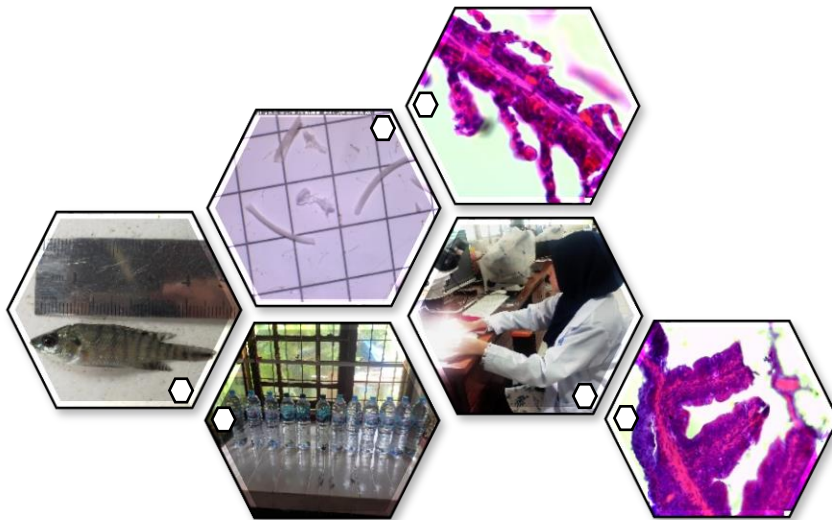


**EVALUASI DAMPAK MIKROPLASTIK TERHADAP RESPON
FISIOLOGIS DAN STRUKTUR HISTOLOGIS PADA BENIH IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DI LINGKUNGAN PERAIRAN**

**EVALUATION IMPACT OF MICROPLASTICS ON THE PHYSIOLOGICAL
RESPONSE AND HISTOLOGICAL STRUCTURE OF TILAPIA SEEDS
(*Oreochromis niloticus*) IN THE WATER ENVIRONMENT**



**NUR ASMI KAMA
L012221003**



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**EVALUASI DAMPAK MIKROPLASTIK TERHADAP RESPON
FISIOLOGIS DAN STRUKTUR HISTOLOGIS PADA BENIH IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DI LINGKUNGAN PERAIRAN**

NUR ASMI KAMA



**PROGRAM MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**EVALUATION IMPACT OF MICROPLASTICS ON THE PHYSIOLOGICAL
RESPONSE AND HISTOLOGICAL STRUCTURE OF TILAPIA SEEDS
(*Oreochromis niloticus*) IN THE WATER ENVIRONMENT**

NUR ASMI KAMA



**MAGISTER PROGRAM FISHERIES SCIENCE
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES
HASANUDDIN UNIVERSITY
MAKASSAR
2024**

**EVALUASI DAMPAK MIKROPLASTIK TERHADAP RESPON
FISIOLOGIS DAN STRUKTUR HISTOLOGIS PADA BENIH IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DI LINGKUNGAN PERAIRAN**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Ilmu Perikanan

Disusun dan diajukan oleh

NUR ASMI KAMA
L012221003

Kepada

**PROGRAM MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

**EVALUASI DAMPAK MIKROPLASTIK TERHADAP RESPON
FISIOLOGIS DAN STRUKTUR HISTOLOGIS PADA BENIH IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DI LINGKUNGAN PERAIRAN**

**NUR ASMI KAMA
L012221003**

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian pada tanggal 11 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

pada

Program Studi Magister Ilmu Perikanan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
Universitas Hasanuddin Makassar

Mengesahkan,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Ir. Muhammad Iqbal Djawad, M.Sc., Ph.D.
NIP 196703181989031002


Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.
NIP 196807261994031002

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Perikanan,

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
Universitas Hasanuddin,


Dr. Ir. Badraeni, M.P.
NIP 196510231991032001




Prof. Safruddin, S.Pi., M.P., P.hD.
NIP 197506112003121003

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Evaluasi Dampak Mikroplastik Terhadap Respon Fisiologis dan Struktur Histologis pada Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Lingkungan Perairan" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Ir. Muhammad Iqbal Djawad, M.Sc., Ph.D dan Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries sebagai artikel dengan judul "Effects of Microplastics on the Consumption and Histological Changes of Cultured Tilapia *Oreochromis niloticus*". Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Makassar, 14 Oktober 2024



Nur Asmi Kama
L012221003

PERNYATAAN KEPEMILIKIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Asmi Kama
NIM : L012221003
Program Studi : Ilmu Perikanan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (*author*) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan tesis ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 14 Oktober 2024

Penulis,



Nur Asmi Kama
NIM. L012221003

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dan penulisan tesis ini terlaksana dengan baik berkat bantuan, bimbingan, dan arahan dari Bapak Ir. Muhammad Iqbal Djawad, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc. selaku pembimbing kedua. Tidak lupa sy ucapkan terima kasih kepada para dosen penguji yakni Dr. Sriwahyuni Rahim, S.T., M.Si, Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc., dan ibu Dr. Ir. Badraeni, M.Si. yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun.

