

**UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>) HERBISIDA DENGAN BAHAN AKTIF  
PARAKUAT DIKLORIDA TERHADAP IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*  
Trewavas) PADA BAK–BAK PERCOBAAN**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**YUSNITA**

**NIM. 105080101111030**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

**UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>) HERBISIDA DENGAN BAHAN AKTIF  
PARAKUAT DIKLORIDA TERHADAP IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*  
Trewavas) PADA BAK–BAK PERCOBAAN**

**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 :  
YUSNITA  
NIM. 105080101111030**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

SKRIPSI

UJI TOKSISITAS AKUT (LC<sub>50</sub>) HERBISIDA DENGAN BAHAN AKTIF  
PARAKUAT DIKLORIDA TERHADAP IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*  
Trewavas) PADA BAK-BAK PERCOBAAN

Oleh:  
YUSNITA  
NIM : 105080101111030

Telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 3 November 2014  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Ir. Supriatna, M.Si)  
NIP. 19640515 199003 1 003

Tanggal

Dosen Penguji II

(Ir. Putut Widjanarko, MP)  
NIP. 19540101 198303 1 006

Tanggal

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir.Kusriani, MP)  
NIP. 19560417 198403 2 001

Tanggal

Dosen Pembimbing II

(Dr.Ir. Umi Zakiyah, M.Si)  
NIP. 19610303 198602 2 001

Tanggal

Mengetahui,

Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Arning Wilujeng, E., MS)  
NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal

## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 3 November 2014

Mahasiswa

Yusnita

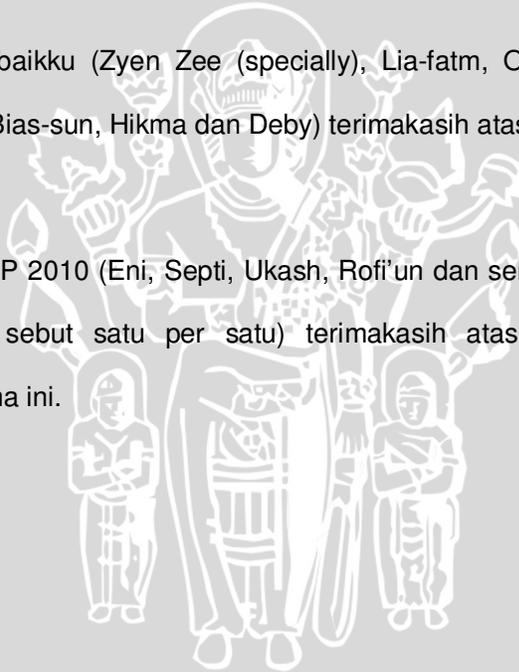
## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan Laporan Skripsi ini, tentunya tidak sedikit hambatan yang dihadapi penulis, terlepas dari itu semua penulis tentunya mendapat banyak bantuan, dukungan dan bimbingan serta do'a dari orang tua maupun dosen-dosen, yang telah diberikan mulai dari proses sampai akhir pelaksanaan penyusunan skripsi ini. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

- ❖ Allah S.W.T, atas limpahan nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini
- ❖ Terimakasih yang tiada terhingga untuk kedua orangtuaku tercinta, bapak (Ridwan Azhar) dan Ibunda (Husniah) atas semua cinta, kesabaran, ketulusan dan keikhlasannya dalam mendo'akan dan mendukung setiap langkah dalam hidupku
- ❖ Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di fakultas
- ❖ Ir. Kusriani, MP dan Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan dan nasehat yang telah diberikan
- ❖ Ir. Supriatna, MS dan Ir. Putut Widjanarko selaku dosen penguji atas saran dan nasehat yang diberikan
- ❖ Untuk grand ma dan grand fa terbaik sedunia yang aku miliki (papak Sa'it, papuk Ripdah, Alm.papak Azhar nine dan Alm.papak Azhar mame)

terimakasih untuk do'a dan ilmu kehidupan (cinta, kesetiaan dan semangat ) yang begitu luar biasa.

- ❖ Kedua adikku tercinta (Zuriatun S. dan M. Yakub Ibrahim Azhar), terimakasih untuk semua kasih sayang dan kebersamaan yang tak kan terlupakan dalam kisah hidup kita sebagai saudara, kakak sayang kalian.
- ❖ Keluarga besarku (mak de dan pak de semuanya, mak de nung, bik miem, man elan, manfie, bik wank dan semua adik-adikku tersayang dari angkatan 90-an sampai angkatan 2000-an ☺), terimakasih telah menjadi keluarga terbaikku dan untuk semua dukungan serta do'a semuanya.
- ❖ Teman-teman terbaikku (Zyen Zee (specially), Lia-fatm, Oyie'-koyet, Yesi-pong, Arik-ngek, Bias-sun, Hikma dan Deby) terimakasih atas do'a, semangat dan bantuannya.
- ❖ Teman-teman MSP 2010 (Eni, Septi, Ukash, Rofi'un dan semua teman yang tidak bisa saya sebut satu per satu) terimakasih atas semangat dan bantuannya selama ini.



## RINGKASAN

**YUSNITA.** Skripsi dengan judul Uji Toksisitas Akut ( $LC_{50}$ ) Herbisida dengan Bahan Aktif Parakuat diklorida terhadap Mortalitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Trewavas) pada Bak-Bak Percobaan (Di bawah bimbingan **Ir.Kusriani, MP** dan **Dr. Ir. Umi Zakiyah, MSi.**)

Kebutuhan manusia terhadap bahan pokok, seperti pangan semakin meningkat dengan sangat pesat dari tahun ke tahun, namun produksi pertanian yang menghasilkan bahan pokok tersebut semakin menurun yang disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya yakni serangan hama, khususnya hama tanaman (gulma) dalam budidaya pertanian. Dalam upaya perlindungan tanaman pangan, praktek penanggulangan hama tumbuhan (gulma) secara kimiawi yakni dengan herbisida. Penggunaan herbisida secara luas menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan makhluk hidup khususnya organisme akuatik seperti ikan Nila, karena secara langsung maupun tidak langsung limbah kimia pertanian akan masuk ke perairan (seperti badan sungai) melalui irigasi pertanian. Salah satu jenis herbisida yang umum dan sering digunakan pada pertanian yakni herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan tingkat toksisitas *Lethal Concentration* ( $LC_{50}$ ) herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida dan dampaknya yang dilihat dari mortalitas ikan Nila. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 3 April sampai 5 Mei 2014 di laboratorium Reproduksi, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengadakan observasi di bawah kondisi buatan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 tahap uji yaitu uji pendahuluan dan uji sesungguhnya. Uji sesungguhnya dilakukan untuk mengetahui ambang atas dan ambang bawah yang akan digunakan untuk uji sesungguhnya. Konsentrasi yang digunakan pada uji pendahuluan sesuai dengan skala logaritmik menggunakan angka kelipatan 10, sehingga digunakan konsentrasi 0,0028 ppm; 0,028 ppm; 0,28 ppm; 2,8 ppm; 28 ppm dan 0 ppm (kontrol). Pada uji sesungguhnya konsentrasi yang digunakan sesuai dari hasil uji pendahuluan yaitu ambang atas 28 ppm dan ambang bawah 2,8 ppm, lalu digunakan konsentrasi sesuai dengan tabel logaritmik dan dibagi 3,6 sehingga didapatkan konsentrasi 7,8 ppm; 11,6 ppm; 18,1 ppm; 24,2 ppm dan 0 ppm (kontrol). Pengamatan uji mortalitas ikan Nila dilakukan selama 96 jam (4 hari), masing-masing pada uji pendahuluan dan uji sesungguhnya.

Hasil uji mortalitas ikan Nila terhadap herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida selama 96 jam yaitu pada perlakuan kontrol (0 ppm) mortalitas ikan Nila sebesar 0 %, sedangkan pada perlakuan A (7,8 ppm) mortalitas sebesar 10%, perlakuan B (11,6 ppm) mortalitas 33,3%, perlakuan C (18,1 ppm) mortalitas 40% dan perlakuan D (24,2 ppm) mortalitas 70%. Berdasarkan analisa probit didapatkan nilai toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap ikan Nila yaitu sebesar 16,95 ppm. Hasil pengukuran parameter kualitas air selama penelitian didapatkan kisaran Suhu = 22,9°C – 27,3°C; derajat keasaman (pH) = 7,40 – 8,09; oksigen terlarut (DO) = 4,31 – 5,90 (mg/l), Dari hasil tersebut kisaran kualitas air termasuk normal.

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu nilai toksisitas akut herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap ikan Nila yaitu sebesar 16,95 ppm termasuk dalam golongan toksik sedang. Dan Proses kematian ikan dari konsentrasi terendah (7,8 ppm) sampai konsentrasi tertinggi (24,2 ppm) diperoleh pada jam perlakuan yang berbeda, artinya semakin tinggi konsentrasi maka proses kematian ikan Nila terjadi lebih cepat dibandingkan pada konsentrasi yang lebih rendah.

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini agar meminimalisir dampak dari penggunaan herbisida terhadap kehidupan akuatik misalnya dengan cara pembuatan bak-bak (kolam) penampungan limbah yang bertujuan untuk pengelolaan air limbah pertanian sebelum masuk ke perairan umum (seperti sungai dan laut).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penelitian Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub>) Herbisida dengan Bahan Aktif Parakuat diklorida terhadap Mortalitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Trewavas) pada Bak-Bak Percobaan ini dapat berjalan dengan baik.

Laporan Skripsi ini disusun sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu menambah informasi mengenai pengaruh limbah kimia herbisida terhadap biota perairan.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, sehingga masih perlu penyempurnaan di masa yang akan datang, dengan harapan memberikan ilmu yang bermanfaat dan selalu diperbarui dari waktu ke waktu. Oleh karena itu segala saran dan perbaikan diterima dengan senang hati.

Malang, 30 Oktober 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	iii
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Kegunaan .....	6
1.5 Waktu dan Tempat .....	7
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pestisida .....	8
2.2 Herbisida .....	10
2.2.1 Pengertian dan Toksisitas Herbisida .....	10
2.2.2 Masuknya Limbah Herbisida Ke Perairan.....	11
2.2.3 Mekanisme Herbisida Masuk ke Tubuh Organisme.....	12
2.3 Uji Toksisitas.....	13
2.4 Lethal Concentration 50 (LC <sub>50</sub> ) .....	15
2.5 Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> T.) .....	16
2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila .....	16
2.5.2 Habitat dan Penyebaran Ikan Nila .....	18
2.5.3 Ikan Nila sebagai Bioindikator .....	19
2.6 Parameter Kualitas Air.....	19
2.6.1 Suhu.....	19
2.6.2 pH .....	20
2.6.3 Disolved Oxygen (DO).....	21
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Materi Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3.3 Lokasi Penelitian .....	22
3.4 Metode Penelitian.....	22
3.4.1 Tahapan Penelitian .....	24

3.4.2 Analisis Kualitas Air.....	28
3.4.3 Analisis Data.....	29

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

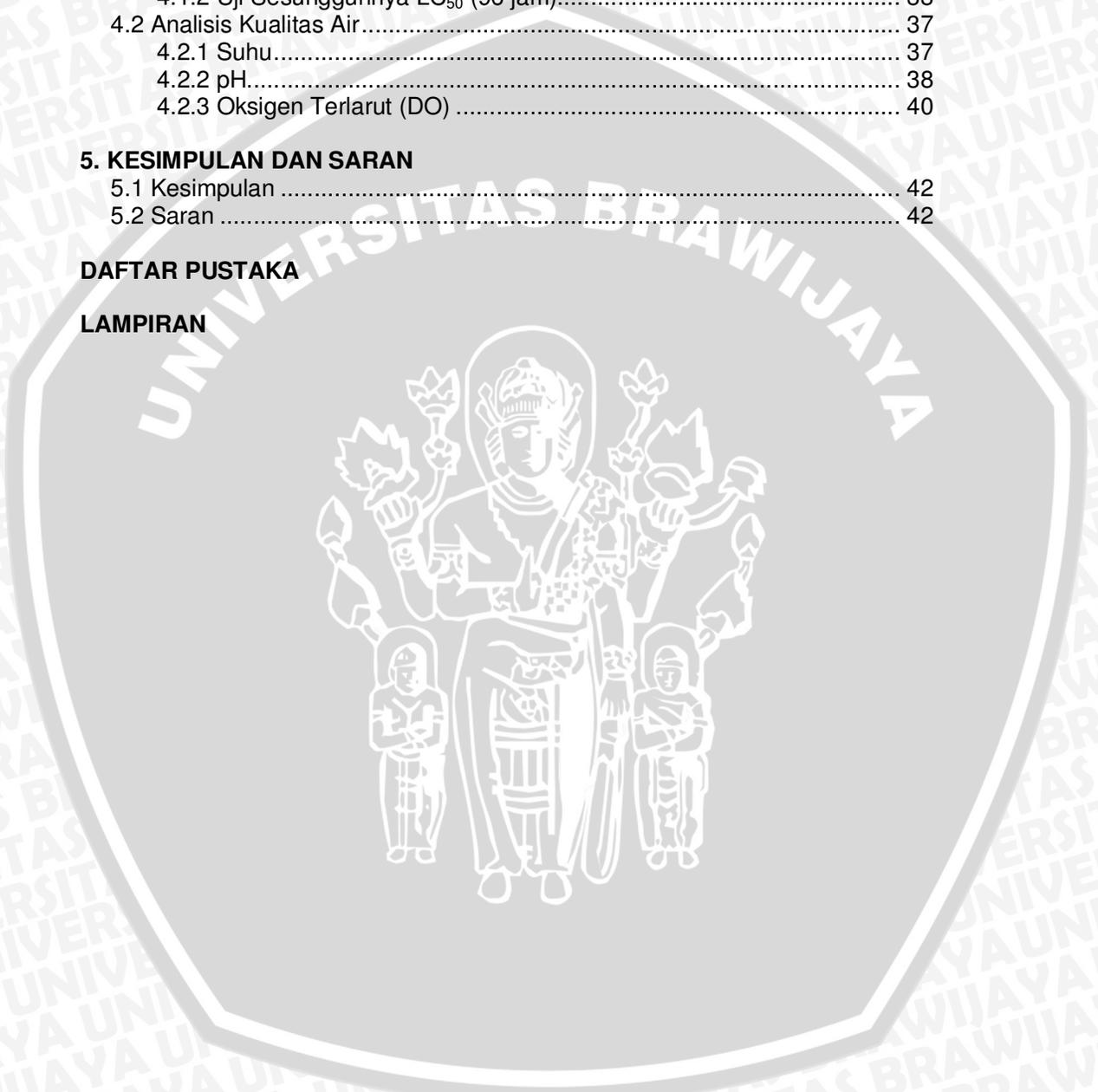
4.1 Uji Toksisitas Akut Herbisida Parakuat diklorida Terhadap Ikan Nila .....	31
4.1.1 Uji Pendahuluan .....	31
4.1.2 Uji Sesungguhnya LC <sub>50</sub> (96 jam).....	33
4.2 Analisis Kualitas Air.....	37
4.2.1 Suhu.....	37
4.2.2 pH.....	38
4.2.3 Oksigen Terlarut (DO) .....	40

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran .....	42

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Peringkat Daya Racun Herbisida Terhadap Ikan .....	11
2. Data Mortalitas $LC_{50-96jam}$ Ikan Nila pada Uji Pendahuluan .....	32
3. Data Mortalitas $LC_{50-96jam}$ Ikan Nila pada Uji Sesungguhnya .....	34
4. Peringkat Daya Racun Herbisida Terhadap Ikan .....	35
5. Hasil Observasi Visual Ikan Nila pada Uji Sesungguhnya .....	36
6. Hasil Pengukuran Rata-rata Suhu Harian ( $^{\circ}C$ ) .....	38
7. Hasil Pengukuran Rata-rata pH Harian .....	39
8. Hasil Pengukuran Rata-rata Oksigen Terlarut (DO) Harian (mg/L) .....	40



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Alir Permasalahan .....	5
2. Mekanisme Bioakumulasi Bahan Kimia ke dalam Biota Perairan .....	13
3. Morfologi Ikan Nila .....	16
4. Perbedaan Alat Kelamin Ikan Nila Jantan dan Nila Betina .....	17
5. Denah Tata Letak Bak Percobaan .....	24
6. Mortalitas Ikan Nila Perhari pada Uji Pendahuluan .....	32
7. Mortalitas Ikan Nila Perhari pada Uji Sesungguhnya .....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan Penelitian .....	47
2. Tabel Skala Logaritmik .....	48
3. Perhitungan Pengenceran Larutan Uji .....	49
4. Denah Tata Letak Bak Percobaan .....	53
5. Perhitungan LC <sub>50</sub> .....	54
6. Pengamatan Mortalitas Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> T.) .....	58
7. Pengamatan Harian Suhu (°C) .....	60
8. Pengamatan Harian pH .....	62
9. Pengamatan Harian Oksigen Terlarut/DO (mg/L) .....	64



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap bahan pokok, seperti pangan semakin meningkat dari tahun ke tahun, namun produksi pertanian yang menghasilkan bahan pokok tersebut semakin menurun yang disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya yakni serangan hama, khususnya hama tanaman (gulma) dalam budidaya pertanian. Dalam upaya perlindungan tanaman pangan, praktek penanggulangan hama tumbuhan (gulma) secara kimiawi dengan herbisida termasuk dalam paket teknologi budidaya pertanian. Tanpa upaya pemberantasan gulma, produksi padi dapat menurun 15%–42% (Bangun, 1986). Penggunaan herbisida di sektor budidaya padi akan terus meningkat sehubungan dengan diterapkannya teknologi agronomi seperti Tanpa Olah Tanah (TOT) dan Tebar Benih Langsung (TABELA).

