

**EFEK HERBISIDA BERBAHAN AKTIF ISOPROPILAMINA GLIFOSAT  
TERHADAP PROFIL HISTOPATOLOGI HATI IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.)  
PADA UJI TOKSISITAS AKUT**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

**AISYAH NUR ALFIYAH  
NIM. 125080100111003**



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

**EFEK HERBISIDA BERBAHAN AKTIF ISOPROPILAMINA GLIFOSAT  
TERHADAP PROFIL HISTOPATOLOGI HATI IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.)  
PADA UJI TOKSISITAS AKUT**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

Oleh :

**AISYAH NUR ALFIYAH  
NIM. 125080100111003**



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

**SKRIPSI**  
**EFEK HERBISIDA BERBAHAN AKTIF ISOPROPILAMINA GLIFOSAT**  
**TERHADAP PROFIL HISTOPATOLOGI HATI IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.)**  
**PADA UJI TOKSISITAS AKUT**

Oleh :

**AISYAH NUR ALFIYAH**  
**NIM. 125080100111003**

**Telah dipertahankan didepan penguji**  
**Pada tanggal**  
**Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Menyetujui,

**Dosen Penguji**

**Dosen Pembimbing I**

**(Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS)**

**(Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP)**

**NIP. 19520402 198003 2 001**

**NIP. 19720529 200312 1 001**

**Tanggal : 07 JUN 2016**

**Tanggal : 07 JUN 2016**

**Dosen Pembimbing II**

**(Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si)**

**NIP. 19730702 200501 2 001**

**Tanggal:**

**07 JUN 2016**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan MSP**



**(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)**

**NIP. 19620805 198603 2 001**

**Tanggal: 07 JUN 2016**



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam rangka laporan skripsi yang saya tulis ini benar-benar 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 kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan ini hasil penjiplakan (plagiasi) maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Mei 2016

Mahasiswa

Aisyah Nur Alfiyah

NIM. 125080100111003

## RINGKASAN

**AISYAH NUR ALFIYAH.** Skripsi. Efek Herbisida Berbahan Aktif Isopropilamina Glifosat terhadap Profil Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Uji Toksisitas Akut. (di bawah bimbingan **Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP** dan **Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si**)

---

Herbisida berada di perairan karena adanya pemakaian berlebih pada pertanian. Sisa herbisida yang tidak terserap oleh tumbuhan akan mengalir menuju ke perairan umum dan akan terakumulasi di dalam tubuh organisme perairan. Apabila jumlah herbisida tersebut melebihi ambang batas maka akan mengakibatkan pencemaran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui LC<sub>50</sub> (96 jam) terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan mengamati perubahan organ hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) yang dipapar herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat merk Roundup dengan teknik histopatologi. Penelitian ini dilakukan pada Bulan Januari - Maret 2016 di di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan di Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.

Metode yang digunakan adalah eksperimen. Analisis data untuk LC<sub>50</sub> (96 jam) menggunakan analisis probit dan untuk kerusakan jaringan menggunakan analisis histologi. Pengukuran kualitas air pada parameter pH, suhu, dan DO juga dilakukan untuk menunjang data hasil penelitian. Sumber data berasal dari data primer, yaitu data selama penelitian dan data sekunder, yaitu dari kepustakaan lain yang menunjang penelitian ini.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan didapatkan hasil ambang batas atas konsentrasi adalah 1 ppm dan ambang batas bawah konsentrasi adalah 10 ppm. Uji sesungguhnya melalui analisis probit didapatkan nilai LC<sub>50</sub> (96 jam) paparan adalah pada konsentrasi 8,51 ppm. Nilai toksisitas herbisida isopropilamina glifosat termasuk dalam golongan pestisida dengan daya racun yang tinggi, yaitu antara 1-10 mg/L.

Kerusakan pada organ hati yang diamati histopatologinya adalah berupa edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, hemoragi, dan fibrosis. Hasil perhitungan persentase kerusakan total pada masing-masing konsentrasi perlakuan adalah konsentrasi 0 ppm sebesar 0%, konsentrasi 1,35 ppm sebesar 6,750%, konsentrasi 1,8 ppm sebesar 8,349%, konsentrasi 2,4 ppm sebesar 16,378%, konsentrasi 3,2 ppm sebesar 17,434%, konsentrasi 4,2 ppm sebesar 23,768%, konsentrasi 6,5 ppm sebesar 26,168%, dan konsentrasi 8,7 ppm sebesar 32,598%. Berdasarkan jumlah persentase kerusakan hati pada ikan mas tergolong pada tingkat ringan menuju sedang, sedangkan apabila digolongkan menurut jenis kerusakan maka pada penelitian ini ikan mas termasuk pada tingkat sedang menuju berat. Rata-rata hasil pengukuran kualitas air adalah pH berkisar antara 7,25-7,82, suhu berkisar antara 24,2-28,8°C, dan DO berkisar antara 4,70-6,98 mg/L.

Hasil penelitian nilai LC<sub>50</sub> (96 jam) yang didapatkan adalah 8,51 ppm dan persentase kerusakan hati ikan mas yang terparah adalah sebesar 32,598%. Berdasarkan hasil tersebut penggunaan herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat tidak boleh melebihi 8,51 ppm. Karena pada konsentrasi tersebut sudah dapat mengakibatkan kematian 50% pada populasi dan mengakibatkan kerusakan hati ikan mas.

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT, atas segala berkat dan rahmat yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan skripsi dengan Judul **Efek Herbisida Berbahan Aktif Isopropilamina Glifosat terhadap Profil Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Uji Toksisitas Akut**. Usulan skripsi dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam meraih Sarjana Perikanan program Strata Satu (S-1) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan baik dari ketelitian pada penulisan, kekurangtepatan ataupun 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 usulan skripsi ini untuk selanjutnya lebih sempurna dan bermanfaat bagi para pembaca dan yang membutuhkan.

Malang, Mei 2016

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Bismillahirrohmanirrohim.*

*Alhamdulillahirobbil'alamin.* Puji syukur hanya kepada Allah SWT dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW atas segala yang diberikan hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terima kasih dan terima kasih penulis ucapkan kepada:

- ☐ Kedua orang tuaku tersayang, Ibu "*Mastikah*" dan Bapak "*Sukamto*" serta kepada adikku tercinta "*Adam Cahya Armadananto*" yang selalu mengerti, mendukung, memberikan semangat dan do'a, dan selalu memberikan motivasi.
- ☐ *Dr. Agus Maizar S. H., S.Pi, MP* dan *Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si* atas kesediaan waktu, tenaga dan pemikirannya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi hingga terselesaikannya laporan ini.
- ☐ *Penguji* atas suntikan ilmu yang disalurkan lewat kritik dan saran.
- ☐ Bapak dan ibu di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya yang telah memberikan pengalaman berharga.
- ☐ Teman seperjuangan dalam Tim Toksisitas Akut "*Erni Rahmayani, Evvy Arvisda Mustika Sari, Diklawati Jatayu, Meta Dwi Apriliani, dan Siti Lestari*" atas semangat dan kerjasama kalian semua.
- ☐ Civi-ciwiki "*Anis Kurnia Fitriani, Erni Rahmayani, Evvy Arvisda Mustika Sari, Nila Eva Feliana, Siti Nafiatul Romadhotin, dan Yuni Andhika Sari*" atas cerita-cerita yang telah kita buat bersama.
- ☐ Teman masa depanku "*Mora*" atas pengertian dan motivasinya.
- ☐ Teman seperjuangan MSP'12 atas do'a dan motivasinya serta kenangan selama 4 tahun kita bersama.

☐ Kakak-kakak, adik-adik dan seluruh teman-teman di Universitas Brawijaya.

*Thank's for all memories we make.*

☐ Semua pihak yang penulis tidak dapat tuliskan satu per satu yang telah membantu hingga terselesaikannya laporan Skripsi ini.

*Alhamdulillahirobbil'alamin.* Semoga semuanya selalu mendapatkan ridho Allah SWT dan safaat dari Nabi Muhammad SAW dalam apapun yang telah kita lakukan.

Malang, Mei 2016

Penulis



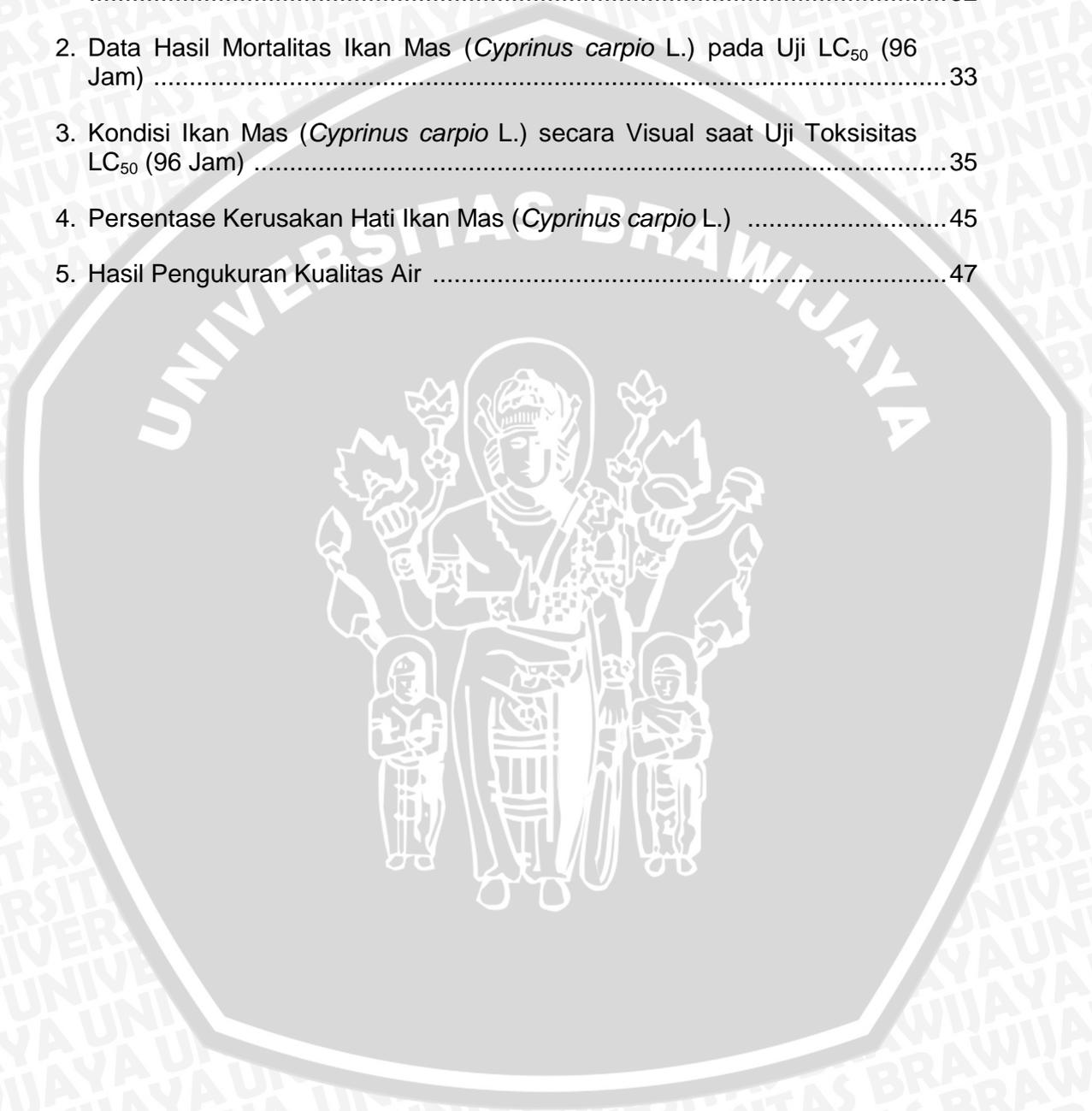
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
RINGKASAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan penelitian .....	4
1.4. Kegunaan .....	4
1.5. Tempat dan Waktu .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Herbisida	
2.1.1. Pengertian dan Toksisitas Herbisida .....	6
2.1.2. Masuknya Limbah Herbisida ke Perairan dan Pengaruhnya terhadap Lingkungan dan Organismenya .....	7
2.2. Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.)	
2.2.1. Klasifikasi dan Morfologi .....	8
2.2.2. Habitat dan Kebiasaan Hidup .....	10
2.2.3. Kebiasaan Makan dan Mekanisme Herbisida Masuk ke Tubuh Organisme .....	10
2.2.4. Anatomi dan Fisiologi .....	12
2.2.5. Ikan Mas sebagai Bioindikator .....	15
2.3. Uji Toksisitas .....	16
2.4. Histologi .....	18
2.5. Pengukuran Kualitas Air	
2.5.1. pH .....	18
2.5.2. Suhu .....	19
2.5.3. DO .....	20

3.	MATERI DAN METODE PENELITIAN	
3.1.	Materi Penelitian .....	22
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3.3.	Metode Penelitian .....	22
3.4.	Tahapan Penelitian	
3.4.1.	Adaptasi Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) (Aklimatisasi) .....	23
3.4.2.	Uji Pendahuluan .....	24
3.4.3.	Uji Sesungguhnya untuk Menentukan LC <sub>50</sub> .....	25
3.4.4.	Preparasi dan Proses Pembuatan Irisan Jaringan Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	26
3.4.5.	Analisis Histopatologi .....	28
3.4.6.	Analisis Data .....	28
3.4.7.	Pengukuran Kualitas Air .....	29
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Hasil Uji Pendahuluan.....	32
4.2.	Hasil Uji Sesungguhnya untuk Menentukan Nilai LC <sub>50</sub> (96 Jam)	
4.2.1.	Mortalitas Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	33
4.2.2.	Analisis Probit .....	36
4.3.	Hasil Analisis Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.).....	37
4.4.	Hasil Pengukuran Kualitas Air	
4.4.1.	pH.....	47
4.4.2.	Suhu .....	48
4.4.3.	DO.....	48
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan .....	50
5.2.	Saran .....	50
	DAFTAR PUSTAKA .....	51
	LAMPIRAN .....	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Hasil Mortalitas Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Uji Pendahuluan .....	32
2. Data Hasil Mortalitas Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Uji LC <sub>50</sub> (96 Jam) .....	33
3. Kondisi Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) secara Visual saat Uji Toksisitas LC <sub>50</sub> (96 Jam) .....	35
4. Persentase Kerusakan Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	45
5. Hasil Pengukuran Kualitas Air .....	47

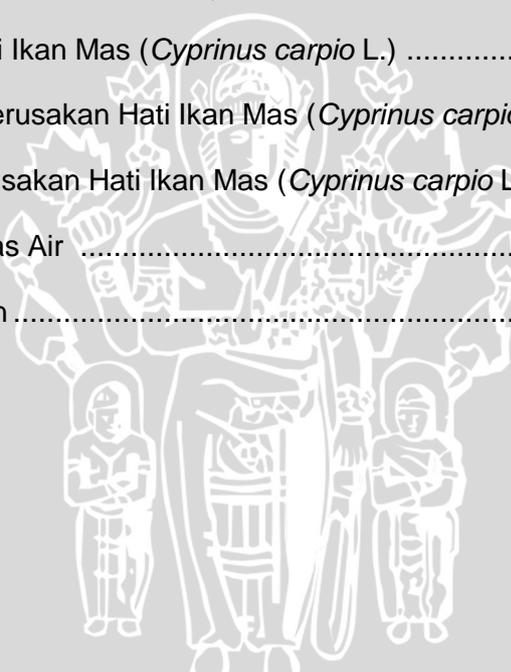


## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Alir Rumusan Masalah.....	3
2. Struktur dan Rumus Bangun Glifosat.....	6
3. Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	9
4. Anatomi Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	13
5. Histologi Hati Ikan Normal .....	14
6. Gambaran Mikroanatomi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 0 ppm (Kontrol) .....	38
7. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 1,35 ppm .....	38
8. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 1,8 ppm .....	39
9. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 2,4 ppm .....	40
10. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 3,2 ppm .....	41
11. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 4,2 ppm .....	42
12. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 6,5 ppm .....	43
13. Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) pada Konsentrasi 8,7 ppm .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan yang Digunakan .....	57
2. Tabel Skala Rand .....	59
3. Perhitungan Pengenceran Larutan Uji .....	60
4. Tabel Transformasi Probit .....	63
5. Data Mortalitas Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	65
6. Perhitungan Analisis Probit .....	67
7. Gambar Histopatologi Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.).....	69
8. Contoh Kerusakan Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	71
9. Contoh Perhitungan Kerusakan Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.).....	72
10. Hasil Perhitungan Kerusakan Hati Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.) .....	74
11. Data Parameter Kualitas Air .....	76
12. Dokumentasi Penelitian .....	77



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Menurut Anggraini (2013), penyiang gulma (herbisida) merupakan senyawa atau material yang disebarakan pada lahan pertanian untuk menekan atau memberantas tumbuhan yang dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Senyawa ini menyebarkan bahan kimia yang berbahaya bagi tumbuhan bukan sasaran. Herbisida yang tersebar (karena terbawa angin dan atau terhanyut oleh air) berpotensi mengganggu organisme lain termasuk organisme perairan. Pencemaran dari residu herbisida sangat membahayakan bagi lingkungan dan kesehatan.

Petani menggunakan herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat dikarenakan harganya yang lebih murah dibandingkan dengan herbisida dengan bahan aktif lain. Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 222/Kpts/SR.140/4/2004 tentang Pendaftaran dan Pemberian Izin Tetap Pestisida menyatakan bahwa bahan aktif isopropilamina glifosat merupakan pestisida jenis herbisida sistemik purna tumbuh yang berbentuk larutan dalam air.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wiryadiputra tahun 2013 dinyatakan bahwa semua jenis pestisida yang digunakan untuk mengendalikan hama adalah senyawa kimia yang bersifat racun, hanya saja tingkat daya racun yang berbeda-beda pada tiap jenisnya. Tingkat bahaya pestisida pada kesehatan manusia maupun efek negatifnya terhadap lingkungan biasanya tidak terlihat secara langsung, kecuali pestisida tersebut terhirup dan atau termakan dengan dosis yang cukup banyak. Hampir semua jenis pestisida tidak bersifat selektif dan mempunyai efek yang luas sebagai racun sehingga merupakan sumber pencemaran yang sangat potensial khususnya bagi sumberdaya dan lingkungan perairan.

Aplikasi di lapangan pestisida yang mengenai sasaran kurang lebih hanya 20%, sedangkan 8% lainnya jatuh, terakumulasi dan meninggalkan residu di dalam tanah dan sekitar 78% yang tidak tepat mengenai sasaran. Akumulasi tersebut mengakibatkan terjadinya pencemaran pada lahan pertanian. (Srikandi, 2010 dalam Faqihuddin *et al.*, 2014).

Perairan bertindak sebagai suatu tempat penampungan utama bagi residu pestisida yang persisten. Masuknya pestisida ke dalam perairan melalui berbagai jalur, antara lain: pemakaian langsung untuk membasmi hama dan penyakit tanaman; sebagai buangan limbah perkotaan, industri dan areal persawahan; pencucian melalui tanah; penimbunan aerosol dan partikulat; curah hujan dan penyerapan. Penyebaran pencemaran pestisida dalam lingkungan perairan sangat dipengaruhi oleh sejumlah proses pengangkutan secara interaktif, seperti penguapan, presipitasi, pencucian dan pengaliran (Taufik, 2005).

Menurut Husni dan Esmiralda (2011), hewan uji yang baik adalah ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) karena ikan ini sangat peka terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai hewan uji untuk menentukan batasan toksisitas yang ada di perairan. Serta menurut Rudiyantri dan Ekasari (2009), uji toksisitas dengan menggunakan ikan mas juga dapat dijadikan sebagai salah satu aspek monitoring pencemaran terhadap kualitas air baku (early warning system). Selain itu, ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) sebagai hewan uji juga merupakan ikan ekonomis penting, sehingga ikan ini banyak dibudidayakan baik di dalam kolam maupun dalam mina padi di sawah.

Toksisitas (*toxicity*) adalah istilah yang umum digunakan untuk menunjukkan pengaruh negatif yang dihasilkan oleh racun. Untuk mengetahui efek akut dari paparan bahan toksik, perubahan histologi pada organisme akuatik tersebut juga perlu dilakukan sebagai biomarker terhadap efek *toxican* karena merupakan gambaran hasil biokimia dan perubahan fisiologis pada tubuh

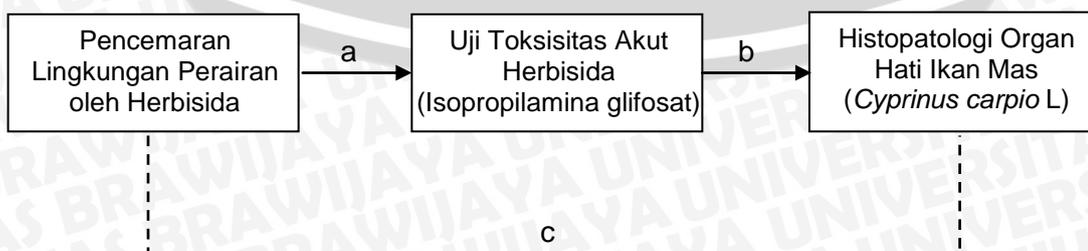
mahluk hidup. Tanggapan histositologi relatif mudah untuk menentukan dan dapat dikaitkan dengan kesehatan individu yang memungkinkan pengembangan monitoring lebih lanjut (Sari *et al.*, 2012).