Saya turut mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf dan civitas akademik Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan UNHAS serta seluruh dosen yang berkontribusi selama saya menempuh pendidikan di Program Studi Magister Ilmu Perikanan, UNHAS.

Terkhusus dan mendalam saya ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya ayahanda H. Mamba, S.Pd., M.M. dan Ibunda Hj. Kasmawati yang tidak henti-hentinya memanjatkan doa, memberikan dukungan, dan bantuan kepada penulis. Terakhir dan paling special, saya ucapkan terima kasih kepada suami tercinta, Dr. Sufardin, S.Kel yang tak henti-hentinya memberikan dukungan moril dan materil serta Ikhlas menjadi pembimbing bayangan dan juga anak saya, zayn yang selalu menjadi penyemangat dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis



Nur Asmi Kama

ABSTRAK

NUR ASMI KAMA. **Evaluasi dampak mikroplastik terhadap respon fisiologis dan struktur histologis pada benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di lingkungan perairan** (dibimbing oleh Muhammad Iqbal Djawad dan Khusnul Yaqin).

Latar belakang. Saat ini issue tentang mikroplastik telah menyita perhatian secara global dan penelitian tentang mikroplastik meningkat dengan pesat. Dampak toksik mikroplastik menjadi ancaman yang cukup serius bagi organisme akuatik yang mengonsumsinya. Sebagai organisme omnivora, ikan nila rentan terpapar MP di perairan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkah laku, tingkat konsumsi oksigen, dan histologi organ sistemik benih ikan nila yang terpapar mikroplastik. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) pada 12 akuarium bervolume 40L yang dilengkapi aerasi. Terdapat 4 perlakuan paparan mikroplastik masing-masing 3 kali ulangan yaitu konsentrasi MP 1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L, dan tanpa MP (kontrol). Ikan nila diaklimatisasi selama 7 hari. Mikroplastik yang digunakan adalah jenis polietilena dari botol plastik yang telah direndam selama 30 hari di Perairan Sungai Tello. Parameter yang dinilai meliputi tingkah laku (bukaan operkulum, cara berenang, nafsu makan), konsumsi oksigen, dan kerusakan jaringan. Data diuji statistik menggunakan analisis ragam (one-way ANOVA) untuk konsumsi oksigen, sedangkan tingkah laku dan kerusakan jaringan dianalisis secara deskriptif. **Hasil.** Hasil penelitian menunjukkan bukaan operkulum berkisar antara 100 hingga 128 kali per menit dan cara berenang cenderung berubah pada hari ke-3 hingga hari ke-7. Nafsu makan ikan pada perlakuan 1 mg/L tergolong tinggi di hari pertama hingga ke-7. Pada perlakuan 10 mg/L, nafsu makan ikan tinggi di hari pertama, menurun di hari ke-2 dan ke-3, namun kembali tinggi pada hari ke-4 hingga ke-7. Sebaliknya, perlakuan 100 mg/L menunjukkan nafsu makan ikan yang tinggi pada hari pertama hingga ke-3 dan menurun pada hari ke-4 hingga ke-7. Tingkat konsumsi oksigen tertinggi ditemukan pada perlakuan 10 mg/L ($P < 0.05$) diikuti oleh perlakuan 1 mg/L, 100 mg/L, dan terendah pada perlakuan kontrol. Gambaran histologis mengungkapkan adanya kerusakan meliputi penipisan interlamela, patahan dan pembengkakan lamela sekunder, serta penyusutan sel mukus pada insang. Sebaliknya, pada usus ditemukan jenis kerusakan berupa penebalan lapisan muskularis dan serosa. **Kesimpulan.** Penelitian menyimpulkan adanya perubahan tingkah laku benih ikan nila kecuali bukaan operkulum yang tergolong normal. Selain itu, paparan MP terbukti mempengaruhi tingkat konsumsi oksigen khususnya pada konsentrasi 10 mg/L serta ditemukan berbagai kerusakan histologis pada benih ikan nila yang terpapar MP dan konsentrasi 100 mg/L memberikan perubahan paling parah pada insang.

Kata kunci: Fisiologi; histologi; mikroplastik; toksisitas

ABSTRACT

NUR ASMI KAMA. **Evaluation impact of microplastics on the physiological response and histological structure of tilapia seeds (*Oreochromis niloticus*) in the water environment** (supervised by Muhammad Iqbal Djawad dan Khusnul Yaqin).