Sejak tahun 1950-an hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa kimia yang digunakan sebagai herbisida banyak yang berdampak negatif bagi kehidupan akuatik dan merugikan sektor perikanan (Mullison, 1970 dan Brown, 1978 dalam Koesoemadinata dan Sutrisno, 1997). Daya racun herbisida terhadap ikan terutama ditentukan oleh bahan aktif (gugus senyawa kimia), kondisi lingkungan dan jenis serta ukuran ikan. Pada umumnya daya racun herbisida terhadap ikan lebih rendah dibandingkan dengan insektisida atau fungisida (Jones, 1962; Koesoemadinata, 1980). Akan tetapi dapat bersifat tidak terpulihkan (*irreversible*) dan menyebabkan kematian setelah jangka waktu yang relatif lama (Alabaster, 1969). Herbisida dapat bersifat persisten dan meninggalkan residu dalam air, tanah dan jaringan tubuh ikan, yang dapat berpengaruh negatif pada perkembangan hidup ikan maupun bagi konsumen ikan.

Penggunaan herbisida dalam bidang pertanian secara langsung akan menghasilkan limbah yang terbawa melalui irigasi pertanian dan akan menuju ke badan

sungai. Masukan atau *effluent* limbah pertanian ke dalam perairan umum tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu akan menjadi salah satu sumber pencemar pada perairan tersebut dan dapat menyebabkan kematian pada biota akuatik di dalamnya, sehingga perlunya untuk dilakukan pengujian toksisitas akut herbisida yang merupakan bagian dari pengujian toksikologi perairan.

Di Indonesia, pengendalian gulma dengan menggunakan herbisida telah diterapkan secara intensif pada usaha pertanian maju, pada perkebunan besar dan pertanian-rakyat modern. Peningkatan penggunaan herbisida dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain ketersediaan tenaga kerja yang terbatas, dengan herbisida waktu pelaksanaan pengendalian gulma relatif singkat, dan biaya pengendalian lebih murah (*cost-effective*) dibanding dengan teknik lain (Labrada, 1997).

Dua jenis bahan aktif herbisida yang paling umum digunakan yakni parakuat dan glifosat. Parakuat merupakan herbisida kontak yang mematikan tumbuhan dengan cara merusak membran sel. Menurut Chung (1995), pemakaian parakuat memiliki keunggulan dalam hal suksesi gulma. Parakuat merupakan herbisida non-selektif dan secara luas sering digunakan, terutama pada sistem pertanian dan oleh agen pemerintah dan perindustrian untuk mengontrol hama tanaman. Toksisitas zat ini melalui pembentukan radikal bebas dan salah satu penyebarannya melalui inhalasi atau oral yang akan memberikan efek samping pada paru-paru atau alat pernafasan lainnya. Jika dalam penggunaan herbisida tidak memperhatikan batas pemakaian keamanan, akan membahayakan bagi kesehatan manusia dan hewan. Herbisida dinilai berbahaya jika terpapar pada hewan dan manusia, sehingga diperlukan pengujian sejauh mana tingkat toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) dari dampak herbisida jenis parakuat.

Penggunaan herbisida secara selektif perlu didasari dengan data hasil penelitian toksikologi akuatik, khususnya uji toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) herbisida

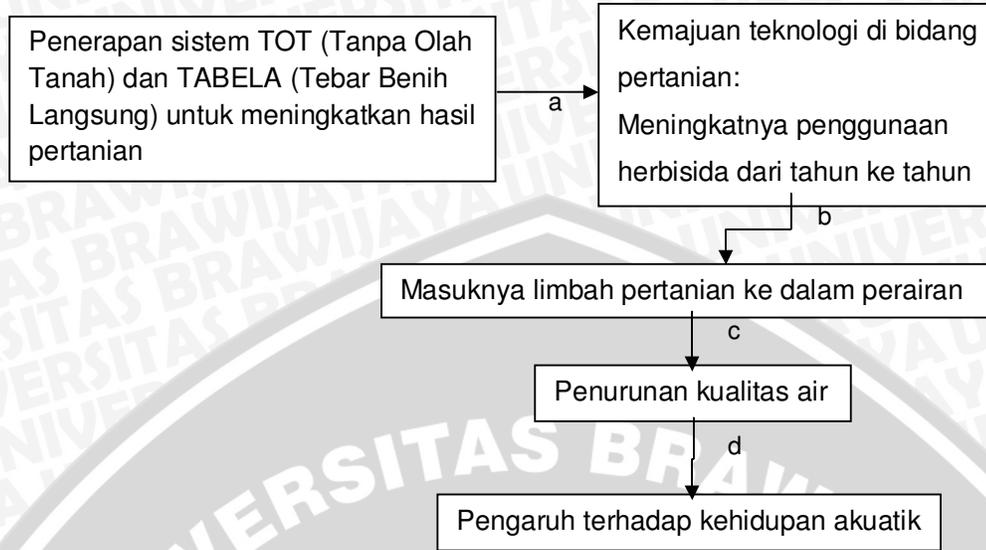
terhadap ikan Nila, untuk mengetahui konsentrasi maksimum herbisida yang aman bagi kehidupan ikan. Uji toksisitas adalah suatu uji untuk menentukan: (a) potensi suatu senyawa sebagai racun, (b) mengenali kondisi biologis/lingkungan munculnya efek toksik dan (c) mengkarakterisasi aksi/efek. Uji toksisitas tersebut berfungsi untuk mengetahui kandungan herbisida yang memiliki senyawa toksik dalam konsentrasi tertentu yang mampu menyebabkan kematian pada hewan uji yang digunakan dinyatakan dalam nilai  $LC_{50}$ . *Lethal concentration 50* atau biasa disebut  $LC_{50}$  merupakan suatu besaran statik untuk menyatakan konsentrasi tunggal suatu senyawa yang diperkirakan dapat mematikan atau menimbulkan efek toksik yang berarti mematikan 50% hewan uji setelah diberi perlakuan selama 96 jam.  $LC_{50}$  merupakan tolak ukur yang sering digunakan untuk menyatakan kisaran dosis letal (Jenova, 2009).

Hewan uji yang digunakan adalah ikan, karena ikan dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air maupun pada senyawa pencemar terlarut dalam batas konsentrasi tertentu. Ikan Nila digunakan sebagai hewan uji karena peka terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat diketahui konsentrasi bahan toksikan yang menyebabkan efek toksik pada ikan Nila tersebut. Uji toksisitas dengan menggunakan ikan Nila sebagai hewan uji yang secara teknis laboratoris maupun dari segi ekonomis dinilai representatif untuk keperluan penelitian toksikologi akuatik (Koesoemadinata dan Sutrisno, 1997). Menurut Suyanto (1998), ikan Nila mudah beradaptasi dengan lingkungan baru, cukup sensitive terhadap perubahan lingkungan, sehingga ikan ini termasuk dalam ikan yang mempunyai daya tahan sedang terhadap perubahan lingkungannya termasuk adanya perubahan-perubahan akibat adanya pencemaran, dan ikan Nila mudah tumbuh dan berkembang biak sehingga populasinya bisa dikendalikan.

Digunakan ikan Nila yang berukuran 3–5 cm, semua benih ikan Nila diperoleh dari Laboratorium Stasiun Percobaan Budidaya Air Tawar, Sumberpasil, Tumpang, Malang, untuk memperoleh mutu benih yang diharapkan serupa. Ikan–ikan tersebut diadaptasikan dalam laboratorium selama 7 hari sampai kondisinya layak sebagai hewan uji. Ikan Nila yang digunakan adalah ikan Nila yang sehat (tidak terjangkit penyakit ataupun parasit). Menurut Hendrata (2004), kriteria yang digunakan untuk menentukan ikan sebagai bioindikator/biokontrol adalah: dapat hidup pada iklim yang sesuai, sensitif terhadap perubahan kondisi perairan, relatif mudah didapat, dan murah harganya (ekonomis).

### 1.2 Perumusan Masalah

Herbisida merupakan suatu bahan atau senyawa kimia yang digunakan untuk mematikan tumbuhan yang tujuan penggunaannya adalah untuk memberantas hama tumbuhan pengganggu dalam bidang pertanian. Disamping manfaat yang begitu besar pada bidang pertanian, herbisida memiliki dampak negatif bagi kehidupan akuatik dan dapat merugikan para petani ikan maupun lingkungan perairan secara umum. Menurut Mullison (1970) dan Brown (1978) dalam Koesoemadinata dan Sutrisno (1997) senyawa kimia yang digunakan sebagai herbisida banyak yang berdampak negatif bagi kehidupan akuatik dan merugikan bidang perikanan. Sehingga, perumusan masalah dapat digambarkan dalam bagan Gambar 1.:



**Gambar 1.** Bagan Alir Permasalahan

Keterangan:

- a: Semakin meningkatnya penerapan sistem TOT (Tanpa Olah Tanah) dan TABELA (Tebar Benih Langsung) pada bidang pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan hasil pertanian seiring dengan kemajuan teknologi di bidang pertanian yang menyebabkan penggunaan herbisida sebagai pemberantas hama tumbuhan semakin diminati dan meningkat dari tahun ke tahun
- b: Kemajuan teknologi di bidang pertanian menyebabkan penggunaan herbisida sebagai pemberantas hama tumbuhan semakin diminati dan meningkat dari tahun ke tahun secara langsung maupun tidak langsung dapat menghasilkan limbah kimia pertanian yang tidak sedikit dan limbah tersebut akhirnya akan masuk ke perairan
- c: Masukan limbah pertanian tersebut pada perairan akan menyebabkan penurunan pada kualitas perairan (Fisika, Kimia dan Biologi).
- d: Perubahan kualitas perairan tersebut secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap kehidupan akuatik yang ada di dalam perairan baik itu ikan maupun tumbuhan yang ada di dalamnya.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari Penelitian Skripsi ini adalah:

- Menentukan tingkat toksisitas *Lethal Concentration 50* (LC<sub>50</sub>) herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap ikan Nila pada bak-bak percobaan.
- Untuk mengetahui dampak herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida yang dilihat dari proses kematian berdasarkan hasil observasi visual terhadap ikan Nila.

### 1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mahasiswa, diharapkan dapat berguna sebagai informasi dasar tentang daya toksisitas herbisida parakuat diklorida yang banyak digunakan oleh pertanian terhadap ikan air tawar khususnya ikan Nila, sehingga dapat menjadi referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut.
- Untuk masyarakat, sebagai informasi tentang daya toksisitas dan dampak negatif yang ditimbulkan herbisida parakuat diklorida terhadap kehidupan akuatik, sehingga diharapkan dapat menjadi acuan yang penting dalam penggunaan herbisida di bidang pertanian dan meminimalisir penggunaan herbisida dalam bidang pertanian.
- Bagi pemerintah atau pihak-pihak lain yang berkepentingan (seperti Dinas Pertanian, Perikanan dan lainnya) sebagai saran dan acuan informasi tentang bahaya ataupun dampak negatif herbisida parakuat diklorida terhadap kehidupan akuatik khususnya ikan Nila sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk merumuskan kebijakan agar kelestarian kehidupan akuatik tetap terjaga.

### 1.5 Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan Penelitian Skripsi ini dilakukan pada tanggal 3 April sampai 5 Mei 2014 yang berlokasi di Laboratorium Reproduksi, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pestisida

Pestisida adalah substansi kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama. Kata pestisida berasal dari kata *pest* berarti hama dan *cida* berarti pembunuhan, jadi pestisida adalah pembunuh hama (Sudarmo, 1991). Senyawa kimia yang digunakan untuk membasmi semua jenis jasad pengganggu dikenal sebagai pestisida. Bagi para petani, jasad pengganggu ini dapat meliputi serangga dan kutu yang merusak dan memakan tanaman budidaya; gulma di sawah atau di kebun, gulma air yang menyumbat saluran air dan irigasi; semua penyakit tanaman budidaya yang disebabkan oleh jamur patogen, bakteri dan virus; nematoda; siput; tikus dan burung yang memakan kecambah dan biji-bijian dalam jumlah yang sangat besar baik sewaktu di lapangan maupun di gudang (Sastroutomo, 1992). Sedangkan definisi menurut *The United States Federal Environmental Pesticide Control Act*, pestisida adalah semua zat atau campuran zat yang khusus untuk memberantas atau mencegah gangguan serangga, binatang pengerat, nematoda, cendawan, gulma, virus, bakteri, jasad renik yang dianggap hama kecuali virus, bakteria atau jasad renik yang terdapat pada manusia dan binatang lainnya. Atau semua zat atau campuran zat yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai pengatur pertumbuhan tanaman atau pengering tanaman. Wudianto (1992) menjelaskan yang sering menjadi masalah adalah sifat racunnya itu. Karena racun ini bisa juga meracuni manusia, ternak piaraan, serangga penyerbuk, musuh alami serangga hama, dan tanaman, serta lingkungan bisa terkena polusi. Bahkan pemakaian dosis yang tidak tepat bisa membuat hama menjadi kebal.

Pestisida atau disebut juga biosida bukan merupakan senyawa organik yang biasa ditemukan di dalam limbah. Pestisida ini masuk ke badan air melalui limpasan dari daerah pertanian yang banyak menggunakan pestisida. Pestisida yang sering digunakan adalah insektisida (pembasmi insekta) dan herbisida (pembasmi rumput pengganggu). Pestisida dikelompokkan menjadi tiga, yaitu pestisida organoklorin (berklor), pestisida organofosfor, dan pestisida karbamat (Effendi, 2003).

Pestisida alamiah, seperti debu derris, sulfur, nikotin, dan piretrin, telah digunakan selama jangka waktu yang cukup lama namun kurang berhasil karena kurangnya potensi, kurangnya kekhasan, dan mahal. Dalam 50 tahun terakhir, terdapat suatu perkembangan yang mantap dalam penggunaan bahan kimia organik sintesis seperti pestisida. Ini memberikan keuntungan yang cukup besar dibandingkan dengan produk-produk alamiah, mereka relatif kuat, selektif, dan cukup murah (Connell dan Miller, 2006).

Ekha (1993) mengemukakan berdasarkan kegunaannya, pestisida dibedakan menjadi:

- 1) Insektisida : yaitu zat atau senyawa kimia yang digunakan untuk mematikan atau memberantas serangga
- 2) Acarisida : untuk memberantas tungau
- 3) Nematosida : obat pemberantas nematoda
- 4) Fungisida : obat pemberantas jamur dan cendawan
- 5) Herbisida : obat pemberantas rumput dan gulma
- 6) Ovisida : obat pemberantas telur serangga
- 7) Larvasida : obat pemberantas larva
- 8) Rodentisida : obat pemberantas hewan perusak
- 9) Algisida : obat pemberantas algae
- 10) Molluscisida : obat pemberantas hewan-hewan mollusca, seperti siput

## 2.2 Herbisida

### 2.2.1 Pengertian dan Toksisitas Herbisida

Herbisida merupakan suatu bahan atau senyawa kimia yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan atau mematikan tumbuhan. Herbisida ini dapat mempengaruhi satu atau lebih proses-proses (seperti pada proses pembelahan sel, perkembangan jaringan, pembentukan klorofil, fotosintesis, respirasi, metabolisme nitrogen, aktivitas enzim dan sebagainya) yang sangat diperlukan tumbuhan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (Riadi, *et al.* 2011). Menurut Sarbino dan Syahputra (2012), molekul herbisida setelah mengalami absorpsi (penyerapan) ke dalam daun tanaman atau bagian tanaman lain yang berwarna hijau, dengan adanya sinar matahari akan bereaksi dan menghasilkan hidrogen peroksida yang dapat merusak membran sel tanaman dan seluruh organnya. Kerusakan sel/organ di dalam tanaman tersebut dari luar tampak tumbuhan seperti terbakar (Anderson, 1977).

