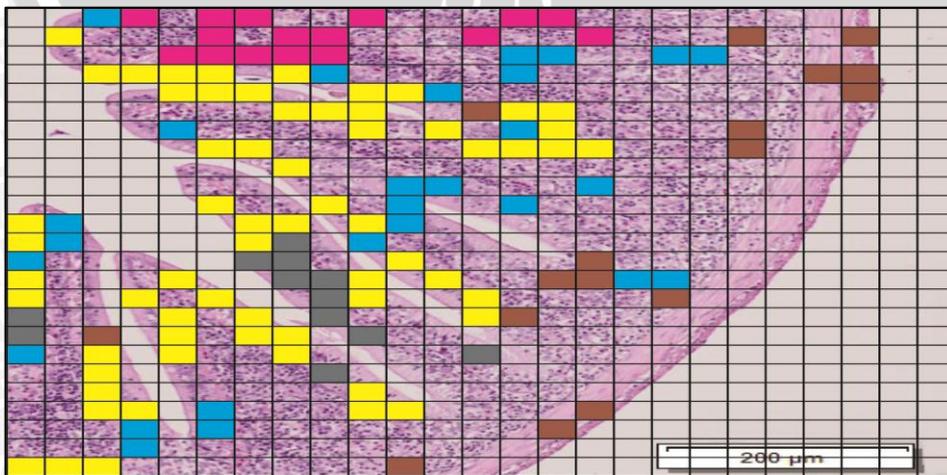
**3) Lambung dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm**



**4) Lambung dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm**

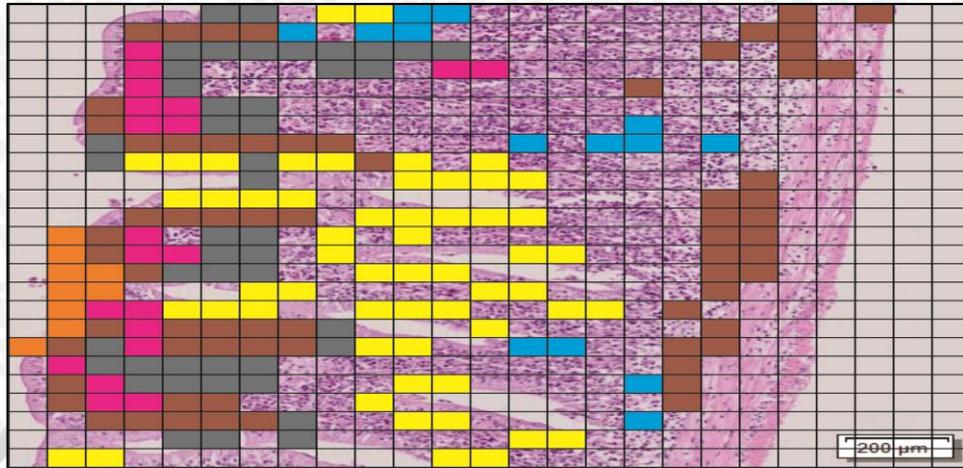


**5) Lambung dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm**

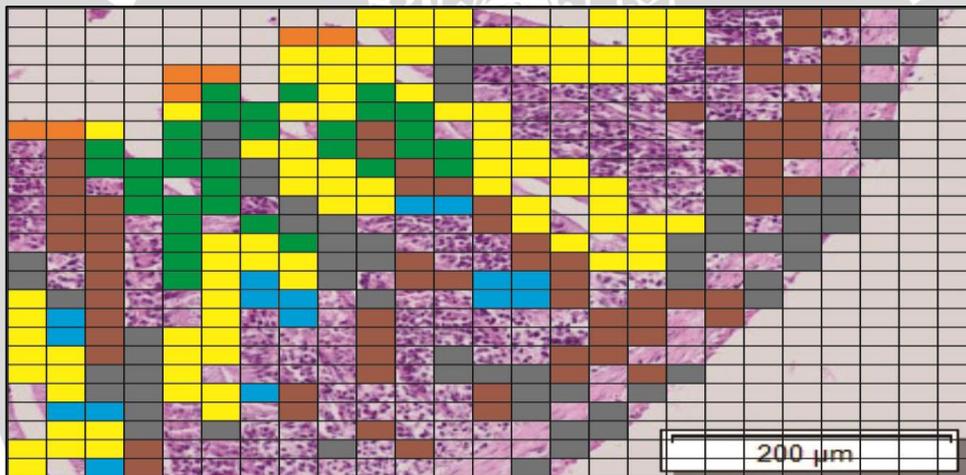


Lampiran 4 lanjutan.