Background. Currently, the issue of microplastics has attracted global attention and research on MP is increasing rapidly. The toxic impact of microplastics is a serious threat to MP's feeding aquatic organisms. As an omnivorous organism, tilapia is susceptible to MP's exposure in the water. **Objectives.** This study aims to analyze the behaviour, oxygen consumption levels, and histology of systemic organs of tilapia seed exposed to MP. **Methods.** This study used an experimental method with a completely randomized design (CRD) in 12 aquariums 40L equipped with aeration. There were 4 treatments of MP exposure, each with 3 replications, namely concentrations of 1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L, and without MP (control). Tilapia were acclimatized for 48 hours and maintained for 7 days. In contrast, the MP used was polyethylene from soaked plastic bottles for 30 days in the Tello River. The parameters assessed included behaviour change (operculum opening, swimming way, appetite), oxygen consumption rate, and tissue alteration. Data were statistically tested using one-way ANOVA for oxygen consumption, while behaviour and tissue alteration were analyzed descriptively. **Results.** The results showed the operculum opening ranged from 100 to 128 times per minute and the swimming way tended to change on the 3rd to 7th day of rearing. The fish appetite in the 1 mg/L treatment was high on the first to 7th day. In the 10 mg/L treatment, the fish appetite was high on the first day, decreased on the 2nd and 3rd days, but returned high on the 4th to 7th days. In contrast, the 100 mg/L treatment showed high fish appetite on the first to 3rd day and decreased on the 4th to 7th day. The highest oxygen consumption rate was found in the 10 mg/L treatment ($P < 0.05$) followed by the 1 mg/L, 100 mg/L treatments, and the lowest in the control. The histological tests revealed alteration including thinning of the interlamella, fracture and swelling of the secondary lamella, and shrinkage of mucus cells in the gills. While in the intestines, the alteration was found to be a thickening of the muscular and serosa layers. **Conclusion.** The study concluded there were changes in the behaviour of tilapia larvae except for the operculum opening which was classified as normal. In addition, MP exposure was proved to affect the level of oxygen consumption, especially at a concentration of 10 mg/L. In contrast, numerous histological alterations were found in tilapia seeds exposed to MP, and a concentration of 100 mg/L consequences most severe alteration particularly in fish gills.

Key words: Histology; microplastics; physiology; toxicity

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vi
PERNYATAAN KEPEMILIKIAN TULISAN	vii
UCAPATAN TERIMA KASIH	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Hipotesis	3
1.5 Teori	3
1.5.1 Plastik dan Mikroplastik	3
1.5.2 Mikroplastik di Perairan Tawar	6
1.5.3 Dampak Mikroplastik pada Biota Perairan	6
1.5.4 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	7
1.5.5 Efek Mikroplastik Pada Benih Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	8
1.6 Kerangka Pikir	9
BAB II. METODE PENELITIAN	11
2.1 Waktu dan Tempat	11
2.2 Alat dan Bahan	11
2.3 Desain Penelitian	11
2.4 Prosedur Penelitian	12
2.4.1 Persiapan Hewan Uji	12
2.4.2 Persiapan Bahan Pencemar Mikroplastik	12
2.4.3 Observasi Tingkah Laku	13
2.4.4 Pengamatan Konsumsi Oksigen	13
2.4.5 Pengamatan Partikel Mikroplastik Pada Usus Ikan	13
2.4.6 Analisis Histologi	14
2.5 Analisis Data	15
BAB III. HASIL	16
3.1 Tingkah Laku	16

3.2 Tingkat Konsumsi Oksigen.....	17
3.3 Partikel Mikroplastik Pada Usus Ikan	17
3.4 Struktur Histologi.....	18
BAB IV. PEMBAHASAN	21
4.1 Tingkah Laku.....	21
4.2 Konsumsi Oksigen	22
4.3 Partikel Mikroplastik Pada Usus Ikan	22
4.4 Struktur Histologis	24
BAB V. PENUTUP	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN - LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Jenis polimer, aplikasi, dan densitas.....	5

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Jenis mikroplastik berdasarkan sumbernya	5
2. Kerangka pikir penelitian.....	10
3. Desain eksperimen	12
4. Bukaan operkulum ikan tiap perlakuan	16
5. Tingkat konsumsi oksigen benih ikan nila yang terpapar MP.....	17
6. Jumlah partikel mikroplastik pada usus ikan	18
7. Struktur histologis insang benih ikan nila yang terpapar MP.....	19
8. Struktur histologis usus benih ikan yang terpapar MP	19

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Dokumentasi penelitian.....	40
2. Data dan hasil analisis konsumsi oksigen.....	41

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti dan Penjelasan
Mikroplastik/MP	Plastik yang berukuran mikroskopis (<5 mm) dan berpotensi sebagai bahan pencemar di perairan
Fisiologi	Studi tentang fungsi dan cara kerja tubuh makhluk hidup
Histologi	Cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang struktur sel dan jaringan makhluk hidup
Toksisitas	Tingkat merusaknya suatu zat jika dipaparkan pada makhluk hidup.
<i>Sentinel organism</i>	Spesies yang digunakan untuk memantau dan mendeteksi perubahan lingkungan atau kualitas lingkungan.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan masyarakat terhadap plastik meningkat pesat selama hampir setengah abad terakhir. Diketahui bahwa, produksi plastik yang dimulai sejak tahun 1950 hingga 2017 mencapai 9,2 miliar ton dan diperkirakan jumlahnya terus meningkat hingga tahun 2050 yakni mencapai 34 miliar ton (Geyer, 2020). Tingginya produksi plastik dapat meningkatkan jumlah limbah yang ada di lingkungan karena penggunaannya cenderung hanya sekali pakai (UNEP, 2018). Plastik memiliki sifat yang sangat kuat sehingga plastik susah dihilangkan dari lingkungan dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat terurai (Barnes et al., 2009). Plastik hanya bisa terurai menjadi partikel yang lebih kecil dan biasa dikenal dengan istilah mikroplastik, sehingga keberadaannya di sebut sebagai bahan pencemar bagi lingkungan (Ambarsari dan Anggiani, 2022) .