Dua jenis bahan aktif herbisida yang umum digunakan, yakni paraquat dan glifosat. Paraquat merupakan herbisida kontak yang mematikan tumbuhan dengan cara merusak membran sel. Menurut Chung (1995) pemakaian paraquat memiliki keunggulan dalam hal suksesi gulma. Paraquat merupakan herbisida non-selektif dan secara luas sering digunakan, terutama pada sistem pertanian dan oleh agen pemerintah dan perindustrian untuk mengontrol hama tanaman. Berikut rumus kimia herbisida paraquat (*1,1-dimethyl-4,4-bipyridylium chloride*):



Toksisitas paraquat melalui pembentukan radikal bebas dan salah satu penyebarannya melalui inhalasi atau oral yang akan memberikan efek samping pada paru-paru atau alat pernafasan lainnya. Jika dalam penggunaan herbisida

tidak memperhatikan batas pemakaian keamanan akan membahayakan bagi kesehatan manusia dan hewan. Herbisida dinilai berbahaya jika terpapar pada hewan dan manusia, sehingga diperlukan pengujian sejauh mana tingkat toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) dari dampak herbisida jenis parakuat ini.

Peringkat daya racun herbisida terhadap ikan dapat ditentukan berdasarkan klasifikasi Bathe, *et al.* (1974) sebagai berikut:

**Tabel 1.** Peringkat Daya Racun Herbisida Terhadap Ikan

Golongan	Konsentrasi $LC_{50-96jam}$ (mg/L. Bahan aktif)	Toksitas Letal
I	< 0,5	Sangat tinggi
II	0,5 – 5	Tinggi
III	5 – 50	Sedang
IV	> 50	Rendah

### 2.2.2 Masuknya Limbah Herbisida ke Perairan

Menurut Koesoemadinata dan Sutrisno (1997), penggunaan herbisida untuk menanggulangi gulma dalam budidaya tanaman padi meningkat tahun demi tahun, khususnya dengan diterapkannya sistem TOT (Tanpa Olah tanah) dan TABELA (Tebar Benih Langsung). Peningkatan pemakaian bahan agrokimia ini di agroekosistem pertanian dapat berdampak negatif bagi ikan dan perikanan.

Penggunaan herbisida khususnya herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida dalam bidang pertanian secara langsung maupun tidak langsung akan menghasilkan limbah yang terbawa melalui irigasi pertanian dan akan menuju ke badan sungai. Masukan atau *effluent* limbah pertanian kedalam perairan umum tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu akan menjadi salah satu sumber pencemar pada perairan tersebut dan dapat menyebabkan kematian pada biota akuatik didalamnya.

Parakuat diklorida yang dikenal secara sederhana sebagai parakuat adalah salah satu jenis herbisida dengan merek dagang Gramoxone® yang berpotensi dapat mencemari lingkungan. Menurut Era, *et al.* (2008), senyawa ini

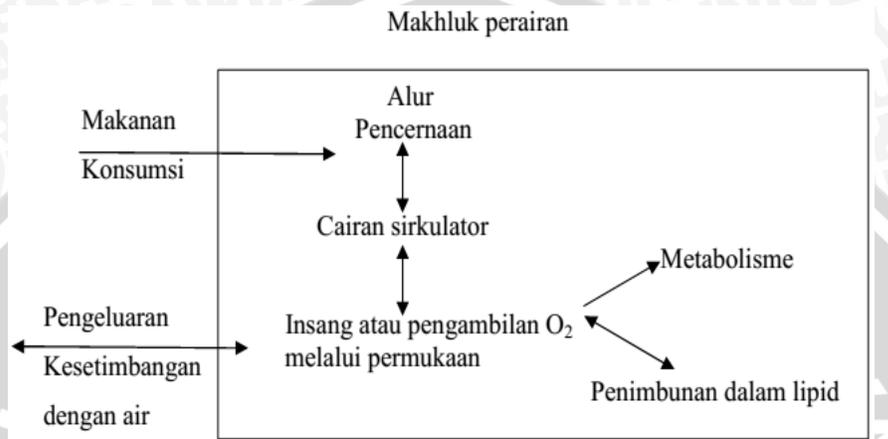
juga digunakan untuk mengendalikan gulma seperti enceng gondok di danau dan di pantai, rumput teki di sawah dan gulma lainnya di perkebunan sawit, kopi, lada, tebu, dan lain-lain. Perkembangan teknologi pertanian yang melibatkan penggunaan senyawa parakuat akan menyebabkan semakin banyaknya residu dari golongan senyawa ini terakumulasi di alam. Hal ini dapat menimbulkan efek yang serius pada lingkungan seperti perairan pantai, danau dan badan-badan air (sungai) yang berada di sekitar daerah pertanian tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu pengujian toksisitas akut herbisida khususnya herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida yang merupakan bagian dari pengujian dari toksikologi perairan.

### **2.2.3 Mekanisme Herbisida Masuk ke Tubuh Organisme**

Menurut Chung (1995), pemakaian parakuat memiliki keunggulan dalam hal suksesi gulma. Parakuat merupakan herbisida non-selektif dan secara luas sering digunakan, terutama pada sistem pertanian dan oleh agen pemerintah dan perindustrian untuk mengontrol hama tanaman. Toksisitas zat ini melalui pembentukan radikal bebas dan salah satu penyebarannya melalui inhalasi atau oral yang akan memberikan efek samping pada paru-paru atau alat pernafasan lainnya. Jika dalam penggunaan herbisida tidak memperhatikan batas pemakaian keamanan, akan membahayakan bagi kesehatan manusia dan hewan. Sedangkan menurut Ginting, *et al.* (2012), parakuat merupakan zat toksik yang dapat masuk ke tubuh suatu organisme dengan beberapa cara, terutama dengan cara tertelan tiba-tiba, atau melalui kulit yang rusak ataupun melalui inhalasi. Parakuat sangat bersifat korosif terhadap kulit, jika kulit yang luka/infeksi terkena parakuat maka parakuat akan sangat mudah terabsorpsi ke dalam tubuh organisme. Kematian organisme yang disebabkan oleh paparan dari parakuat dikarenakan kegagalan pernafasan. Parakuat dapat merusak paru-paru, jantung,

ginjal, kelenjar suprarenalis, susunan saraf pusat, hati, otot, sehingga menyebabkan *multiple organ failure*.

Berikut mekanisme bioakumulasi parakuat diklorida yang terdapat di lingkungan perairan ke tubuh organisme perairan (Connel, 1995):



**Gambar 2.** Mekanisme bioakumulasi bahan kimia ke dalam biota perairan

Berdasarkan Gambar 2 di atas senyawa-senyawa kimia yang terdapat pada herbisida selain masuk melalui saluran pencernaan, juga bisa masuk melalui saluran pernafasan (insang). Senyawa kimia tersebut akan masuk melalui insang yang langsung bersentuhan dengan lingkungan air. Setelah melewati insang, bahan-bahan kimia seperti parakuat diklorida yang terdapat pada herbisida akan ikut ke dalam sistem pernafasan sampai akhirnya akan menembus sel *epitelendothelial* kapiler darah untuk masuk ke dalam darah. Selanjutnya akan ikut ke dalam aliran darah dan akhirnya masuk dalam proses metabolisme (Connel, 1995).

### 2.3 Uji Toksisitas

Toksisitas adalah sifat relatif toksikan berkaitan dengan potensinya mengakibatkan efek negatif bagi makhluk hidup. Toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi pemaparan, sifat lingkungan, dan spesies biota penerima. Toksikan merupakan

zat (berdiri sendiri atau dalam campuran zat, limbah, dan sebagainya) yang dapat menghasilkan efek negatif bagi semua atau sebagian dari tingkat organisasi biologis (populasi, individu, organ, jaringan, sel, biomolekul) dalam bentuk merusak struktur maupun fungsi biologis. Toksik dapat menimbulkan efek negatif bagi biota dalam bentuk perubahan struktur maupun fungsional, baik secara akut maupun kronis/sub kronis (Halang, 2004).

Uji toksisitas adalah suatu uji untuk menentukan: (a) potensial suatu senyawa sebagai racun, (b) mengenali kondisi biologis/lingkungan munculnya efek toksik, dan (c) dan mengkarakterisasi aksi/efek. uji toksisitas umumnya dilakukan pada hewan uji. Menurut Wirasuta dan Niruri (2006), studi toksisitas dengan spesies yang sesuai memiliki nilai ekstrapolatif untuk manusia.

Menurut Guthrie dan Jerome (1980), beberapa istilah yang digunakan untuk menggambarkan dampak yang diakibatkan dari toksikan yaitu:

1. Akut : merupakan respon terhadap stimulus yang menimbulkan efek parah dan terjadi secara cepat dan singkat. Pada ikan dan organisme air biasanya pengujian dilakukan dalam waktu 4 hari (96 jam), pada hewan mamalia dilakukan dalam waktu 24 jam sampai 2 minggu. Jumlah kematian pada hewan uji biasanya digunakan untuk menentukan seberapa besar pengaruh bahan toksik tersebut.
2. Sub akut : merupakan respon terhadap stimulus yang kurang parah jika dibandingkan dengan respon akut. Perlu waktu yang lebih lama sehingga menjadi kronis.
3. Kronis : merupakan respon terhadap stimulus yang terjadi secara terus menerus dalam waktu yang lama, yaitu sekitar 1% - 10 % dari total waktu hidup organisme. Untuk tujuan *bioassay* uji kronis untuk organisme air, spesies tes diteliti pada seluruh siklus hidupnya untuk menentukan efek terhadap pertumbuhan, reproduksi, dan perkembangan. Pada mamalia, uji

kronis diteliti selama satu tahun atau lebih untuk menentukan potensi kanker dari suatu stimulan. Tingkatan selanjutnya akan menjadi letal atau subletal.

4. Lethal : merupakan respon suatu stimulus dari konsentrasi yang menyebabkan kematian secara langsung.
5. Sub letal : merupakan respon suatu stimulus dari konsentrasi di bawah level letal.

#### 2.4 Lethal Concentration 50 (LC<sub>50</sub>)

Menurut Jenova (2009), *lethal concentration 50* atau biasa disebut dengan LC<sub>50</sub> merupakan suatu besaran statik untuk menyatakan konsentrasi tunggal suatu senyawa yang diperkirakan dapat mematikan atau menimbulkan efek toksik yang berarti mematikan 50% hewan uji setelah diberi perlakuan selama 96 jam. LC<sub>50</sub> merupakan tolak ukur yang sering digunakan untuk menyatakan kisaran dosis letal.

Nilai LC (*Lethal Concentration*) ditentukan untuk tujuan penelitian nilai ambang batas yang layak di suatu lingkungan penelitian (Sprague, 1969). Daya racun (toksisitas) bahan uji yang terkandung dalam hewan uji dihitung berdasarkan nilai *Median Lethal Concentration* (LC-50). Menurut Finney (1971), *Median Lethal Concentration* (LC-50) untuk masing-masing bahan uji dihitung dengan menggunakan Analisa Probit. Sedangkan menurut Abbot (1925) dan Abel (1991) dalam Rumampuk (2010), untuk mengetahui kelayakan pelaksanaan percobaan dilakukan dengan kontrol mortalitas yang akan digunakan, yaitu:

$$C = \frac{(O-X)}{(100-X)}$$

Keterangan:

C = mortalitas

O = Persentase mortalitas

X = % dari hewan yang mati pada waktu pengamatan tertentu

## 2.5 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* T.)

### 2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila

Ikan Nila merupakan jenis ikan konsumsi air tawar dengan bentuk tubuh memanjang dan pipih ke samping dan berwarna putih kehitaman. Ikan Nila tersebar di negara-negara yang beriklim tropis dan subtropis. Ikan Nila adalah salah satu jenis ikan air tawar yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Ikan Nila menduduki urutan kedua setelah ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dalam produksi budidaya air tawar di Indonesia.

Menurut Suyanto (1998), ikan Nila dalam klasifikasi biologi termasuk:

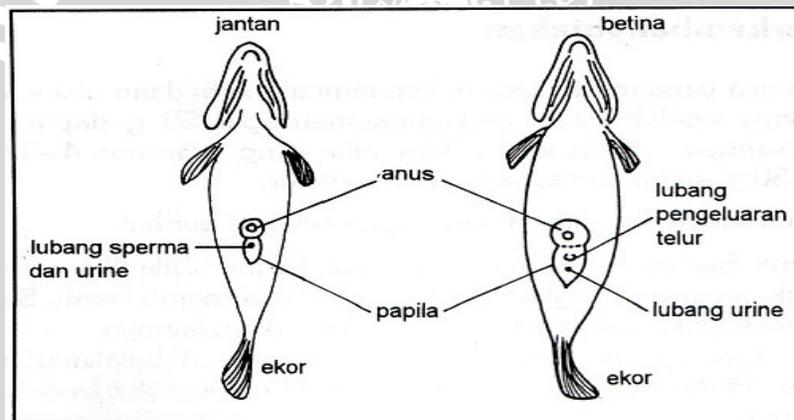
Filum	: Chordata
Anak filum	: Vertebrata
Kelas	: Osteichthyes
Anak kelas	: Acanthopterygi
Bangsa	: Percomorphi
Suku	: Cichlidae
Marga	: <i>Oreochromis</i>
Jenis	: ( <i>Oreochromis niloticus</i> )



**Gambar 3.** Morfologi Ikan Nila

Berdasarkan Gambar 3, morfologi ikan Nila umumnya memiliki bentuk tubuh panjang dan ramping, dengan sisik berukuran besar. Matanya besar, menonjol, dan bagian tepinya berwarna putih. Gurat sisi (*linea lateralis*) terputus

dibagian tengah badan kemudian berlanjut, tetapi letaknya lebih ke bawah dari pada letak garis yang memanjang di atas sirip dada. Sirip punggung, sirip perut, dan sirip dubur mempunyai jari-jari keras dan tajam seperti duri. Sirip punggungnya berwarna hitam dan sirip dadanya juga tampak hitam. Bagian pinggir sirip punggung berwarna abu-abu atau hitam. Ikan Nila memiliki lima sirip, yaitu sirip punggung (*dorsal fin*) yang memanjang dari bagian atas tutup insang hingga bagian atas sirip ekor, sirip dada (*pectoral fin*) dan sirip perut (*venteral fin*) yang berukuran kecil, sirip anus (*anal fin*) hanya satu dan berbentuk agak panjang, dan sirip ekor (*caudal fin*) berbentuk bulat dan hanya berjumlah satu buah (Amri dan Khairuman, 2002).



**Gambar 4.** Perbedaan alat kelamin Nila jantan dan Nila betina (Suyanto, 1998).

Berdasarkan Gambar 4 di atas, alat kelamin ikan Nila jantan berupa tonjolan agak runcing yang berfungsi sebagai muara urin dan saluran sperma yang terletak di depan anus. Jika diurut, perut ikan Nila jantan akan mengeluarkan cairan bening (cairan sperma) terutama pada saat musim pemijahan. Sementara itu, ikan Nila betina mempunyai lubang genital terpisah dengan lubang saluran urin yang terletak di depan anus.

Berdasarkan alat kelaminnya, ikan Nila jantan memiliki ukuran sisik yang lebih besar daripada ikan Nila betina. Bentuk hidung dan rahang belakang ikan

Nila jantan melebar dan berwarna biru muda. Pada ikan betina, bentuk hidung dan rahang belakang agak lancip dan berwarna kuning terang. Sirip punggung dan sirip ekor ikan Nila jantan berupa garis putus-putus. Sementara itu, pada ikan Nila betina, garisnya berlanjut (tidak putus) dan melingkar (Amri dan Khairuman, 2002).