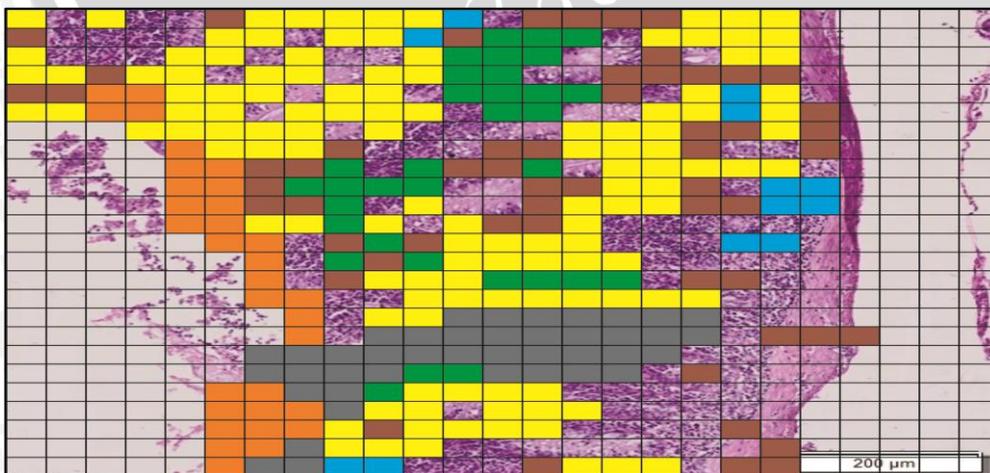
6) Lambung dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm



7) Lambung dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm



8) Lambung dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm

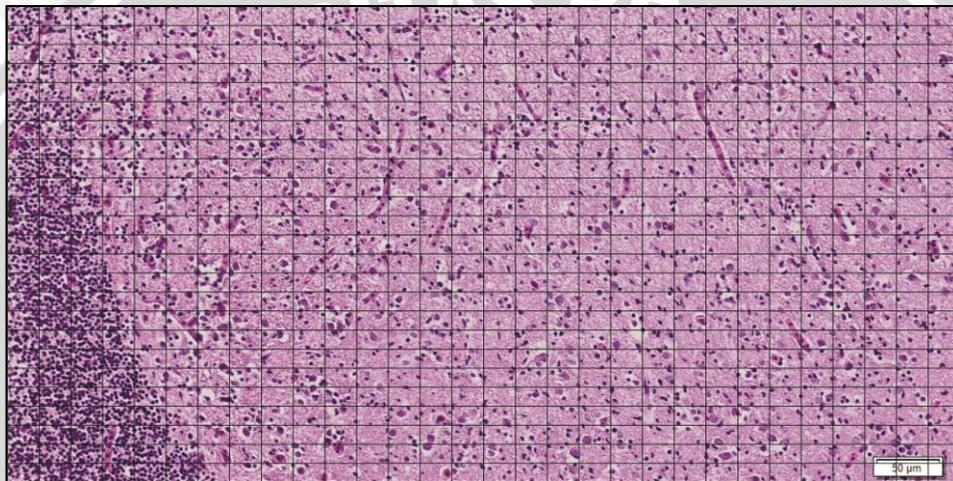


Lampiran 5. Penentuan Jumlah Jenis Kerusakan Jaringan Otak Ikan Mas dengan Menggunakan CorelDRAW