Hati merupakan organ vital mahluk hidup yang berfungsi sebagai detoksifikasi dan mensekresikan bahan kimia yang bersifat racun. Hati berperan penting dalam proses metabolisme tubuh dan transformasi bahan pencemar dari lingkungan. Dengan demikian hati merupakan organ yang paling banyak mengakumulasi zat toksik sehingga lebih mudah terkena efek toksik. Sebagian zat toksik yang masuk ke dalam tubuh setelah diserap oleh sel akan dibawa ke hati, sehingga hati sangat berpotensi mengalami kerusakan (Loomis, 1978 dalam Setyowati *et al.*, 2010).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi maksimum dari paparan herbisida dengan bahan aktif isopropil amina glifosat yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan berdampak terhadap histologi pada organ hati. Sehingga hasilnya dapat digunakan untuk informasi (sebagai sistem peringatan) pencemaran lingkungan perairan oleh bahan pencemar herbisida (isopropilamina glifosat) merk Roundup yang dapat mempengaruhi kesehatan organisme dan manusia.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Rumusan Masalah

Penjelasan mengenai bagan perumusan masalah atas adalah sebagai berikut:

- a. Evaluasi mengenai pencemaran lingkungan perairan oleh herbisida dengan uji toksisitas akut.
- b. Paparan herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat akan mempengaruhi kelangsungan hidup dan perubahan histologi organ hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.).
- c. Perubahan histologi pada organ hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) diharapkan dapat menjadi evaluasi tentang batas bahan aktif isopropilamina glifosat yang diperbolehkan berada di lingkungan perairan.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

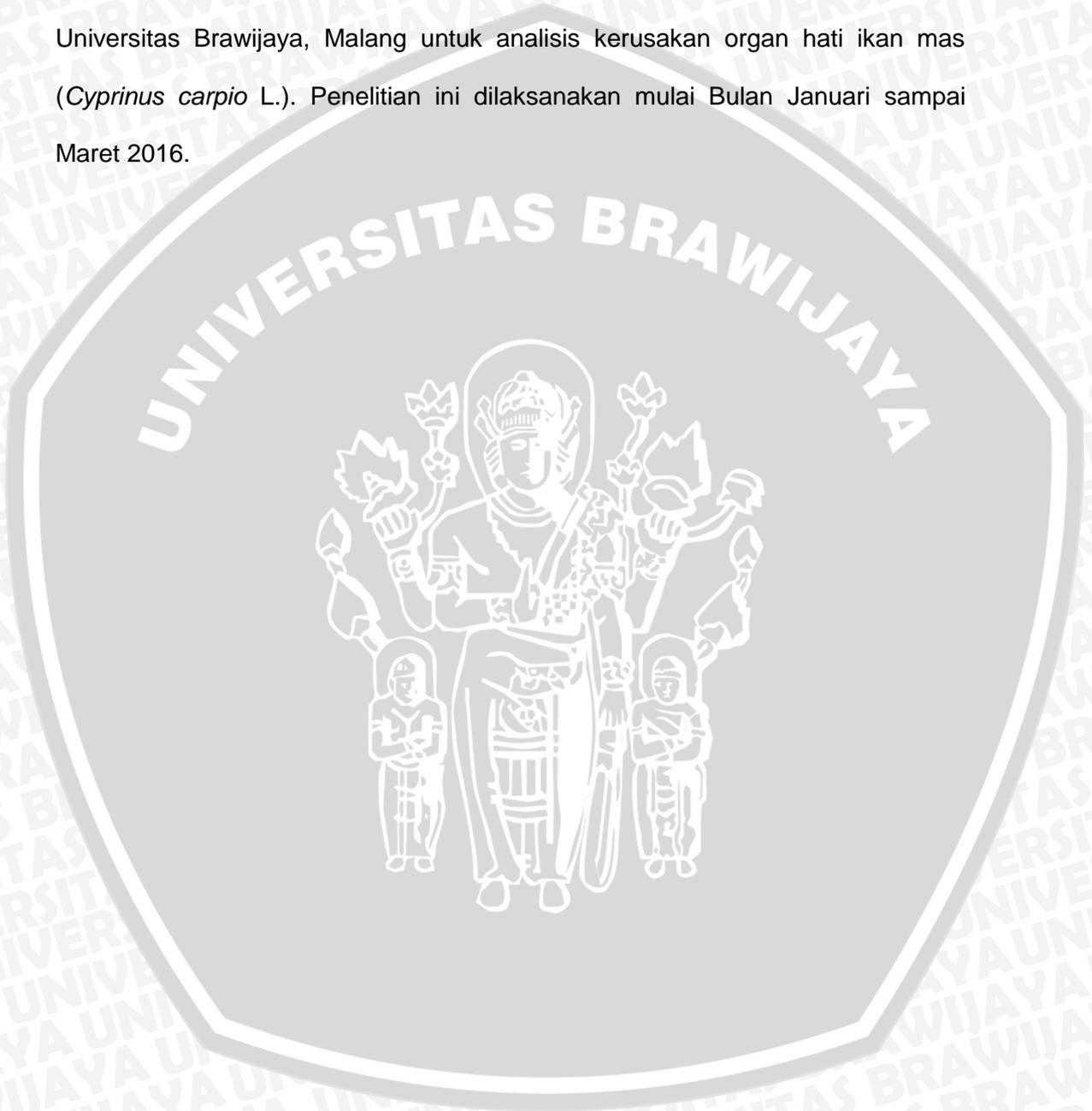
1. Untuk mengetahui nilai  $LC_{50}$  (96 jam) dari paparan herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.).
2. Untuk mengamati perubahan organ hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) akibat paparan pada uji toksisitas akut melalui teknik histopatologi.

### 1.4. Kegunaan

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai informasi mengenai keilmuan tentang perubahan histologi organ hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) yang dipapar oleh herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat. Hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) juga dapat digunakan sebagai biomarker terhadap pencemaran herbisida tersebut. Serta dari nilai  $LC_{50}$  (96 jam) dapat digunakan sebagai acuan pembuatan kebijakan tentang penggunaan herbisida agar tidak mencemari lingkungan perairan.

### 1.5. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang untuk uji toksisitas  $LC_{50}$  (96 jam) dan di Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang untuk analisis kerusakan organ hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). Penelitian ini dilaksanakan mulai Bulan Januari sampai Maret 2016.



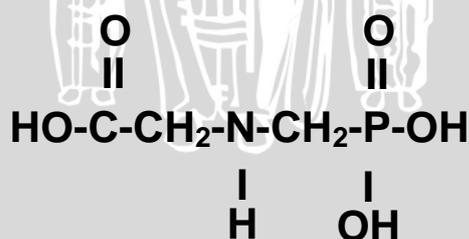
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Herbisida

#### 2.1.1. Pengertian dan Toksisitas Herbisida

Herbisida merupakan substansi kimia atau organisme mikrobiologi yang dapat membunuh atau menekan pertumbuhan gulma baik dengan cara menggagalkan salah satu atau semua proses metabolisme (inti sel, perkembangan jaringan, struktur klorofil, proses fotosintesis, respirasi, metabolisme nitrogen, dan aktifitas enzimatis) yang merupakan rangkaian penting bagi tumbuhan untuk bertahan hidup (Nyarko dan Datta, 1991).

Menurut Nufarm (2008), herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat mempunyai spektrum yang luas dan bersifat non selektif. Berdasarkan klasifikasi toksisitas WHO memiliki pita piktogram berwarna hijau yang menandakan termasuk pada kelas IV sehingga bersifat lebih aman dibandingkan pestisida golongan lain. Herbisida ini mudah larut dalam air dan dapat mengendalikan seluruh metabolisme gulma sampai akarnya.



**Gambar 2.** Struktur dan Rumus Bangun Glifosat (Tjionger's, 2002 dalam Amiati, 2010)

Menurut Neskovic *et al.* (1996), glifosat sering dijual dengan nama produk Roundup dan Rodeo untuk digunakan di pertanian. Herbisida jenis ini bersifat tidak selektif dan untuk mengontrol tumbuhan air di kolam ikan, danau, kanal, perairan dengan aliran lambat, dan lainnya. Umumnya, glifosat ini sedikit

berbahaya untuk mamalia dan ikan, tapi glifosat memiliki efek lain untuk lingkungan perairan dan juga untuk organisme lainnya.

Dalam beberapa produk Roundup menggunakan isopropilamina glifosat. Zat ini dapat merusak jaringan mulai dari selaput lendir hingga sistem saluran pernafasan atas. Gejala-gejala akibat pemaparan adalah bersin, radang tenggorokan, sakit kepala dan mual-mual (Cox, 1998). Menurut Badan POM (2015), organ yang mungkin terkena efek dari pencemaran glifosat adalah sistem kardiovaskular, sistem saraf, saluran cerna, sistem pernapasan, hati, dan ginjal.

### **2.1.2. Masuknya Limbah Herbisida ke Perairan dan Pengaruhnya terhadap Lingkungan dan Organismenya**

Menurut Andriyani (2006), pencemaran air oleh pestisida di lingkungan perairan dapat terjadi melalui serangkaian proses, salah satunya yaitu: aliran air yang berasal dari hasil kegiatan penggunaan pestisida yang digunakan untuk meningkatkan hasil produksi pertanian dan perkebunan. Jenis pestisida yang presisiten akan mengalami akumulasi dalam tanah. Sedangkan yang masuk dalam air dapat mengakibatkan *biology magnification* hingga komponen terakhir.

Jumlah pencemaran oleh pestisida di badan perairan sangat sulit untuk diukur karena air selalu bergerak. Pestisida persisten juga terkonsentrasi di dalam lumpur, tumbuhan, dan organisme lain yang ada di perairan tersebut. Sedangkan lumpur dan organisme perairan tidak dapat menunjukkan darimana pestisida tersebut berasal (Sumardjo, 2009).

Adanya pencemaran perairan akan mengganggu kehidupan normal ikan dan organisme lain yang hidup di dalamnya. Hal ini akan menyebabkan menurunnya kualitas air sehingga daya dukung lingkungan terhadap organisme akuatik juga akan menurun. Masalah pencemaran ini akan menimbulkan efek/gejala tertentu baik bersifat biologi, fisik maupun kimia. Contohnya akibat

biologi adalah dengan kematian ikan dan terjadinya kelainan struktural maupun fungsional tubuh ikan (abnormal) (Alkassasbeh *et al.*, 2009 dalam Pratiwi, 2010).

Berdasarkan buku yang ditulis oleh Cobb dan Reade (2010), dampak yang mungkin terjadi dari penggunaan herbisida di masa yang akan datang sangat perlu dipertimbangkan. Hal ini dikarenakan penggunaan herbisida memiliki efek toksik (racun) terhadap organisme dengan gejala yang berbeda dan akan mengakibatkan perubahan fungsi lingkungan. Informasi ini sangat penting untuk menentukan kriteria bahan pencemar khususnya herbisida yang dapat diterima oleh lingkungan.

Menurut Sumardjo (2009), tidak hanya organisme perairan saja yang mati karena dampak pencemaran pestisida, namun juga burung pemakan ikan juga akan terkena dampaknya. Ini dikarenakan burung tersebut mengkonsumsi ikan yang terkontaminasi pestisida tersebut. Akhirnya bahan pencemar juga akan terakumulasi di dalam tubuh burung dan dalam konsentrasi tertentu akan membunuh burung tersebut. Akan terjadi hal yang salah pada burung pemakan biji buah dari tumbuhan yang terkontaminasi zat toksik tersebut. Selain burung juga ada kasus kera yang keguguran, melahirkan anak yang lemah serta mengalami kanker hati yang diakibatkan hal yang sama.

## 2.2. Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

### 2.2.1. Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) menurut Khairuman dan Amri (2008) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Phylum	: <i>Chordata</i>
Class	: <i>Actinopterygii</i>
Order	: <i>Cypriniformes</i>

Family : *Cyprinidae*  
Genus : *Cyprinus*  
Species : *Cyprinus carpio* Linn  
Nama asing : common carp  
Nama lokal : ikan mas, tombro, masmasan, lauk mas, rayo atau ameh



**Gambar 3.** Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) (Khairuman *et al.*, 2008)

Secara umum, ikan mas memiliki karakteristik, yaitu: tubuhnya sedikit memanjang dan pipih ke samping (*compressed*). Sebagian besar tubuhnya ditutupi oleh sisik kecuali bagian kepala, mulutnya berada di tengah (*terminal*) dan dapat disembulatkan (*protractil*), memiliki dua pasang sungut (*barbel*), dan memiliki gigi geraham sebanyak 3 baris pada kerongkongannya (*pharyngeal teeth*). Memiliki sirip punggung (*dorsal*), sirip perut (*ventral*), sirip dubur (*anal*), dan sirip ekor (*caudal*). Sisik berbentuk seperti lingkaran (*cycloid*) (Tim Lentera, 2002).

Ikan mas punten adalah salah satu strain ikan mas yang ada di Indonesia. Dinamakan punten dikarenakan pertama kali dikembangkan di Desa Punten, Malang, Jawa Timur pada tahun 1933. Ciri ikan mas punten menurut Cahyono (2000), yaitu: sisiknya berwarna hijau gelap; badannya buntak (pendek) dan merupakan ikan paling pendek daripada strain yang lain; punggungnya lebar dan tinggi; matanya sedikit menonjol; gerakannya lebih gesit; perbandingan panjang dan tingginya berkisar 2,3:1.

### 2.2.2. Habitat dan Kebiasaan Hidup

Ikan mas biasanya hidup pada perairan yang memiliki kedalaman mencapai satu meter dengan aliran air pelan dan termasuk perairan yang subur. Perairan ini ditandai dengan tumbuhnya rotifera, rotaria, dan udang renik. Untuk larva ikan mas lebih menyukai perairan yang lebih dangkal, tenang, dan berada di bawah pohon yang rindang dan terbuka. Semakin besar ukuran ikan mas akan semakin dalam perairan yang dibutuhkannya (Bachtiar, 2002).

Menurut Khairuman *et al.* (2008), ikan mas menyukai tempat hidup yang tidak terlalu dangkal dan tidak terlalu dalam serta aliran airnya sedang, seperti di pinggiran sungai dan danau. Meskipun tergolong ikan air tawar, ikan ini terkadang juga ditemukan di perairan muara sungai yang bersalinitas 0,025-0,03 ppt.

Menurut buku yang ditulis oleh Santoso (1993), menerangkan bahwa ikan mas dapat dibudidayakan di kolam maupun di sungai dan danau. Ikan ini dapat memijah sepanjang tahun, namun bila di alam ikan ini akan memijah utamanya pada awal dan sepanjang musim penghujan. Bila musim kemarau tiba ia akan menempelkan telurnya di tepian perairan dan atau rerumputan (menjaga kelembaban). Ikan mas akan tumbuh optimal pada suhu air 20°-25°C dan pH air antara 7-8. Ikan mas adalah salah satu ikan yang tidak mau merawat telurnya. Bila di alam dia akan mencari tempat yang aman, misalnya di bawah daun/rumput untuk meletakkan telurnya (bersifat ashesif).

### 2.2.3. Kebiasaan Makan dan Mekanisme Herbisida Masuk ke Tubuh Organisme

Ikan mas termasuk pemakan segala (omnivora). Ikan yang umurnya muda (10 cm) senang memakan jasad renik di dasar perairan/kolam. Ikan akan menyedot makanannya bersamaan dengan lumpur, setelah itu diambil/disaring di dalam mulutnya dan sisanya dikeluarkan lagi melalui mulut. Ikan mas sering

mencari makanan di sekitar pematang. Ini yang menyebabkan pematang sering rusak. Selain itu ikan mas dewasa juga sering mengaduk-aduk dasar perairan (lumpur) untuk mencari makanan. Ini akan membantu benih mendapatkan makanannya (Santoso, 1993).

Pestisida masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui beberapa cara, yaitu: kulit (dermal), pernafasan (inhalasi), dan mulut (oral). Jika pestisida masuk melalui mata dan kulit maka akan langsung diabsorpsi. Proses ini akan terus berlangsung selama pestisida masih ada di mata dan kulit. Kecepatan absorpsi akan berbeda pada setiap bagian tubuh. Penyerapan akan lebih cepat pada daerah genital. Ini akan lebih berbahaya dari pada melalui oral. Apabila ini terjadi terus menerus akan menambah potensi keracunan (Raini, 2007).

Menurut Rudiyantri dan Ekasari (2009), pestisida akan mengalami serangkaian proses yang sama seperti benda asing lain jika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Proses-proses tersebut adalah absorpsi (penyerapan), distribusi (penyebaran), dan akumulasi (penumpukan). Pestisida masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan, pencernaan, dan kulit. Pestisida yang masuk melalui saluran pencernaan, di dalam usus akan mengalami proses absorpsi dan distribusi. Proses distribusi akan dilakukan oleh pembuluh darah khususnya vena portal hepatis yang ditujukan ke hepar (hati). Di hati akan terjadi proses detoksifikasi dan akumulasi racun.

Berikut adalah beberapa faktor yang diterangkan oleh Wirasuta dan Niruri (2006), yang dapat mempengaruhi masuknya herbisida ke dalam tubuh makhluk hidup:

- a. Induksi enzim, banyak diantara xenobitika yang dapat meningkatkan sintesa sistem enzim metabolisme (induksi), sehingga dapat mempercepat laju biotransformasi senyawa tertentu.
- b. Inhibisi enzim, penghambatan sistem enzim akan meningkatkan efek toksik.

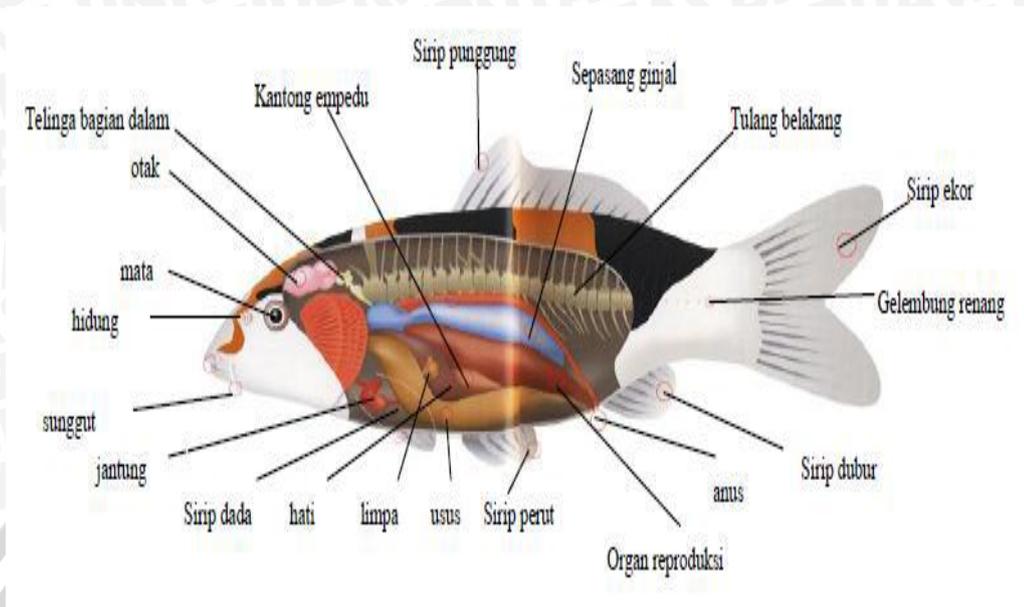
- c. Genetik, menyebabkan kecepatan efek toksik yang berbeda pada setiap makhluk hidup.
- d. Penyakit, terutama penyakit hati akan menyebabkan menurunnya proses detoksifikasi dan atau penyerapan racun oleh makhluk hidup.
- e. Umur, pada makhluk hidup muda sistem enzimatik masih belum sempurna dan mudah terkena efek toksik. Sedangkan pada makhluk hidup yang sudah tua juga terjadi hal yang sama akibat penurunan fungsi organ.

#### 2.2.4. Anatomi dan Fisiologi

Menurut Fujaya (2008), alat pencernaan ikan terdiri dari 2 macam, yaitu saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Macam-macam saluran pencernaan beserta fungsinya adalah sebagai berikut:

- a. Mulut, struktur anatomi mulut berkaitan dengan caranya mendapatkan makanan.
- b. Rongga mulut, terdapat sel penghasil lendir untuk mempermudah jalannya makanan, organ pengecap untuk seleksi makanan, dan gigi untuk menghancurkan makanan.
- c. Faring, bila material makanan masuk ditemukan maka akan dibuang melalui celah insang.
- d. Esofagus, berbentuk pipa dan mengandung lendir untuk membantu menelan makanan.
- e. Lambung, sebagai penampung makanan.
- f. Hati, sebagai pensекреksi dalam proses pencernaan.
- g. Pankreas, berperan dalam mensintesis hormon dan enzim.
- h. Pylorus, sebagai pengatur pengeluaran makanan menuju usus.
- i. Usus, tempat penyerapan zat makanan.
- j. Rectum, berperan dalam penyerapan ion dan air.

- k. Anus, ujung saluran pencernaan untuk mengeluarkan sisa metabolisme.

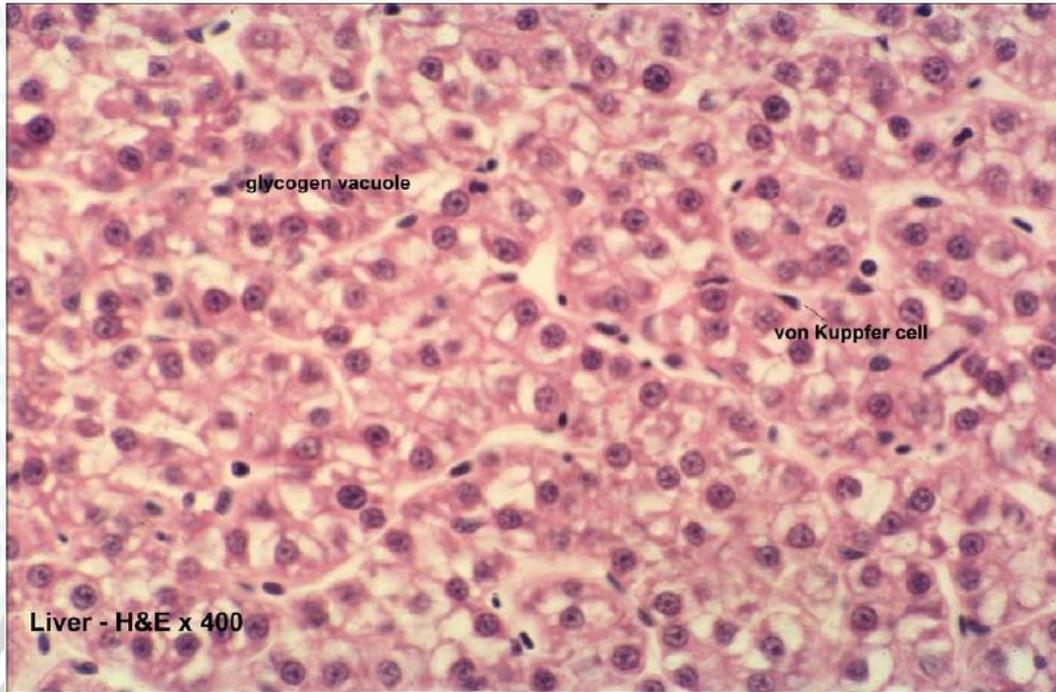


**Gambar 4.** Anatomi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) (Hulubangga, 2014)

#### a. Anatomi Hati Ikan

Hati adalah salah satu organ yang bersifat sensitif terhadap bahan atau zat yang bersifat toksik (racun). Hati memiliki fungsi detoksifikasi, yaitu saat obat maupun bahan yang bersifat toksik, setelah proses absorpsi di usus halus dan masuk ke dalam peredaran darah kemudian akan mengalami detoksifikasi dalam hati yang akan membentuk bahan yang tidak toksik dan menjadi lebih polar sehingga akan mudah untuk disekresikan (Tatukude *et al.*, 2014).

Menurut Brusle dan Anadon (1996) dalam Yusfiati *et al.*(2006), hati ikan buntal terletak di sisi kanan ruang abdominal, memanjang dari bagian kaudal jantung hingga di sekitar anterior rektum. Hati ikan ini memiliki tiga lobus, yaitu lobus ventral, lobus quadratus, dan lobus dorsal. Hati berbentuk oval dan memiliki warna merah kekuningan. Warna ini diduga banyak menyimpan lemak.



**Gambar 5.** Histologi Hati Ikan Normal (Mumford, 2007)

Menurut Yusana (2011), hati memiliki sel kupffer atau sel fagositik yang berfungsi melapisi sinusoid (pembuluh darah kapiler sebagai percabangan dari vena porta dan arteri hepatika). Sel kupffer merupakan sistem monosit makrofag dan fungsi utamanya adalah untuk menelan bakteri dan atau benda asing dalam darah. Dengan ini hati merupakan organ utama sebagai pertahanan terhadap invasi bakteri dan agen toksik lain.

#### **b. Kerusakan pada Hati Ikan**

Kerusakan pada organ hati biasanya terjadi pada vena sentralis karena lisisnya (pecah) sel endotelium yang menyebabkan lingkaran menjadi tidak jelas. Kerusakan pada vena ini berkaitan dengan perannya pada proses sirkulasi darah. Darah yang mengalir pada sinusoid 25% nya berasal dari arteri hepatika, sedangkan 75% berasal dari vena porta yang mengalirkan darah dari saluran cerna hasil absorbis usus. Jadi vena sentralis ini akan banyak menampung nutrisi dan zat hasil metabolisme yang dapat bersifat toksik dan nontoksik.

Banyaknya darah yang ditampung oleh vena sentralis akan menyebabkan konsentrasi zat yang bersifat toksik jauh lebih besar sehingga hal inilah yang memperjelas kerusakan vena sentralis (Price dan Wilson *dalam* Lubis *et al.*, 2014).

Menurut Tridayani *et al.* (2010), kerusakan yang terjadi pada organ hati akibat logam berat (Pb) disebabkan karena adanya aktifitas logam tersebut yang telah mempengaruhi sistem enzim di dalam hati dan berpotensi mengalami kerusakan. Mekanisme toksisitas ion logam adalah menahan kerja gugus fungsi biologi yang *esensial* dalam biomolekul, seperti protein dan enzim.