### **2.5.2 Habitat dan Penyebaran Ikan Nila**

Habitat hidup ikan Nila cukup beragam, dari sungai, danau, waduk, rawa, sawah, kolam, hingga tambak. Ikan Nila dapat tumbuh secara normal pada kisaran suhu 14–38°C dan dapat memijah secara alami pada suhu 22–37°C. Untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan, suhu optimum bagi ikan Nila adalah 25-30°C. Pertumbuhan ikan Nila biasanya terganggu jika suhu habitatnya lebih rendah dari 14°C atau pada suhu tinggi 38°C. Ikan Nila akan mengalami kematian pada suhu 6°C atau 42°C (Amri dan Khairuman, 2002).

Keadaan pH air antara 5–11 dapat ditoleransi oleh ikan Nila, tetapi pH optimal untuk perkembangan dan pertumbuhan ikan ini adalah 7–8. Ikan Nila masih dapat tumbuh dalam keadaan air asin pada kadar salinitas 0–35 permil. Oleh karena itu, ikan Nila dapat dibudidayakan di perairan payau, tambak, dan perairan laut, terutama untuk tujuan usaha pembesaran (Rukmana, 1997).

Ikan Nila merupakan jenis ikan air tawar. Pada mulanya, ikan Nila berasal dari perairan tawar di Afrika. Di Asia penyebaran ikan Nila pada mulanya berpusat di beberapa negara seperti Filipina dan Cina. Dalam perkembangan selanjutnya, ikan Nila meluas dibudidayakan di berbagai negara, antara lain Taiwan, Thailand, Vietnam, Bangladesh, dan Indonesia. Pengembangan ikan Nila di perairan tawar di Indonesia dimulai tahun 1969. Jenis atau strain ikan Nila yang pertama kali didatangkan ke Indonesia adalah Nila hitam asal Taiwan. Tahun 1981 didatangkan lagi jenis atau strain ikan Nila merah hibrida. Kedua

jenis ikan Nila ini telah meluas dibudidayakan di seluruh wilayah perairan nusantara (Rukmana, 1997).

### **2.5.3 Ikan Nila sebagai Bioindikator**

Ikan Nila, merupakan salah satu jenis ikan yang bernafas dengan insang dan cukup peka terhadap adanya perubahan lingkungan hidupnya. Kriteria yang digunakan untuk menentukan ikan sebagai bioindikator/biokontrol adalah: dapat hidup pada iklim yang sesuai, sensitif terhadap perubahan kondisi perairan, relatif mudah didapat, dan murah harganya (Hendrata, 2004).

Ikan Nila digunakan sebagai ikan uji, karena ikan Nila mudah beradaptasi dengan lingkungan baru, cukup sensitive terhadap perubahan lingkungan, sehingga ikan ini termasuk dalam ikan yang mempunyai daya tahan sedang terhadap perubahan lingkungannya termasuk adanya perubahan-perubahan akibat adanya pencemaran, dan ikan Nila mudah tumbuh dan berkembang biak sehingga populasinya bisa dikendalikan (Suyanto, 1998).

### **2.6 Parameter Kualitas Air**

Kualitas air untuk keperluan budidaya merupakan variabel yang mempengaruhi pengelolaan dan kelangsungan hidup seperti berkembang biak, pertumbuhan atau produksi ikan. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan yang akan diamati diantaranya adalah suhu, pH dan oksigen terlarut (DO):

#### **2.6.1 Suhu**

Suhu merupakan faktor pembatas utama habitat perairan karena jasad-jasad akuatik seringkali kurang dapat mentolerir perubahan suhu. Selain itu suhu akan menghasilkan sirkulasi dan stratifikasi air yang khas sangat berpengaruh terhadap kehidupan akuatik. Menurut Kristanto (2002), naiknya suhu air akan menimbulkan akibat sebagai berikut:

- Menurunnya oksigen terlarut dalam air
- Meningkatkan kecepatan reaksi kimia
- Mengganggu kehidupan ikan dan hewan lainnya
- Jika batas suhu terlampaui, ikan dan hewan lainnya mungkin akan mati.

Menurut Kordi dan Andi (2007), pertumbuhan dan kehidupan biota air sangat dipengaruhi oleh suhu air. Kisaran suhu optimal bagi kehidupan ikan di perairan tropis adalah antara 28°C–32°C. Dan ikan Nila dapat tumbuh secara normal pada kisaran suhu 14°C–38°C dan dapat memijah secara alami pada suhu 22°C– 37°C. Untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan, suhu optimum bagi ikan Nila adalah 25 – 30°C. Pertumbuhan ikan Nila biasanya terganggu jika suhu habitatnya lebih rendah dari 14°C atau pada suhu tinggi 38°C. Ikan Nila akan mengalami kematian pada suhu 6°C atau 42°C (Amri dan Khairuman, 2002).

### 2.6.2 pH

Nilai pH menggambarkan intensitas keasaman dan kebasaan suatu perairan yang ditunjukkan oleh keberadaan ion hidrogen. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap adanya perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–8,5. Nilai pH juga sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, seperti nitrifikasi dan mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia (Effendi, 2003).

Menurut Deden, *et al.* (2001), keadaan pH yang dapat mengganggu kehidupan ikan adalah pH yang terlalu rendah (sangat asam) atau sebaliknya terlalu tinggi (sangat basa). Setiap jenis ikan akan memperlihatkan respon yang berbeda terhadap perubahan pH dan dampak yang ditimbulkannya pun berbeda. Ikan Nila dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada lingkungan perairan dengan alkalinitas rendah atau netral. Pada lingkungan dengan pH rendah

pertumbuhannya mengalami penurunan namun demikian ikan Nila masih dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5–10.

### 2.6.3 Disolved Oxigen (DO)

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan oleh proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Kelarutan oksigen di dalam air sangat dipengaruhi terutama oleh faktor suhu. Kelarutan oksigen maksimum di dalam air terdapat pada suhu 0 °C, yaitu sebesar 14,16 mg/l O<sub>2</sub>. Konsentrasi menurun sejalan dengan meningkatnya suhu air. Peningkatan suhu menyebabkan konsentrasi oksigen menurun dan sebaliknya suhu yang semakin rendah meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut (Barus, 2001).

Menurut Brown (1987) dalam Effendi (2003), peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol. Semakin tinggi suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang. Kelarutan oksigen dan gas-gas lain juga berkurang dengan meningkatnya salinitas. Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/l dan di perairan umum berkisar antara 11 mg/l.

Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer. Difusi oksigen dari atmosfer ke dalam air dapat terjadi secara langsung pada kondisi air diam (*stagnant*). Namun pada hakikatnya difusi oksigen dari atmosfer ke perairan berlangsung relatif lambat, meskipun terjadi pergolakan massa air (Effendi, 2003).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai ambang letal  $LC_{50-96jam}$  herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida dengan merk dagang Gramoxone® 276SL dan benih ikan Nila (*Oreochromis niloticus* T.). Parameter fisika-kimia yang diukur meliputi suhu, pH dan oksigen terlarut (DO).

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

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

#### 3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 3 April sampai 5 Mei 2014, di laboratorium Reproduksi, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilakukan pada bak-bak percobaan.

#### 3.4 Metode Penelitian

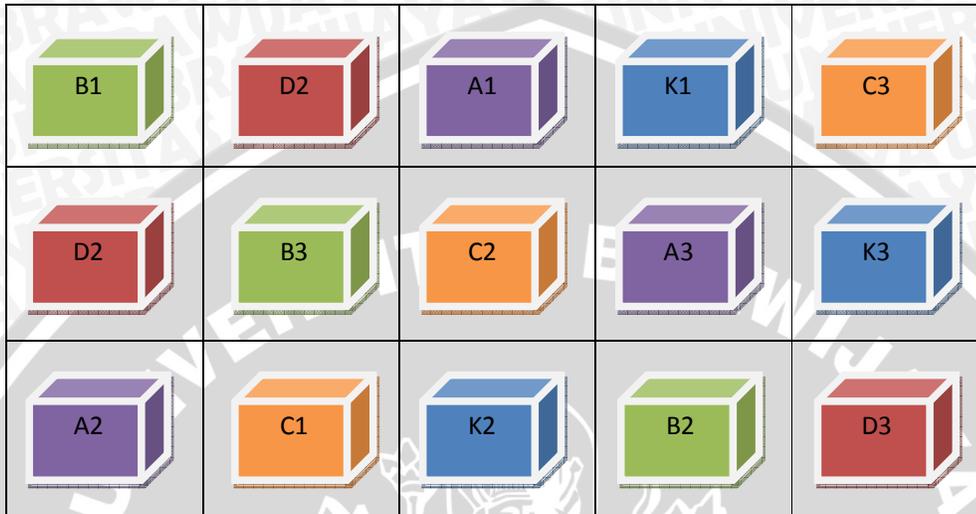
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan menggunakan analisis probit. Menurut Solso dan MacLin (2002) dalam Ulfiatin (2004), penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang di dalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat. Tujuan dari penelitian eksperimen ini adalah untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab-akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan subletal. Dalam metode eksperimen, observasi dilaksanakan dibawah kondisi buatan (*artifisial condition*), yang dibuat dan diatur oleh peneliti (Koentjaraningrat, 1983). Pada penelitian ini

dilakukan uji toksisitas akut herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap mortalitas ikan Nila dan analisis parameter kualitas air meliputi suhu, pH dan DO.

Bak percobaan yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 10 liter dengan jenis bak percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium. Perlakuan dilakukan dengan penambahan herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida dengan beberapa dosis dan kontrol (tanpa herbisida). Setiap bak perlakuan diberi 10 ekor benih ikan Nila.

Penelitian dilakukan dalam 2 tahap yaitu uji pendahuluan dan uji sesungguhnya. Masing-masing uji dilakukan selama 96 jam. Penelitian menggunakan perlakuan konsentrasi (a) yang berbeda sebanyak 5 perlakuan pada uji pendahuluan dan 4 perlakuan pada uji sesungguhnya tidak termasuk kontrol dan ulangan perlakuan (n) pada uji pendahuluan sebanyak 2 dan pada uji sesungguhnya sebanyak 3 kali ulangan. Pada uji pendahuluan digunakan konsentrasi sesuai skala logaritmik pada kolom 1 tetapi dibagi 3,6 (Lampiran 2 dan 3) sehingga didapat konsentrasi 0,0028 ppm; 0,028 ppm; 0,28 ppm; 2,8 ppm, 28 ppm dan 0 ppm (kontrol). Konsentrasi uji sesungguhnya didapat dengan menggunakan kisaran dari ambang batas bawah dan ambang batas atas yang didapat pada uji pendahuluan dengan hasil ambang bawah 2,8 ppm dan ambang atas 28 ppm. Digunakan tabel skala rand (Lampiran 2.) untuk menentukan konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya dan semua angka pada tabel rand dikalikan 10 karena nilai ambang batas bawah yang sesungguhnya diperoleh 10 ppm, diambil konsentrasi yang mendekati  $LC_{50-96jam}$  sehingga didapatkan konsentrasi sesuai dengan skala logaritmik tetapi dibagi 3,6 (Lampiran 2 dan 3) yaitu 7,8 ppm; 11,7 ppm; 18,1 ppm dan 24,2 ppm dan 0 ppm (kontrol). Pada penentuan konsentrasi larutan uji menggunakan skala logaritmik dibagi 3,6. Hal tersebut karena pada penentuan larutan stok 1000 ppm yang seharusnya melarutkan larutan herbisida 3,6 ml ke dalam 1 liter air. Tetapi pada saat penelitian hanya melarutkan larutan herbisida 1 ml ke dalam 1 liter air sehingga larutan stok yang tersedia bukan 1000 ppm tetapi 276 ppm. Perhitungan konsentrasi larutan uji

bisa dilihat pada Lampiran 3. Penempatan bak percobaan ditempatkan secara acak (random), dengan denah penempatan bak percobaan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



**Gambar 5.** Denah tata letak bak percobaan

Keterangan:

- A-D = perlakuan
- K = kontrol
- 1-3 = ulangan

### 3.4.1 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian perlu diperhatikan agar hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan yaitu:

#### a. Persiapan

Persiapan dilakukan sebelum tahapan pengujian, berikut persiapan yang dilakukan:

- Aklimatisasi ikan Nila dengan air lokal pada kolam beton selama 7 hari untuk memberikan waktu hewan uji beradaptasi dengan lingkungan yang baru sebelum dimasukkan ke dalam bak-bak percobaan (akuarium). Benih ikan Nila diperoleh dari Laboratorium Stasiun Percobaan Budidaya Air Tawar, Sumberpasir, Tumpang, Malang.

- Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan yakni penyetingan tata letak akuarium pada rak bertingkat dan memasang aerator yang akan diberikan pada masing–masing akuarium. Selanjutnya akuarium diisi dengan air sebanyak 10 liter, pada saat pengisian air ke dalam akuarium air yang dimasukkan disaring menggunakan kain kasa agar kotoran dalam air tidak masuk ke dalam akuarium, dan dibiarkan selama 1 hari, agar kotoran mengendap, kemudian disipon. Akuarium diaerasi terlebih dahulu sebelum ikan dimasukkan, kurang lebih selama 5 menit sebagai penyuplai oksigen. Benih ikan Nila sebanyak 10 ekor yang mempunyai stadia, ukuran, berat, umur dan kondisi fisiologis yang relatif sama kemudian diambil dari kolam beton dengan menggunakan seser dan meletakkannya langsung pada bak plastik yang berisis air agar ikan tidak stres, ikan yang berada pada bak plastik berisi air kemudian dimasukkan ke dalam akuarium satu per satu dengan menggunakan seser. Kemudian diaklimatisasi di dalam akuarium selama 3 hari. Selama aklimatisasi hewan uji diberi pakan pelet PF 1000 dengan berat pelet yang diberikan 3% dari berat tubuh ikan, pemberian pakan dilakukan setiap 2 kali sehari dan dilakukan penyiponan pada kotoran dan sisa pakan ikan setiap 1 kali sehari.
- Menyiapkan beberapa konsentrasi herbisida yang akan digunakan sebagai perlakuan pada bak percobaan dengan cara pengenceran, tetapi semua kosnsentrasi sesungguhnya yang digunakan pada uji dibagi 3,6. Sehingga terbentuk konsentrasi pada pengenceran 0,0028 ppm; 0,028 ppm; 0,28 ppm; 2,8 ppm; 28 ppm dan 0 ppm (sebagai kontrol) untuk uji pendahuluan dan konsentrasi 7,8 ppm; 11,6 ppm; 18,1 ppm; 24,2 ppm dan 0 ppm (sebagai kontrol) untuk uji sesungguhnya sesuai dengan ketentuan angka

pada skala logaritmik pada Lampiran 2 (Rand, 1980) dan cara pengenceran dapat dilihat pada Lampiran 3. Rumus pengenceran adalah sebagai berikut:

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

Dimana :

$V_1$  = volume/jumlah pestisida yang dibutuhkan

$N_1$  = konsentrasi pestisida

$V_2$  = volume air yang digunakan

$N_2$  = dosis pestisida yang diinginkan

- Memasukkan masing–masing konsentrasi herbisida pada masing–masing bak percobaan yang telah disiapkan sebelumnya. Selama penelitian uji toksisitas akut ( $LC_{50}$ ), akuarium diaerasi dan ikan tidak diberi makan.

### b. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dimaksudkan untuk menentukan nilai *median lethal concentration* ( $LC_{50-96jam}$ ) herbisida yang dapat diujikan pada benih ikan Nila.

Uji pendahuluan ini dilakukan untuk menentukan nilai ambang batas atas dan nilai ambang batas bawah sebagai acuan untuk menentukan  $LC_{50-96jam}$  pada uji sesungguhnya, dengan menggunakan analisis probit. Berikut prosedur tahapan uji pendahuluan:

1. Menyiapkan bak percobaan sebanyak 12 bak
2. Membuat larutan herbisida dengan konsentrasi masing-masing 0,0028 ppm; 0,028 ppm; 0,28 ppm; 2,8 ppm; dan 28 ppm
3. Memasukkan hewan uji yaitu benih ikan Nila sebanyak 10 ekor pada tiap perlakuan
4. Selama pengujian toksisitas akut ( $LC_{50-96jam}$ ) dilakukan aerasi
5. Mengamati setiap 6 jam sekali selama 96 jam untuk mengetahui mortalitasnya.
6. Mencatat hasil pengamatan mortalitas ikan pada masing–masing konsentrasi untuk penentuan konsentrasi pada uji sesungguhnya

sesuai dengan Skala Rand. Ikan yang mati pada waktu pengamatan segera dicatat dan dikeluarkan dari akuarium.