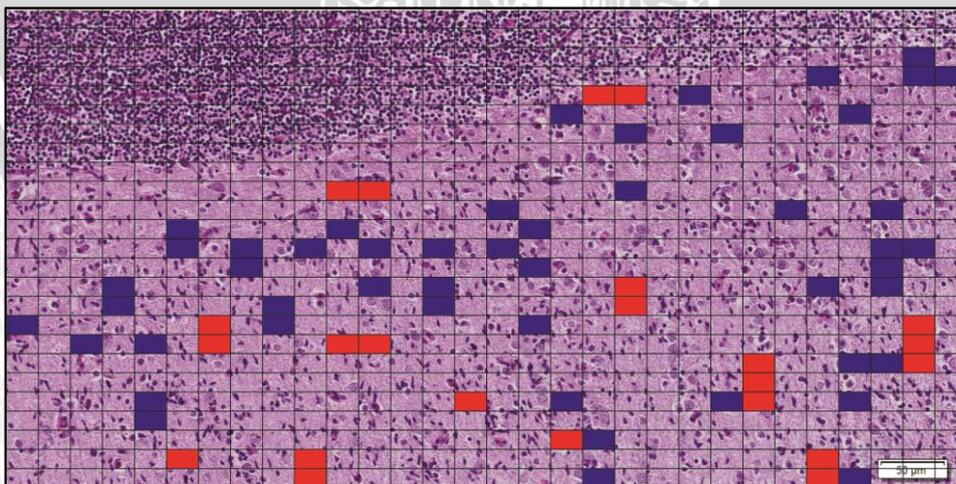
Keterangan:

-  (Biru) = Trombosis
-  (Merah) = Kongesti
-  (Abu-abu) = Vakuolisasi

1) Otak dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol)

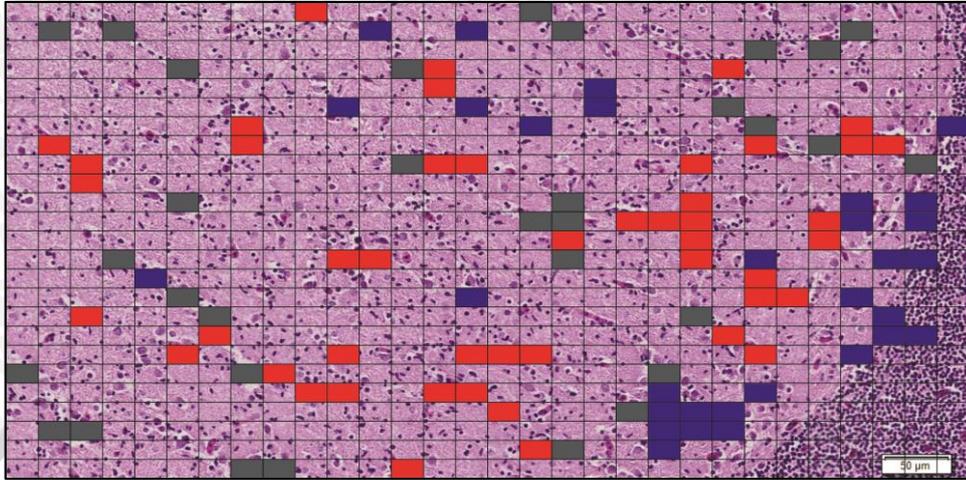


2) Otak dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm

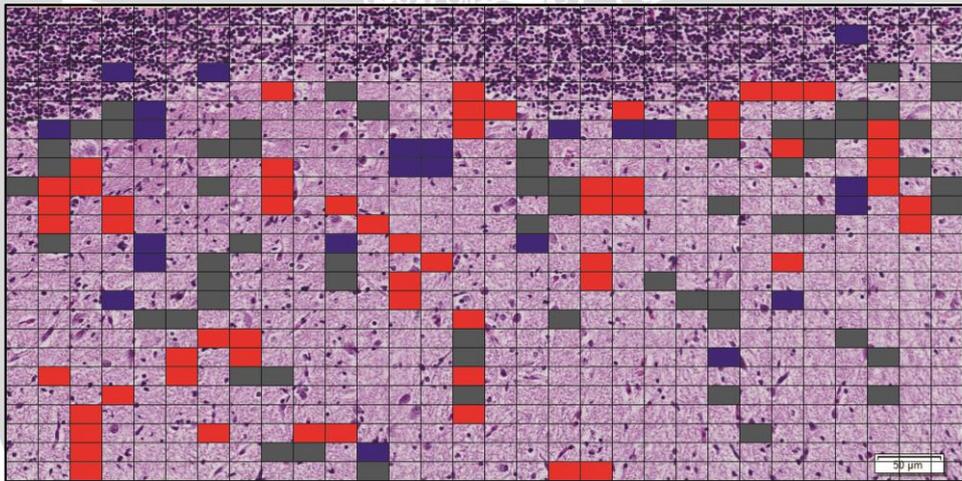


Lampiran 5 lanjutan.