Tingkat kerusakan hati dapat ditentukan dengan metode dari Darmono (1995) *dalam* Yusana (2011), yaitu pada kerusakan tingkat ringan ditandai dengan edema (pembengkakan) sel. Sedang pada tingkat kerusakan sedang yaitu ditandai dengan kongesti dan hemoragi. Pada tingkat berat ditandai dengan adanya kematian sel (nekrosis).

#### **2.2.5. Ikan Mas sebagai Bioindikator**

Kemajuan ilmu dan teknologi selain berdampak positif bagi pertumbuhan ekonomi juga berdampak negatif, yaitu pencemaran lingkungan. Persentase pencemaran air semakin lama semakin meningkat. Menurut Lasut (2009) *dalam* Setiawan *et al.* (2013), organisme perairan dapat mengakumulasi bahan pencemar dari lingkungan hidupnya (air), sedimen, dan makanan yang dikonsumsinya.

Organisme yang dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran di perairan adalah algae, bakteri, protozoa, makroinvertebrata, dan ikan. Pengaruh efek limbah yang mengandung racun (bersifat toksik) menunjukkan hasil yang menarik pada penelitian jika menggunakan ikan dan jenis organisme akuatik lain.

Ini disebabkan karena ikan adalah bioindikator pencemaran air yang paling baik (Pratiwi, 2010).

Menurut Hendrata (2004), hubungan antara kualitas perairan dengan organisme di dalamnya dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Perubahan perilaku, penampilan, dan kelimpahannya dapat digunakan sebagai petunjuk pencemaran di ekosistem perairan.
- b. Pencemaran dan kualitas airnya dapat diukur dengan analisis fisika, kimia, organoleptik, dna menggunakan ikan sebagai indikator biologis.
- c. Organisme akuatik yang bernafas dengan insang sangat peka terhadap perubahan lingkungan dan tingkat pencemaran di dalamnya.
- d. Ikan mas, merupakan salah satu jenis ikan yang bernafas dengan insang yang cukup peka terhadap perubahan lingkungan.

Berikut adalah kriteria organisme perairan yang dapat digunakan sebagai bioindikator/biokontrol:

- a. Hidup pada iklim setempat.
- b. Sensitif terhadap perubahan lingkungan.
- c. Relatif mudah didapat.
- d. Harganya murah.

### **2.3. Uji Toksisitas**

Toksisitas adalah suatu keadaan ketika makhluk hidup memperoleh dosis obat/zat kimia tertentu yang berlebihan. Dosis merupakan faktor paling utama dalam hal ini. Dalam hal medis biasanya diketahui dua hal, yaitu keracunan dan efek samping. Efek samping merupakan gejala yang ditimbulkan akibat dosis berlebihan juga, namun masih dalam batas-batas dosis terapi (Departemen Farmakologi, 2008).

Menurut buku yang ditulis oleh Wirasuta dan Niruri (2006), menerangkan bahwa uji toksisitas merupakan suatu uji yang bertujuan untuk menentukan:

- a. Potensial tidaknya suatu senyawa sebagai racun.
- b. Mengenali kondisi biologis dan lingkungan yang diakibatkan munculnya efek toksik.
- c. Mengenali karakteristik dan atau gejala-gejala yang timbul akibat senyawa tersebut.

Menurut Harmita dan Radji (2006), dalam uji toksisitas yang utamanya diperlukan adalah data mengenai identifikasi, sifat obat dan rencana penggunaannya. Data tersebut akan dipakai untuk meneliti efek yang berhubungan dengan cara dan waktu pemberian bahan toksik. Pengujian toksisitas biasanya dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Uji toksisitas akut, dilakukan dengan pemberian bahan toksik satu kali atau beberapa kali dalam waktu 24 jam.
- b. Uji toksisitas jangka pencek (subkronis), dilakukan dengan pemberian bahan toksik berulang-ulang selama jangka waktu kurang dari 10% masa hidup hewan uji.
- c. Uji toksisitas jangka panjang (kronis), dilakukan dengan pemberian bahan toksik berulang-ulang atau seumur hidup hewan uji.

Menurut Husni dan Esmiralda (2011), uji toksisitas akut yang dilakukan pada hewan uji merupakan salah satu bentuk penelitian toksikologi. Parameter yang biasanya diukur adalah berupa kematian hewan uji yang disebabkan karena pemberian bahan toksik yang mengakibatkan kematian sebesar 50% ( $LC_{50}$ ) yang dilakukan dalam kurun waktu 96 jam (4 hari).

Lethal Concentration 50 ( $LC_{50}$ ) adalah perhitungan konsentrasi dari senyawa/zat tertentu dan pada kurun waktu tertentu yang dapat mengakibatkan

kematian 50% dari suatu populasi. Yang dilihat berdasarkan dosis tertentu untuk mengetahui respon dan akibatnya terhadap organisme (Lee, 2005).

## **2.4. Histologi**

Histologi adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang penguraian struktur hewan dan tumbuhan secara mikroskopis untuk mengetahui fungsi dan cara kerja dari suatu sel. Sel merupakan wadah bagi berbagai susunan kimiawi yang rumit. Sel akan terganggu fungsinya apabila ada suatu zat/senyawa tidak seharusnya masuk ke dalam sel (Bevelander, 1988).

Banyak jaringan yang tidak berwarna sulit untuk mengidentifikasinya di bawah mikroskop. Oleh karena itu, digunakan pewarnaan agar jaringan menjadi lebih menyolok dan mudah untuk diidentifikasi komponen-komponennya. Pewarnaan Hematoksin dan Eosin (HE) merupakan salah satu jenis metode pewarnaan yang sering digunakan untuk mempersiapkan preparat kusus dari berbagai jaringan organisme untuk didiagnosis histopatologinya (Muntiha, 2001).

Menurut Harmita dan Radji (2006), banyak organ yang dapat digunakan untuk uji histopatologi, diantaranya adalah: sumsum tulang belakang, kelenjar pituitari, hati, usus besar/kecil, duodenum, lambung, esofagus, lidah, kelenjar tiroid dan paratiroid, uterus, testis/ovarium, epidermis, kandung kemih, ginjal, kelenjar anak ginjal, limpha, pankreas, jantung, paru-paru dan bronki, trakea, timus, tulang paha, tulang dada, kelenjar submaksila, kelenjar getah bening, kulit, dan organlain yang menunjukkan adanya perubahan makropatologi.

## **2.5. Pengukuran Kualitas Air**

### **2.5.1. Derajat Keasaman (pH)**

Menurut Environmental Protection Agency (2006), pH merupakan ukuran asam basa. Ukuran ini didasarkan atas aktifitas ion hidrogen ( $H^+$ ) dan negatif logaritma. Nilai pH air utamanya dipengaruhi oleh mineral terlarut, aerosol, debu

udara, dan limbah aktifitas manusia, serta sisa fotosintesis dan respirasi di perairan. Faktor lain yang berpengaruh adalah aktifitas bakteri dan pengadukan air (upwelling dan downwelling).

Parameter ini merupakan faktor pembatas pada pertumbuhan organisme perairan. Nilai pH yang sangat rendah dapat menyebabkan kematian. Gejalanya meliputi: gerakan tidak teratur, tutup insang bergerak lebih aktif, dan ikan berenang di permukaan. Dan apabila nilai pH terlalu tinggi dapat mengakibatkan pertumbuhan organisme menjadi terganggu (Cahyono, 2001).

Sebagian besar organisme perairan hidup optimal pada pH antara 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi reaksi biokimia yang ada di perairan. Apabila pH rendah akan menyebabkan berhentinya proses nitrifikasi dan mengakibatkan keanekaragaman plankton juga rendah (Kordi, 2014).

### **2.5.2. Suhu**

Menurut Jones (1992), menerangkan bahwa suhu merupakan derajat panas dari suatu zat. Suhu adalah satu-satunya besaran fisika yang sangat mempengaruhi keberhasilan dari suatu proses. Bila suhu kritis maka hasil reaksi tidak akan sempurna dan akan mengakibatkan kematian. Instrumen yang biasanya digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer. Suhu menggunakan satuan standart yaitu Kelvin dan dan derajat Celcius.

Suhu air merupakan faktor pembatas untuk kelangsungan hidup organisme air. Menurut Kuncoro (2008), perubahan suhu yang cukup ekstrim dapat mengakibatkan kematian pada ikan. Bila suhu terlalu rendah maka ikan akan bergerak pasif dan metabolisme tubuh akan menurun serta pada kondisi lanjut akan mengakibatkan kematian. Begitupun sebaliknya, apabila suhu terlalu tinggi akan mengakibatkan proses respirasi menjadi lebih cepat dan dan bila kondisi lebih parah juga akan menyebabkan kematian. Pada akuarium, untuk

meningkatkan suhu air dapat digunakan *heater* dan untuk menurunkan suhu air dapat menggunakan es batu tanpa dibuka plastiknya. Hal ini dilakukan untuk menstabilkan suhu air.

Menurut Departement of Fisheries and Aquatic Sciences (2004), sinar matahari dan suhu udara merupakan faktor utama yang mempengaruhi suhu air. Selain itu limbah, bentuk dasar dan kedalaman kolam, rembesan air tanah, angin, dan warna air juga berpengaruh. Dan menurut Lessard dan Hayes (2003), kenaikan dan penurunan suhu air sangat mempengaruhi kehidupan organisme aquatik. Hal ini berpengaruh terhadap nafsu makan dan aktifitas metabolisme ikan. Semakin tinggi suhu aktifitas metabolisme juga akan meningkat dan juga menyebabkan nafsu makan ikan juga meningkat.

### 2.5.3. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar kehidupan di perairan. Ikan merupakan salah satu organisme perairan yang membutuhkan oksigen tertinggi, setelah itu pada level di bawahnya invertebrata, dan yang terkecil kebutuhan oksigen terlarutnya adalah bakteri. Organisme air hangat biasanya membutuhkan paling tidak 5 ppm, sedangkan organisme air dingin membutuhkan oksigen yang mendekati jenuh (Fardiaz, 1992).

Menurut Effendi (2003), kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi jumlahnya yang dipengaruhi oleh suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin tinggi tempatnya dari permukaan air laut maka semakin kecil kadar oksigen terlarutnya. Kadar oksigen juga berfluktuasi secara harian (*diurna*) dan musiman. Hal ini bergantung pada pencampuran dan pergerakan masa air, aktifitas fotosintesis di dalam perairan, respirasi, dan masuknya limbah ke badan perairan.

Menurut Kordi (2010), oksigen yang sudah ada di dalam air dapat berkurang karena berbagai proses, diantaranya adalah proses difusi, respirasi, dan reaksi kimia (oksidasi dan reduksi). Kehilangan oksigen karena proses difusi terjadi karena oksigen terlarut di dalam air sudah terlalu jenuh. Adanya aerator dan angin dapat mempercepat proses ini. Pengurangan oksigen terlarut paling banyak adalah karena kebutuhan respirasi oleh ikan, plankton, lumut, bakteri, dan detritus.



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1. Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini meliputi uji toksisitas akut pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dengan konsentrasi herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat yang berbeda. Kemudian organ hati yang dipapar oleh herbisida tersebut dihitung kerusakannya melalui analisis histopatologi. Parameter kualitas air pendukung, yaitu: suhu, derajat keasaman (pH) dan oksigen terlarut (DO).

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

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

#### 3.3. Metode Penelitian

Metode eksperimen adalah suatu metode dengan pembuktian sendiri sesuatu yang dirancang dan atau dipelajari (Efendi, 2008). Metode eksperimen laboratorium memiliki kelebihan, yaitu metode ini memiliki kendali penuh atas segala hal yang akan mempengaruhi penelitian. Namun juga memiliki kelemahan, yaitu sample yang direkayasa sulit untuk diaplikasikan kepada masyarakat luas (Taufiq, 2006).

Metode pengambilan data meliputi pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan, diolah serta diterbitkan sendiri oleh organisasi atau instansi yang menggunakannya (Kuswandi dan Mutiara, 2004). Data primer dalam penelitian ini adalah berupa data mortalitas, gambar histopatologi hati, dan kualitas air untuk mendukung data penelitian lainnya.

Menurut Daymon dan Holloway (2008), observasi atau pengamatan secara langsung merupakan dasar fundamental dari semua metode riset.

Observasi melibatkan pencatatan sistematis dan etis sesuai apa yang ada di lapangan. Menurut Raco (2010), observasi berarti mengumpulkan data langsung dari lapangan. Data observasi juga dapat berupa interaksi dalam suatu organisasi atau pengalaman para anggota dalam berorganisasi. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari pengamatan, pengukuran dan perhitungan secara langsung selama penelitian dilaksanakan.

Sedang data sekunder adalah data tidak dibuat atau diterbitkan oleh pemiliknya (Kuswandi dan Mutiara, 2004). Data sekunder dalam penelitian ini didapat dari keterangan yang ada pada laporan PKL dan skripsi, internet, dan kepustakaan lain yang menunjang pelaksanaan penelitian ini. Kepustakaan lain tersebut termasuk arahan dari dosen pembimbing dan pihak lain yang telah membantu.

### **3.4. Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini terdiri dari adaptasi ikan mas (aklimatisasi), uji pendahuluan, uji sesungguhnya, pengukuran kualitas air, preparasi dan proses pembuatan irisan jaringan hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan analisis histopatologi.

#### **3.4.1. Adaptasi Ikan mas (Aklimatisasi)**

Sample ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) didapatkan dari Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten, Kota Batu. Persiapan pemeliharaan dilakukan dengan menyiapkan satu kolam kecil dengan ukuran 2 x 2 x 1 meter, kemudian diisi air dengan ketinggian  $\pm$  50 cm. Pada kolam diberikan sistem resirkulasi dengan menggunakan water pump. Pemeliharaan ikan mas dilakukan di kolam pemeliharaan Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pemeliharaan ini dilakukan selama 7 hari (164 jam) dengan pemberian pakan tiga kali dalam satu hari.

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 16 bak dengan jumlah 10 ekor pada masing-masing baknya. Aklimatisasi dilakukan selama 1 hari (24 jam) dengan dipuasakan dan tanpa pemaparan herbisida.

Pemaparan yang dilakukan pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) menggunakan herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat dengan konsentrasi yang berbeda. Ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dipuasakan selama aklimatisasi dan pemaparan. Menurut Mason (1979), menyatakan bahwa adanya racun (bahan pencemar) dalam media hidup ikan dapat menyebabkan pola behavioristik yang tidak normal diantaranya adalah penolakan terhadap makanan. Pemaparan herbisida ini dilakukan dengan maksud untuk melihat hasil gambaran mikroanatomi hati yang telah dipapar oleh herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat serta untuk mengetahui batas toleransi ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) terhadap konsentrasi paparan herbisida tersebut.

#### 3.4.2. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan batas kisaran kritis (*critical range test*) yang akan menjadi dasar dari penentuan konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya. Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui konsentrasi ambang batas atas dan konsentrasi ambang batas bawah adapun prosedur dalam uji pendahuluan ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bak/toples dengan kapasitas 10 liter sebanyak 16 buah untuk 8 perlakuan (masing-masing perlakuan sebanyak 2x ulangan).
2. Membuat pengenceran larutan herbisida dengan konsentrasi 0,0001 ppm, 0,001 ppm, 0,01 ppm, 0,1 ppm, 1 ppm, 10, ppm, dan 100, ppm sesuai

dengan skala pada tabel Rand (**Lampiran 2**). Perhitungan pengenceran dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

3. Memasukkan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) yang berukuran 7-9 cm dengan umur kurang dari 5 bulan. Ikan yang digunakan pada masing-masing bak sebanyak 10 ekor dan dilakukan 2 kali ulangan, sehingga jumlah total ikan yang digunakan adalah 160 ekor.
4. Selama pengujian, memberikan aerasi sampai dasar untuk menyuplai oksigen.
5. Mengamati kualitas air selama 24 jam sekali selama 96 jam (ditambah kualitas air pada awal paparan).
6. Mencatat hasil pengamatan dan jumlah mortalitas pada masing-masing bak untuk menentukan konsentrasi yang akan digunakan pada uji sesungguhnya sesuai dengan skala Rand.

#### **3.4.3. Uji Sesungguhnya untuk Menentukan LC<sub>50</sub>**

Uji sesungguhnya yang dilakukan pada herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat dengan variasi konsentrasi yang didapatkan dari uji pendahuluan. Tahapan uji sesungguhnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variasi konsentrasi herbisida sesuai dengan skala Rand yang sudah ditentukan pada uji pendahuluan sebanyak 8 perlakuan.
2. Mempersiapkan medianya dengan melarutkan herbisida sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan dan melakukan pengulangan sebanyak 3 kali.
3. Memberikan aerasi selama 5-10 menit sebelum ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dimasukkan.

4. Memasukkan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) pada masing-masing bak sebanyak 10 ekor sehingga jumlah ikan yang dibutuhkan beserta pengulangannya adalah 160 ekor.
5. Memberikan aerasi selama perlakuan (96 jam) tanpa pemberian pakan.
6. Mengukur parameter kualitas air selama 6 jam sekali selama 96 jam (ditambah kualitas air pada awal paparan).
7. Mengamati dan mencatat gejala mortalitas ikan mas setiap saat pada masing-masing bak perlakuan.

#### 3.4.4. Preparasi dan Proses Pembuatan Irisan Jaringan Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Prosedur yang dilakukan dalam pembuatan irisan jaringan organ hati untuk preparat histopatologi menurut Laboratorium Patologi Anatomi (2016), adalah sebagai berikut:

##### ❖ Proses Pemotongan Jaringan Berupa Makross

1. Membedah ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) kemudian mengambil organ hati dan mengawetkannya dengan menggunakan formalin 10%.
2. Memilih jaringan sesuai dengan yang akan diteliti.
3. Memotong jaringan dengan ketebalan 2-3 mili meter.
4. Memasukkan ke dalam kaset dan memberikan label sesuai dengan kode peneliti.
5. Mencuci dengan air mengalir sebelum diproses/memasukkan ke dalam alat Tissue Tex Prosesor.
6. Menggunakan alat Automatis Tissue Tex Prosesor (automatic processing) untuk memotong jaringan.
7. Saat alarm berbunyi menandakan proses telah selesai.

**❖ Proses Pengeblokan dan Pemotongan Jaringan**

1. Mengangkat jaringan dari mesin Tissue Tex Prosesor.
2. Memblok jaringan dengan parafin sesuai kode jaringan.
3. Memotong jaringan dengan alat Microtome dengan ketebalan 3-5 mikron.

**❖ Proses Deparafinasi**

1. Setelah dipotong dengan ketebalan 3-5 mikron, kemudian menaruhnya dalam oven selama 30 menit dengan suhu 70-80°C.
2. Memasukkan ke dalam 2 tabung larutan xylol masing-masing selama 20 menit.
3. Memasukkan ke dalam 4 tabung alkohol masing-masing selama 3 menit (Hidrasi).
4. Memasukkan ke dalam air mengalir selama 15 menit.

**❖ Proses Pewarnaan HE (Auto Staining)**

1. Merendam dengan pewarna utama Harris Hematoksilin selama 10-15 menit.
2. Mencuci dengan air mengalir selama 15 menit.
3. Mencilupkan ke dalam alkohol 1% sebanyak 2-5 celupan.
4. Mencilupkan ke dalam amonia air sebanyak 3-5 celupan.
5. Merendam dengan pewarna pembanding Eosin 1% selama 10-15 menit.
6. Mendehidrasi dengan alkohol 70%, 80%, 96%, dan Absolut masing-masing selama 3 menit.
7. Menjernihkan (clearing) dengan Xylol selama 2x60 menit.
8. Memounting dengan entelan dan coverglass dengan cara membiarkan slide kering pada suhu ruangan.
9. Setelah slide kering maka siap diamati.

### 3.4.5. Analisis Histopatologi

#### a. Pengamatan Kerusakan yang Terjadi

Mengamati potongan jaringan hati yang telah diwarnai dengan menggunakan haematoxylin dan eosin di bawah mikroskop. Selain itu juga harus menganalisis dan mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan jaringan hati yang telah terpapar herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat selama 96 jam pada konsentrasi pemaparan yang berbeda dengan menggunakan aplikasi *master OlyVIA* sebagai pengganti mikroskop.

#### b. Persentase Kerusakan

Setelah dilakukan pengamatan, tahap selanjutnya adalah menghitung persentase kerusakan jaringan untuk mengetahui parah tidaknya kerusakan akibat perlakuan. Persentase kerusakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kerusakan Jaringan} = \frac{\text{jumlah jaringan yang rusak}}{\text{jumlah jaringan yang dianalisis}} \times 100\%$$

Satu bidang pandang dibagi menjadi beberapa kotak dan dihitung jumlah kerusakan setiap kotaknya dan dicatat sebagai jumlah jaringan yang rusak. Sedangkan jumlah kotak yang mewakili jaringan dihitung sebagai jumlah jaringan yang dianalisis.

### 3.4.6. Analisis Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan perhitungan data kematian ikan uji. Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis probit. Analisis ini umumnya digunakan untuk menentukan toksisitas suatu bahan kimia terhadap respon makhluk hidup pada konsentrasi yang berbeda untuk membandingkannya. Pada penentuan analisis probit menggunakan rumus regresi seperti di bawah ini:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Menurut Romziah (2013), langkah melakukan analisis probit nilai  $LC_{50}$  adalah sebagai berikut:

- Membuat tabel probit.
- Memasukkan nilai konsentrasi perlakuan.
- Memasukkan nilai log 10 konsentrasi perlakuan.
- Memasukkan jumlah sample yang digunakan.
- Memasukkan jumlah kematian ikan mas pada tiap konsentrasi perlakuan.
- Mempersentase jumlah kematian ( $M_{obs}$ ).
- Menghitung nilai koreksi kematian dengan rumus Abbot's:

$$\text{Koreksi kematian (\%)} = \frac{M_{obs} - M_{cont}}{100 - M_{cont}}$$

- Mentransformasi nilai koreksi kematian ke dalam tabel transformasi probit (**Lampiran 4**), namun yang digunakan hanya tiga konsentrasi ke terbawah dalam penentuan  $LC_{50}$ .
- Kemudian memasukkan hasil ke dalam rumus regresi di atas.
- Setelah itu ditentukan nilai  $y=ax+b$ . Nilai antilog x merupakan nilai  $LC_{50}$ .

### 3.4.7. Pengukuran Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan organisme perairan. Pengelolaan kualitas air adalah usaha yang dilakukan parameter lingkungan tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan organisme yang ada di dalamnya.

#### a. Suhu

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1990), tahapan pemeriksaan suhu pada permukaan air dan pada kedalaman tertentu adalah sebagai berikut:

- ❖ Termometer atau termistor dikalibrasi dengan termometer baku sebaiknya dilakukan secara berkala.
- ❖ Memeriksa suhu udara di daerah lokasi dengan cara menempatkan termometer atau termistor sedemikian rupa, sehingga tidak kontak langsung dengan cahaya matahari biasanya dilindungi dengan bayangan badan, tunggu sampai skala suhu pada termometer atau termistor menunjukkan angka yang stabil kemudian catat suhu udara.
- ❖ Termometer langsung dicelupkan ke dalam air sampai batas skala baca, biarkan 2-5 menit sampai skala suhu pada termometer menunjukkan angka yang stabil, pembacaan skala termometer gelas harus dilakukan tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air.

**a. pH**

Menurut SNI (2004), prosedur pengukuran pH adalah sebagai berikut:

- ❖ Mengalirkan air suling ke elektroda kemudian mengeringkan dengan menggunakan kertas tisu.
- ❖ Memasukkan elektroda ke dalam air sampel hingga pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- ❖ Mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

**b. DO**

Menurut Hach (2000), prosedur penggunaan DO meter adalah sebagai berikut:

- ❖ DO meter hanya digunakan untuk mengukur kualitas air saja.
- ❖ Menekan tombol ON pada DO meter.
- ❖ Mengkalibrasi dahulu DO meter menggunakan aquades untuk hasil maksimal.
- ❖ Mengisi 2/3 layar dengan air sampel menggunakan pipet tetes.