7. Hewan uji diamati pada tiap konsentrasi dan dihitung secara kumulatif setiap 6 jam selama 96 jam. Prosentasi mortalitas hewan uji dihitung dari jumlah kematian dibagi dengan total hewan uji pada tiap konsentrasi perlakuan.

### c. Uji Sesungguhnya

1. Ditentukan variasi kadar uji selanjutnya dengan menggunakan tabel skala Rand sesuai dengan hasil uji pendahuluan, dimana dipilih 4 konsentrasi ditambah 1 kontrol. Penentuan konsentrasi pada uji sesungguhnya ditentukan dari skala tabel Rand dapat dilihat pada Lampiran 2.
2. Mempersiapkan media dengan konsentrasi sesuai dengan perhitungan dari rentang nilai pada uji pendahuluan sebanyak 5 konsentrasi termasuk kontrol dengan pengulangan perlakuan sebanyak tiga kali.
3. Media diaerasi terlebih dahulu selama 5–10 menit sebelum ikan Nila dimasukkan ke dalam media percobaan.
4. Memasukkan ikan Nila kedalam media sebanyak 10 ekor tiap akuarium, diaerasi selama perlakuan 96 jam tanpa diberi makan.
5. Membuat larutan herbisida dengan konsentrasi masing-masing 7,8 ppm; 11,6 ppm; 18,1 ppm; dan 24,2 ppm.
6. Selama pengujian toksisitas akut ( $LC_{50-96jam}$ ) dilakukan aerasi.
7. Parameter yang diamati adalah:
  - a. Jumlah benih ikan Nila yang mati dicatat setiap 4 jam selama 96 jam dan dihitung komulatifnya
  - b. Kualitas air meliputi suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) pada setiap akuarium, diukur setiap 4 jam sekali selama 96 jam.
8. Menentukan  $LC_{50-96jam}$  dengan menggunakan analisis probit.

### 3.4.2 Analisis Kualitas Air

#### a. Suhu

Metode pengukuran suhu di perairan berdasarkan SNI (1990), adalah sebagai berikut:

- Memasukkan thermometer Hg ke dalam perairan dan menunggu beberapa saat sampai air raksa dalam thermometer berhenti pada skala tertentu
- Membaca skala pada thermometer, dan jangan sampai tangan menyentuh bagian air raksa pada thermometer
- Mencatat hasil pengukuran dalam skala °C

#### b. pH

Metode pengukuran pH di perairan berdasarkan SNI (2004), adalah sebagai berikut:

- Melakukan kalibrasi alat pH meter
- Mengeringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling
- Membilas elektroda dengan air sampel
- Mencelupkan elektroda pada air sampel sampai menunjukkan pembacaan yang tetap
- Mencatat hasil pengukuran

#### c. Disolved Oxygen (DO)

Alat yang digunakan dalam DO adalah DO meter tipe DO 110. Menurut buku petunjuk pemakaian DO meter, prosedur pengukuran DO adalah:

1. Membilas probe dengan *deionised* atau akuades sebelum digunakan, untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada ujung probe. Jika tidak ada, rendamlah pada air kran selama 30 menit.
2. Menyalakan DO meter. Nilai DO terletak pada bagian atas layar

3. Menyelupkan probenya pada sampel dan biarkan beberapa saat sampai angka pada layar stabil
4. Membaca nilai DO ketika DO meter sudah stabil. Akan muncul kata “READY”, dan sampel sudah bisa dibaca hasilnya
5. Menekan tombol “HOLD” untuk mengunci nilai DO yang terbaca. Tekan “HOLD” lagi untuk melepas.

### 3.4.3 Analisis Data

Data diperoleh dari hasil pengamatan dan perhitungan terhadap mortalitas ikan Nila pada masing-masing konsentrasi. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis probit, yaitu dengan melakukan pengujian hubungan antara berbagai konsentrasi herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap mortalitas organisme uji (ikan Nila). Untuk menentukan analisis probit ini dapat dihitung melalui data statistik seperti SPSS, dan Microsoft Excel. Dan analisis probit yang digunakan dalam perhitungan hasil penelitian ini adalah menggunakan data statistik dengan Microsoft Excel.

Menurut Wardlaw (1995) dalam Romziah (2013), langkah-langkah melakukan Analisis Probit untuk memperoleh nilai  $LC_{50}$  adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat Tabel probit
- 2) Memasukkan nilai konsentrasi perlakuan (ppm)
- 3) Memasukkan nilai log 10 konsentrasi perlakuan
- 4) Memasukkan jumlah sampel atau organisme uji yang digunakan
- 5) Memasukkan jumlah kematian hewan uji pada setiap konsentrasi perlakuan
- 6) Mempersentase jumlah kematian ( $M_{obs}$ )
- 7) Menghitung nilai koreksi kematian dengan menggunakan rumus Abbot's :

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

- 8) Mentransformasi nilai koreksi kematian ke dalam tabel transformasi probit, namun hanya tiga konsentrasi terbawah yang digunakan dalam penentuan  $LC_{50}$

- 9) Membuat grafik regresi untuk mendapatkan nilai  $LC_{50}$ , sumbu Y merupakan nilai transformasi probit, sedangkan sumbu X nilai  $\log_{10}$  konsentrasi perlakuan. Selanjutnya dari grafik tersebut ditentukan rumus regresi yaitu ;  $y = ax + b$ . Nilai antilog x merupakan nilai  $LC_{50}$ .



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Uji Toksisitas Akut Herbisida Parakuat diklorida Terhadap Ikan Nila

#### 4.1.1 Uji Pendahuluan

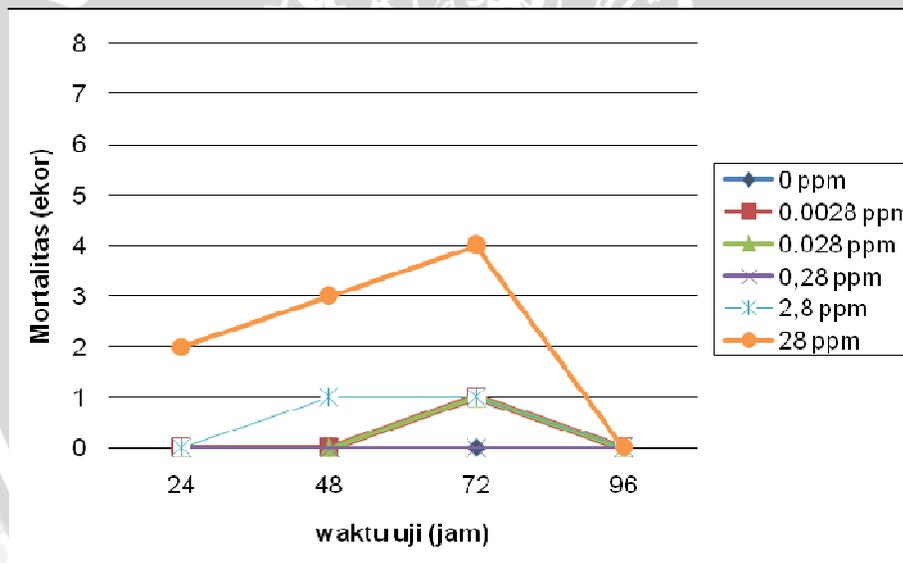
Uji pendahuluan merupakan rangkaian uji yang dilakukan untuk memperoleh nilai kisaran konsentrasi yang akan digunakan pada uji sesungguhnya. Menurut Esmiralda dan husni (2012), uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan batas kisaran kritis (*critical range test*) yang menjadi dasar dari penentuan konsentrasi yang digunakan dalam uji lanjutan yaitu konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian terbesar mendekati 50% dan kematian terkecil kurang 50%. Skala yang digunakan pada uji pendahuluan mengacu pada Tabel Rand (1980), yaitu pada konsentrasi 0,0028 ppm; 0,028 ppm; 0,28 ppm; 2,8 ppm; dan 28 ppm herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida pada media air 10 Liter dengan 10 ekor ikan Nila pada masing–masing bak perlakuan.

Data hasil uji toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) herbisida parakuat diklorida terhadap ikan Nila selama Uji Pendahuluan (96 jam) dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menentukan kisaran konsentrasi pada uji sesungguhnya, penentuan konsentrasi uji pendahuluan sesuai dengan skala logaritmik dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. Dan untuk Grafik mortalitas ikan perhari dapat dilihat pada Gambar 6.

**Tabel 2.** Data Mortalitas LC<sub>50-96jam</sub> Ikan Nila pada Perlakuan Uji Pendahuluan.

Konst. (ppm)	Jumlah hewan uji	Mortalitas Hewan Uji (ekor/Jam)				Jumlah total kematian (ekor)	Prosentase Mortalitas (%)
		24	48	72	96		
0	10	-	-	-	-	0	0
0,0028	10	-	-	1	-	1	10
0,028	10	-	-	1	-	1	10
0,28	10	-	-	-	-	0	0
2,8*	10	-	1	1	-	2	20
28**	10	2	3	4	-	9	90

Keterangan: \* = ambang batas bawah  
 \*\* = ambang batas atas



**Gambar 6.** Mortalitas Ikan Nila perhari pada Uji Pendahuluan

Hasil uji pendahuluan yang diperoleh berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6 adalah, pada konsentrasi 0 ppm kematian ikan sebesar 0 %, pada konsentrasi 0,0028 ppm dan 0,028 ppm tingkat kematian ikan sebesar 10 %, pada konsentrasi 0,28 ppm tingkat kematian ikan sebesar 0%, pada konsentrasi 2,8 ppm tingkat kematian ikan sebesar 20%, dan pada konsentrasi 28 ppm tingkat

kematian ikan sebesar 90 %, sehingga dari hasil uji pendahuluan yang diperoleh tersebut, maka yang dijadikan sebagai konsentrasi pada uji sesungguhnya yaitu dibawah konsentrasi 28 ppm dan diatas konsentrasi 2,8 ppm. Diperoleh konsentrasi yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai  $LC_{50}$  (96 jam) pada uji sesungguhnya mengacu pada Tabel Rand (1980), adalah 7,8 ppm; 11,6 ppm; 18,1 ppm dan 24,2 ppm serta konsentrasi 0 ppm sebagai kontrol dengan masing–masing konsentrasi dilakukan tiga kali ulangan untuk mendapatkan hasil yang akurat.

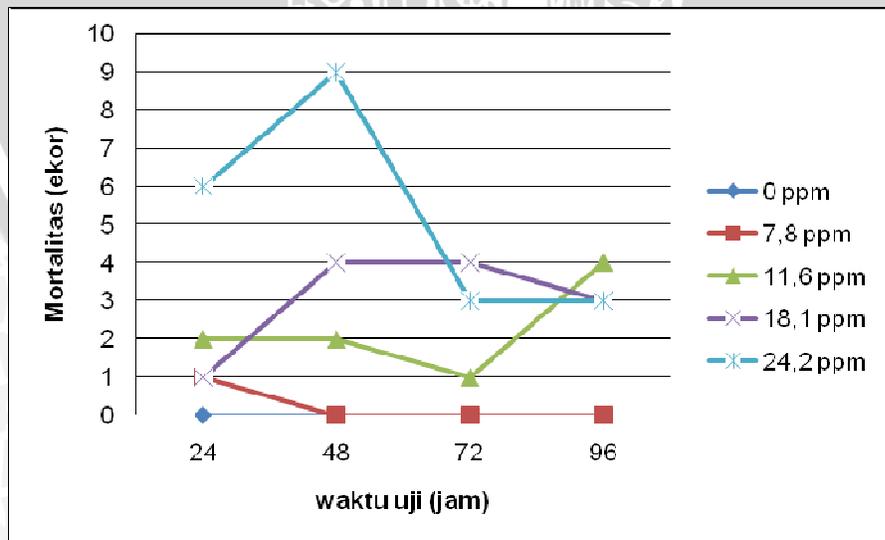
#### 4.1.2 Uji Sesungguhnya $LC_{50}$ (96 jam)

Pengujian pengaruh toksisitas herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida dengan konsentrasi yang berbeda–beda terhadap mortalitas  $LC_{50-96jam}$  ikan Nila, pada uji sesungguhnya sesuai dengan konsentrasi yang diperoleh dari hasil uji pendahuluan. Penentuan konsentrasi pada uji sesungguhnya sesuai dengan Skala Logaritmik (Rand, 1980) disajikan pada Lampiran 2.

Data hasil uji toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) herbisida parakuat diklorida terhadap ikan Nila selama Uji sesungguhnya dapat dilihat pada Tabel 3. Penentuan konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya sesuai dengan skala logaritmik dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. dan untuk Grafik total kematian ikan per hari dapat dilihat pada Gambar 7.

**Tabel 3.** Data Mortalitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Trewavas) yang Dipapar Herbisida dengan Bahan Aktif Parakuat diklorida LC<sub>50-96jam</sub> pada Uji Sesungguhnya.

Konst. (ppm)	Ulangan	Jumlah Mortalitas ikan (ekor/jam)				Total Mortalitas (ekor)	Prosentase Mortalitas (%)
		24	48	72	96		
0	A	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0
7,8	A	1	0	0	0	1	10
	B	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0
11,6	A	1	1	0	2	4	40
	B	0	1	0	1	2	20
	C	0	0	0	0	0	0
18,1	A	0	2	1	2	5	50
	B	0	0	0	0	0	0
	C	1	0	0	2	3	30
24,2	A	1	5	0	2	8	80
	B	4	0	0	3	7	70
	C	1	2	3	0	6	60



**Gambar 7.** Mortalitas Ikan Nila perhari pada Uji Sesungguhnya

Diperoleh hasil uji mortalitas ikan Nila yang terpapar herbisida parakuat diklorida selama 96 jam berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 7, dengan perlakuan kontrol (0 ppm) mortalitas ikan Nila sebesar 0 %, sedangkan pada perlakuan A (7,8 ppm) mortalitas sebesar 10%, perlakuan B (11,6 ppm) mortalitas 33,3%, perlakuan C (18,1 ppm) mortalitas 40% dan perlakuan D (24,2 ppm) mortalitas 70%, dan untuk mengetahui tingkat kematian ikan Nila yang dipapar herbisida parakuat diklorida sebesar 50% ( $LC_{50-96jam}$ ) maka perlu dilakukan analisis probit (Lampiran 5).

Hasil dari perhitungan analisis probit dapat diketahui bahwa tingkat kematian ikan sebesar 50 % ( $LC_{50-96jam}$ ) yakni pada konsentrasi 16,95 ppm paparan herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi herbisida maka semakin tinggi kematian ikan, sedangkan jika konsentrasi semakin kecil maka kematian ikan juga semakin rendah. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa toksisitas herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida termasuk dalam golongan toksisitas sedang, karena kematian hewan uji 50% didapat pada konsentrasi 16,95 ppm. Hal tersebut sesuai dengan penggolongan peringkat daya racun menurut Bathe, *et al.* (1974), peringkat daya racun herbisida terhadap ikan dapat ditentukan berdasarkan klasifikasi sebagai berikut:

**Tabel 4.** Peringkat Daya Racun Herbisida Terhadap Ikan

<b>Golongan</b>	<b>Konsentrasi <math>LC_{50-96jam}</math> (mg/L. Bahan aktif)</b>	<b>Toksistas Letal</b>
I	< 0,5	Sangat tinggi
II	0,5 – 5	Tinggi
III	5 – 50	Sedang
IV	> 50	Rendah

Pada penelitian Koesoemadinata dan Sutrisno (1997) menggunakan herbisida 2,4-D dimetil amina, Isopropil glifosat dan Butaklor pada benih ikan Nila dengan

hasil  $LC_{50}$  menunjukkan bahwa 2,4-D dimetil amina berdaya racun rendah ( $LC_{50-96jam} = 919,4$  mg/L), isopropil glifosat berdaya racun sedang ( $LC_{50-96jam} = 14,42$  mg/L), dan butaklor berdaya racun tinggi ( $LC_{50-96jam} = 1,472$  mg/L). Hal tersebut menunjukkan variasi tingkat toksisitas herbisida dengan bahan aktif yang berbeda, dan hasil dari penelitian toksisitas herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida yang diperoleh ( $LC_{50-96jam} = 16,95$  mg/L) memiliki tingkat toksisitas yang sama dengan herbisida yang berbahan aktif isopropil glifosat ( $LC_{50-96jam} = 14,42$  mg/L) yakni dengan tingkat toksisitas sedang.