Saat ini mikroplastik menjadi salah satu bahan pencemar yang sedang hangat diperbincangkan. Beberapa tahun terakhir, mikroplastik telah menyita perhatian secara global dan penelitian tentang mikroplastik meningkat pesat (Campanale et al., 2020). Mikroplastik merupakan partikel plastik yang ukurannya sangat kecil dan memungkinkan untuk dikonsumsi oleh organisme akuatik sehingga dapat tertelan secara tidak sengaja oleh biota ketika mencari makan (Li et al., 2021). Selain itu mikroplastik juga dapat tertelan karena menyerupai jenis makanan atau mangsanya yang telah terkontaminasi oleh mikroplastik (Xiong et al., 2019). Mikroplastik dapat menjadi ancaman besar bagi kelangsungan hidup organisme akuatik (Chae & An, 2017) khususnya yang terakumulasi dalam organ pencernaan. Efek toksik lain dari mikroplastik ialah menyebabkan berkurangnya masukan makanan, memperlambat pertumbuhan, menyebabkan kerusakan oksidatif dan tingkah laku yang tidak normal (Li et al., 2021). Salah satu organisme akuatik yang berpotensi tercemar mikroplastik di perairan ialah ikan nila (Al-Fatih, 2021).

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan organisme perairan yang dapat digunakan sebagai *sentinel organism* untuk mendeteksi adanya bahan pencemar di lingkungan (Agustina et al., 2019). Ikan ini termasuk salah satu komoditas budi daya yang cukup besar di Indonesia. Selain memiliki toleransi yang tinggi terhadap rendahnya kualitas air, nila juga mudah berkembang biak, pertumbuhannya cepat, serta lebih tahan terhadap penyakit (Ferreira et al., 2015). Ikan nila tergolong omnivora (Tesfahun dan Temesgen, 2018) yang hidup di kolom air dan salah satu jenis makanannya adalah detritus (Pattirane et al., 2022) yang memungkinkan adanya bahan pencemar yang terakumulasi di dalamnya, termasuk mikroplastik (Yana et al., 2021). Dibandingkan ikan herbivora dan karnivora, ikan omnivora terbukti mengakumulasi MP lebih banyak dibandingkan herbivora atau karnivora (Mizraji et al., 2017).

Mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh ikan akan terkumpul di dalam organ pencernaan seperti usus dan lambung (Yona et al., 2020). Hal ini berpengaruh pada proses penyerapan makanan (Li et al., 2021) karena mikroplastik yang terakumulasi

di dalam organ pencernaan akan memberikan efek kenyang palsu sehingga nafsu makan ikan menurun (Ryan et al., 2009). Selain organ pencernaan, insang juga berpotensi terkontaminasi mikroplastik karena organ ini merupakan tempat keluar masuknya air dalam proses pernapasan ikan (Su et al., 2019). Yona et al (2020) menemukan adanya akumulasi mikroplastik di dalam insang ikan. Lebih spesifik dikatakan bahwa mikroplastik akan berdampak pada mukus dan lamella, sehingga difusi oksigen pada insang akan terganggu (Indrayani et al., 2014). Terganggunya difusi oksigen dapat berakibat pada berbagai proses fisiologis di dalam tubuh ikan salah satunya ialah konsumsi oksigen (Prakoso dan Chang, 2018).