- ❖ Menekan tombol CAL.
- ❖ Menekan tombol READ ENTER.
- ❖ Mencatat hasil yang tertera pada layar DO meter.
- ❖ Mengkalibrasi ulang DO meter menggunakan aquades.
- ❖ Mematikan DO meter dengan menekan tombol OFF.



## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Hasil Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan pada eksperimen LC<sub>50</sub> merupakan suatu uji untuk menentukan batas kritis konsentrasi yang akan menjadi dasar penentuan konsentrasi pada uji lanjutan, yaitu konsentrasi yang dapat mengakibatkan kematian terbesar mendekati 50% dan kematian terkecil yang mendekati 50% (Rossiana, 2006). Dalam penelitian ini, hasil uji pendahuluan uji toksisitas herbisida organoklorin berbahan aktif isopropilamina glifosat terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil tersebut akan digunakan untuk menentukan kisaran konsentrasi pada uji lanjutan (LC<sub>50</sub>). Variasi konsentrasi yang akan digunakan pada uji selanjutnya mengacu pada Tabel Skala Rand, dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

**Tabel 1.** Hasil Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Uji Pendahuluan

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Σ Ikan Mas	Mortalitas Ikan Mas (ekor/jam)				Σ Total Mortalitas (ekor)	% Mortalitas
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
Kontrol	10	0	0	0	0	0	0
0,0001	10	0	0	0	0	0	0
0,001	10	0	0	0	0	0	0
0,01	10	0	0	0	0	0	0
0,1	10	0	0	0	0	0	0
1 *	10	0	0	0	0	0	0
10 **	10	0	1	3	4	8	80
100	10	10	-	-	-	10	100

Keterangan:

\* = ambang batas atas

\*\* = ambang batas bawah

Dari hasil uji tersebut maka ditentukan konsentrasi yang akan digunakan untuk uji LC<sub>50</sub> yaitu antara 1 ppm dengan 10 ppm, dimana 1 ppm sebagai ambang batas bawah dan 10 ppm sebagai ambang batas atas. Menurut APHA (1999), ambang batas atas adalah konsentrasi terendah saat semua hewan uji mati dalam waktu 24 jam, dan ambang atas bawah adalah konsentrasi tertinggi

saat semua hewan uji masih bertahan hidup dalam waktu 48 jam. Data mortalitas ikan mas dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

Semakin tinggi konsentrasi paparan yang diberikan maka akan semakin banyak jumlah bioindikator (*Cyprinus carpio* L.) yang akan mati. Hal ini bisa disebabkan oleh penurunan daya tahan tubuh ikan mas. Sesuai dengan pernyataan dari Afrianto *et al.* (2015), bahwa terjadi kondisi tidak normal pada ikan karena adanya penurunan kemampuan secara bertahap untuk mempertahankan fungsi fisiologisnya. Selain itu juga dikarenakan faktor internal lainnya, seperti keturunan (genetik), sekresi internal, immunodefisiensi, kelainan saraf atau gangguan metabolik, kerusakan fungsi organ,

## 5.2. Hasil Uji Sesungguhnya untuk Menentukan Nilai LC<sub>50</sub> (96 Jam)

### 5.2.1. Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Pengujian herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat untuk mengetahui efek akut terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dengan konsentrasi paparan yang diperoleh dari hasil uji pendahuluan, yaitu ambang batas atas 1 ppm dan ambang batas bawah 10 ppm. Mengacu pada Tabel Skala Rand digunakan 8 konsentrasi paparan, yaitu 1,35 ppm, 1,8 ppm, 2,4 ppm, 3,2 ppm, 4,2 ppm, 6,5 ppm, 8,7 ppm dan digunakan 0 ppm sebagai kontrol.

**Tabel 2.** Hasil Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Uji LC<sub>50</sub> (96 Jam)

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Σ Ikan Mas	Mortalitas Ikan Mas (ekor/jam)				Σ Total Mortalitas (ekor)	% Mortalitas
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
Kontrol	10	0	0	0	0	0	0
1,35	10	0	0	0	0	0	0
1,8	10	0	0	0	0	0	0
2,4	10	0	0	0	0	0	0
3,2	10	0	0	0	0	0	0
4,2	10	0	0	0	1	1	10
6,5	10	0	0	1	1	2	20
8,7	10	0	1	2	3	6	60

Berdasarkan uji LC<sub>50</sub> terhadap ikan mas selama 96 jam pengamatan menunjukkan mortalitas dimulai pada konsentrasi paparan 4,2 ppm, 6,5 ppm dan 8,7 ppm. Hasil menunjukkan pada konsentrasi di bawah 4,2 ppm tidak terjadi kematian, ini karena mengacu pada uji pendahuluan bahwa pada konsentrasi 1 ppm juga tidak terjadi mortalitas.

Untuk mengetahui konsentrasi LC<sub>50</sub> dapat menggunakan analisis probit (dapat dilihat pada **Lampiran 6**). Analisis probit dilakukan dengan memasukkan jumlah kematian pada tiap konsentrasi dan kontrol ke dalam program probit sehingga diperoleh nilai LC<sub>50</sub> yang sebenarnya. Pada uji toksisitas, parameter yang diukur adalah kematian hewan uji yang hasilnya akan dinyatakan sebagai konsentrasi yang mengakibatkan 50% kematian hewan uji dalam waktu satu sampai empat hari (Husni dan Esmiralda, 2011).

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi paparan akan mengakibatkan mortalitas juga semakin tinggi. Apabila konsentrasi paparan masih dapat ditoleransi makan ikan mas akan bertahan, namun sebaliknya apabila konsentrasi melebihi batas toleransi ikan mas makan akan terjadi gangguan kesehatan dan mortalitas. Menurut Sudarmo (1992), ikan yang terkena racun (bahan pencemar) dapat diketahui dengan gejala-gejala diantaranya gerakan menjadi hiperaktif, menggelepar, lumpuh dan kemudian mati.

Menurut Hendri *et al.* (2010), akumulasi bahan pencemar dalam tubuh organisme berbeda tergantung pada konsentrasi bahan pencemar dalam air/lingkungan, suhu, keadaan ikan mas dan aktifitas fisiologis. Oleh karena itu, tidak terjadi mortalitas 100% pada konsentrasi paparan 6,5 ppm dan 8,7 ppm. Walaupun pada konsentrasi tertinggi pada penelitian ini, dimungkinkan masih beberapa ikan mas mampu bertahan lebih dari 96 jam.

Kondisi ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) saat dilakukan uji LC<sub>50</sub> mengalami perbedaan tingkah laku pada masing-masing konsentrasi paparan. Kondisi ikan mas disajikan dalam **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Kondisi Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) secara Visual saat Uji Toksisitas LC<sub>50</sub> (96 Jam)

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Kondisi Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.)
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif di kolom dan dasar bak.</li> <li>- Warna sisik masih sama hingga pengamatan 96 jam (hitam dan segar).</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat normal (tidak cepat).</li> </ul>
1,35	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif di kolom dan dasar bak.</li> <li>- Warna sisik masih sama hingga pengamatan 96 jam (hitam).</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat normal (tidak cepat).</li> </ul>
1,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif di kolom dan dasar bak.</li> <li>- Warna sisik masih sama hingga pengamatan 48 jam (hitam) namun hingga 96 jam terlihat sedikit pucat.</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat lebih cepat mulai pengamatan 72 jam.</li> </ul>
2,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif di kolom dan dasar bak.</li> <li>- Warna sisik masih sama hingga pengamatan 24 jam (hitam) namun hingga 96 jam terlihat lebih pucat.</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat lebih cepat mulai pengamatan 72 jam.</li> </ul>
3,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif di kolom dan dasar bak.</li> <li>- Warna sisik masih sama hingga pengamatan 24 jam (hitam) namun hingga 96 jam terlihat pucat dan mengelupas.</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat lebih cepat mulai pengamatan 48 jam.</li> </ul>
4,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif dan pada pengamatan 72 jam mulai mendekati sumber aerasi.</li> <li>- Warna sisik terlihat pucat dan mengelupas.</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat lebih cepat mulai pengamatan 72 jam.</li> </ul>
6,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif dan pada pengamatan 72 jam mulai mendekati sumber aerasi.</li> <li>- Warna sisik terlihat pucat dan mengelupas.</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat warna merah dan cepat mulai pengamatan 72 jam.</li> </ul>
8,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berenang aktif dan pada pengamatan 48 jam mulai mendekati sumber aerasi.</li> <li>- Warna sisik terlihat pucat dan mengelupas.</li> <li>- Bukaam operkulum terlihat warna merah dan cepat mulai pengamatan 48 jam.</li> </ul>

Hasil pengamatan kondisi dan tingkah laku ikan selama pengamatan terjadi perbedaan respon, ini dikarenakan adanya pengaruh perbedaan konsentrasi paparan yang diberikan. Ini juga dijelaskan oleh Kodoatie dan Sjarief (2010), bahwa air yang mengandung bahan pencemar mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap organisme. Faktor yang berkaitan dengan hal tersebut adalah daya tahan tubuh, jenis dan dosis racun yang diterima oleh tubuh, akumulasi dosis racun dalam tubuh, sifat racun terhadap tubuh, waktu kontak dengan lingkungan yang terkena racun, alergi.

Menurut Afrianto *et al.* (2015), ikan memiliki kemampuan untuk mengatasi penyimpangan yang terjadi pada tubuhnya. Ikan harus menggunakan energi yang dimiliki untuk mengatasi penyimpangan tersebut. Bila penyimpangan terus menerus terjadi maka dia akan kehabisan energi dan sulit untuk bertahan dan akan mengalami stress. Ini membuktikan bahwa semakin tinggi akumulasi bahan pencemar (herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat) pada tubuh dapat menyebabkan tidak normalnya fungsi tubuh.

### 5.2.2. Analisis Probit

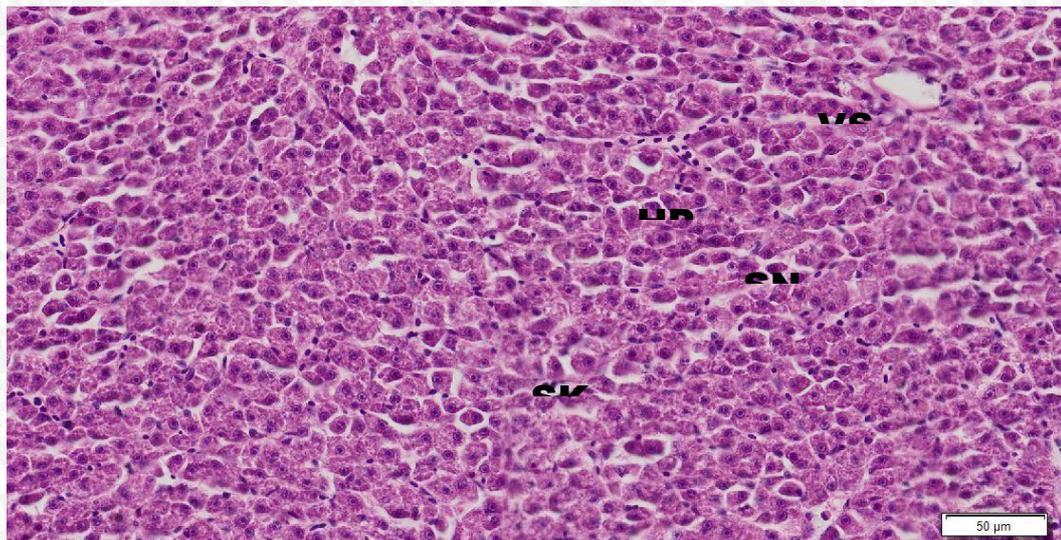
Analisis probit merupakan analisis yang digunakan untuk melihat hubungan antar variabel yang bersifat kualitatif dan variabel yang bersifat kuantitatif. Hasil Log konsentrasi tiap perlakuan diketahui sebagai nilai  $x$ . Dan untuk mendapatkan dilai  $y$  maka hasil persentase mortalitas dicari nilai probitnya dalam tabel probit pada **Lampiran 4**. Setelah itu, dilakukan analisis regresi. Berdasarkan hasil regresi diperoleh rumus  $y = 0,69 + 4,65x$ . Dari rumus regresi tersebut maka dicari nilai  $x$  yang merupakan nilai  $LC_{50}$  nya. Dan diasumsikan nilai probit ( $y$ ) adalah 5, karena jumlah ikan mas adalah 10 ekor dan 50% nya adalah 5 ekor dan kemudian dikonversi ke dalam nilai probit menjadi 5,00. Setelah didapatkan nilai  $x=0,93$  nilai tersebut di antilog dan hasilnya adalah 8,51. Hasil ini

mengartikan bahwa konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian 50% (LC<sub>50</sub> 96 jam) pada ikan mas adalah 8,51 ppm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat perhitungan analisis probit pada **Lampiran 6**. Nilai toksisitas herbisida isopropilamina glifosat termasuk dalam golongan pestisida dengan daya racun yang tinggi, yaitu antara 1-10 mg/L (Rudiyanti dan Ekasari, 2009).

### 5.3. Hasil Analisis Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

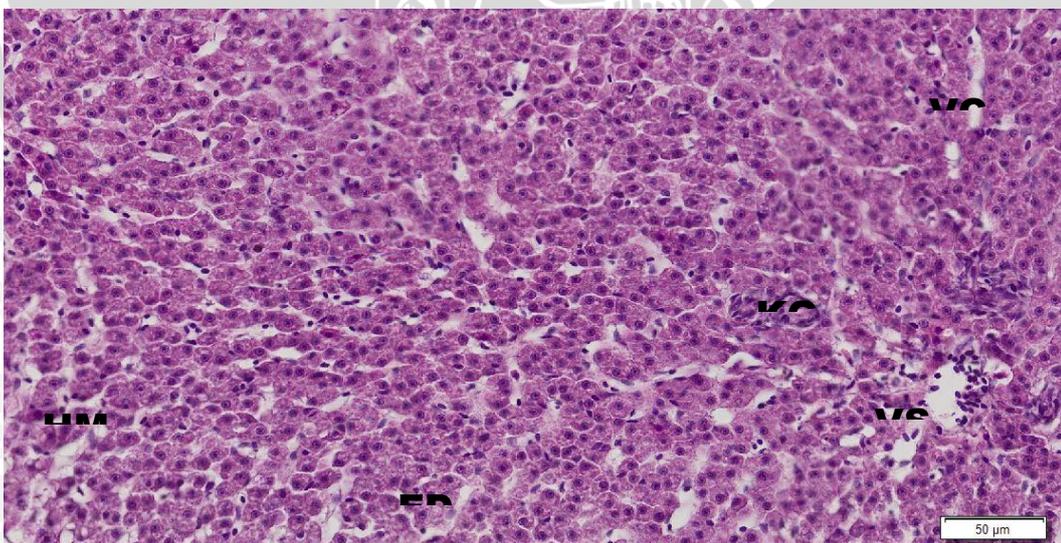
Hati merupakan kelenjar terbesar pada makhluk hidup dan merupakan organ terbesar kedua setelah kulit. Hati memiliki fungsi menguraikan zat sisa tubuh dan hormon serta obat dan senyawa asing lainnya. Oleh karena itu hati rentan terhadap kerusakan. Data gambaran kerusakan hati diperoleh dari pengamatan langsung terhadap struktur mikroanatomi hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dengan menggunakan mikroskop Olympus perbesaran 400x dan aplikasi OlyVIA dapat dilihat pada **Tabel 4**, **Gambar 6-13**, dan **Lampiran 7**.

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dijelaskan bahwa jaringan hati ikan mas pada kontrol (0 ppm) dalam keadaan normal. Ini ditandai dengan bentuk histologi yang normal dengan terlihtanya vena sentralis, hepatosit, dan sinusoid dapat dilihat pada **Gambar 6**. Menurut Pereira *et al.* (2014), hepatosit yang normal memiliki warna sitoplasma yang sama (homogen) dan nukleus berada di tengah.



**Gambar 6.** Gambaran Mikroanatomi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 0 ppm (Kontrol) (Vena Sentralis (VS); Hepatosit (HP); Sinusoid (SN); dan Sel Kupffer (SK)).

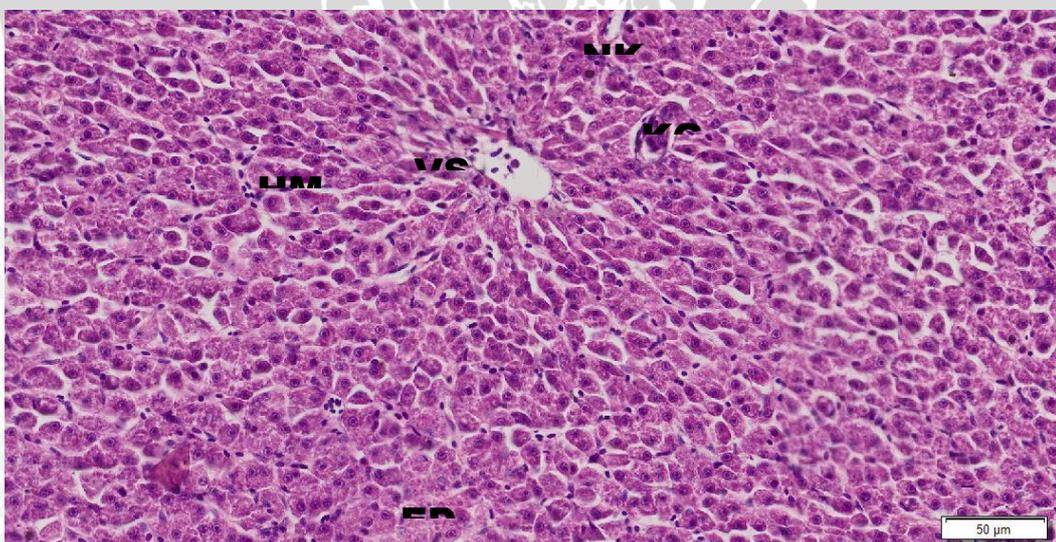
Berdasarkan data pengamatan struktur jaringan hati ikan mas dapat ditemukan beberapa kerusakan diantaranya edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, hemoragi, dan fibrosis (gambar tiap ulangan dapat dilihat di **Lampiran 8**). Hal ini membuktikan bahwa herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat merk Roundup memiliki sifat toksik terhadap ikan.



**Gambar 7.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 1,35 ppm (Vena Sentralis (VS); Edema (ED); Kongesti (KG); Hemoragi (HM); dan Vakuolasi (VC)).

Terdapat empat kerusakan pada konsentrasi perlakuan 1,35 ppm. Kerusakan yang terjadi berupa edema, kongesti, dan hemoragi dalam jumlah yang sangat sedikit. Edema yang terjadi pada sel hati (hepatosit) ditandai dengan adanya pembentukan vakuola (rongga-rongga) pada sitoplasma. Penambahan volume hepatosit mengakibatkan menyempitnya sinusoid yang juga dapat mengakibatkan terganggunya aliran darah. Menurut Pereira *et al.* (2014), edema ditandai dengan inti sel hepatosit berada di pinggir, pembentukan vakuola di sekitar inti sel dan awal dari proses vakuolisasi.

Edema atau pembengkakan sel terjadi karena sel memiliki sifat permeabelitasnya tinggi. Sehingga untuk menjaga kestabilan lingkungan internal sel harus mengeluarkan energi metabolik untuk memompa ion natrium ( $\text{Na}^+$ ) keluar dari dalam sel, karena adanya zat toksik maka energi metabolik tidak dapat terbentuk sehingga mengakibatkan sel tidak mampu untuk memompa ion  $\text{Na}^+$  yang cukup sehingga terjadi pembengkakan sel (Yusana, 2011).

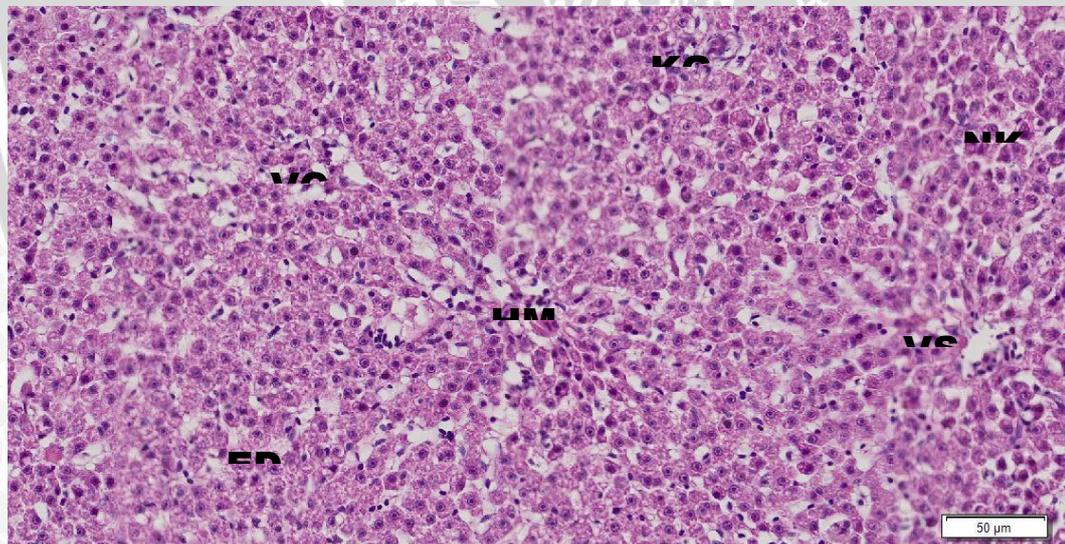


**Gambar 8.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 1,8 ppm (Vena Sentralis (VS); Edema (ED); Nekrosis (NK); Kongesti (KG); dan Hemoragi (HM)).

Konsentrasi paparan 1,8 ppm memiliki beberapa kerusakan, diantaranya adalah edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, dan hemoragi. Kongesti merupakan

pembendungan darah karena gangguan sirkulasi sehingga menyebabkan kekurangan O<sub>2</sub> dan zat gizi (Yusana, 2011). Kongesti juga didahului karena adanya edema hepatosit. Hal ini karena saat terjadi edema, ukuran sel menjadi bertambah yang mengakibatkan penyempitan sinusoid, sehingga dengan sinusoid yang menyempit akan menyebabkan gangguan aliran darah menuju vena sentralis. Gangguan aliran ini akan mengakibatkan sinusoid membengkak sehingga membentuk bendungan.

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Jiraungkoorskul *et al.* (2001), ikan nila yang sudah dipapar toksikan berupa herbisida glifosat mengalami kongesti pada sinusoid hati. Kongesti ada yang berada pada vena sentralis (kongesti besar) dan ada yang berada di sinusoid (kongesti kecil) diantara vena porta hepatica dan vena sentralis. Pada penelitian ini ditemukan beberapa kongesti pada vena sentral dan pada sinusoid.