Kondisi ikan saat dilakukan uji mengalami perbedaan tingkah laku pada masing-masing konsentrasi. Kondisi hewan uji pada saat uji toksisitas disajikan dalam Tabel 5:

**Tabel 5.** Hasil Observasi Visual Ikan Nila pada Uji Sesungguhnya

Konsentrasi (ppm)	Kondisi Ikan Nila
0	Ikan normal dan gerakan sangat aktif sampai 96 jam
7,8	Gerakan ikan aktif pada 24 jam pertama Pada 42 jam – 96 jam pergerakan ikan kurang aktif–lambat
11,6	Pada 24 jam pertama gerakan ikan sudah mulai kurang aktif Pada 48 jam terdapat benang-benang halus yang keluar dari lubang tubuh ikan Terjadi kematian pada 24 jam – 96 jam
18,1	Gerakan ikan kurang aktif dan terdapat benang-benang halus yang keluar dari tubuh ikan pada 48 jam Air dalam akuarium menjadi agak keruh dan berbusa Ikan mendekati aerasi dan berada di dasar akuarium
24,2	Pergerakan ikan lambat dan sebagian besar berada di dasar akuarium Air dalam akuarium keruh dan terdapat banyak busa Ikan menggelepar-gelepar didasar kemudian lemas sampai ikut terbawa aliran air dekat aerasi pada 48 jam

Pada pengamatan tingkah laku ikan selama uji didapatkan perbedaan tingkah laku pada masing-masing bak percobaan, bahkan ada yang masih hidup sampai akhir penelitian. Hal tersebut karena terdapat perbedaan konsentrasi

herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida di dalamnya dan perbedaan kepekaan ikan. Sesuai dengan pendapat Connel dan Miller (2006), bahwa terdapat keragaman yang cukup banyak dalam kepekaan spesies terhadap suatu pestisida tertentu, demikian juga dengan keragaman dalam toksisitas pestisida yang berbeda-beda terhadap spesies tertentu. Faktor-faktor lainnya seperti jenis kelamin, umur, tingkatan gizi, stress, dan habitat atau lingkungan–mikro membedakan kepekaan individu. Rumampuk, *et al.* (2010), juga menyatakan ada sejumlah faktor yang mempengaruhi toksisitas pestisida terhadap ikan dan organisme air. Faktor-faktor tersebut adalah suhu, umur organisme, lamanya organisme dalam media yang tercemar serta jumlah pestisida terlarut. Namun, dari hasil yang didapat faktor lingkungan tidak berpengaruh dalam penelitian.

Sudarmo (1992), menyatakan ikan yang terkena racun bahan pencemar dapat diketahui dengan gerakan hiperaktif, menggelepar, lumpuh dan kemudian mati. Frank (1991), menyatakan bahwa toksikan bisa masuk dalam tubuh ikan melalui tiga tempat yaitu insang, mulut dan kulit dimana tiga organ tersebut berhubungan satu sama lain. Ketika hewan uji dimasukkan ke dalam suatu limbah cair, maka kondisi dari ikan adalah stress, hal ini bisa dilihat dari pergerakan ikan yang tidak beraturan karena kondisi dari perairan tidak sesuai dengan habitat aslinya.

## **4.2 Analisis Kualitas Air**

### **4.2.1 Suhu**

Suhu merupakan faktor pembatas utama habitat perairan karena jasad-jasad akuatik seringkali kurang dapat mentolerir perubahan suhu. Selain itu suhu akan menghasilkan sirkulasi dan stratifikasi air yang khas dan sangat berpengaruh terhadap kehidupan akuatik. Menurut Kristanto (2002), naiknya suhu air akan menimbulkan akibat sebagai berikut: a. Menurunnya oksigen

terlarut dalam air; b. Meningkatkan kecepatan reaksi kimia; c. Mengganggu kehidupan ikan dan hewan lainnya; d. Jika batas suhu terlampaui, ikan dan hewan lainnya mungkin akan mati.

**Tabel 6.** Hasil Pengukuran Rata-rata Suhu Harian ( $^{\circ}\text{C}$ )

Konsentrasi (ppm)	Waktu Pengamatan Suhu $^{\circ}\text{C}$ (jam)				Standar
	24	48	72	96	
0	23,1-26,8	23-26,6	23-26,3	24,8-26,5	25 $^{\circ}\text{C}$ – 30 $^{\circ}\text{C}$ (SNI, 2000).
7,8	23,1-26,4	22,9-26,8	22,9-26,8	24,7-26,8	
11,6	23,2-26,4	23-26,8	23-26,4	24,7-26,8	
18,1	23,3-26,4	23-27,2	23-26,5	24,8-27,2	
24,2	23,3-26,7	23-27,3	23-26,7	24,6-27,3	

Berdasarkan Tabel 6 di atas, dari hasil penelitian selama 96 jam, diperoleh nilai suhu berkisar antara  $22,9^{\circ}\text{C}$  –  $27,3^{\circ}\text{C}$ . Kisaran suhu tersebut masih dalam kisaran normal untuk kehidupan ikan Nila. Hal ini sesuai dengan pernyataan Amri dan Khairuman (2002), untuk dapat hidup dan tumbuh dengan baik, suhu optimum bagi ikan Nila adalah  $25^{\circ}\text{C}$  –  $30^{\circ}\text{C}$ . Pertumbuhan ikan Nila biasanya terganggu jika suhu habitatnya lebih rendah dari  $14^{\circ}\text{C}$  atau pada suhu tinggi  $38^{\circ}\text{C}$ . Ikan Nila akan mengalami kematian pada suhu rendah  $6^{\circ}\text{C}$  atau suhu tinggi  $42^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.2 pH

Nilai pH menggambarkan intensitas keasaman dan kebasaan suatu perairan yang ditunjukkan oleh keberadaan ion hidrogen. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap adanya perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–

8,5. Nilai pH juga sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, seperti nitrifikasi dan mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia (Effendi, 2003).

Menurut Deden, *et al.* (2001), keadaan pH yang dapat mengganggu kehidupan ikan adalah pH yang terlalu rendah (sangat asam) atau sebaliknya terlalu tinggi (sangat basa). Setiap jenis ikan akan memperlihatkan respon yang berbeda terhadap perubahan pH dan dampak yang ditimbulkannya pun berbeda.

**Tabel 7.** Hasil Pengukuran Rata-rata pH Harian

Konst. (ppm)	Waktu Pengamatan pH (jam)				Standar
	24	48	72	96	
0	7,81 - 7,89	7,84 - 8,01	7,82 - 8,04	7,73 - 7,92	6,5 – 8,5 (SNI, 2000)
7,8	7,76 - 7,93	7,62 - 8,05	7,76 - 8,09	7,63 - 7,90	
11,6	7,40 - 7,94	7,61 - 8,04	7,73 - 8,06	7,74 - 7,93	
18,1	7,74 - 7,95	7,68 - 8,04	7,83 - 8,07	7,77 - 7,92	
24,2	7,67 - 7,92	7,67 - 8,06	7,67 - 8,09	7,71 - 7,96	

Berdasarkan Tabel 7 di atas, dari hasil penelitian selama 96 jam, diperoleh nilai pH berada pada kisaran 7,4 – 8,1. Kisaran pH tersebut masih dalam kisaran normal untuk kehidupan dan pertumbuhan ikan Nila. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Deden, *et al.* (2001), keadaan pH yang dapat mengganggu kehidupan ikan adalah pH yang terlalu rendah (sangat asam) atau sebaliknya terlalu tinggi (sangat basa), ikan Nila pada lingkungan dengan pH rendah pertumbuhannya mengalami penurunan namun demikian ikan Nila masih dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5 – 10. pH optimal untuk kehidupan dan pertumbuhan ikan ini adalah 7– 8.

#### 4.2.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan oleh proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Kelarutan oksigen di dalam air sangat dipengaruhi terutama oleh faktor suhu. Kelarutan oksigen maksimum di dalam air terdapat pada suhu 0 °C, yaitu sebesar 14,16 mg/L O<sub>2</sub>. Konsentrasi menurun sejalan dengan meningkatnya suhu air. Peningkatan suhu menyebabkan konsentrasi oksigen menurun dan sebaliknya suhu yang semakin rendah meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut (Barus, 2001).

**Tabel 8.** Hasil Pengukuran Rata-rata Oksigen Terlarut (DO) Harian (mg/L)

Konst. (ppm)	Waktu Pengamatan DO mg/L (jam)				Standar
	24	48	72	96	
0	4,62 - 5,51	5,08 - 5,58	5,08 - 5,58	5,00 - 5,58	> 4 mg/L (Effendi, 2003)
7,8	4,31 - 5,56	4,59 - 5,90	4,95 - 5,84	4,85 - 5,85	
11,6	4,69 - 5,66	4,49 - 5,85	4,69 - 5,85	4,66 - 5,90	
18,1	4,64 - 5,49	4,66 - 5,90	4,64 - 5,90	4,60 - 5,31	
24,2	4,55 - 5,85	4,31 - 5,88	4,60 - 5,88	4,31 - 5,51	

Berdasarkan Tabel 8 di atas, dari hasil penelitian selama 96 jam, diperoleh nilai oksigen terlarut (DO) berkisar antara 4,31 – 5,90 mg/L. Kisaran oksigen terlarut selama pengamatan berada pada kisaran sedang namun masih cukup untuk mendukung kehidupan ikan Nila. Sesuai dengan pernyataan Swingle (1969) dalam Andayani (2005), bahwa tingkat kelarutan oksigen akan berbahaya bagi ikan jika konsentrasinya 3 mg/L atau lebih kecil dan konsentrasi yang baik untuk kehidupan ikan yaitu 5 mg/L atau lebih.

Menurut Nugroho (2006), umumnya pengaruh DO terhadap kehidupan ikan adalah sebagai berikut:

- DO < 3 mg/L : tidak cocok untuk kehidupan ikan
- DO 3-6 mg/L : kurang cocok untuk kehidupan ikan
- DO > 6 mg/L : cocok untuk kehidupan ikan

Kadar oksigen terlarut selama pengamatan mengalami fluktuasi sesuai dengan waktu pengamatan, nilai oksigen terlarut paling rendah rata-rata diperoleh pada pukul 23:00 WIB dan nilai oksigen tertinggi rata-rata diperoleh pada pukul 07:00 WIB. Sesuai dengan pernyataan Effendi (2003), Kadar oksigen akan berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian mengenai uji toksisitas akut ( $LC_{50}$ ) herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap ikan Nila maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Besar nilai toksisitas akut ( $LC_{50-96jam}$ ) herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida terhadap ikan Nila yakni 16,95 ppm. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida termasuk dalam golongan toksik sedang. Tingkah laku ikan Nila pada saat perlakuan berbeda-beda pada setiap konsentrasi herbisida. Kematian hewan uji pada semua perlakuan diperoleh dari 24 jam sampai 96 jam dan tidak ada hewan uji yang mati 100%. Kematian tertinggi hewan uji sebesar 80% yakni pada konsentrasi 24,2 ppm ulangan 1, dan kematian terendah sebesar 0% yakni pada konsentrasi 7,8 ppm ulangan 2 dan 3.
- Proses kematian ikan dari konsentrasi terendah (7,8 ppm) sampai konsentrasi tertinggi (24,2 ppm) diperoleh pada jam perlakuan yang berbeda, artinya semakin tinggi konsentrasi maka proses kematian ikan Nila terjadi lebih cepat dibandingkan pada konsentrasi yang lebih rendah.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan peneliti dari hasil penelitian ini yaitu agar meminimalisir dampak dari penggunaan herbisida terhadap kehidupan akuatik misalnya dengan cara pembuatan bak-bak (kolam) penampungan limbah yang bertujuan untuk pengelolaan air limbah pertanian sebelum masuk ke perairan umum (seperti sungai dan laut).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alabaster, J. S. 1969. Survival of Fish in 164 Herbicides, Insecticides, Fungicides, wetting agents and miscellaneous substances. *International Pest Control* 11(2): 29-35.
- Amri dan Khairuman, 2008. *Budidaya Ikan Nila Secara Intensif*. Agromedia Pustaka. Indonesia.
- Ananda W Ginting; Endang S.; Saut M.; Franciscus G.; Tambar K.; Armon R.; Josia G. 2012. Intoksikasi Herbisida (Paraquat). Reading Assignment Div. Penyakit Tropis dan Infeksi. 19 halaman.
- Andayani, S. 2005. *Manajemen Kualitas Air Untuk Budidaya Perairan*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Anderson WP. 1977. *Weed Science: Principles*. West Publishing Company. St Paul. New York. Boston. Los Angeles. San Fransisco.
- Barus, T.A. 2001. *Limnologi*. Universitas Sumatera Utara . Medan.
- Bathe, R. ; K. Sachsse; L. Ullmann; W. D. Hirmann; F. Zak and R. Hess. 1974. The Evaluation of Fish Toxicity in the Laboratory. *Excepta Medica*. Vol XVI: 113-124, Carlsbad, 1974.
- Chung, J.G. 1995. Recent Development in the Use of Laboratory Bioassays to Deretmine Safe Levels of Toxicants for Fish. *Ann Arbor Science Publishers. Inc.* P 107-115.
- Connell, D.W. 1995. *Bioakumulasi Senyawaan Xenobiotik*. Jakarta: UI Press.
- Connel, D. W dan Miller, G. J. 2006. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI Press. Jakarta
- Deden, D. H. J. Rais, S. P. Ginting, dan M. J. Sitepu, 2001. *Kimia dan Pencemaran* . alih bahasa oleh: Y. R. Koestoer. Cetakan Pertama. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Effendi, 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ekha, I. 1993. *Dilema Pestisida*. Kanisius. Yogyakarta.

Esmiralda, M. T. dan Hayatul, H. 2012. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio* Lin). Studi Kasus: Limbah Cair Industri Tahu "SUPER", Padang.

Finney, D.J. 1971. Probit Analysis. 3rd edition. Cambridge at the University Press, 1971. 33p.

Frank C, Lu. 1991. Toksikologi Dasar Asas, Organ Sasaran dan Penilaian Resiko. Terjemahan Edi Nugroho, Zunilda S. Bustami dan Iwan Darmansjah. 1995. Universitas Indonesia (UI press). Jakarta

Gaspersz, V. 1995. Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan. Tarsito. Bandung.

Guthrie, F. & Jerome, J. E. 1980. Introduction to Environmental Toxicology. Elsevier, New York.

Halang, B. 2004. Toksisitas Air Limbah dan Detergen Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Online. Tersedia di <http://bioscience.unlam.ac.id/v1n1/v1n1halangPDF>. diakses tanggal 4 Februari 2014.

Jones, J.R.E. 1962. Fish and River Pollution. *In* River Pollution 2: Cause and Effects. (L. Klein. Ed). Butterworths, London, 1962. p. 254-310.

Jenova, R. 2009. Uji Toksisitas Akut yang Diukur dengan Penentuan LD50 Ekstrak Putri Malu Terhadap Mencit. Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Semarang.

Koentjoroningrat, 1991. Metode Penelitian Masyarakat. Jakarta: Gramedia.

Koesoemadinata, S. dan Sutrisno. 1997. Penentuan Toksisitas Letal dan Ambang Konsentrasi Aman Herbisida 2,4-D Dimetil Amina, Isopropil Glifosat dan Butaklor pada Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* Vol.III (2): 18-26.

\_\_\_\_\_, S. 1980. Pesticides as a Major Constrain to Integrated Agriculture-aquaculture Farming System. *In* Integrated Agriculture-aquaculture Farming System. RSN. Pulling & ZH Shehadeh, eds. Iclarm Conference Proceeding 4: 45-52.

Kordi, K. M. G. dan B. T. Andi. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Penerbit Rineka Cipta. Makasar.