Oksigen sebagai bahan utama yang digunakan dalam proses pernapasan dibutuhkan oleh tubuh untuk melangsungkan proses metabolisme. Pasokan oksigen yang minim akan mempengaruhi proses fisiologis dan menyebabkan ikan menjadi stress (Prakoso dan Chang, 2018). Stress akibat gangguan pada organ pencernaan dan pernapasan dapat berpengaruh pada indikator klinis biokimia seperti histologi (Hamed et al., 2021). Lebih lanjut dijelaskan bahwa adanya bahan pencemar dapat mempengaruhi proses metabolisme ikan nila dan berujung pada kematian (Inayah, 2017). Penelitian tentang perubahan konsumsi oksigen pada benih ikan nila akibat kontaminasi bahan pencemar seperti logam dan detergen telah dilakukan (Martinez et al., 2013; Inayah, 2017). Sebaliknya, data yang berkaitan dengan dampak paparan bahan pencemar mikroplastik terhadap perubahan konsumsi oksigen pada benih ikan nila masih minim.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dipandang perlu melakukan kajian tentang respon fisiologis benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) untuk melihat perubahan fisiologis khususnya konsumsi oksigen dan tingkah laku ikan. Selain itu, juga menganalisis dampak histologis dari paparan mikroplastik pada organ pernapasan dan pencernaan benih ikan nila.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menilai perubahan tingkah laku benih ikan nila yang terpapar mikroplastik
2. Menganalisis tingkat konsumsi oksigen benih ikan nila yang terpapar mikroplastik
3. Mengevaluasi kerusakan organ pernapasan dan pencernaan benih ikan nila yang terpapar mikroplastik.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi mengenai dampak mikroplastik terhadap perubahan konsumsi oksigen dan tingkah laku ikan serta memberikan informasi tentang kerusakan organ pernapasan dan pencernaan ikan nila karena paparan mikroplastik.

1.3 Rumusan Masalah

Mikroplastik saat ini menjadi ancaman yang serius bagi organisme akuatik. Hal ini disebabkan karena plastik memiliki sifat yang persisten atau sulit terdegradasi sehingga akan terakumulasi di perairan (Fachrul dan Rinanti, 2018). Mikroplastik

yang berada di lingkungan perairan akan masuk ke dalam rantai makanan dan akan dikonsumsi oleh tiap tingkatan trofik yang berbeda. Mikroplastik yang termakan oleh organisme akan terakumulasi di dalam organ pernapasan dan pencernaan ikan. Pada beberapa hasil penelitian, telah banyak ditemukan partikel mikroplastik pada organ pencernaan dan organ pernapasan (Jaafar et al., 2021; Pan et al., 2021). Mikroplastik yang dikonsumsi dan masuk ke dalam organ tersebut diketahui dapat memicu adanya kerusakan jaringan (Hamed et al., 2021) dan mempengaruhi kondisi fisiologis ikan (Hamed et al., 2020). Dampak mikroplastik pada organ pernapasan ialah dapat menghambat penyerapan oksigen yang akan mempengaruhi konsumsi oksigen ikan sehingga dapat menyebabkan adanya kematian (Shafiq et al., 2019). Untuk melihat adanya dampak mikroplastik pada organ pernapasan dan pencernaan ikan, maka dapat dilakukan dengan cara melihat gambaran histologis ikan (Wicaksono, 2021).

Ikan nila merupakan salah satu ikan ekonomis penting yang sering dikonsumsi masyarakat. Ikan nila juga menjadi salah satu indikator adanya bahan pencemar di perairan. Saat ini telah banyak penelitian yang membuktikan bahwa ikan nila kerap terkontaminasi mikroplastik, yang dapat dilihat dari organ pencernaan dan pernapasan (Hasanah et al., 2023; Aryani et al., 2021; Khan et al., 2020). Namun, beberapa studi literatur menunjukkan minimnya penelitian tentang dampak mikroplastik terhadap konsumsi oksigen. Selain itu, dampak histologis paparan mikroplastik pada organ benih ikan nila membutuhkan kajian yang lebih komprehensif (Hamed et al., 2021). Adanya *gap* pengetahuan mengenai dampak mikroplastik tersebut, maka disusunlah beberapa rumusan masalah atau pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan tingkah laku benih ikan nila yang terpapar mikroplastik?
2. Bagaimana perbedaan konsumsi oksigen benih ikan nila dengan perlakuan dan tanpa perlakuan?
3. Bagaimana kerusakan organ pencernaan dan pernapasan benih ikan nila yang terpapar mikroplastik?

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. Terdapat perubahan tingkah laku benih ikan nila yang terpapar mikroplastik
2. Terdapat perubahan konsumsi oksigen benih ikan nila dengan perlakuan dan tanpa perlakuan
3. Terdapat kerusakan organ pernapasan dan organ pencernaan benih ikan nila yang terpapar mikroplastik.

1.5 Teori

1.5.1 Plastik dan Mikroplastik

Plastik merupakan polimer organik sintetik yang dihasilkan dari polimerisasi minyak bumi (Cole et al., 2011). Plastik terbagi menjadi tiga kategori yakni termoplastik, termoset dan elastomer (Lusher et al., 2017). Termoplastik merupakan