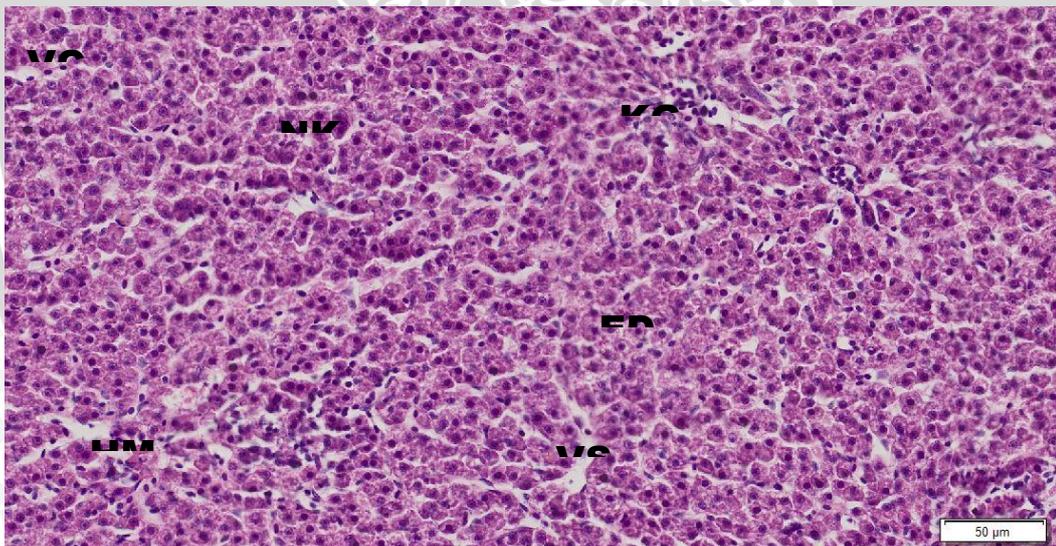


**Gambar 9.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 2,4 ppm (Vena Sentralis (VS); Edema (ED); Nekrosis (NK); Kongesti (KG); Hemoragi (HM); dan Vakuolasi (VC)).

Hasil perhitungan kerusakan pada konsentrasi perlakuan 2,4 ppm menunjukkan adanya ketidaknormalan fungsi hati. Kerusakan berupa edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, dan hemoragi ditemukan pada setiap pengulangan.

Nekrosis merupakan kematian sel yang diakibatkan karena semua membran sel yang lisis dan inti sel serta bagian lainnya seperti sinusoid dan hepatosit tidak terlihat karena telah bercampur. Bereaksinya beberapa xenobiotik mengisyaratkan bahwa pembentukan enzim tertentu yang mengakibatkan perubahan metabolisme, selanjutnya menunjukkan sel yang tidak normal dan kemudian mati (Velcova *et al.*, 2005).

Menurut Setyowati *et al.* (2010), nekrosis ditandai dengan adanya piknotik, yaitu pengerutan inti sel; karyohexis, yaitu inti sel yang hancur dan pecahan kromatinya tersebar di dalam sel; dan karyolisis yang ditandai dengan hilangnya kemampuan inti sel untuk diwarnai sehingga warnanya pucat atau samar-samar berongga dan akhirnya menghilang. Jumlah nekrosis pada konsentrasi 2,4 lebih banyak ditemukan berupa nekrosis karyohexis.

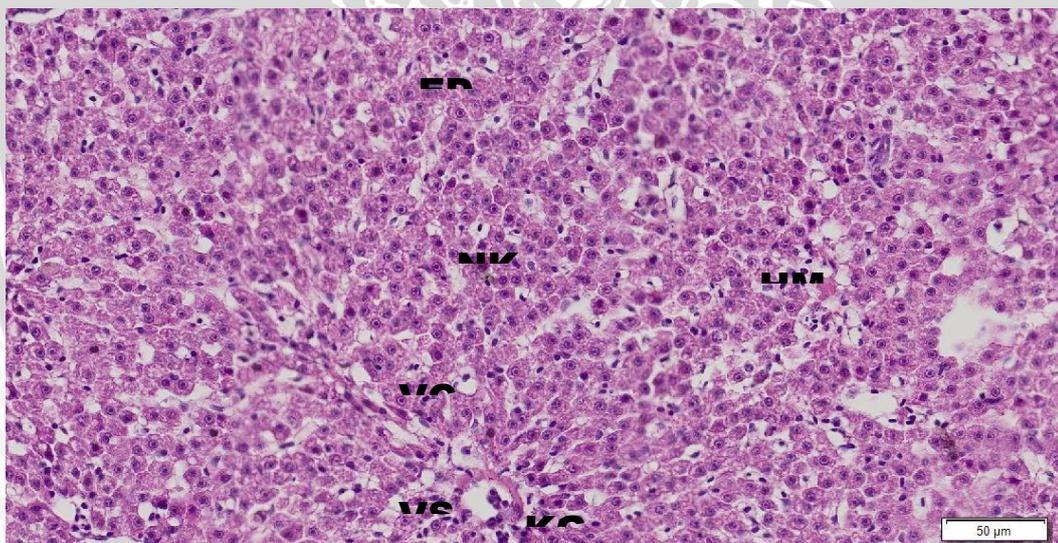


**Gambar 10.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 3,2 ppm (Vena Sentralis (VS); Edema (ED); Nekrosis (NK); Kongesti (KG); Hemoragi (HM); dan Vakuolasi (VC)).

Setiap ulangan pada perlakuan konsentrasi 3,2 ppm menunjukkan kerusakan berupa edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, dan hemoragi. Edema merupakan tahap awal dari adanya kerusakan. Ini terjadi karena sel tidak mampu mempertahankan homeostatis ion dan cairan. Menurut Rodrigues dan Fanta

(1998), rangkaian sementara kerusakan histopatologi adalah pembengkakan sel, terjadinya vakuolasi, pengembangan sitoplasma, kerusakan pewarnaan, nekrosis, invasi makrofag dan pembengkakan sinusoid (kongesti). Setelah efek tersebut akan terjadi regenerasi sel hati.

Adanya kerusakan hati karena zat toksik akan mempengaruhi sistem kerja enzim tubuh terutama pada organ hati. Menurut Pereira *et al.* (2014), adanya infeksi toksikan pada ikan zebra ditandai dengan tingginya metabolisme lemak dan jumlahnya berlebih dalam molekul sel. Didukung oleh Tridayani *et al.* (2010), bahwa lemak yang tertimbun dalam jumlah banyak akan menyebabkan kematian hepatosit (nekrosis). Nekrosis diawali dengan peradangan berupa edema dan kematian jaringan hati. Hal ini menunjukkan bahwa adanya lemak pada sel yang berlebih juga dapat mengakibatkan kematian sel (nekrosis).

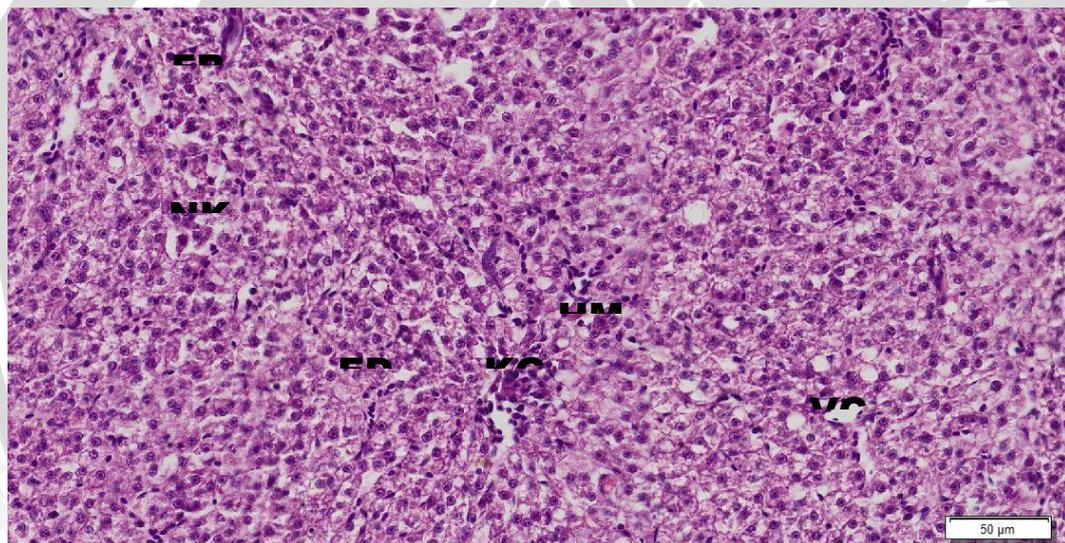


**Gambar 11.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 4,2 ppm (Vena Sentralis (VS); Edema (ED); Nekrosis (NK); Kongesti (KG); Hemoragi (HM); dan Vakuolasi (VC)).

Hasil perlakuan pada konsentrasi 4,2 ppm menunjukkan kerusakan berupa edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, dan hemoragi. Pada konsentrasi ini diketahui terjadi cukup banyak hemoragi. Menurut Setyowati *et al.* (2010), hemoragi atau pendarahan ditandai oleh adanya jendolan darah dan jaringan

berwarna merah karena terdapat eritrosit yang keluar dari pembuluh darah. Pendarahan bertujuan untuk pemulihan jaringan dan menekan agen penyebab nekrosis. Karena sel tidak mampu untuk diabsorpsi oleh sel fagosit (sel kupffer) sehingga melarutkan unsur-unsur sel dan mengeluarkan enzim litik.

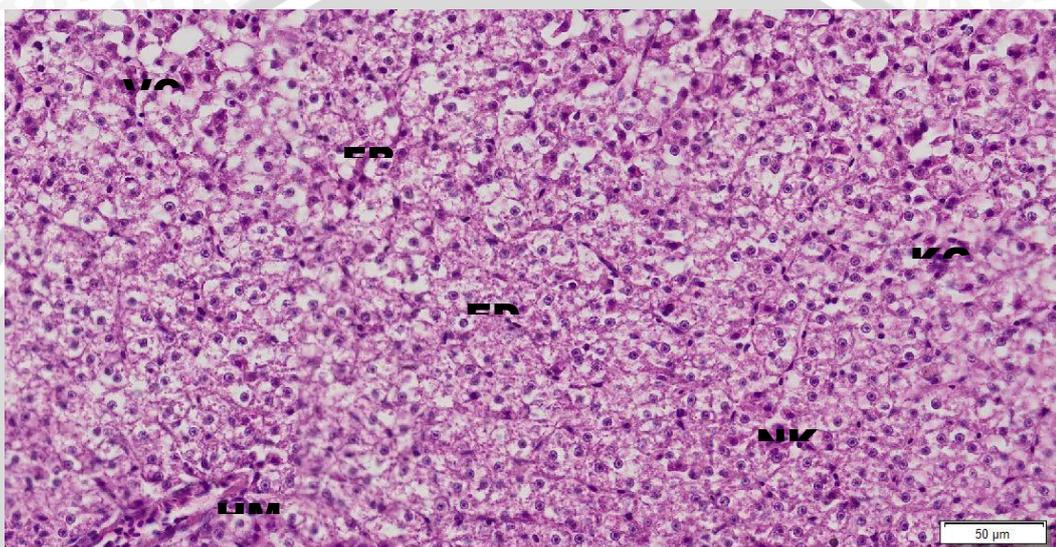
Pendarahan tidak selalu ditemukan pada daerah sekitar kongesti, namun juga terdapat di daerah yang terdapat edema akut dan nekrosis. Respon pendarahan dilakukan dengan cara regenerasi sel hilang, pembentukan jaringan ikat, dan adanya emigrasi leukosit ke daerah dekat nekrosis. Namun, apabila pemaparan terus berlanjut maka sel akan kehilangan kemampuannya untuk beregenerasi, sehingga akan mengakibatkan terjadinya fibrosis.



**Gambar 12.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 6,5 ppm (Vakuolasi (VC); Edema (ED); Nekrosis (NK); Kongesti (KG); Hemoragi (HM); dan Fibrosis (FB)).

Berdasarkan hasil pengamatan pada konsentrasi perlakuan 6,5 ppm menunjukkan edema lebih banyak, vakuolasi, nekrosis, kongesti, hemoragi dan juga ditemukan kerusakan berupa penebalan serabut kolagen atau biasanya disebut sebagai fibrosis. Fibrosis mulai terlihat pada konsentrasi 6,5 ppm namun hanya sedikit. Adanya fibrosis pada hati ikan mas menunjukkan kerusakan sudah semakin berat.

Menurut Tatukude *et al.* (2014), fibrosis hati terjadi karena kerusakan hati akibat hepatosit yang memiliki peran dalam proses fibriogenesis bekerja terlalu keras dan hepatosit juga memiliki kemampuan menghasilkan serabut kolagen ekstraseluler. Apabila serabut ini berlebihan, disebut dengan fibrosis. Adanya fibrosis pada hati menunjukkan bahwa hati bekerja sangat keras menetralkan efek toksik dari herbisida yang telah dipaparkan.



**Gambar 13.** Gambaran Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Konsentrasi 8,7 ppm (Vakuolasi (VC); Edema (ED); Nekrosis (NK); Kongesti (KG); Hemoragi (HM); dan Fibrosis (FB)).

Konsentrasi tertinggi yang diberikan pada penelitian ini menunjukkan adanya fibrosis pada hati. Fibrosis merupakan proses penebalan selaput kolagen yang terdapat pada sinusoid. Fibrosis terjadi akibat adanya peradangan akut. Berdasarkan hasil pengamatan, fibrosis lebih banyak terdapat pada konsentrasi paparan 8,7 ppm. Penebalan serabut kolagen terlihat lebih jelas yang mengakibatkan sinusoid tidak terlihat dengan jelas.

Fibrosis ditandai dengan kolagen lebih tebal, dimana serabut halus kolagen ini berperan untuk menyokong sinusoid dan hepatosit. Jika fibrosis ini meluas kesemua bagian hati maka akan terjadi sirosis (pemadatan organ hati) yang menyebabkan kegagalan fungsi hati sehingga dapat menyebabkan

kematian. Hal ini dikarenakan terjadinya hipertensi vena porta yang dapat mengganggu aliran darah sehingga akan menghambat suplai nutrisi dan pertukaran oksigen. Fibrosis juga ditemukan pada ikan *Poecilia sphenops* yang terpapar Pb (Tekken *et al.*, 2009). Apabila fibrosis meluas ke seluruh organ hati maka akan mengakibatkan sirosis (pemadatan hati) dan fungsi hati akan gagal.

**Tabel 4.** Persentase Kerusakan Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Konsentrasi (ppm)	Kerusakan (%)						Total (%)
	Edema	Vakuolasi	Nekrosis	Kongesti	Hemoragi	Fibrosis	
0 (Kontrol)	-	-	-	-	-	-	-
1,35	3,967	0,736	0,448	0,608	0,992	-	6,750*
1,8	5,566	1,312	1,024	0,256	0,192	-	8,349*
2,4	7,166	4,383	4,191	0,128	0,512	-	16,379*
3,2	5,822	7,230	3,007	0,512	0,864	-	17,434*
4,2	7,774	10,237	4,031	0,544	1,184	-	23,768*
6,5	8,701	12,124	4,127	0,512	0,544	0,160	26,168*
8,7	5,310	15,867	7,901	0,224	2,111	1,184	32,598**

Keterangan: \* : ringan; \*\* : sedang; \*\*\* : berat.

Berdasarkan **Tabel 4** hasil pengamatan mikroskopis hati ikan mas diketahui bahwa semua perlakuan mengalami edema. Rata-rata kerusakan edema pada konsentrasi 8,7 ppm menurun menunjukkan sel hati (hepatosit) sudah tidak mampu melakukan regenerasi sehingga terjadi nekrosis. Berdasarkan **Tabel 4** juga dijelaskan bahwa jumlah kerusakan nekrosis meningkat seiring dengan penurunan kerusakan berupa edema sel. Didukung oleh pernyataan Setyowati *et al.* (2010), edema bersifat reversibel yang artinya apabila paparan tidak berlanjut (terus menerus) maka sel dapat kembali normal, begitupun sebaliknya apabila paparan tetap berlanjut maka sel akan mengalami nekrosis (mati).

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka persentase kerusakan juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan metabolisme ikan mas sehingga menyebabkan rusaknya jaringan hati. Serta dikarenakan adanya pengaruh toksik bahan pencemar pada tubuh ikan mas yang juga berpengaruh pada fungsi hati.

Menurut Langiano dan Martinez (2008), salah satu perubahan pada jaringan hati saat dipapar oleh herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat paling banyak adalah vakuolasi pada hepatosit.

Menurut Darmono (1995), tingkat kerusakan hati dibagi menjadi tiga kategori, yaitu ringan, sedang, dan berat. Adanya perlemakan hati yang ditandai dengan adanya pembengkakan sel termasuk dalam tingkat ringan. Tingkat kerusakan sedang ditandai adanya kongesti dan hemoragi. Sedangkan tingkat kerusakan berat ditandai adanya nekrosis (kematian sel). Berdasarkan hasil pengamatan mikroskop anatomi hati ikan mas menunjukkan bahwa terjadi kerusakan tingkat sedang menuju berat. Dikarenakan terdapat kongesti hemoragi dan nekrosis dalam jumlah tertentu. Cara menghitung kerusakan dapat dilihat pada **Lampiran 9**.

Sedangkan menurut Pantung *et al.* (2008), tingkat kerusakan organ pada makhluk hidup di bawah 30% dari luasan pandang dikategorikan dalam kerusakan ringan. Kerusakan sedang dengan persentase total 30-70%, dan kerusakan berat pada total lebih dari 70%. Total kerusakan hati pada penelitian ini berada pada kerusakan tingkat sedang dengan total maksimal sebesar 32,598% pada konsentrasi 8,7 ppm. Hasil perhitungan kerusakan hati ikan mas dapat dilihat pada **Lampiran 10**.

#### 5.4. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan untuk mengetahui kelayakan media uji selama penelitian. Kualitas air yang diukur pada penelitian ini adalah pH, suhu, dan DO yang diambil pada tiap bak pengamatan dapat dilihat pada **Lampiran 11**. Sementara itu, kisaran masing-masing kualitas air pada tiap konsentrasi dapat dilihat pada **Tabel 5** di bawah ini.

**Tabel 5.** Hasil Pengukuran Kualitas Air

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Parameter		
	PH	Suhu (°C)	DO (mg/L)
Kontrol	7,29-7,76	24,2-27,8	4,81-5,88
1,35	7,30-7,82	24,2-27,9	5,38-6,04
1,8	7,26-7,79	24,6-24,8	4,97-5,96
2,4	7,25-7,53	24,6-28,1	4,89-6,33
3,2	7,29-7,63	24,4-28,2	4,99-6,66
4,2	7,32-7,61	24,5-28,2	5,32-6,78
6,5	7,29-7,63	24,8-28,2	5,21-6,86
8,7	7,32-7,63	24,7-28,0	5,40-6,69

#### 5.4.1. *Poisoning of Hydrogen (pH)*

Berdasarkan hasil pengukuran pH pada tiap perlakuan didapatkan pH berkisar pada 7,25-7,82. Rentang pH selama penelitian tidak terlalu jauh dan masih dapat mendukung kehidupan ikan mas. Hal ini didukung oleh Boyd (1982), pH yang optimal untuk perairan berkisar antara 6,7 – 8,2.

Nilai pH sangat mempengaruhi kehidupan organisme perairan. pH air menentukan optimal tidaknya pertumbuhan ikan dan tingkat kelulushidupannya. Nilai pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan terbebasnya unsur-unsur beracun yang berada di sedimen ke kolom perairan. Sesuai dengan pendapat Cahyono (2001), nilai pH rendah dapat menyebabkan kematian pada ikan dengan gejala yang diperlihatkan antara lain: gerakan ikan tidak teratur, bukaan insang bergerak sangat aktif, dan ikan bergerak ke permukaan dengan cepat. Sedangkan pH tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan ikan menjadi terhambat.

Tidak hanya mempengaruhi organisme, pH juga mempengaruhi lingkungan hidupnya. pH berpengaruh terhadap proses-proses kimia yang terjadi di dalam air. Menurut Effendi (2003), pH mempengaruhi nilai toksisitas suatu senyawa kimia. Misalnya senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan dengan pH rendah. Juga dijelaskan oleh Kordi (2014), bahwa nilai pH juga mempengaruhi proses biokimiawi di perairan, misalnya proses nitrifikasi berakir pada pH rendah.

#### 5.4.2. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter kualitas air yang sangat mempengaruhi kehidupan organisme perairan. Menurut Lessard dan Hayes (2003), kenaikan dan penurunan suhu air sangat mempengaruhi kehidupan organisme akuatik. Hal ini berpengaruh terhadap nafsu makan dan aktifitas metabolisme ikan. Semakin tinggi suhu maka metabolisme akan meningkat dan juga sebaliknya semakin rendah suhu akan mengurangi kecepatan metabolismenya.

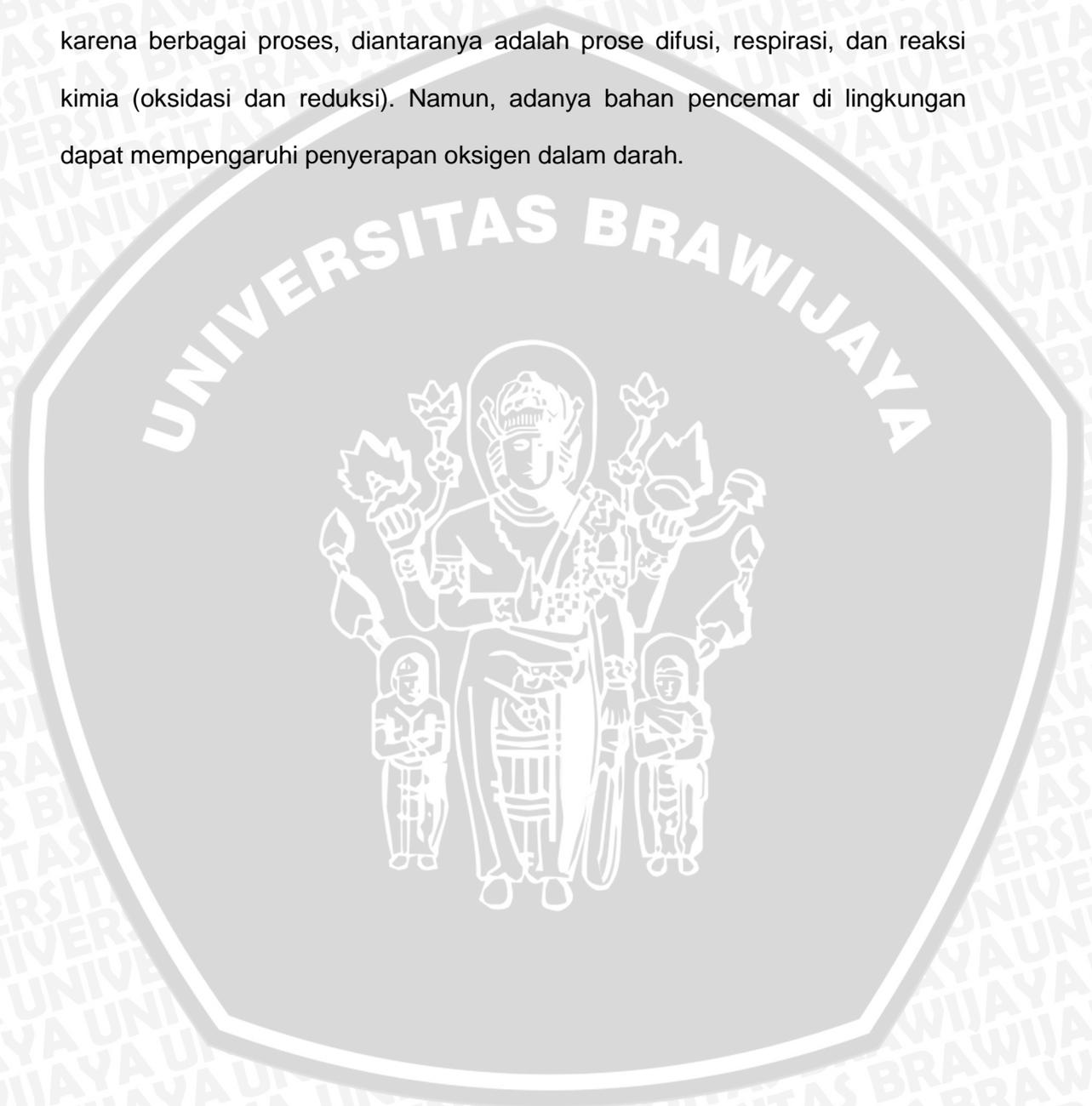
Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada tiap perlakuan didapatkan nilai suhu berkisar pada 24,2-28,8°C. Kisaran suhu tersebut masih dapat mendukung kehidupan air tawar. Hal ini didukung oleh pendapat Santoso (1993), bahwa suhu optimal untuk ikan mas tumbuh adalah 20-25°C.