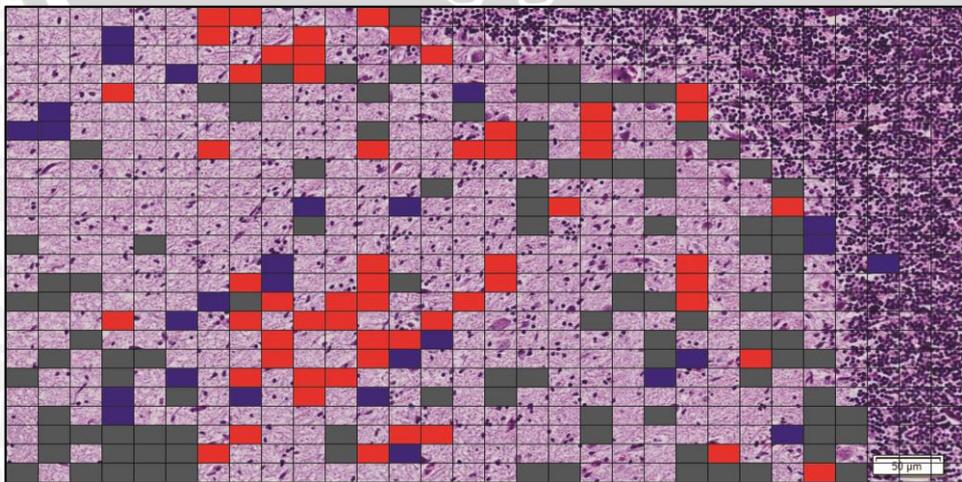
**3) Otak dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm**