plastik yang dapat melunak pada suhu tinggi (pemanasan) dan kembali mengeras pada suhu rendah (pendinginan) seperti polietilena (PE), polipropilena (PP), polietilena tereftalat (PET), polistirena (PS) dan Polivinil klorida (PVC). Termoset merupakan plastik yang tidak akan melunak setelah diproduksi seperti poliuretan (PU), resin polyester dan bakelit. Elastomer adalah polimer yang bersifat elastis seperti karet dan neoprene. Plastik memiliki sifat yang kuat dan penggunaannya dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama serta biaya produksi yang relatif murah (Mujiarto, 2023). Karena sifatnya yang demikian, sehingga plastik sangat digemari masyarakat dalam kegiatan sehari-hari, misalnya untuk membungkus suatu produk, sebagai tempat untuk membawa barang (kantong) dan masih banyak lagi aktivitas rumah tangga ataupun industri yang terbantu dengan adanya plastik (Gunadi, 2020). Namun, meningkatnya produksi plastik saat ini menjadi *boomerang* tersendiri bagi masyarakat dan menjadi ancaman baru bagi lingkungan (Oliveira et al., 2019). Plastik yang masuk ke lingkungan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk bisa terdegradasi sehingga lama kelamaan keberadaan sampah plastik di sepanjang garis pantai dan perairan semakin meningkat (Barnes et al., 2009). Plastik dapat terdegradasi menjadi plastik yang berukuran lebih kecil yakni mikroplastik dan nanoplastik. Menurut Lippiatt et al. (2013), plastik dapat dibagi berdasarkan ukurannya yaitu mega (>100 cm), makro (2,5-100 cm), meso (>5 -25 mm), mikro (1-5000 μm), dan nano (<1 μm).

Mikroplastik merupakan serpihan plastik yang berukuran kurang dari 5 mm (Lippiatt et al., 2013). Berdasarkan sumbernya, mikroplastik dibedakan menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer adalah hasil produksi plastik yang dibuat dalam bentuk mikro, seperti *microbeads* pada produk perawatan kulit yang masuk ke lingkungan perairan secara langsung dan cenderung memiliki bentuk yang sesuai seperti saat diproduksi, yakni bentuk bulat atau berserat dan memiliki permukaan yang konsisten. Mikroplastik ini biasanya digunakan dalam pembersih wajah dan bahan kosmetik (Cole et al., 2011) sedangkan mikroplastik sekunder merupakan mikroplastik yang berasal dari degradasi plastik yang berukuran lebih besar dan cenderung memiliki bentuk yang lebih acak (Laskar dan Kumar, 2019), dapat dilihat pada Gambar 1. Degradasi plastik merupakan perubahan kimia yang secara drastis dapat mengurangi kepadatan polimer (Andrady, 2011). Sejak proses degradasi terjadi, plastik tersebut menjadi rapuh dan terurai menjadi partikel-partikel mikroplastik yang tak kasat mata. Partikel mikroplastik yang telah terurai tersebut dapat mengalami degradasi lebih lanjut seperti *biodegradation* (adanya bantuan organisme pengurai atau bakteri), *photodegradation* (adanya bantuan cahaya matahari), *thermooxidative degradation* (degradasi yang berjalan lambat dengan bantuan suhu sedang), *thermal degradation* (adanya bantuan suhu tinggi) dan *hydrolysis* (pemecahan molekul partikel oleh air) (Andrady, 2011). Mikroplastik dapat menjadi agen atau pembawa bahan kimia karena adanya zat aditif beracun (*plasticizers*) seperti *bisphenol-A* (BPA), *bisphenol-F* (BPF), *bisphenol-S* (BPS) dan juga polutan organik persisten (POPs) yang teradsorpsi pada mikroplastik (Rios-Fuster et al., 2022).



Gambar 1. Jenis mikroplastik berdasarkan sumbernya. a) *granule* (mikroplastik primer), b) fiber (mikroplastik sekunder) dan c) Fragmen (mikroplastik sekunder) (Kama et al., 2021)

Berdasarkan bentuknya, partikel mikroplastik dikategorikan menjadi fiber/filamen (tipis atau berserat, lurus), pellet (keras, partikel bulat), fragment (partikel plastik keras, bergerigi), foam (ringan, seperti spons), atau film (bidang tipis) (Zhang et al., 2017; Lozano et al., 2021) serta *granule* (Lusher et al., 2015). Mikroplastik berbentuk fiber dapat berasal dari serpihan tali atau senar pancing, alat tangkap ikan lainnya ataupun bisa berasal dari serat pakaian. Mikroplastik berbentuk pellet dapat berasal dari bahan pembersih wajah, sabun mandi ataupun lulur. Mikroplastik berbentuk fragmen diduga berasal potongan kantong plastik, bungkus nasi, kemasan makanan instan dan botol minuman. Mikroplastik jenis film memiliki bentuk yang tidak beraturan dan tipis seperti lembaran plastik yang berwarna transparan (Pamungkas et al., 2022).