Suhu dapat mempengaruhi berbagai proses dalam perairan termasuk proses akumulasi bahan pencemar dan kecepatan metabolisme bahan pencemar tersebut di dalam tubuh. Menurut Fardiaz (1992), peningkatan suhu air dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut dalam air, kecepatan reaksi kimia akan meningkat, dan kehidupan ikan akan terganggu. Seiring dengan konsumsi oksigen terlarut makan akumulasi bahan pencemar juga akan bertambah karena proses respirasi. Apabila terjadi terus menerus dan melampaui batas maka akan terjadi mortalitas ikan.

#### 5.4.3. *Dissolved Oxygen (DO)*

Berdasarkan hasil pengukuran DO pada tiap perlakuan didapatkan nilai DO berkisar pada 4,70-6,98 mg/L. Kisaran DO tersebut masih dapat mendukung kehidupan air tawar. Hal ini didukung oleh Fardiaz (1992), bahwa nilai oksigen terlarut untuk ikan di perairan hangat adalah sekitar 5 mg/L.

Oksigen terlarut sangat dibutuhkan oleh organisme perairan dalam proses respirasi untuk memperoleh energi untuk bertahan hidup. Ikan merupakan salah satu organisme di perairan yang membutuhkan oksigen terlarut paling banyak. Menurut Kordi (2010), oksigen yang sudah ada di dalam air dapat berkurang karena berbagai proses, diantaranya adalah proses difusi, respirasi, dan reaksi kimia (oksidasi dan reduksi). Namun, adanya bahan pencemar di lingkungan dapat mempengaruhi penyerapan oksigen dalam darah.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) sebagai hewan uji dalam penelitian ini mengalami kerusakan organ hati akibat paparan herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat. Dengan ini menunjukkan bahwa herbisida tersebut bersifat toksik (racun) bagi organisme perairan. Berdasarkan uji toksisitas yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa batas maksimal penggunaan herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat adalah 8,51 ppm. Hasil ini diperoleh dari perhitungan probit dengan  $LC_{50}$  (96 jam).

Jenis kerusakan yang ditemukan selama pengamatan histologi hati ikan mas, yaitu berupa edema, vakuolasi, nekrosis, kongesti, hemoragi, dan fibrosis. Persentase kerusakan pada penelitian ini termasuk pada tingkat kerusakan ringan menuju sedang. Kerusakan terparah berada pada konsentrasi tertinggi, yaitu konsentrasi 8,7 ppm dengan persentase sebesar 32, 589%. Berdasarkan jenis kerusakan yang didapatkan termasuk kerusakan sedang menuju berat. Dengan gejala selama pemaparan, yaitu: berenang aktif dari dasar ke permukaan, warna sisik pucat dan mengelupas, bukaan operkulum cepat, dan selalu menuju sumber aerasi.

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil data pada penelitian maka diharuskan penggunaan herbisida dengan bahan aktif isopropilamina glifosat di lapang tidak boleh melebihi 8,51 ppm, karena pada konsentrasitersebut sudah dapat mengakibatkan kematian sebanyak 50% dari populasi. Serta berdasarkan analisis histopatologi diketahui pada konsentrasi tersebut dapat merusak hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L.).

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E., E. Liviawaty, Z. Jamaris, dan Hendi. 2015. Penyakit Ikan. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Amiati, G. S. 2010. Respon Fisiologis Tanaman Pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) terhadap Herbisida Glifosat dan 2,4 D. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surabaya.
- Adriyani, R. 2006. Usaha Pengendalian Pencemaran Lingkungan Akibat Penggunaan Pestisida Pertanian. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. **3** (1) : 95–106.
- Anggraini, W. M. 2013. Upaya Mencegah Dampak Negatif Herbisida. Online. <http://wiwiekpunyamimpi.blogspot.co.id/2013/01/phk-dankepimpinan-dalam-msdm-dan.html>. Pada tanggal 3 Desember 2015 pukul 14.35 WIB.
- APHA. 1999. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. Fourteenth Edition. American Public Health Association: America.
- Bachtiar, Y. 2002. Pembesaran Ikan Mas di Kolam Pekarangan. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Badan POM, 2015. Glifosat (*Glyphosate*). Jakarta.
- Bevelander, G. 1988. Dasar-Dasar Histologi. Erlangga: Jakarta.
- Boyd, C. E. 1982. Water Quality Management in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier Scientific Publishing Company: Amsterdam.
- Cahyono, B. 2000. Budi Daya Ikan Air Tawar-Ikan Gurami, Ikan Nilam Ikan Mas. Kanisius: Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, B. 2001. Budi Daya Ikan di Perairan Umum. Kanisius: Yogyakarta.
- Cobb, A. H. dan J. P. H. Reade. 2010. Herbicides and Plant Physiology. Blackwell: USA.
- Cox, Caroline. 1998. Glyphosate (Roundup). *Journal of Pesticide Reform*. **18** (3): 3 – 17.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi MakhluK Hidup. UI Press: Jakarta.
- Daymon, C. and I. Holloway. 2008. Metode-Metode Riset Kualitatif dalam Public Relations dan Marketing Communications. Terjemahan oleh Wiratama, C. 2008. Yogyakarta.
- Departemen Farmakologi. 2008. Kumpulan Kuliah Farmakologi. EGC: Jakarta.

- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum mengenai Kualitas Air. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Department of Fisheries and Aquatic Sciences. 2004. A Beginner's Guide to Water Management-Oxygen and Temperature. University of Florida. Florida Lakewatch.
- Efendi, N. F. 2008. Pendidikan dalam Keperawatan. Salemba Medika: Jakarta.
- \_\_\_\_\_, H. 2003. Telaah Kualitas Air-Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius: Yogyakarta.
- Environmental Protection Agency. 2006. Voluntary Estuary Monitoring Manual-pH and Alkalinity. United States.
- Faqihuddin, M. D., Hardiyati dan H. Purnamawati. 2014. Penggunaan Herbisida Ipa Glifosat terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Residu pada Jagung. *Ilmu Pertanian*. **12**(1):1-12.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius: Yogyakarta.
- Fujaya, Y. 2008. Fisiologi Ikan : Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Hach. 2000. Portable Dissolved Oxygen Meter Instruction Manual. Hach Company: USA.
- Harmita dan M. Radji. 2006. Buku Ajar-Analisis Hayati. EGC: Jakarta.
- Hendrata, S. 2004. Pemanfaatan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai Bioindikator untuk Menilai Efektifitas Kinerja IPAL Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang. Tesis. Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Hendri, M., G. Diansya, dan J. Tampubolon. 2010. Konsentrasi Letal (LC50-48 jam) Logam Tembaga (Cu) dan Logam Kadmium (Cd) terhadap Tingkat Mortalitas Juwana Kuda Laut (*Hippocampus spp*). *Jurnal Penelitian Sains*. **13**(1):26-30.
- Hulubangga, F. 2014. Teknik Pemijahan Ikan Mas secara Semi Buatan (*Cyprinus carpio*) di Balai Benih Ikan Inovatif Desa Bandungan Kecamatan Bulango Utara Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Tesis. Universitas Gorontalo.
- Husni, H. dan Esmiralda. 2011. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Lin). Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas.
- Jiraungkoorskul, W., E. S. Upatham, M. Kruatrachue, S. Sahaphong, S. V. Grams, dan P. Pokethitiyook. 2001. Histopathological Effect of Roundup, a Glyphosate Herbicide, on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *ScienceAsia*. **28**:121-127.

- Jones, E. B. 1992. Jones' Instrument of Temperature and Chemical Composition. Butterworth-Heinemann Ltd: England.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2004. Pendaftaran dan Pemberian Izin Tetap Pestisida. Nomor: 222/Kpts/SR.140/4/2004.
- Khairuman dan K. Amri. 2008. Buku Pintar Budi Daya 15 Ikan Konsumsi. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- \_\_\_\_\_, D. Sudenda, dan B. Gunadi. 2008. Budi Daya Ikan Mas Secara Intensif. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Kodoatie, R. J. Dan R. Sjarief. 2010. Tata Ruang Air. Andi: Yogyakarta.
- Kordi, M. G. H. 2010. Panduan Lengkap Memelihara Ikan Air Tawar di Kolam Terpal. Lily Publisher: Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_. 2014. Panen Untung dari Akuabisnis Ikan Gurami. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Kuncoro, E. B. 2008. Aquacape Pesona Taman Akuarium Air Tawar. Kanisius: Yogyakarta.
- Kuswandi dan E. Mutiara. 2004. Delapan Langkah dan Tujuh Alat Statistik untuk Peningkatan Mutu Berbasis Komputer. Elex Media komputer: Jakarta.
- Laboratorium Patologi Anatomi. 2016. Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya: Malang.
- Langiano, V. C. dan C. B. R. Martinez. 2008. Toxicity and Effect of a Glyphosate-Base Herbicide on the Neotropical Fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 222-231.
- Lee. 2005. Environmental Engineering Dictionary. Scarcrow Press, Inc: England.
- Lessard, J. L. dan D. B. Hayes. 2003. Effects of Elevated Water Temperature in Fish and Microinvertebrate Communities Below Small Dams. *River Res. Applic.* In Press.
- Lubis, U. F., N. Marusin, dan I. J. Zakaria. 2014. Analisis Histologis Hati Ikan Asang (*Osteochilus haseltii* C.V.) di Danau Maninjau dan Danau Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 3(2): 162-167.
- Mason, C. F. 1979. Biology Of Freshwater Pollution. Longman Group, Ltd. London. pp 31-34.
- Munthi, M. 2001. Teknik Pembuatan Preparat Histopatologi dari Jaringan Hewan dengan Pewarnaan Hematoksilin dan Eosin (H&E). *Temu Teknis Fungsional Non Peneliti*. 156-163.
- Mumford, S., J. Hidel, C. Smith, J. Morrison, B. MacConnell, dan V. Blazer. 2007. Fish Histology and Histopathology. USFWS-NCTC.

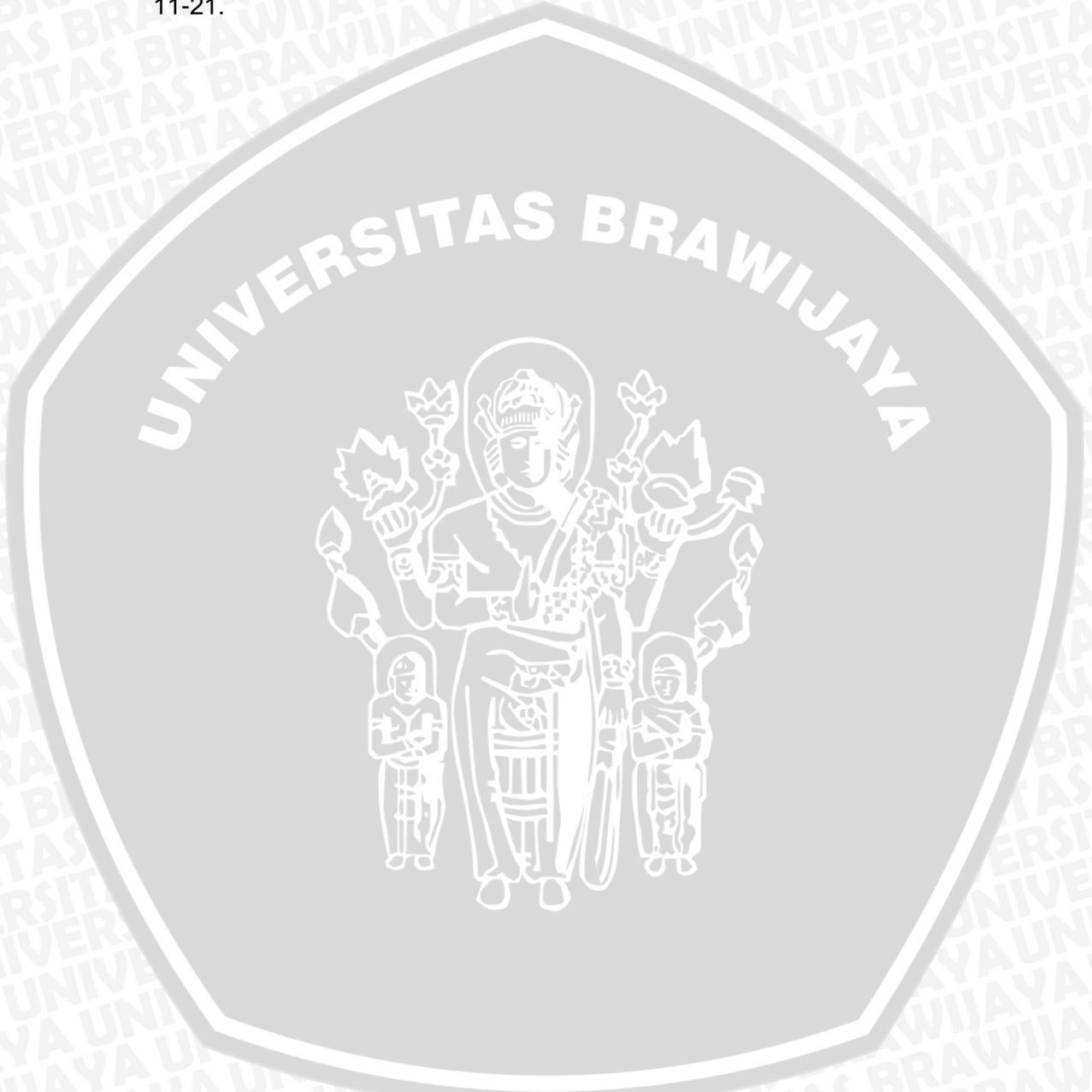
- Neskovic, N. K., V. Poleksic, I. Elezovic, V. Karan, dan M. Budimir. 1996. Biochemical and Histopathological Effects of Glyphosate on Carp, *Cyprinus carpio* L. *Bull Environmental Contamination Toxicology*. 56:295-302.
- Nufarm. 2008. Herbisida Supra 615 SL Herbisida Paling Kuat. Online. <http://www.nufarm.com/Assets/22078/1/Supra615SL.pdf>. Pada tanggal 4 Desember 2015 pukul 23.16 WIB.
- Nyarko, K. A. dan S. K. D. Datta. 1991. A Handbook for Weed Control in Rice. International Rice Research Institute: Philippines.
- Pantung, N., Kerstin, G. Helander, Herbert F. H. dan Voravit C. 2008. Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. *Environment Asia*. 1 : 22-27.
- Pereira, B. F., R. M. Alves, A. L. Alves, J. A. Senhorini, R. C. G. A. Rocha, P. H. Scalize, D. L. Pitol, dan F. H. Caetano. 2014. Effect of Biodegradable Detergents in Morphological Parameters of Liver in Two Neotropical Fish Species (*Prochilodus lineatus* and *Astyanax altiparanae*). *Microscopy Research*. 2:39-49.
- Pratiwi, Y. 2010. Penentuan Tingkat pencemaran limbah Industri Tekstil Berdasarkan *Nutrition Value Coeficient* Bioindikator. *Jurnal Teknologi*. 3(2): 129-137.
- Raco, J. R. 2010. Metode Penelitian Kualitatif. Grasindo: Indonesia.
- Raini, M. 2007. Toksikologi Pestisida dan Penanganan Akibat Keracunan Pestisida. *Media Litbang Kesehatan*. 18(3): 10-18.
- Rodrigues, E. L. dan E. Fanta. 1998. Liver histopathology of the Fish *Brachydanio rerio* Hamilton-Buchman after Acute Exposure to Sublethal Levels of the Organophosphate Dimethoate 500. *Revta brass Zool*. 15(2): 441-450.
- Romziah, R. 2013. Studi Toksisitas Akut Timbel (Pb) terhadap Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*). *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya: Malang.
- Rossiana, N. 2006. Uji Toksisitas Limbah Cair Tahu Sumedang terhadap Reproduksi *Daphnia carinata* KING. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran: Bandung.
- 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.
- Santoso, B. 1993. Seri Budi Daya-Ikan Mas. Kanisius: Yogyakarta.

- Sari, A. H. W., Y. Risjani, dan A. P. W. Marhendra. 2012. Histologi Organ Hepatopankreas Kepiting Bakau (*Scylla serata*) pada Konsentrasi Sublethal Fenol sebagai Peringatan Dini (*Early warning*) Toksisitas Fenol di Estuaria. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alama, Universitas Brawijaya.
- Setiawan, A. A., I. Emilia, dan Suheryanto. 2013. Kandungan Merkuri Total pada Berbagai Jenis Ikan *Cat Fish* di Perairan Sungai Musi Kota Palembang. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi V*. 741-750.
- Setyowati, A., D. Hidayati, Awik, dan N. Abdulgani. 2010. Studi Histopatologi Hati Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) di Muara Sungai Aloo Sidoarjo. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- SNI. 2004. Air dan Air Limbah – Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter. Badan Standardisasi Nasional.
- Sudarmo, S. 1992. Pestisida untuk Tanaman. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sumardjo, D. 2009. Pengantar Kimia. EGC: Jakarta.
- Taufik, I. 2005. Pengaruh Lanjut Bioakumulasi Insektisida Endosulfan terhadap Pertumbuhan dan Kondisi Hematologis Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Institut Pertanian Bogor.
- Taufiq, M. I. 2006. Panduan lengkap & Praktis Psikologi Islam. Gema Insani Press: Jakarta.
- Tekken, V., L. Costa, dan J. P. Kropp. 2009. Assessing the Complex Impact of Climate Change on Economic Sectors in the Low-Lying Coastal Zone of Mediterranean East Morocco. *Journal of Coastal Research*. 272-276.
- Tim Lentera, 2002. Pembesaran Ikan Mas di Kolam Air Deras. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Tridayani, A. E., R. Aryawati, dan G. Diansyah. 2010. Pengaruh Logam Timbal (Pb) terhadap Jaringan Hati Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*). *Maspari Journal*. 1: 42-47.
- Tatukude, R. L., L. Loho, dan M. P. Lintong. 2014. Gambaran Histopatologi Hati Tikus Wistar yang Diberikan Boraks. *Journal e-Biomedik*. 2(2):
- Velcova, L. dan G. Kostoski. 2005. Histopathological Analysis of Liver in Fish (*Barbus Meridionalis Petenyi Heckel*) in Reservoir Trebenista. *Nat.Croat*. 14(2):147-153.
- Wirasuta, I. M. A. G. dan R. Niruri. 2006. Buku Ajar-Toksikologi Umum. Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana.
- Wiryadiputra, S. 2013. Residu Pestisida pada Biji Kakao Indonesia dan Produk Variannya, serta Upaya Penanggulangannya. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*. 1(1): 39-61.

repository.ub.ac.id

Yusana, W. W. 2011. Struktur Mikroanatomi Insang dan Hati Ikan Komet di Balai Benih Ikan Siwarak Akibat Limbah Obyek Wisata Kolam Renang. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Yusfiati, K. Sigit, R. Affandi, dan Nurhidayat. 2006. Anatomi Alat Pencernaan Ikan Buntal Pisang (*Tetraodon lunaris*). *Jurnal Ikhtiologi Indonesia*. **6**(1): 11-21.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat-alat yang akan digunakan untuk pengukuran kualitas air dan fungsinya sebagai berikut:

**Tabel.** Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No.	ALAT	FUNGSI
1	Bak kapasitas 10 L	Sebagai wadah percobaan.
2	Aerator set	Untuk memberikan suplai oksigen dalam air.
3	pH pen	Untuk mengukur pH.
4	DO meter	Untuk mengukur oksigen terlarut di perairan.
5	Beaker glass 250 dan ml 1000 ml	Untuk wadah takaran herbisida yang akan diberikan ke dalam bak percobaan.
6	Pompa air	Untuk sirkulasi air kolam.
7	Sectio set	Untuk membedah ikan mas.
8	Slide dan cover glass	Untuk tempat sample irisan hati yang akan diamati di bawah mikroskop.
9	Nampan	Untuk tempat membedah ikan mas.
10	Botol film	Untuk wadah sample (organ hati).
11	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan dalam skala kecil.
12	Mikroskop binokuler	Untuk mengamati sample organ hati.
13	Alat tulis	Untuk mencatat hasil yang diperoleh.
14	Kamera	Untuk mendokumentasikan kegiatan dan hasil pengukuran/pengamatan.
15	Pinset	Untuk mengambil organ hati.
16	Kotak preparat	Untuk tempat preparat.
17	Kaset	Untuk tempat organ hati sebelum diproses.
18	Tissue Tex Prosesor	Untuk mematangkan/mengeraskan sample.
19	Pembuat blok	Untuk tempat membuat blok dengan parafin
20	Oven	Untuk mengeringkan jaringan sample.
21	Mikroton	Untuk memotong secara mikro.
22	Bunsen	Untuk mensterilkan alat.

**Lampiran 1. Lanjutan**

Bahan-bahan yang akan digunakan untuk pengukuran kualitas air dan fungsinya sebagai berikut:

**Tabel.** Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1	Ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> L.)	Sebagai hewan uji yang akan dianalisis LC <sub>50</sub> dan histopatologi organ hati.
2	Herbisida dengan bahan aktif Isopropil amina glifosat	Sebagai bahan perlakuan.
3	Kertas label	Untuk menandai bak-bak percobaan dan botol film..
4	Air tawar	Sebagai media hidup hewan uji.
5	Alkohol 96%	Untuk membersihkan toples sebelum dan setelah percobaan.
6	Sarung tangan	Untuk melindungi tangan.
7	Tissue	Untuk membantu mengeringkan alat.
8	Air dan sabun	Untuk mencuci alat yang sudah dipakai.
9	Organ hati	Sebagai organ yang diamati histopatologinya.
10	Formalin 4%	Untuk mengawetkan sample hati.
11	Alkohol 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%	Untuk dehidrasi sample hati.
12	Xylol	Untuk membersihkan sample hati dari alkohol dan parafin.
13	Parafin	Untuk menginfiltrasi sample hati.
14	Aquadest	Untuk mencuci sample hati.
15	Haematoxylin dan eosin	Untuk pewarnaan jaringan hati.

**Lampiran 2. Tabel Skala Rand**

Skala konsentrasi yang digunakan untuk menentukan variasi konsentrasi pada perlakuan bioassay berdasarkan interval progressive bisection pada suatu skala logaritmik (Gutri dan Perry, 1980).

**Tabel. Skala Logaritmik Rand**

Kolom				
1	2	3	4	5
10	-	-	-	-
-	-	-	-	8,7
-	-	-	7,5	-
-	-	-	-	6,5
-	-	5,6	-	-
-	-	-	4,2	-
-	3,2	-	-	3,7
-	-	-	-	2,8
-	-	-	2,4	-
-	-	-	-	2,1
-	-	1,8	-	-
-	-	-	1,35	1,55
-	-	-	-	1,15
1	-	-	-	-

### Lampiran 3. Perhitungan Pengenceran Larutan Uji

Rumus pengenceran adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

$V_1$  : volume atau jumlah herbisida yang dibutuhkan

$N_1$  : konsentrasi herbisida

$V_2$  : volume air yang digunakan (aquades)

$N_2$  : dosis herbisida yang diinginkan

Perhitungan pengenceran yang digunakan untuk uji pendahuluan adalah sebagai berikut:

Bahan Aktif → Isopropilamina glifosat

$$\rightarrow 486 \text{ g/L} = 486.000 \text{ mg/L (ppm)}$$

#### Pembuatan larutan induk (stok)

→ 1000 ppm sebanyak 10 L

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

$$V_1 \times (486000 \text{ mg/L}) = (10 \text{ L}) \times (1000 \text{ mg/L})$$

$$V_1 = \frac{10000}{486000} \text{ L}$$

$$V_1 = 0,0206 \text{ L} = 20,6 \text{ mL}$$

maka larutan induk dibuat dengan menggunakan 20,6 mL herbisida dicampur dengan aquades hingga 10.000 mL (10L).