**4) Otak dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm**

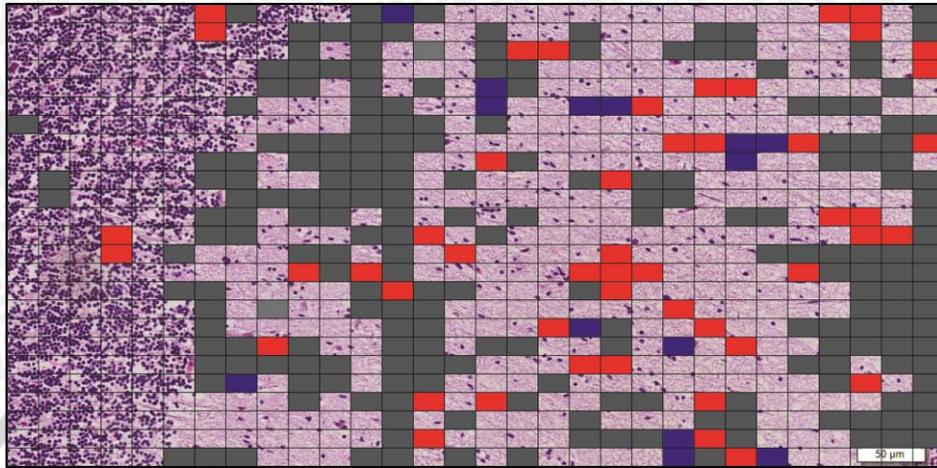


**5) Otak dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm**

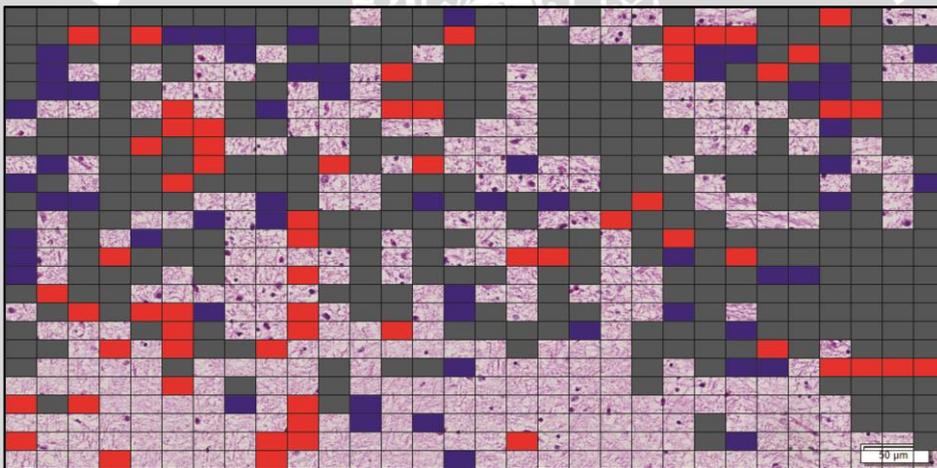


Lampiran 5 lanjutan.

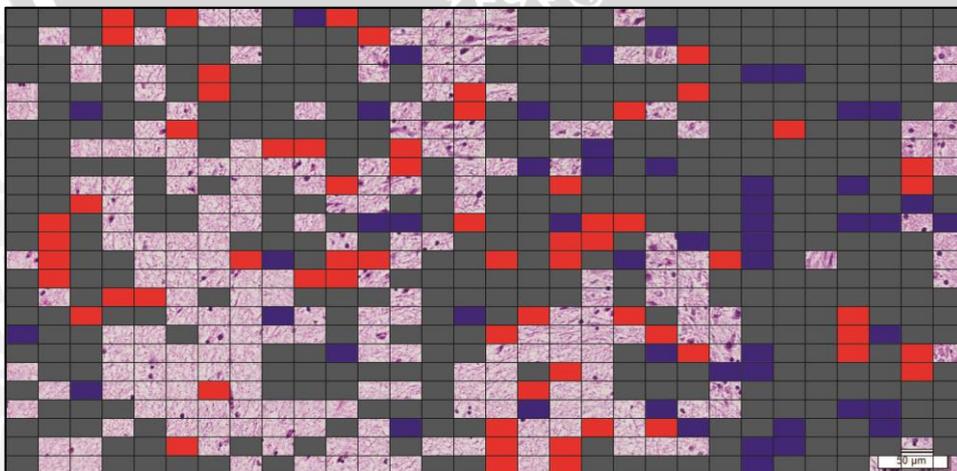
**6) Otak dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm**



**7) Otak dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm**



**8) Otak dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm**



Lampiran 6. Perhitungan Persentase Kerusakan Jaringan Lambung Ikan Mas

**1) Lambung dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol)**

Tidak terjadi kerusakan sama sekali sehingga didapat persentase kerusakan sebesar 0 %.

**2) Lambung dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Edema} = \frac{54}{507} \times 100 \% = 10,65 \%$$

**3) Lambung dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Edema} = \frac{31}{405} \times 100 \% = 7,65 \%$$

$$\text{– Atrofi} = \frac{21}{405} \times 100 \% = 5,19 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{9}{405} \times 100 \% = 2,22 \%$$

**4) Lambung dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Edema} = \frac{27}{384} \times 100 \% = 7,03 \%$$

$$\text{– Hemoragi} = \frac{11}{384} \times 100 \% = 2,86 \%$$

$$\text{– Atrofi} = \frac{17}{384} \times 100 \% = 4,43 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{22}{384} \times 100 \% = 5,73 \%$$

**5) Lambung dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

Lampiran 6 lanjutan.

- Edema =  $\frac{27}{479} \times 100 \% = 5,64 \%$
- Hemoragi =  $\frac{16}{479} \times 100 \% = 3,34 \%$
- Atrofi =  $\frac{63}{479} \times 100 \% = 13,15 \%$
- Nekrosis =  $\frac{12}{479} \times 100 \% = 2,51 \%$
- Vakuolisasi =  $\frac{17}{479} \times 100 \% = 3,55 \%$

#### 6) Lambung dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm

Persentase kerusakan =  $\frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$

- Edema =  $\frac{14}{523} \times 100 \% = 2,68 \%$
- Hemoragi =  $\frac{20}{523} \times 100 \% = 3,82 \%$
- Atrofi =  $\frac{56}{523} \times 100 \% = 10,71 \%$
- Nekrosis =  $\frac{45}{523} \times 100 \% = 8,6 \%$
- Vakuolisasi =  $\frac{68}{523} \times 100 \% = 13 \%$
- Lisis =  $\frac{9}{523} \times 100 \% = 1,72 \%$