Berdasarkan jenis polimernya, mikroplastik dibedakan menjadi Polietilena (PE), Poliester (PES), Polipropilena (PP), Polietilena tereftalat (PET) dan Polikarbonat (PC) (Lozano et al., 2021). Adapun penggunaan dalam kegiatan sehari-hari serta densitas masing-masing polimer dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan warnanya, mikroplastik dibedakan menjadi mikroplastik berwarna putih, kuning, hijau, biru, merah dan hitam (Zhang et al., 2017)

Tabel 1. Jenis polimer, aplikasi, dan densitas

Jenis polimer	Singkatan	Aplikasi	Densitas (g/cm ³)
Polietilena	PE	Tas, botol, karton, kemasan makanan, kantong plastik	0.92-0.97
Poliester	PS	Pengemasan, insulator panas	1.04-1.10
Polipropilena	PP	Tutup botol, isolasi, pipa, tali	0.90-0.91
Polietilena Tereftalat	PET	Kemasan makanan, benang, material filler, botol minuman	1.37-1,45
Polikarbonat	PC	Compact disc, lensa lampu lalu lintas, perisai plastik, kacamata	1.20-1.22

Sumber : Hidalgo-Ruz et al. (2012)

1.5.2 Mikroplastik di Perairan Tawar

Telah banyak penelitian yang menemukan adanya mikroplastik pada lingkungan perairan (Cole et al., 2011). Tidak hanya di perairan laut, mikroplastik juga banyak ditemukan di perairan tawar (Li et al., 2018; Sutanahaji et al., 2021). Beberapa perairan tawar di China, telah terkontaminasi mikroplastik seperti pada sungai di Chengdu memiliki kelimpahan sebesar 5,00- 10,5 partikel/L (Chen et al., 2022), di sungai Yellow ditemukan kelimpahan mikroplastik pada musim hujan rata-rata sebesar $2510,83 \pm 2971,27$ partikel/L dan pada musim kemarau rata-rata sebesar $432,5 \pm 240,54$ partikel/L (Qian et al., 2023). Di Indonesia, penelitian tentang mikroplastik di perairan tawar juga telah banyak dilakukan. Penelitian mikroplastik di perairan tawar untuk Indonesia bagian barat telah dilakukan di sungai Cisadane dengan kelimpahan berkisar antara 13,33 – 113,33 partikel/m³ (Sulistiyowati et al., 2022). Pada perairan sungai Ciwalengke, kelimpahan mikroplastik yang ditemukan berkisar antara 3 – 8 partikel/ liter (Alam et al., 2019). Pada Sungai Cilandir, kelimpahan mikroplastik berkisar antara 96 – 325 partikel/m³ (Henny et al., 2022). Pada daerah aliran sungai (DAS) Brantas wilayah Pening memiliki kelimpahan 4.330 partikel/m³, DAS Brantas wilayah Wringinanom memiliki kelimpahan 3.100 partikel/m³, serta DAS Brantas wilayah Lemahputih dengan kelimpahan 5.130 partikel/m³ (Pradiptaadi dan Fallahian, 2022). Di Kawasan Indonesia Tengah, penelitian mikroplastik pada perairan tawar dilakukan di beberapa sungai di makassar yakni sungai Jeneberang dengan kelimpahan 2,42 partikel/m³, sungai Tallo dengan kelimpahan 2,15 partikel/m³ (Wicaksono et al., 2020). Selain sungai, terdapat pula penelitian tentang kelimpahan mikroplastik di Danau Towuti yakni dengan kelimpahan 26,28 partikel/liter (Yusuf et al., 2022).

1.5.3 Dampak Mikroplastik pada Biota Perairan

Keberadaan mikroplastik di perairan akan berdampak negatif bagi biota, baik secara langsung maupun tidak langsung (Thevenon et al., 2015; Wilcox et al., 2016). Hampir semua organisme perairan dapat menelan mikroplastik baik organisme bentik ataupun pelagis. Dari habitat bentik, invertebrata yang menelan mikroplastik ialah teripang (Idris et al., 2022), lugworms dan kerang (Cauwenberghe et al., 2015), lobster (Woods et al., 2020), amphipods (Iannilli et al., 2019), serta teritip (Thushari et al., 2017). Teripang menelan mikroplastik dalam jumlah yang tidak proporsional berdasarkan rasio tertentu plastik dengan pasir (Idris et al., 2022). Dalam habitat pelagis laut, mikroplastik tertelan oleh zooplankton (Cole et al., 2013), larva ikan (Naidoo dan Glassom, 2019) dan ikan dewasa (Jabeen et al., 2017).

Konsumsi plastik oleh biota perairan dapat menyebabkan pendarahan internal dan benjolan (*nodule*), serta penyumbatan pada saluran pencernaan (Wright et al., 2013). Partikel mikroplastik juga berpotensi menjadi toksik fisik dan kimiawi melalui daya serap zat adiktif dan monomer lain (Browne et al., 2013). Ikan merupakan organisme yang memiliki risiko tinggi terdampak oleh cemaran mikroplastik. Kajian dampak mikroplastik pada ikan sudah banyak dilakukan baik pada lingkungan laut (Rochman et al., 2013; Tahir et al., 2020; Walkinshaw et al., 2020) maupun