#### 1. Pengenceran untuk Uji Pendahuluan

a. Konsentrasi 100 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (100 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

b. Konsentrasi 10 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (10 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 0,1 \text{ L} = 100 \text{ mL}$$

**Lampiran 3. Lanjutan**

- c. Konsentrasi 1 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (1 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 0,01 \text{ L} = 10 \text{ mL}$$

- d. Konsentrasi 0,1 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (0,1 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 0,001 \text{ L} = 1 \text{ mL}$$

- e. Konsentrasi 0,01 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (0,01 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 0,0001 \text{ L} = 0,1 \text{ mL}$$

- f. Konsentrasi 0,001 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (0,001 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 0,00001 \text{ L} = 0,01 \text{ mL}$$

- g. Konsentrasi 0,0001 ppm

$$V_1 = \frac{(10 \text{ L}) \times (0,0001 \text{ mg/L})}{1000 \text{ mg/L}} = 0,000001 \text{ L} = 0,001 \text{ mL}$$

**2. Pengenceran untuk Uji LC<sub>50</sub>**

- a. Konsentrasi 1,35 ppm

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

- b. Konsentrasi 1,8 ppm

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

- c. Konsentrasi 2,4 ppm

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

- d. Konsentrasi 3,2 ppm

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

- e. Konsentrasi 4,2 ppm

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

Lampiran 3. Lanjutan

f. Konsentrasi 6,5 ppm

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

g. Konsentrasi 8,7 ppm

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



Lampiran 4. Tabel Transformasi Probit

%	0	01	02	03	04	05	06	07	08	09
0		1.9098	2.1218	2.2522	2.3479	2.4242	2.4879	2.5427	2.5911	2.6344
1	2.6737	2.7096	2.7429	2.7738	2.8027	2.8299	2.8556	2.8799	2.9031	2.9251
2	2.9463	2.9665	2.9859	3.0046	3.0226	3.0400	3.0569	3.0732	3.089	3.1043
3	3.1192	3.1337	3.1478	3.1616	3.175	3.1881	3.2009	3.2134	3.2256	3.2376
4	3.2493	3.2608	3.2721	3.2831	3.294	3.3046	3.3151	3.3253	3.3354	3.3454
5	3.3551	3.3648	3.3742	3.3836	3.3928	3.4018	3.4107	3.4196	3.4282	3.4368
6	3.4452	3.4536	3.4618	3.4699	3.478	3.4859	3.4937	3.5015	3.5091	3.5167
7	3.5242	3.5315	3.5389	3.5462	3.5534	3.5605	3.5675	3.5745	3.5813	3.5882
8	3.5949	3.6015	3.6083	3.6148	3.6213	3.6278	3.6342	3.6405	3.6468	3.6531
9	3.6602	3.6654	3.6715	3.6775	3.6835	3.6894	3.6953	3.7012	3.707	3.7127
10	3.7184	3.7241	3.7298	3.7354	3.7409	3.7464	3.7519	3.7574	3.7628	3.7681
11	3.7735	3.7788	3.784	3.7893	3.7945	3.7996	3.8048	3.8099	3.815	3.82
12	3.825	3.83	3.835	3.8395	3.8448	3.8497	3.8545	3.8593	3.8641	3.8689
13	3.8736	3.8783	3.883	3.8877	3.8923	3.8969	3.9015	3.9061	3.9107	3.9152
14	3.9197	3.9242	3.9286	3.9331	3.9375	3.9419	3.9463	3.9506	3.955	3.9593
15	3.9636	3.9678	3.9721	3.9763	3.9806	3.9848	3.989	3.9931	3.9973	4.0014
16	4.0055	4.0096	4.0137	4.0178	4.0218	4.0259	4.0299	4.0339	4.0379	4.0419
17	4.0458	4.0496	4.0537	4.0576	4.0615	4.0654	4.0693	4.0731	4.077	4.0808
18	4.0846	4.0884	4.0922	4.096	4.0998	4.1035	4.1073	4.111	4.1147	4.1184
19	4.1221	4.1258	4.1295	4.1331	4.1367	4.1404	4.144	4.1475	4.1512	4.1548
20	4.1584	4.1619	4.1655	4.169	4.1726	4.1761	4.1796	4.1831	4.1866	4.1901
21	4.1936	4.197	4.2005	4.2039	4.2074	4.2108	4.2142	4.2176	4.221	4.2244
22	4.2278	4.2312	4.2345	4.2379	4.2412	4.2446	4.2479	4.2512	4.2546	4.2579
23	4.2612	4.2644	4.2677	4.271	4.2743	4.2775	4.2808	4.284	4.2872	4.2905
24	4.2937	4.2969	4.3001	4.3033	4.3065	4.3097	4.3129	4.316	4.3192	4.3224
25	4.3255	4.3287	4.3318	4.3349	4.338	4.3412	4.3443	4.3474	4.3505	4.3536
26	4.3567	4.3597	4.3628	4.3659	4.3689	4.372	4.375	4.3781	4.3811	4.3842
27	4.3872	4.3902	4.3932	4.3962	4.3992	4.4022	4.4052	4.4082	4.4112	4.4142
28	4.4172	4.4201	4.4231	4.426	4.429	4.4319	4.4349	4.4378	4.4406	4.4437
29	4.4466	4.4495	4.4524	4.4554	4.4583	4.4612	4.4641	4.467	4.4699	4.4727
30	4.4756	4.4785	4.4813	4.4842	4.4871	4.4899	4.4928	4.4956	4.4985	4.5013
31	4.5041	4.507	4.5098	4.5126	4.5155	4.5183	4.5211	4.5239	4.5267	4.5295
32	4.5323	4.5354	4.5379	4.5407	4.5435	4.5462	4.549	4.5518	4.5546	4.5573
33	4.5601	4.5628	4.5655	4.5684	4.5711	4.5738	4.5766	4.5793	4.5821	4.5848
34	4.5875	4.5903	4.593	4.5957	4.5984	4.6011	4.6039	4.6066	4.6093	4.612
35	4.6147	4.6174	4.6201	4.6228	4.6255	4.6281	4.6308	4.6335	4.6362	4.6389
36	4.6415	4.6442	4.6469	4.6495	4.6522	4.6549	4.6575	4.6602	4.6628	4.6655
37	4.6681	4.6708	4.6734	4.6761	4.6787	4.6814	4.684	4.6866	4.6893	4.6919
38	0.6945	4.6971	4.6998	4.7024	4.705	4.7075	4.7102	4.7129	4.7155	4.7181
39	4.7207	4.7233	4.7259	4.7285	4.7311	4.7337	4.7363	4.7389	4.7415	4.7441
40	4.7467	4.7492	4.7518	4.7544	4.757	4.7596	4.7622	4.7647	4.7673	4.7699
41	4.7725	4.775	4.7776	4.7802	4.7827	4.7853	4.7879	4.7904	4.793	4.7955
42	4.7981	4.8007	4.8032	4.8058	4.8083	4.8109	4.8134	4.816	4.8185	4.8211
43	4.8236	4.8262	4.8287	4.8313	4.8338	4.8363	4.8389	4.8414	4.844	4.8465
44	4.849	4.8516	4.8541	4.8566	4.8592	4.8617	4.8642	4.8668	4.8693	4.8718
45	4.8743	4.8769	4.8794	4.8819	4.8844	4.887	4.8895	4.892	4.8945	4.897
46	4.8996	4.9021	4.9046	4.9071	4.9096	4.9122	4.9147	4.9172	4.9197	4.9222
47	4.9247	4.9272	4.9298	4.9323	4.9348	4.9373	4.9398	4.9423	4.9448	4.9473
48	4.9498	4.9524	4.9549	4.9574	4.9599	4.9624	4.9649	4.9674	4.9699	4.9724
49	4.9749	4.9774	4.9799	4.9825	4.985	4.9875	4.99	4.9925	4.995	4.9975
50	5.0000	5.0025	5.005	5.0075	5.01	5.0125	5.015	5.0175	5.0201	5.0226
51	5.0251	5.0276	5.0301	5.0326	5.0351	5.0376	5.0401	5.0426	5.0451	5.0476
52	5.0502	5.0527	5.0552	5.0577	5.0602	5.0627	5.0652	5.0677	5.0702	5.0728
53	5.0753	5.0778	5.0803	5.0828	5.0853	5.0878	5.0904	5.0929	5.0954	5.0979
54	5.1004	5.103	5.1055	5.108	5.1105	5.113	5.1156	5.1181	5.1206	5.1231
55	5.1257	5.1282	5.1307	5.1332	5.1358	5.1383	5.1408	5.1434	5.1459	5.1484
56	5.151	5.1535	5.156	5.1586	5.1611	5.1637	5.1662	5.1689	5.1713	5.1738

Lampiran 4. Lanjutan

57	5 1754	5 1789	5 1815	5 184	5 1866	5 1891	5 1917	5 1942	5 1966	5 1963
58	5 2019	5 2045	5 207	5 2096	5 2121	5 2147	5 2173	5 2198	5 2224	5 225
59	5 2275	5 2301	5 2327	5 2353	5 2378	5 2404	5 243	5 2456	5 2482	5 2508
60	5 2533	5 2569	5 2585	5 2611	5 2637	5 2666	5 2689	5 2715	5 2741	5 2767
61	5 2793	5 2819	5 2845	5 2871	5 2896	5 2924	5 295	5 2976	5 3002	5 3029
62	5 3066	5 3081	5 3107	5 3134	5 316	5 3186	5 3213	5 3239	5 3266	5 3292
63	5 3319	5 3345	5 3372	5 3398	5 3425	5 3451	5 3478	5 3505	5 3531	5 3558
64	5 3685	5 3611	5 3636	5 3665	5 3692	5 3719	5 3745	5 3772	5 3799	5 3826
65	5 3853	5 388	5 3907	5 3934	5 3961	5 3989	5 4015	5 4043	5 407	5 4097
66	5 4125	5 4152	5 4179	5 4207	5 4234	5 4261	5 4289	5 4316	5 4344	5 4372
67	5 4399	5 4427	5 4454	5 4482	5 451	5 4538	5 4565	5 4593	5 4621	5 4649
68	5 4677	5 4705	5 4733	5 4761	5 4789	5 4817	5 4845	5 4874	5 4902	5 493
69	5 4959	5 4987	5 5015	5 5044	5 5072	5 5101	5 5129	5 5158	5 5187	5 5215
70	5 5244	5 5273	5 5302	5 533	5 5359	5 5388	5 5417	5 5446	5 5475	5 5505
71	5 5534	5 5563	5 5592	5 5622	5 5651	5 5681	5 571	5 574	5 5769	5 5799
72	5 5828	5 5858	5 5888	5 5918	5 5948	5 5978	5 6008	5 6038	5 6068	5 6098
73	5 6128	5 6158	5 6189	5 6219	5 625	5 628	5 6311	5 6341	5 6372	5 6403
74	5 6433	5 6464	5 6495	5 6526	5 6557	5 6588	5 662	5 6651	5 6682	5 6713
75	5 6745	5 6776	5 6808	5 684	5 6871	5 6903	5 6935	5 6967	5 6999	5 7031
76	5 7063	5 7096	5 7128	5 716	5 7192	5 7225	5 7257	5 729	5 7323	5 7356
77	5 7388	5 7421	5 7454	5 7488	5 7521	5 7554	5 7588	5 7621	5 7655	5 7688
78	5 7722	5 7756	5 779	5 7824	5 7858	5 7892	5 7926	5 7961	5 7995	5 803
79	5 8064	5 8098	5 8134	5 8169	5 8204	5 8238	5 8274	5 831	5 8345	5 8381
80	5 8416	5 8452	5 8488	5 8524	5 856	5 8596	5 8633	5 8669	5 8705	5 8742
81	5 8779	5 8816	5 8853	5 889	5 8927	5 8965	5 9002	5 904	5 9078	5 9115
82	5 9154	5 9192	5 923	5 9269	5 9307	5 9346	5 9385	5 9424	5 9463	5 9502
83	5 9542	5 9581	5 9621	5 9661	5 9701	5 9741	5 9782	5 9822	5 9863	5 9904
84	5 9945	5 9986	6 0027	6 0069	6 011	6 0152	6 0194	6 0237	6 0279	6 0322
85	6 0364	6 0407	6 045	6 0494	6 0537	6 0581	6 0625	6 0669	6 0714	6 0758
86	6 0803	6 0848	6 0893	6 0939	6 0985	6 1031	6 1077	6 1123	6 117	6 1217
87	6 1264	6 1311	6 1359	6 1407	6 1455	6 1503	6 1552	6 1601	6 165	6 17
88	6 175	6 18	6 185	6 1901	6 1952	6 2004	6 2055	6 2107	6 216	6 2212
89	6 2265	6 2319	6 2372	6 2428	6 2481	6 2536	6 2591	6 2646	6 2702	6 2759
90	6 2815	6 2873	6 293	6 2988	6 3047	6 3106	6 3165	6 3225	6 3285	6 3346
91	6 3408	6 3469	6 3532	6 3595	6 3658	6 3722	6 3787	6 3852	6 3917	6 3984
92	6 4051	6 4118	6 4187	6 4256	6 4325	6 4395	6 4466	6 4538	6 4611	6 4684
93	6 4758	6 4833	6 4909	6 4985	6 5063	6 5141	6 522	6 5301	6 5382	6 5464
94	6 5548	6 5632	6 5718	6 5805	6 5893	6 5982	6 6072	6 6164	6 6256	6 6352
95	6 6449	6 6546	6 6646	6 6747	6 6849	6 6954	6 706	6 7169	6 7279	6 7392
96	6 7507	6 7624	6 7744	6 7866	6 7991	6 8119	6 825	6 8384	6 8522	6 8663
97	6 8808	6 8957	6 911	6 9268	6 9431	6 96	6 9774	6 9954	7 0141	7 0335
98	7 2537	7 0749	7 0985	7 1201	7 1444	7 1707	7 1973	7 2262	7 2571	7 2904
99	7 3263	7 3656	7 4087	7 4571	7 512	7 5758	7 652	7 7478	7 8782	8 0902

Lampiran 5. Data Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Tabel. Mortalitas Ikan pada Uji Pendahuluan

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Ulangan	Σ Ikan Mas	Mortalitas Ikan Mas (ekor/jam)																	Σ Mortalitas
			0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	
Kontrol	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,0001	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,001	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,01	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	2	0	7
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	3	0	1	8
100	1	10	0	2	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	2	10	0	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10

Lampiran 5. Lanjutan

Tabel. Mortalitas Ikan pada Uji LC<sub>50</sub>

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Ulangan	Σ Ikan Mas	Mortalitas Ikan Mas (ekor/jam)																	Σ Mortalitas	
			0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96		
0 (Kontrol)	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,8	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,2	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4,2	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	2
8,7	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	2	6
	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	5
	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3	6	

## Lampiran 6. Perhitungan Analisis Probit

Tabel. Nilai Probit Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Log. Kons (x)	Σ Ikan Mas	Ulangan			Rata-rata Mortalitas	% Mortalitas	Koreksi Kematian (%)	Probit (y)
			1	2	3				
0 (Kontrol)	-	10	0	0	0	0	0	0	0
1,35	0,13	10	0	0	0	0	0	0	0
1,8	0,25	10	0	0	0	0	0	0	0
2,4	0,38	10	0	0	0	0	0	0	0
3,2	0,50	10	0	0	0	0	0	0	0
4,2	0,62	10	1	0	0	1	10	10	3,71
6,5	0,81	10	1	2	2	2	20	20	4,15
8,7	0,93	10	6	5	6	6	60	60	5,25

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Log. Kons (x)	Konversi Probit (y)	x <sup>2</sup>	xy
4,2	0,62	3,71	0,39	2,32
6,5	0,81	4,15	0,66	3,38
8,7	0,94	5,25	0,88	4,94
Jumlah (Σ)	2,38	13,13	1,93	10,63
Rata-rata	0,79	4,38	0,64	3,54

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$= \frac{3(10,63) - (2,38)(13,13)}{3(1,93) - (2,38)^2}$$

$$= \frac{0,71}{0,15}$$

$$= 4,65$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$= 4,38 - \{(4,65)(0,79)\}$$

$$= 0,69$$

Didapatkan rumus regresi di bawah ini:

$$y = a + bx$$

Diketahui nilai probit adalah 5 (dari konversi probit 5), maka:

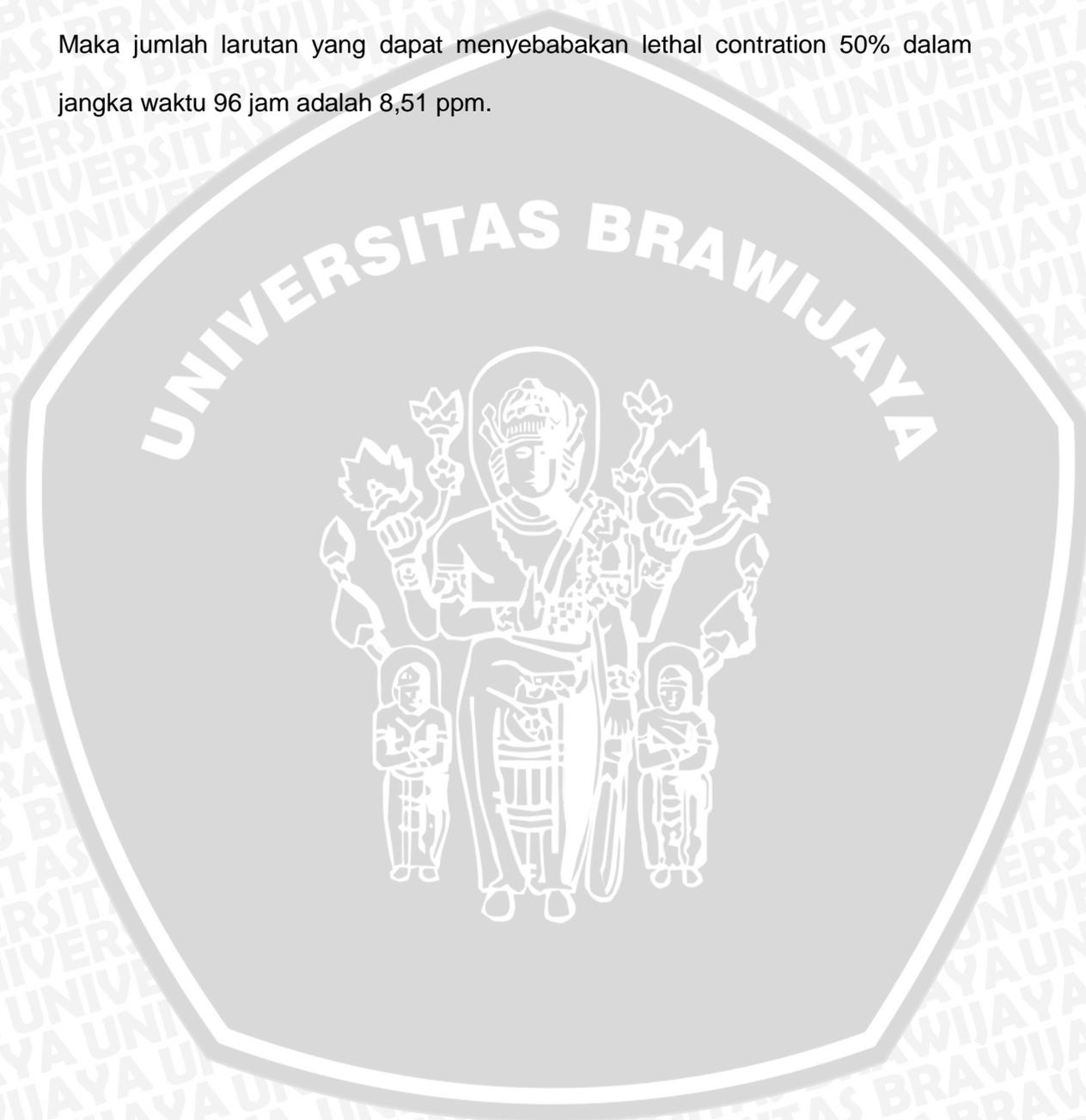
$$5 = 0,69 + 4,65x$$

$$x = \frac{5 - 0,69}{4,65} = 0,93$$

**Lampiran 6. Lanjutan**

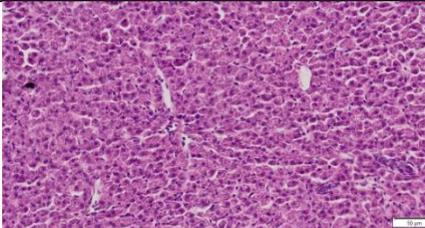
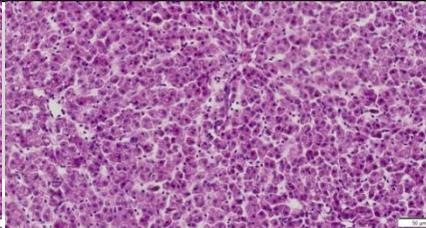
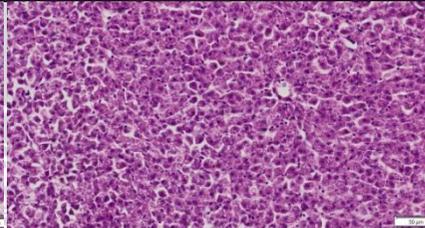
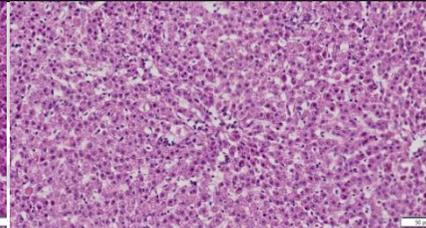
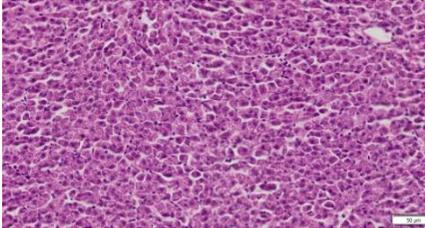
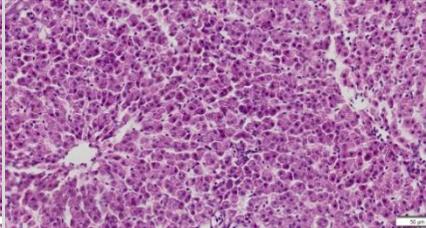
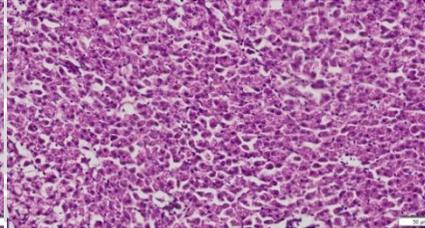
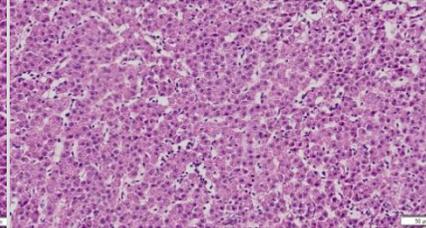
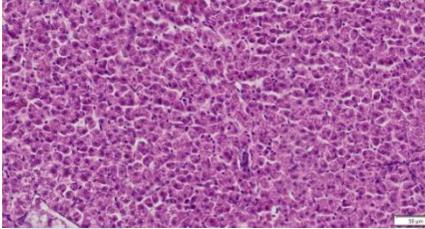
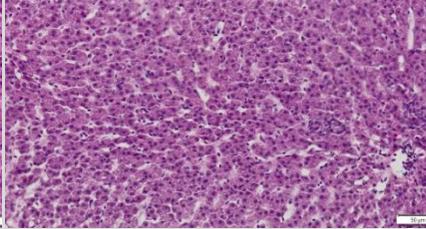
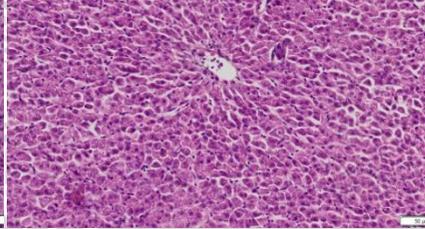
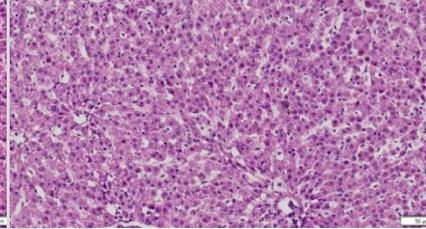
$$\begin{aligned} \text{LC}_{50} (96 \text{ jam}) &= \text{antilog } x \\ &= \text{antilog } 0,93 \\ &= 8,51 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Maka jumlah larutan yang dapat menyebabkan lethal contraction 50% dalam jangka waktu 96 jam adalah 8,51 ppm.