- Kristanto, N. 2002. Diversifikasi Penggunaan Minyak Pala. Perspektif. Vol.II (1): 70-81. Medan.
- Labrada, D.W. 1997. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta. 520 hal.
- Noor ES. 1997. Pengendalian Gulma Di Lahan Pasang Surut. Penyunting A.Mussadap. Proyek Penelitian Pengembangan Pertanian Terpadu-ISDP. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rand, G. M. 1980. Introduction to Environmental Toxicology. New York. Elsevier.
- Riadi, M. Sjahril, R. dan E. Syam'un. 2011. Herbisida dan Aplikasinya. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin.
- Robert, G.M.1982. Fundamental of Aquatic Toxicology. Hemisphere Publishing Cooperation. New York.
- Romziyah, R. 2013. Studi Toksisitas Akut Timbel (Pb) Terhadap Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*). Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang
- Rukmana, R.M. 1997. Toksikologi Pestisida. Bahan Penataran Toksikologi di Unsrat. Kerjasama UNSRAT-CIDA/SFE. Proyek Pengembangan Perguruan Indonesia Timur.
- Rumampuk, N.D, Sandra T dan Stenly W. 2010. Median Lethal Concentration (LC-50) Insektisida Diklorometan pada Nener Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol.VI:5.
- Santoso, B. 1996. Ikan Nila. Kanisius. Yogyakarta.
- Sarbino dan Edy Syahputra, 2012. Keefektifan Parakuat diklorida Sebagai Herbisida untuk Persiapan Tanam Padi Tanpa Olah Tanah Di Lahan Pasang Surut. *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika*, Vol. 2, No. 1.
- Sastroutomo, S. S. 1992. Pestisida. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- SNI, 1990. Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- . 2004. Air dan Air Limbah : cara uji derajat keasaman pH dengan menggunakan alat pH meter.

Sprague, J.B. 1969. Measurement of Pollutant Toxicity to Fish. III. Sublethal Effects and "Safe" Concentrations. *Water Res.* 5: 245-266.

Sudarmo, S. 1991. *Pestisida Tanaman*. Kanisius. Yogyakarta

Sugianto Hendrata, 2004. Pemanfaatan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Trewavas) Sebagai Bioindikator untuk Menilai Efektifitas Kinerja IPAL Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.

Suyanto, S.R., 1998. *Nila*. Penerbit Swadaya. Jakarta

Ulfiatin, 2004. *Teknologi Pengolahan Alginat*. Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

Wudianto, R. 1992. *Petunjuk Penggunaan Pestisida*. Swadaya. Jakarta

Yuni Era; Safni dan Suyani H. 2008. Degradasi Senyawa Paraquat Dalam Pestisida Gramoxone® Secara Fotolisis Dengan Penambahan  $TiO_2$ -Anatase. *Jurnal Riset dan Teknologi Kimia*. Vol.2, No.1.



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat	Bahan	Parameter	Satuan/Unit
Thermometer	-	Suhu	°C
pH meter	-	pH	-
DO meter	-	Oksigen terlarut	mg/L
Akuarium	-	Uji toksisitas	-
Aerator	-		-
Batu aerasi	-		-
Selang aerasi	-		-
Seser	-		-
Timbangan digital	-		-
-	Benih ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> )		-
-	Herbisida		-
-	Air tawar		-
-	Akudes		-
-	Kertas label		
-	Tissue		
-	Alkohol		

**Lampiran 2.** Tabel Skala Logaritmik

Skala konsentrasi yang dapat digunakan untuk menentukan variasi konsentrasi pada perlakuan suatu bioassay berdasarkan atas interval progressive bisection pada suatu skala logaritmik (Rand, 1980).

Kolom				
1	2	3	4	5
10	-	-	-	-
-	-	-	-	<b>8.7</b>
-	-	-	7.5	-
-	-	-	-	<b>6.5</b>
-	-	5.6	-	-
-	-	-	<b>4.2</b>	3,7
-	3.2	-	-	-
-	-	-	-	<b>2.8</b>
-	-	-	2.4	-
-	-	-	-	2.1
-	-	1.8	-	-
-	-	-	-	1.55
-	-	-	1.35	-
-	-	-	-	1.15
1.0	-	-	-	-

**Cetak tebal:** konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya

**Catatan:** untuk penentuan konsentrasi pada uji sesungguhnya digunakan ambang batas bawah dan ambang batas atas yang diperoleh dari hasil uji pendahuluan dengan menggunakan tabel skala logaritmik di atas. Pada uji pendahuluan diperoleh ambang batas bawah yang diperoleh saat penelitian sebesar 10 ppm sehingga semua angka pada tabel skala logaritmik dikalikan 10 (lihat Lampiran 3. Tabel perubahan konsentrasi pada uji sesungguhnya. Kolom skala logaritmik). Konsentrasi pada uji sesungguhnya dikali 10 (seperti  $8,7 \times 10 = 87$  dan lainnya).

### Lampiran 3. Perhitungan Pengenceran Larutan Uji

Rumus pengenceran adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

$V_1$  = volume/jumlah herbisida yang dibutuhkan

$N_1$  = konsentrasi herbisida

$V_2$  = volume air yang digunakan

$N_2$  = dosis herbisida yang diinginkan

Dalam 1 botol herbisida cair terdapat bahan aktif Parakuat diklorida 276 gr/L.

Jadi di dalam 1 botol herbisida cair terdapat konsentrasi bahan aktif 276 gr/L.

Jika dijadikan ppm menjadi 276 gr/liter = 276.000 mg/l = 276.000 ppm.

Sebelum membuat konsentrasi larutan untuk uji sesungguhnya maupun uji pendahuluan maka terlebih dahulu dibuat larutan stok dengan konsentrasi 1000 ppm dengan pengenceran larutan dari 276.000 ppm larutan yang ada.

Pembuatan larutan stok 1000 ppm diperoleh dengan cara:

$$V_1 = \frac{V_2 \times N_2}{N_1} = \frac{1000 \text{ ml} \times 1000 \text{ ppm}}{276000} = 3,6 \text{ ml}$$

Artinya untuk mendapatkan 1000 ppm yaitu diambil 3,6 ml herbisida dan dilarutkan ke dalam 1 liter / 1000 ml air. Tetapi pada saat penelitian ini, larutan stok yang dibuat adalah 276 ppm yang diperoleh dengan cara 1 ml herbisida dilarutkan ke dalam 1 liter air. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan skala logaritmik tetapi dibagi 3,6, sehingga konsentrasi pada penelitian ini menjadi 1/3,6 dari konsentrasi yang digunakan.

Lanjutan **Lampiran 3.**

Perubahan konsentrasi yang digunakan pada uji pendahuluan setelah dibagi 3.6 , dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

<b>Skala Logaritmik</b>	<b>Saat penelitian (1/3,6 dari skala logaritmik)</b>
0,01	0,0028
0,1	0,028
1	0,28
10	2,8
100	28

Perubahan konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya setelah dibagi 3.6, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

<b>Skala Logaritmik</b>	<b>Saat penelitian (1/3,6 dari skala logaritmik)</b>
28	7,8
42	11,6
65	18,1
87	24,2

Perhitungan pengenceran larutan dilakukan untuk mendapatkan masing-masing konsentrasi pada uji pendahuluan maupun uji sesungguhnya. Setelah itu dilakukan pengenceran untuk masing-masing konsentrasi yang diperlukan untuk uji dengan menggunakan larutan stok 276 ppm dilarutkan ke dalam 10 Liter air (10.000 ml), karena media uji menggunakan 10 Liter air. Pada perhitungan pengenceran semua dibagi 276 bukan dibagi 1000, karena stok yang tersedia saat penelitian sebesar 276 ppm yang seharusnya dibuat larutan stok 1000 ppm. Hal tersebut karena pada saat pembuatan larutan stok 1000 ppm seharusnya mengencerkan 3,6 ml herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida ke dalam

Lanjutan **Lampiran 3.**

1 liter air, namun saat penelitian hanya mengencerkan 1 ml herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida ke dalam 1 liter air, sehingga stok yang tersedia yakni 276 ppm. Berikut pengenceran yang dilakukan pada uji pendahuluan dan uji sesungguhnya:

## 1. Pengenceran untuk uji pendahuluan:

- Membuat larutan 0,0028 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 0,0028 \text{ ppm}}{276} = 0,10 \text{ ml}$$

- Membuat larutan 0,028 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 0,028 \text{ ppm}}{276} = 1,01 \text{ ml}$$

- Membuat larutan 0,28 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 0,28 \text{ ppm}}{276} = 10,14 \text{ ml}$$

- Membuat larutan 2,8 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 2,8 \text{ ppm}}{276} = 101 \text{ ml}$$

- Membuat larutan 28 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 28 \text{ ppm}}{276} = 1014 \text{ ml}$$

## 2. Pengenceran untuk uji sesungguhnya:

- Membuat larutan 7,8 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 7,8 \text{ ppm}}{276} = 283 \text{ ml}$$

- Membuat larutan 11,6 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 11,6 \text{ ppm}}{276} = 420 \text{ ml}$$

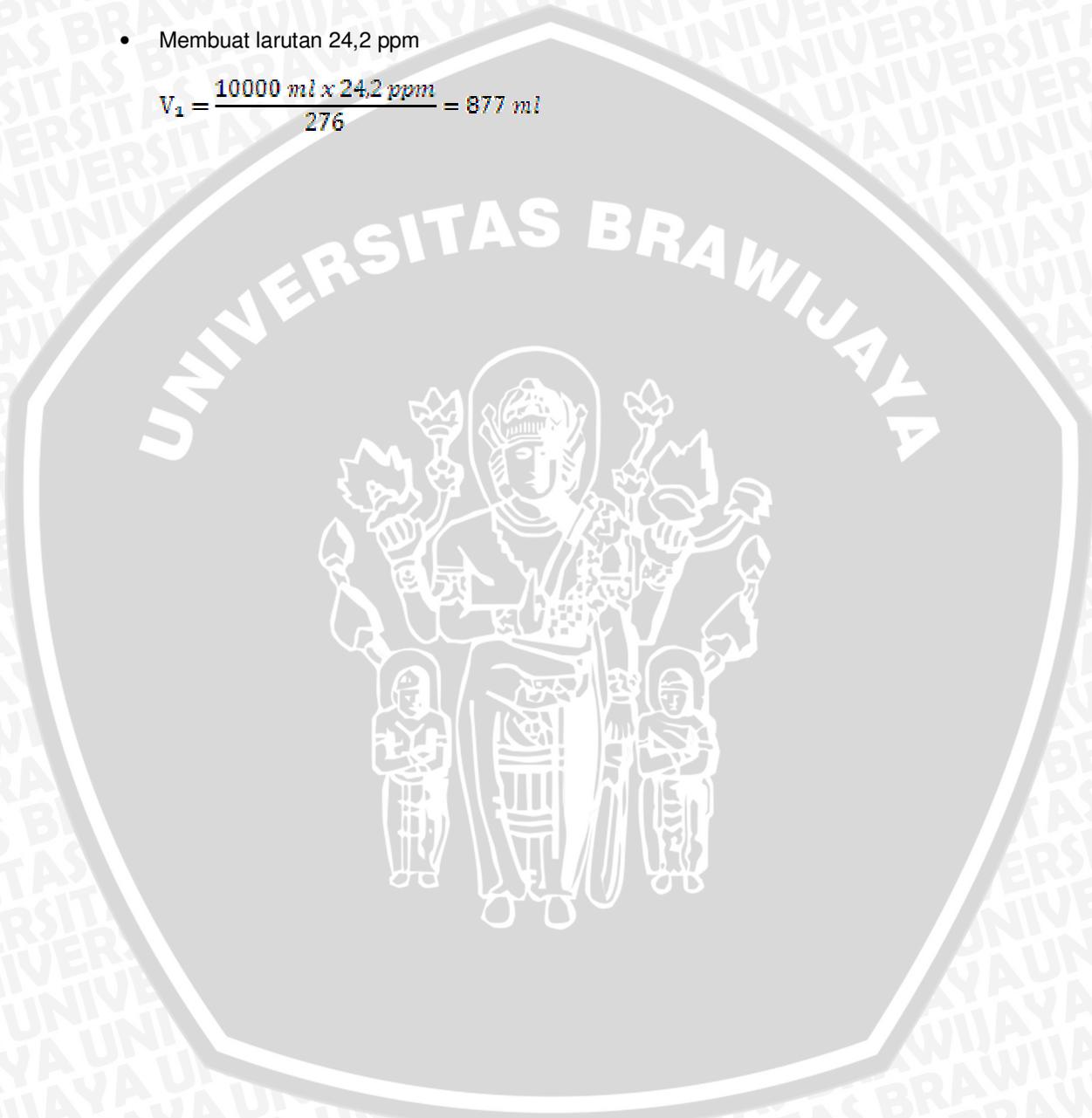
## Lanjutan Lampiran 3.

- Membuat larutan 18,1 ppm

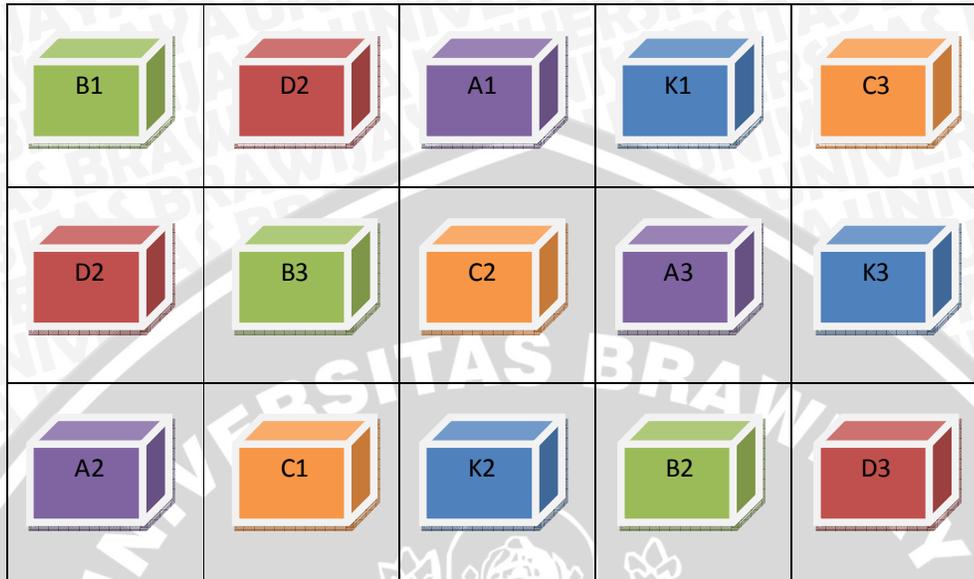
$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 18,1 \text{ ppm}}{276} = 656 \text{ ml}$$

- Membuat larutan 24,2 ppm

$$V_1 = \frac{10000 \text{ ml} \times 24,2 \text{ ppm}}{276} = 877 \text{ ml}$$



Lampiran 4. Denah Tata Letak Bak Percobaan



Keterangan:

A-D = perlakuan

K = kontrol

1 – 3 = ulangan

Lampiran 5. Perhitungan LC<sub>50</sub>

Con. (ppm) D	Log dos e x	Responders R	Number at risk n	Proportion responding p (r/n)	q (1-p)	W (npq)	wx	w.x <sup>2</sup>	z ln p/1-p	wz	wxz
0	0	0	30	0	1	0	0	0	0	0	0
7,8	2,05	1	30	0,33	0,67	6,33	12,98	26,59	-0,71	-1,08	-9,21
11,6	2,45	6	30	0,20	0,80	4,80	11,76	28,80	-1,39	-6,67	-16,35
18,1	2,90	8	30	0,26	0,74	5,77	16,73	48,53	-1,05	-6,06	-17,57
24,2	3,19	21	30	0,70	0,30	6,30	20,10	64,13	0,85	5,36	17,08
						23,20	61,67	168,05		-12,96	-26,05

$$x = \frac{\sum wx}{\sum w} = \frac{15,42}{5,80} = 2,66$$

$$z = \frac{\sum wz}{\sum w} = \frac{-3,24}{5,80} = -0,56$$

$$\begin{aligned} a &= z - bx \\ &= (-0,56) - ((3,36)2,66) \\ &= (-0,56) - (8,94) = -9,50 \end{aligned}$$

$$b = \frac{(\sum w \sum wxz - \sum wz \sum wx)}{(\sum w \sum wx^2 - (\sum wx)^2)} = \frac{19,75}{5,88} = 3,36$$

$$x_{50} = \frac{-a}{b} = \frac{-(-9,50)}{3,36} = 2,83$$

$$LC_{50} = 16,95$$

✚ Jadi dapat diketahui bahwa tingkat kematian 50% ikan uji yang terpapar oleh herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida dapat terjadi pada konsentrasi 16,95 ppm.