#### 7) Lambung dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm

Persentase kerusakan =  $\frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$

- Edema =  $\frac{16}{478} \times 100 \% = 3,35 \%$
- Hiperplasia =  $\frac{32}{478} \times 100 \% = 6,69 \%$
- Atrofi =  $\frac{95}{478} \times 100 \% = 19,87 \%$
- Nekrosis =  $\frac{68}{478} \times 100 \% = 14,23 \%$

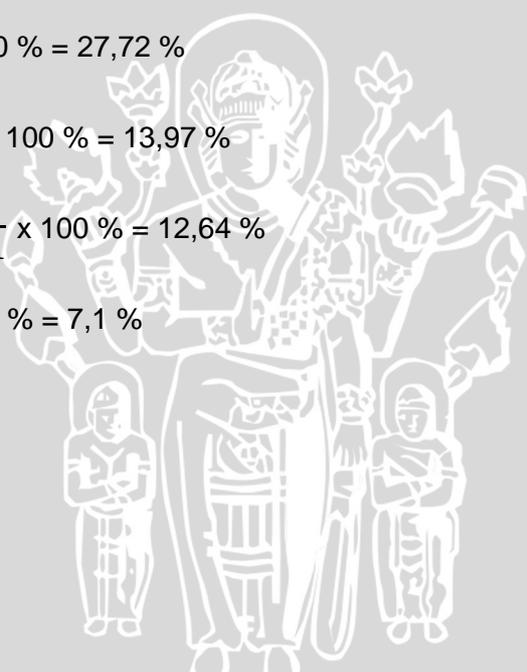
Lampiran 6 lanjutan.

- Vakuolisasi =  $\frac{74}{478} \times 100\% = 15,48\%$
- Lisis =  $\frac{7}{478} \times 100\% = 1,46\%$

**8) Lambung dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm**

Persentase kerusakan =  $\frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100\%$

- Edema =  $\frac{12}{451} \times 100\% = 2,66\%$
- Hiperplasia =  $\frac{33}{451} \times 100\% = 7,32\%$
- Atrofi =  $\frac{125}{451} \times 100\% = 27,72\%$
- Nekrosis =  $\frac{63}{451} \times 100\% = 13,97\%$
- Vakuolisasi =  $\frac{57}{451} \times 100\% = 12,64\%$
- Lisis =  $\frac{32}{451} \times 100\% = 7,1\%$



Lampiran 7. Perhitungan Persentase Kerusakan Jaringan Otak Ikan Mas

**1) Otak dengan konsentrasi pestisida 0 ppm (kontrol)**

Tidak terjadi kerusakan sama sekali, sehingga didapat persentase kerusakan sebesar 0 %

**2) Otak dengan konsentrasi pestisida 1,35 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Trombosis} = \frac{50}{750} \times 100 \% = 6,67 \%$$

$$\text{– Kongesti} = \frac{23}{750} \times 100 \% = 3,07 \%$$

**3) Otak dengan konsentrasi pestisida 1,8 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Trombosis} = \frac{31}{750} \times 100 \% = 4,13 \%$$

$$\text{– Kongesti} = \frac{47}{750} \times 100 \% = 6,27 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{32}{750} \times 100 \% = 4,27 \%$$

**4) Otak dengan konsentrasi pestisida 2,4 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Trombosis} = \frac{23}{750} \times 100 \% = 3,07 \%$$

$$\text{– Kongesti} = \frac{60}{750} \times 100 \% = 8 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{64}{750} \times 100 \% = 8,53 \%$$

Lampiran 6 lanjutan.