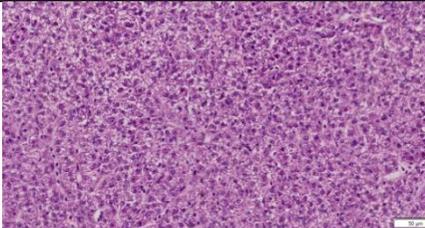
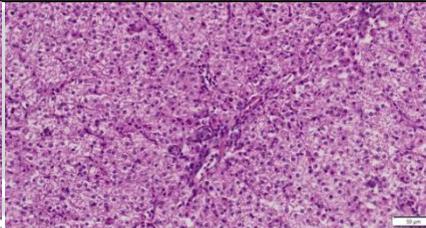
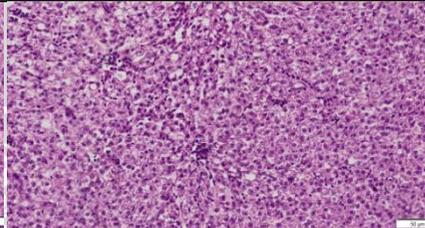
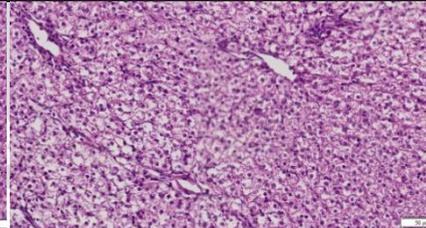
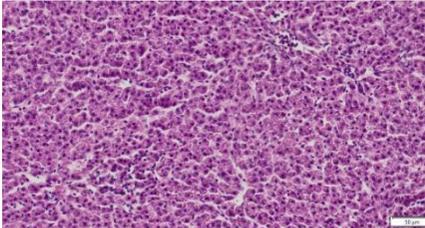
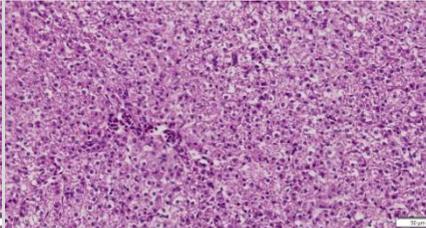
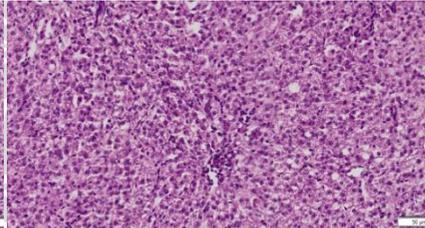
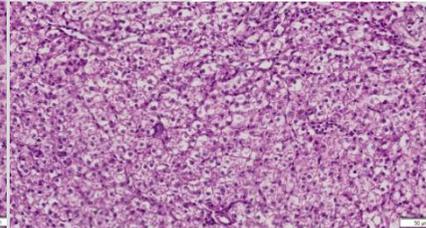
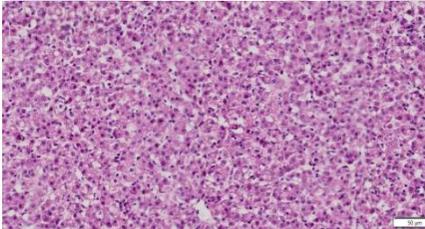
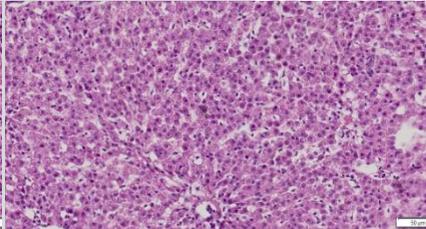
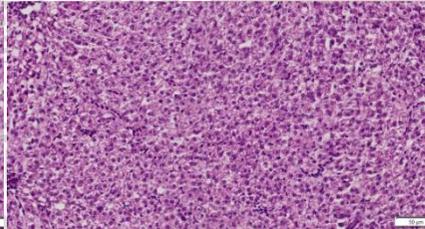
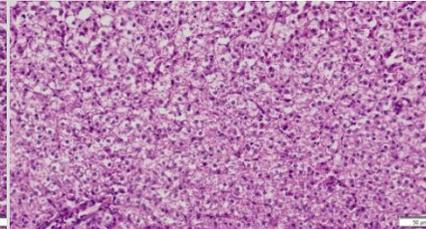
Lampiran 7. Gambar Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Tabel. Mikroanatomi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

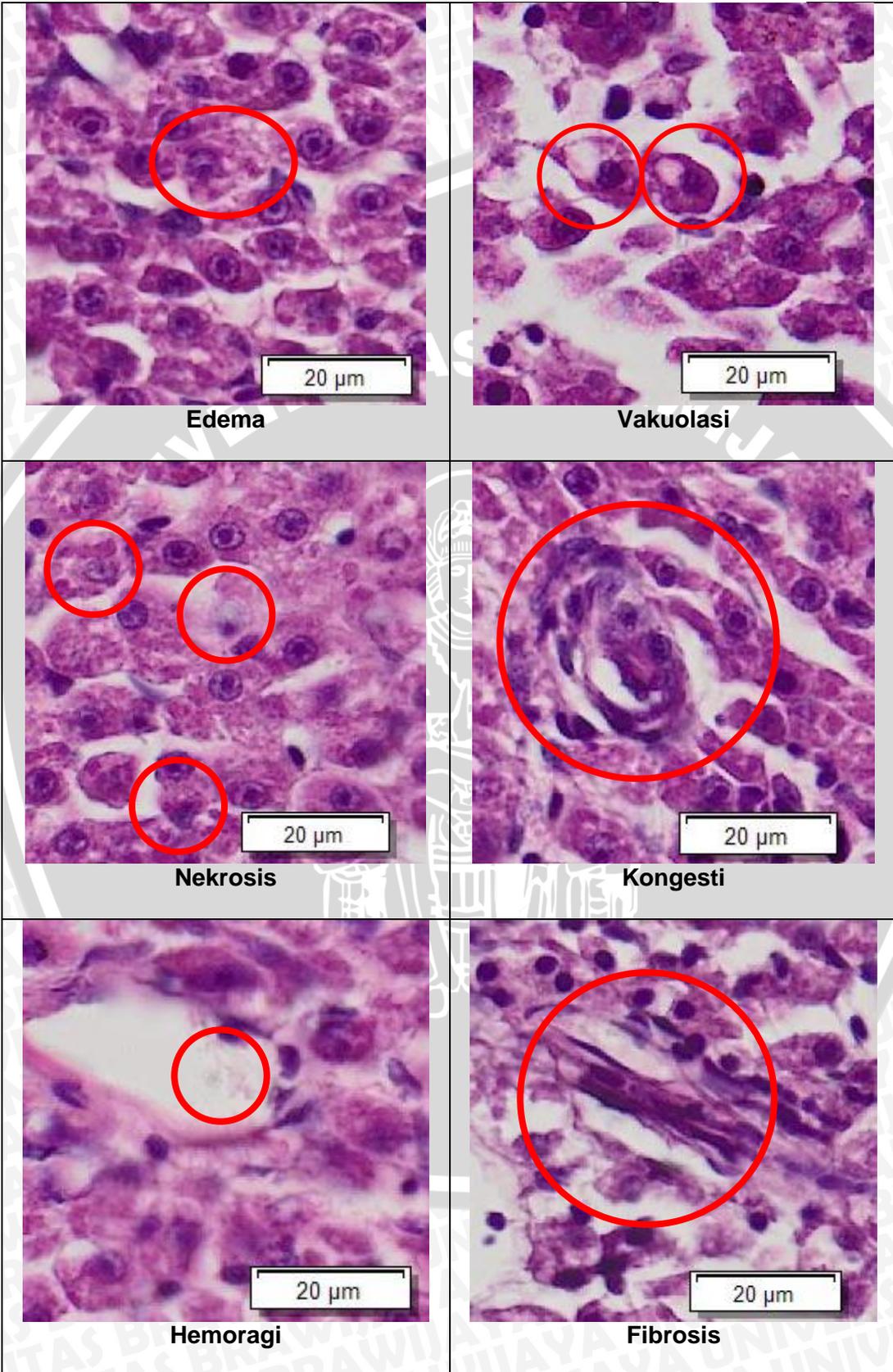
	Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)			
	Kontrol	1,35	1,8	2,4
U L A N G A N	 (1)	 (1)	 (1)	 (1)
	 (2)	 (2)	 (2)	 (2)
	 (3)	 (3)	 (3)	 (3)

Lampiran 7. Lanjutan

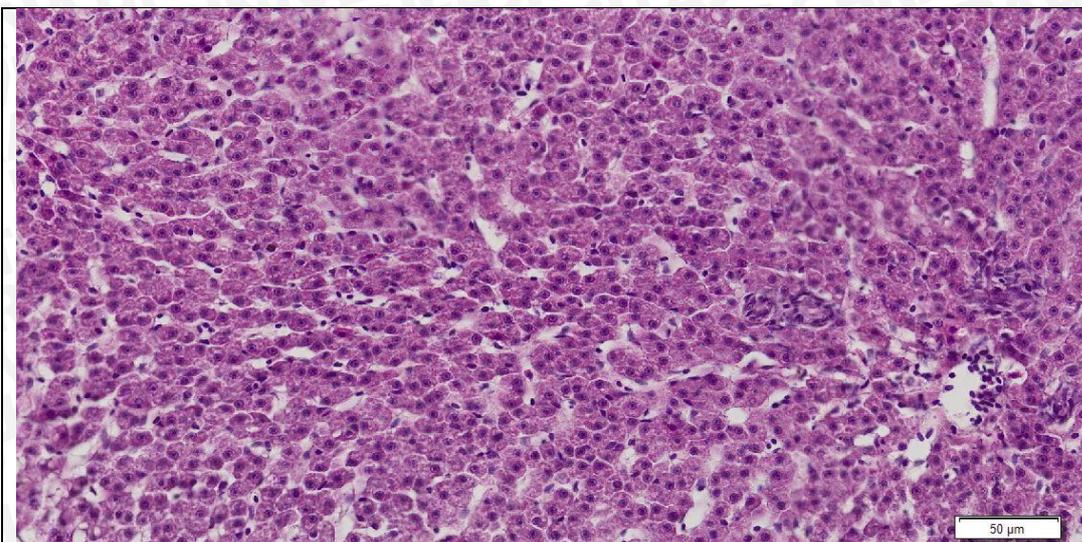
Tabel. Mikroanatomi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

		Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)			
		3,2	4,2	6,5	8,7
U L A N G A N	(1)				
	(2)				
	(3)				

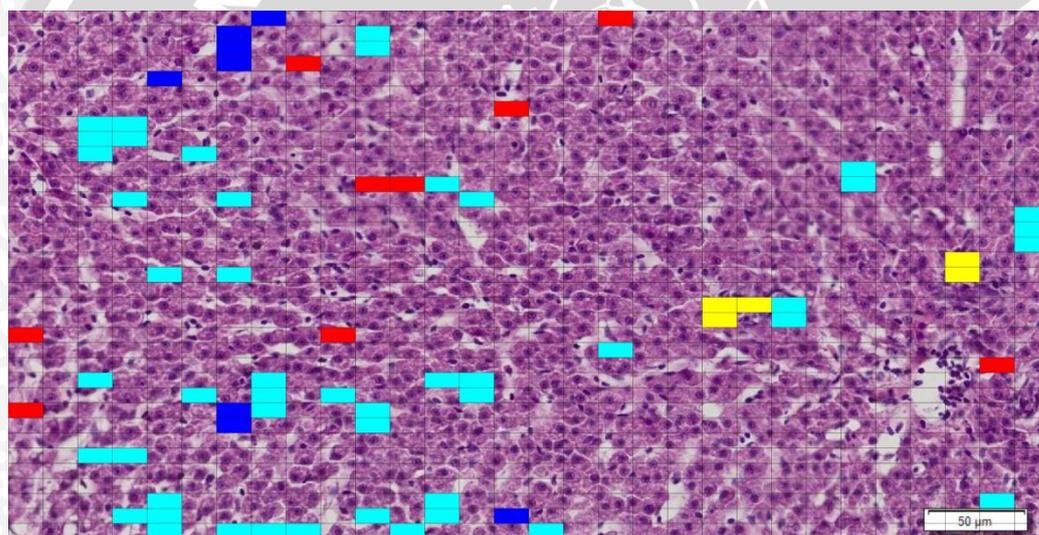
Lampiran 8. Contoh Jenis Kerusakan Hati



Lampiran 9. Contoh Perhitungan Kerusakan pada Aplikasi Corel Draw



Gambar sebelum ditandai



Gambar setelah ditandai

Keterangan:

: Edema    
  : Kongesti    
  : Hemoragi    
  : Vakuolasi

Contoh Perhitungan Kerusakan pada konsentrasi paparan 1,35 ppm adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak}}{\text{Jumlah jaringan yang dianalisis}} \times 100\%$$

$$\diamond \text{ Edema} = \frac{48}{1042} \times 100\% = 4,607\%$$

Lampiran 9. Lanjutan

$$\diamond \text{ Kongesti} = \frac{5}{1042} \times 100\% = 0,480\%$$

$$\diamond \text{ Hemoragi} = \frac{9}{1042} \times 100\% = 0,846\%$$

$$\diamond \text{ Vakuolasi} = \frac{8}{1042} \times 100\% = 0,768\%$$

maka persentase kerusakan total, yaitu:

$$4,607\% + 0,480\% + 0,846\% + 0,768\% = 6,701\%.$$



Lampiran 10. Hasil Perhitungan Kerusakan Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Tabel. Perhitungan Kerusakan pada Aplikasi Corel Draw

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Ulangan	Jenis Kerusakan Hati (kotak)										Total (kotak)		
		Edema	Rata-Rata	Vakuolasi	Rata-rata	Nekrosis	Rata-Rata	Kongesti	Rata-Rata	Hemoragi	Rata-Rata		Fibrosis	Rata-Rata
0 (Kontrol)	1	-		-		-		-		-		-		-
	2	-		-		-		-		-		-		-
	3	-		-		-		-		-		-		-
1,35	1	42		2		7		6		21		-		-
	2	34	<b>42</b>	13	<b>8</b>	7	<b>5</b>	8	<b>6</b>	1	<b>11</b>	-	-	72
	3	48		8		-		5		9		-		-
1,8	1	52		6		13		-		0		-		-
	2	72	<b>58</b>	35	<b>7</b>	16	<b>11</b>	3	<b>3</b>	2	<b>2</b>	-	-	81
	3	50		-		3		5		4		-		-
2,4	1	89		32		43		-		3		-		-
	2	63	<b>75</b>	23	<b>46</b>	43	<b>44</b>	2	<b>2</b>	7	<b>6</b>	-	-	173
	3	72		82		45		2		6		-		-
3,2	1	78		70		31		5		9		-		-
	2	44	<b>61</b>	85	<b>76</b>	38	<b>32</b>	3	<b>6</b>	5	<b>9</b>	-	-	184
	3	60		71		25		8		13		-		-
4,2	1	113		90		37		9		21		-		-
	2	90	<b>81</b>	121	<b>107</b>	43	<b>42</b>	4	<b>6</b>	6	<b>13</b>	-	-	249
	3	40		109		46		4		10		-		-
6,5	1	91		123		41		4		4		-		-
	2	98	<b>90</b>	102	<b>127</b>	43	<b>43</b>	7	<b>6</b>	9	<b>5</b>	5	<b>2</b>	271
	3	83		154		45		5		4		-		-
8,7	1	31		201		103		-		20		19		-
	2	62	<b>56</b>	160	<b>166</b>	69	<b>83</b>	3	<b>3</b>	16	<b>22</b>	12	<b>13</b>	330
	3	73		135		75		4		30		6		-

Lampiran 10. Lanjutan

Tabel. Persentase Kerusakan Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Konsentrasi Isopropilamina Glifosat (ppm)	Ulangan	Jenis Kerusakan Hati (%)											Total (%)	
		Edema	Rata-Rata	Vakuolasi	Rata-Rata	Nekrosis	Rata-Rata	Kongesti	Rata-Rata	Hemoragi	Rata-Rata	Fibrosis		Rata-Rata
0 (Kontrol)	1	-		-		-		-		-		-		-
	2	-		-		-		-		-		-		-
	3	-		-		-		-		-		-		-
1,35	1	4,031		0,192		0,672		0,576		2,015		-		-
	2	3,263	<b>3,967</b>	1,248	<b>0,736</b>	0,672	0,448	0,768	<b>0,608</b>	0,096	<b>0,992</b>	-	-	6,750
	3	4,607		0,768		0,000		0,480		0,864		-		-
1,8	1	4,990		0,576		1,248		-		0,000		-		-
	2	6,910	<b>5,566</b>	3,359	<b>1,312</b>	1,536	<b>1,024</b>	0,288	<b>0,256</b>	0,192	<b>0,192</b>	-	-	8,349
	3	4,798		0,000		0,288		0,480		0,384		-		-
2,4	1	8,541		3,071		4,127		-		0,288		-		-
	2	6,046	<b>7,166</b>	2,207	<b>4,383</b>	4,127	<b>4,191</b>	0,192	<b>0,128</b>	0,672	<b>0,512</b>	-	-	16,379
	3	6,910		7,869		4,319		0,192		0,576		-		-
3,2	1	7,486		6,718		2,975		0,480		0,864		-		-
	2	4,223	<b>5,822</b>	8,157	<b>7,230</b>	3,647	<b>3,007</b>	0,288	<b>0,512</b>	0,480	<b>0,864</b>	-	-	17,434
	3	5,758		6,814		2,399		0,768		1,248		-		-
4,2	1	10,845		8,637		3,551		0,864		2,015		-		-
	2	8,637	<b>7,774</b>	11,612	<b>10,237</b>	4,127	<b>4,031</b>	0,384	<b>0,544</b>	0,576	<b>1,184</b>	-	-	23,768
	3	3,839		10,461		4,415		0,384		0,960		-		-
6,5	1	8,733		11,804		3,935		0,384		0,384		-		-
	2	9,405	<b>8,701</b>	9,789	<b>12,124</b>	4,127	<b>4,127</b>	0,672	<b>0,512</b>	0,864	<b>0,544</b>	0,480	<b>0,160</b>	26,168
	3	7,965		14,779		4,319		0,480		0,384		-		-
8,7	1	2,975		19,290		9,885		-		1,919		1,823		-
	2	5,950	<b>5,310</b>	15,355	<b>15,867</b>	6,622	<b>24,728</b>	0,288	<b>0,224</b>	1,536	<b>2,111</b>	1,152	<b>1,184</b>	32,598
	3	7,006		12,956		7,198		0,384		2,879		0,576		-

Lampiran 11. Data Parameter Kualitas Air

Tabel. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Konsentrasi (ppm)	Ulang-an	0 jam (Awal)			24 jam			48 jam			72 jam			96 jam		
		Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
Kontrol	1	26,3	7,49	5,49	24,3	7,53	5,86	25,5	7,45	5,88	24,5	7,54	5,74	27,7	7,62	5,41
	2	26,3	7,42	5,51	24,2	7,51	5,77	25,4	7,35	5,81	24,4	7,52	5,65	27,7	7,61	4,81
	3	26,3	7,76	5,75	24,4	7,54	5,88	25,5	7,29	5,82	24,3	7,50	5,73	27,8	7,63	5,17
1,35	1	26,2	7,62	5,70	24,7	7,52	5,96	25,4	7,35	6,04	24,4	7,46	5,78	27,9	7,71	5,38
	2	25,5	7,82	5,77	24,4	7,55	5,80	25,4	7,30	6,02	24,2	7,46	5,52	27,9	7,73	5,58
	3	25,7	7,78	5,72	24,4	7,49	5,92	25,4	7,32	5,97	24,4	7,48	5,83	27,8	7,75	5,52
1,8	1	25,6	7,53	5,65	24,6	7,55	5,82	25,3	7,39	5,74	25,1	7,47	5,91	28,8	7,79	5,55
	2	25,4	7,55	5,78	24,6	7,58	5,78	25,3	7,41	5,73	25,0	7,48	5,92	28,1	7,28	5,54
	3	25,4	7,49	5,65	24,6	7,55	5,90	25,3	7,38	4,97	24,8	7,48	5,96	28,1	7,26	5,60
2,4	1	25,7	7,27	5,67	24,6	7,51	5,82	25,3	7,38	4,89	24,7	7,47	5,92	28,1	7,28	5,71
	2	25,8	7,41	5,67	25,0	7,53	6,33	25,2	7,41	5,82	24,9	7,50	5,99	28,1	7,25	5,61
	3	26,0	7,46	5,56	25,0	7,45	5,78	25,2	7,38	6,05	25,0	7,43	5,95	28,1	7,30	5,72
3,2	1	26,6	7,44	5,80	24,8	7,42	5,33	25,2	7,38	6,09	24,4	7,61	5,93	28,2	7,29	5,61
	2	26,7	7,63	5,80	24,9	7,43	5,49	25,2	7,40	6,34	24,5	7,49	5,86	28,2	7,34	4,70
	3	26,5	7,56	5,75	24,9	7,44	4,99	25,2	7,42	6,66	24,6	7,48	5,96	28,2	7,32	5,52
4,2	1	26,7	7,57	5,84	24,5	7,46	6,07	25,2	7,40	6,45	24,6	7,47	6,07	28,2	7,35	5,47
	2	26,6	7,37	5,71	25,0	7,54	6,20	25,1	7,61	6,78	24,7	7,47	6,06	28,2	7,32	5,48
	3	26,4	7,49	5,46	25,1	7,46	6,25	25,1	7,55	6,77	24,6	7,48	6,07	28,2	7,34	5,31
6,5	1	26,3	7,45	5,39	25,4	7,53	5,21	25,8	7,51	6,68	24,8	7,63	6,16	28,2	7,39	5,33
	2	26,2	7,43	5,53	25,1	7,50	6,48	25,1	7,45	6,71	24,9	7,44	6,10	28,2	7,37	5,48
	3	26,1	7,29	5,35	24,9	7,49	6,40	25,1	7,53	6,86	25,0	7,50	6,01	28,2	7,35	5,45
8,7	1	25,9	7,56	5,60	24,8	7,48	6,21	25,1	7,48	6,37	25,1	7,63	6,08	28,0	7,32	5,89
	2	26,1	7,44	5,82	24,7	7,44	6,15	25,1	7,49	6,52	24,9	7,39	5,84	27,9	7,32	5,73
	3	26,1	7,41	5,40	24,7	7,43	6,16	25,0	7,52	6,69	24,9	7,60	5,93	27,7	7,34	5,78

Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian



Pengenceran



Bak Paparan



Ikan Mas yang Dibedah



Pengukuran Kualitas Air



Respon Ikan Mas setelah Dipapar



Herbisida yang digunakan