Lanjutan **Lampiran 5.**

- Perhitungan Proportion Responding ( $p$ )

$$p = r/n$$

✓  $p = 1/30 = 0,33$

✓  $p = 6/30 = 0,20$

✓  $p = 8/30 = 0,26$

✓  $p = 21/30 = 0,70$

- Perhitungan tabel  $q$

$$q = 1 - p$$

✓  $q = 1 - 0,33 = 0,67$

✓  $q = 1 - 0,20 = 0,80$

✓  $q = 1 - 0,26 = 0,74$

✓  $q = 1 - 0,70 = 0,30$

- Perhitungan tabel  $w$

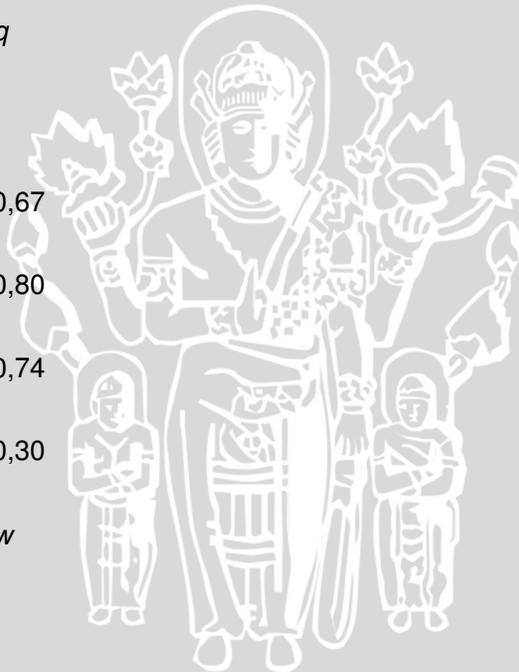
$$w = npq$$

✓  $w = 30 \times 0,33 \times 0,67 = 6,33$

✓  $w = 30 \times 0,20 \times 0,80 = 4,80$

✓  $w = 30 \times 0,26 \times 0,74 = 5,77$

✓  $w = 30 \times 0,70 \times 0,30 = 6,30$



## Lanjutan Lampiran 5.

## • Perhitungan tabel wx

✓  $wx = 6,33 \times 2,05 = 12,98$

✓  $wx = 4,80 \times 2,45 = 11,76$

✓  $wx = 5,77 \times 2,90 = 16,73$

✓  $wx = 6,30 \times 3,19 = 20,10$

• Perhitungan tabel wx<sup>2</sup>

✓  $wx^2 = 6,33 \times (2,05)^2 = 26,59$

✓  $wx^2 = 4,80 \times (2,45)^2 = 28,80$

✓  $wx^2 = 5,77 \times (2,90)^2 = 48,53$

✓  $wx^2 = 6,30 \times (3,19)^2 = 64,13$

## • Perhitungan tabel z

$$z = \ln p/1 - p$$

✓  $z = \ln 0,33/0,67 = -0,71$

✓  $z = \ln 0,20/0,80 = -1,39$

✓  $z = \ln 0,26/0,74 = -1,05$

✓  $z = \ln 0,70/0,30 = 0,85$

## • Perhitungan tabel wz

✓  $wz = 6,33 \times (-0,71) = -1,08$

✓  $wz = 4,80 \times (-1,39) = -6,67$

Lanjutan **Lampiran 5.**

✓  $wz = 5,77 \times (-1,05) = -6,06$

✓  $wz = 6,30 \times 0,85 = 5,36$

• Perhitungan tabel  $wxz$

✓  $wxz = 6,33 \times 2,05 \times (-0,71) = -9,21$

✓  $wxz = 4,80 \times 2,45 \times (-1,39) = -16,35$

✓  $wxz = 5,77 \times 2,90 \times (-1,05) = -17,57$

✓  $wxz = 6,30 \times 3,19 \times 0,85 = 17,08$



**Lampiran 6.** Pengamatan Mortalitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* T.)

Konst. (ppm)	Hari I (24 jam)						Hari II (48 jam)						
	Pengamatan Ke – (per 4 jam)						Pengamatan Ke – (per 4 jam)						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,7	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,6	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,1	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24,2	1	-	-	-	-	1	2	1	-	1	-	1	-
	2	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	3	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-



Lanjutan Lampiran 6.

Konst. (ppm)	Hari III (72 jam)						Hari IV (96 jam)						
	Pengamatan Ke – (per 4 jam)						Pengamatan Ke – (per 4 jam)						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
24,2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-



Lampiran 7. Pengamatan Harian Suhu (°C)

Konst. (ppm)	Hari I & II pengamatan harian suhu (°C)												
	Ulangan	Pengamatan Ke-						Pengamatan Ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0	1	26,8	26,1	25,4	23,6	23,1	24,9	26,6	25,7	25	23,7	23	25
	2	26,8	26,1	25,4	23,6	23,1	24,9	26,6	25,7	25	23,7	23	25
	3	26,8	26,1	25,4	23,6	23,1	24,9	26,6	25,7	25	23,7	23	25
7,8	1	26,1	26,4	25,3	23,1	23,4	24,7	26,5	25,8	25,2	23,5	22,9	24,7
	2	26,2	26	25,3	23,9	23,5	24,7	26,8	26,2	24,9	23,8	22,9	24,9
	3	26,3	26,1	25,1	23,9	23,1	25	26,7	26	24,9	23,6	23,1	25,1
11,6	1	26,3	26,3	25,3	24,3	23,2	25,1	26,6	26,1	25,4	23	23	24,6
	2	26,4	26,2	25,2	23,9	23,2	24,9	26,6	25,7	25,1	23,5	23	25,2
	3	26	26,3	25,3	24,4	23,3	25,3	26,8	26	25	23,5	23,2	24,8
18,1	1	26,5	26,4	25,2	24	23,3	24,9	26,6	25,8	25,1	23,3	23	25,3
	2	26,2	26,2	25,2	24	23,5	24,7	26,7	26,1	24,9	23,8	23	24,8
	3	26,2	26,4	25,4	24,5	23,5	25	27,2	26,1	25	23,8	23,2	24,9
24,2	1	26,1	26,5	25,3	23,3	23,4	25,2	26,5	25,9	25,4	23,4	23	25,4
	2	26,7	26,3	25,3	23,8	23,5	24,9	26,8	26,3	25	24	23,1	25
	3	26,4	26,4	25,4	23,5	23,5	25,4	27,3	26,2	25,3	23,7	23,3	24,9



Lanjutan Lampiran 7.

Konst. (ppm)	Hari III & IV pengamatan harian suhu (°C)												
	Ulangan	Pengamatan Ke-						Pengamatan Ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0	1	26,3	26,1	25,1	23,1	23	25,2	26,5	26,4	26,3	25	24,8	25,7
	2	26,3	26,1	25,1	23,1	23	25,2	26,5	26,4	26,3	25	24,8	25,7
	3	26,3	26,1	25,1	23,1	23	25,2	26,5	26,4	26,3	25	24,8	25,7
7,8	1	26,8	26,4	24,5	23,6	22,9	25	26,6	26,3	26,5	24,9	25,5	25,6
	2	26,1	26	25,3	23,9	22,9	24,7	26,8	26,1	26,6	24,9	24,6	25,7
	3	26,2	26,1	24,7	23,9	23,1	24,9	26,7	26,2	26,5	25	24,7	25,7
11,6	1	26,4	26,3	24,1	23,9	23	24,6	26,6	26	26,3	24,8	25,2	25,6
	2	26	26,2	24,7	24,3	23	25,2	26,6	26,4	26,5	25	24,7	25,5
	3	26,3	26,3	24,6	24,2	23,2	24,8	26,8	26,3	26,4	25,1	24,8	25,5
18,1	1	26,2	26,4	24,5	24,4	23	25,3	26,6	26,5	26,5	25	24,9	25,5
	2	26,5	26,2	24,9	24	23	24,8	26,7	26,2	26,4	25	24,8	25,7
	3	26,2	26,4	24,6	24,3	23,2	24,9	27,2	26,2	26,5	25	25	25,7
24,2	1	26,7	26,5	24,5	24,2	23	25,4	26,5	26,1	26,4	24,7	25,1	25,6
	2	26,1	26,3	25,5	23,8	23,1	25	26,8	26,7	26,7	25	24,6	25,9
	3	26,4	26,4	24,5	23,5	23,3	24,9	27,3	26,4	26,4	24,8	25,2	25,6



Lampiran 8. Pengamatan Harian pH

Konst. (ppm)	Hari I & II												
	Ulangan	Pengamatan Ke-						Pengamatan Ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0	1	7,87	7,85	7,85	7,89	7,86	7,81	7,90	7,89	7,84	8	8,01	7,85
	2	7,87	7,85	7,85	7,89	7,86	7,81	7,90	7,89	7,84	8	8,01	7,85
	3	7,87	7,85	7,85	7,89	7,86	7,81	7,90	7,89	7,84	8	8,01	7,85
7,8	1	7,77	7,88	7,93	7,88	7,88	7,88	7,92	7,85	8,01	8,05	8,03	7,88
	2	7,76	7,81	7,87	7,82	7,82	7,83	7,68	7,62	7,88	7,97	7,98	7,82
	3	7,82	7,84	7,90	7,91	7,88	7,89	7,88	7,64	7,98	8,01	7,96	7,84
11,6	1	7,77	7,83	7,40	7,73	7,84	7,87	7,93	7,61	7,99	7,92	7,87	7,89
	2	7,77	7,82	7,86	7,85	7,83	7,79	7,86	7,85	7,84	7,96	7,96	7,83
	3	7,85	7,85	7,94	7,90	7,88	7,89	7,91	7,89	8	8,04	8,02	7,81
18,1	1	7,87	7,88	7,95	7,91	7,87	7,74	7,92	7,88	8	8,04	8,05	7,86
	2	7,85	7,86	7,94	7,90	7,85	7,89	7,89	7,87	7,97	8,04	7,96	7,83
	3	7,81	7,83	7,94	7,90	7,83	7,85	7,89	7,68	8	8,01	8,03	7,85
24,2	1	7,85	7,89	7,93	7,87	7,89	7,89	7,96	7,79	8,06	8	8,01	7,89
	2	7,81	7,81	7,85	7,89	7,89	7,73	7,85	7,93	7,97	8,01	7,98	7,67
	3	7,84	7,67	7,91	7,92	7,78	7,89	7,92	7,83	8,07	7,90	8,03	7,86

Lanjutan Lampiran 8.

Konst. (ppm)	Hari III & IV												
	Ulangan	Pengamatan Ke-						Pengamatan Ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0	1	7,82	7,85	8,04	7,88	8,01	7,84	7,92	7,73	7,75	7,77	7,75	7,77
	2	7,82	7,85	8,04	7,88	8,01	7,84	7,92	7,73	7,73	7,77	7,75	7,77
	3	7,82	7,85	8,04	7,88	8,01	7,84	7,92	7,73	7,73	7,77	7,75	7,77
7,8	1	7,87	7,88	8,09	7,82	8,03	7,88	7,90	7,83	7,85	7,86	7,85	7,83
	2	7,77	7,81	7,93	7,89	7,98	7,82	7,68	7,70	7,66	7,65	7,63	7,63
	3	7,76	7,84	7,99	7,91	7,96	7,85	7,88	7,78	7,79	7,77	7,80	7,77
11,6	1	7,85	7,83	7,96	7,85	7,87	7,89	7,93	7,77	7,80	7,80	7,89	7,75
	2	7,77	7,82	8,02	7,73	7,96	7,83	7,86	7,74	7,78	7,77	7,78	7,79
	3	7,85	7,85	8,06	7,90	8,02	7,81	7,91	7,78	7,80	7,81	7,78	7,81
18,1	1	7,85	7,88	8,07	7,90	8,05	7,86	7,92	7,77	7,80	7,83	7,81	7,81
	2	7,87	7,86	8,02	7,91	7,96	7,83	7,89	7,78	7,80	7,77	7,81	7,78
	3	7,84	7,83	8,06	7,90	8,03	7,85	7,89	7,79	7,86	7,81	7,84	7,82
24,2	1	7,81	7,89	8,09	7,89	8,01	7,89	7,96	7,80	7,82	7,81	7,85	7,80
	2	7,81	7,81	8	7,92	7,98	7,67	7,85	7,77	7,85	7,76	7,71	7,74
	3	7,85	7,67	7,90	7,87	8,03	7,86	7,90	7,68	7,86	7,84	7,89	7,82



**Lampiran 9.** Pengamatan Harian Oksigen Terlarut / DO (mg/L)

Konst. (ppm)	Hari I & II pengamatan harian oksigen terlarut / DO (mg/L)												
	Ulangan	Pengamatan Ke-						Pengamatan Ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0	1	5,42	5,08	4,62	5,51	4,98	5,09	5,15	5,30	5,25	5,34	5,58	5,08
	2	5,42	5,08	4,62	5,51	4,98	5,09	5,15	5,30	5,25	5,34	5,58	5,08
	3	5,42	5,08	4,62	5,51	4,98	5,09	5,15	5,30	5,25	5,34	5,58	5,08
7,8	1	4,95	5,00	5,56	4,94	4,88	5,42	5,17	5,23	5,44	5,57	5,84	5,11
	2	5,19	5,11	4,81	5,40	4,31	5,04	5,06	4,59	5,20	4,96	5,81	5,14
	3	5,11	5,14	4,80	5,52	5,22	5,06	4,99	5,03	5,51	5,59	5,90	5,00
11,6	1	4,87	5,30	5,26	4,99	5,51	4,90	4,85	5,17	4,50	5,77	5,85	5,19
	2	5,01	4,94	5,66	5,24	5,10	5,18	5,13	5,27	5,43	5,41	5,70	5,30
	3	4,69	4,66	4,94	4,88	5,09	5,31	4,92	4,71	5,44	5,55	5,73	4,49
18,1	1	4,77	5,19	5,24	5,49	5,15	5,29	5,16	5,45	5,4	5,66	5,85	4,66
	2	5,43	5,07	4,74	5,11	4,90	5,05	5,04	4,77	5,52	5,37	5,90	5,13
	3	4,64	5,04	4,94	5,05	5,04	5,01	4,71	4,95	5,54	5,40	5,70	4,93
24,2	1	5,85	5,13	5,33	5,07	5,44	4,88	5,34	5,31	5,44	5,71	5,71	4,89
	2	5,02	4,93	4,88	5,34	4,78	4,99	5,10	4,36	5,53	5,09	4,90	4,94
	3	4,70	4,89	5,20	4,87	5,08	4,55	4,31	4,63	5,61	5,55	5,88	5,07



Lanjutan Lampiran 9.

Konst. (ppm)	Hari III & IV pengamatan harian oksigen terlarut / DO (mg/L)												
	Ulangan	Pengamatan Ke-						Pengamatan Ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0	1	5,43	5,08	5,29	5,40	5,58	5,11	5,17	5,00	5,40	5,52	5,58	5,30
	2	5,43	5,08	5,29	5,40	5,58	5,11	5,17	5,00	5,40	5,52	5,58	5,30
	3	5,43	5,08	5,29	5,40	5,58	5,11	5,17	5,00	5,40	5,52	5,58	5,30
7,8	1	5,19	5,00	5,40	5,51	5,84	5,00	5,15	5,11	5,29	5,84	5,58	5,29
	2	5,11	5,11	5,30	4,94	5,81	5,08	5,06	5,08	4,97	5,58	5,00	5,70
	3	4,95	5,14	4,97	5,52	5,90	5,14	4,85	5,14	5,30	5,85	5,14	5,31
11,6	1	5,01	5,30	5,36	4,99	5,85	5,19	5,13	5,30	5,36	5,70	4,66	5,49
	2	4,69	4,94	5,26	5,24	5,70	5,30	4,92	4,94	4,66	5,90	4,94	5,19
	3	4,87	4,66	5,18	4,88	5,73	4,94	5,16	4,66	5,19	5,49	5,04	4,93
18,1	1	5,43	5,19	5,51	5,49	5,85	4,66	5,04	5,07	5,07	4,88	5,04	4,99
	2	4,64	5,07	5,13	5,11	5,90	5,13	4,71	5,04	5,31	4,87	5,13	4,88
	3	4,77	5,04	5,54	5,05	5,70	4,93	4,99	5,19	5,13	5,11	4,93	4,60
24,2	1	4,70	5,13	5,40	5,07	5,71	4,89	5,34	4,93	5,51	5,34	5,04	4,93
	2	5,85	4,93	4,60	5,34	4,90	4,94	5,10	5,13	5,04	5,07	5,19	5,10
	3	5,03	4,89	5,31	4,87	5,88	5,07	4,31	4,89	4,60	5,05	5,14	5,04