**5) Otak dengan konsentrasi pestisida 3,2 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Trombosis} = \frac{25}{750} \times 100 \% = 3,33 \%$$

$$\text{– Kongesti} = \frac{58}{750} \times 100 \% = 7,73 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{108}{750} \times 100 \% = 14,4 \%$$

**6) Otak dengan konsentrasi pestisida 4,2 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Trombosis} = \frac{14}{750} \times 100 \% = 1,87 \%$$

$$\text{– Kongesti} = \frac{49}{750} \times 100 \% = 6,53 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{214}{750} \times 100 \% = 28,53 \%$$

**7) Otak dengan konsentrasi pestisida 6,5 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

$$\text{– Trombosis} = \frac{59}{750} \times 100 \% = 7,87 \%$$

$$\text{– Kongesti} = \frac{62}{750} \times 100 \% = 8,27 \%$$

$$\text{– Vakuolisasi} = \frac{327}{750} \times 100 \% = 4,36 \%$$

Lampiran 6 lanjutan.

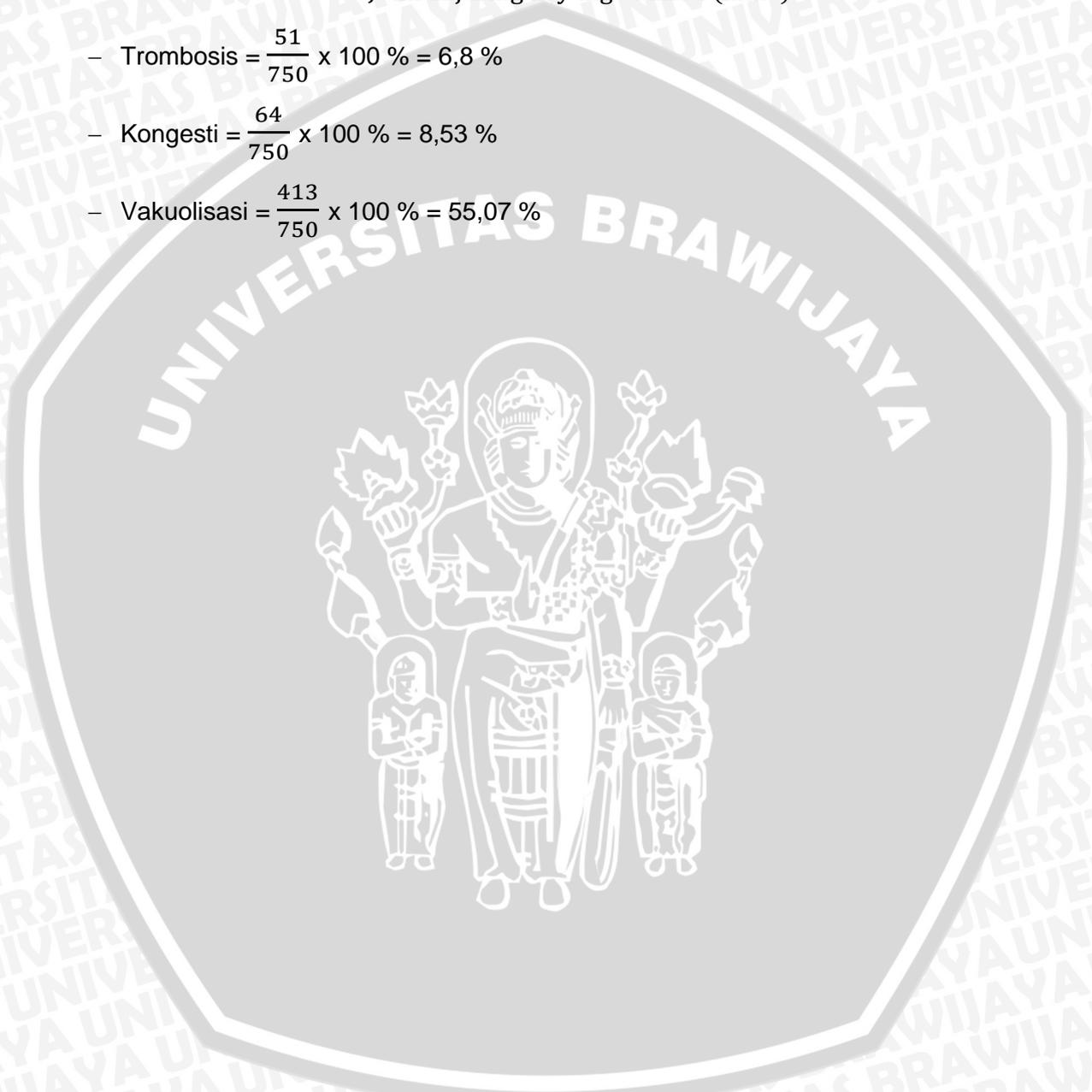
**8) Otak dengan konsentrasi pestisida 8,7 ppm**

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak (mm}^2\text{)}}{\text{Jumlah jaringan yang diamati (mm}^2\text{)}} \times 100 \%$$

– Trombosis =  $\frac{51}{750} \times 100 \% = 6,8 \%$

– Kongesti =  $\frac{64}{750} \times 100 \% = 8,53 \%$

– Vakuolisasi =  $\frac{413}{750} \times 100 \% = 55,07 \%$



Lampiran 8. Hasil Pengukuran Kualitas Air Selama Penelitian

Konsentrasi (ppm)	Jam ke-	Suhu (°C)			pH			DO (ppm)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	0	25,3	25,5	25,7	7	7	7	7,75	7,51	7,49
	24	25,1	25,1	25,2	7	7	7	6,86	6,77	6,88
	48	24,8	25	24,7	7	7	7	6,21	6,16	6,81
	72	25,1	25,7	25,4	7	7	7	6,74	6,5	6,86
	96	25,3	25,3	25,5	7	7	7	6,58	6,81	6,41
1,35	0	25,6	25,6	24,9	7	7	7	6,7	6,78	6,95
	24	24,8	24,8	25,4	7	7	7	7,16	6,83	6,81
	48	24,9	24,7	25	7	7	7	7,32	7,46	7,11
	72	25,3	25,1	25,5	7	7	7	6	7,13	6,88
	96	25,3	25,7	25,2	7	7	7	6,77	6,25	6,69
1,8	0	25	24,8	25,1	7	7	7	6,65	6,78	6,65
	24	24,3	24,7	24,7	8	7	7	8,12	7,82	7,78
	48	24,5	24,6	24,7	7	7	8	7,65	7,9	8,05
	72	24,6	25,6	25,5	7	7	7	6,4	6	6,16
	96	25,4	25,6	25,4	7	7	7	6,35	6,21	6,32
2,4	0	25,1	24,7	24,9	7	7	7	7,32	7,9	7,11
	24	25,4	25,6	25,7	7	7	7	6,41	6,41	6,65
	48	24,5	25,5	24,6	8	7	7	7,11	6,88	7,02
	72	25,1	25,1	25,3	7	7	7	7,33	7,13	7,2
	96	25,3	25,2	24,5	7	7	7	6,46	6,24	7,16
3,2	0	25,4	25	25,2	7	7	7	6,4	7,02	6,54
	24	25,7	25,5	25,6	7	7	7	7,16	7,47	6,69
	48	24,8	24,9	25,3	7	7	7	7,25	7,02	6
	72	25	24,7	24,6	7	7	7	7,27	7,78	7,92
	96	25,2	25	25,4	7	7	7	7,05	7,13	6,58
4,2	0	24,6	25,2	24,9	7	7	7	7,51	7,07	7,32
	24	24,2	24,7	25,1	8	7	7	8,03	7,92	6,93
	48	24,8	24,3	24,7	7	8	7	7,05	8,03	7,13
	72	25	24,9	25,2	7	7	7	6,54	7,07	6,81
	96	25,4	25,2	24,8	7	7	7	6,16	6,35	7,16
6,5	0	25,1	25,4	25,7	7	7	7	6,9	6,88	6,46
	24	24,9	25,7	25,5	7	7	7	7,04	6,86	6,9
	48	24,1	24,5	24,4	7	7	7	8,2	7,65	7,95
	72	24,3	24,6	24,7	7	7	7	7,51	7,32	7,11
	96	25,5	24,8	25,5	7	7	7	6,4	7,05	6
8,7	0	24,5	24	24,6	7	8	7	7,46	7,92	7,49
	24	25,7	24,9	25,5	7	7	7	7,04	7,25	6,83
	48	25,3	24,9	25	7	7	7	6,88	7,13	7,07
	72	24,7	25,2	24,1	7	7	8	7,75	7,25	8,01
	96	25,1	24,8	24,6	7	7	7	6,72	6,93	7,02