lingkungan perairan tawar (Jabeen et al., 2017; Silva-Cavalcanti et al., 2017; McNeish et al., 2018). Paparan mikroplastik menyebabkan tingkat kesehatan ikan menurun hingga berujung pada kematian (Tosetto et al., 2017; Wright et al., 2013). Dampak langsung mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh organisme dapat mengganggu kerja saluran pencernaan (Cole et al., 2013), sebagai vektor/pembawa bahan tambahan, dan juga bahan pencemar organik lain yang teradsorpsi pada mikroplastik (Teuten et al., 2009). Selain mengganggu saluran pencernaan, mikroplastik yang berada di perairan akan masuk ke dalam organ pernapasan, yakni insang sebagai bagian dari proses respirasi (Hasanah et al., 2023). Dalam proses pertukaran gas, ikan menyaring air dari lingkungan untuk mendapatkan oksigen dan pada saat yang bersamaan, mikroplastik yang berada di perairan dapat masuk dan terjebak di dalam insang (Watts et al., 2016). Di dalam insang ikan, terdapat selaput lendir yang merupakan salah satu alat pertahanan diri apabila ikan mendeteksi adanya benda asing yang masuk ke dalam tubuhnya (Zhu et al., 2019). Biota perairan yang menelan secara tidak langsung dapat melalui konsumsi mangsa yang terkontaminasi mikroplastik (Vandermeersch et al., 2015). Mikroplastik juga berpotensi menyerap dan melepas bahan kimia berbahaya ke perairan sehingga berdampak buruk dalam sistem rantai makanan, sehingga terjadi biomagnifikasi (Teuten et al., 2009). Sampah mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh biota perairan, yang berpotensi mengganggu kesehatan manusia jika dikonsumsi melalui rantai makanan (Eriksen et al., 2014; Kole et al., 2017; Wright dan Kelly, 2017).

Lebih lanjut dijelaskan bahwa mikroplastik yang ada di perairan akan memberikan beberapa dampak terhadap organisme yang ada di sekitarnya. Dari hasil penelitian Rochman et al (2013), Mikroplastik yang tertelan oleh organisme memberikan efek pada tingkat sel. Kerang *Mytilus edulis* yang menelan mikroplastik yang berukuran (0-80 μm) menyebabkan respon inflamasi pada jaringan dan mengurangi stabilitas membrane sel dari sistem pencernaan. Ikan medaka Jepang (*Oryzias latipes*) yang memakan serpihan polietilena (0,5 μm) menyebabkan bioakumulasi, gangguan hati, dan pembentukan tumor awal serta gangguan pada sistem endokrin (Rochman et al., 2014). Selain itu, dampak terhadap fisik juga dapat diakibatkan oleh tertelannya mikroplastik, apabila mikroplastik tersebut bertindak sebagai media untuk bahan kimia yakni persisten, mentransfer serta bioakumulatif dari zat beracun seperti bifenil poliklorin dan PCB yang akan berbahaya bagi organisme (Teuten et al., 2009).

1.5.4 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan air tawar yang termasuk dalam famili Cichlidae. Ikan ini diintroduksi dari Afrika bagian Timur yakni dari sungai Nil, danau Tangayika, dan Kenya lalu dibawa ke Eropa, Amerika, Negara Timur Tengah dan Asia. Di Indonesia, benih ikan nila secara resmi didatangkan oleh Balai Penelitian Perikanan Air Tawar pada tahun 1969 (Nugroho et al., 2017). Ikan ini merupakan salah satu komoditas ekspor dan spesies air tawar yang banyak dibudidayakan. Produksi ikan nila menempati urutan nomor satu pada perikanan budi

daya di Indonesia, yakni mencapai >300 ton (KKP, 2022). Morfologi nila yakni memiliki bentuk tubuh yang memanjang, pipih kesamping dan berwarna putih kehitaman. Kepalanya relatif kecil dengan mulut berada diujung kepala dan dapat disemburkan. Mata ikan nila memiliki retina (*Organum visus*) dengan retina hitam gelap dan bulat besar, operkulum (*operculum*) berwarna putih kehijauan, sisik (*Squama*) berwarna hitam keabuan serta putih agak kehijauan. Nila memiliki lima buah sirip, yaitu sirip punggung (*dorsal fin*) yang keras dan memiliki garis berwarna hitam keabu-abuan dan hitam kehijauan, sirip dada (*pectoral fin*), sirip perut (*ventral fin*), sirip anus (*anal fin*), dan sirip ekor (*caudal fin*) (Mujalifah et al. 2018). Selain itu, ciri khas yang dimiliki oleh ikan nila yakni pada bagian ekor, punggung dan dubur terdapat garis- garis vertikal yang berwarna hitam. Pada bagian ekor terdapat warna kemerahan yang membulat dan dapat dijadikan sebagai indikasi kematangan gonad.

Ikan Nila merupakan spesies yang bersifat omnivora yakni mengonsumsi makanan berupa hewan dan tumbuhan (Pattirane et al., 2022). Umumnya, ikan nila memiliki kebiasaan mencari makan yang fleksibel, yakni mencari makan di daerah substrat (Haraz et al., 2023) dan juga dapat mencari makan di kolom perairan (Zhang et al., 2022). Ikan nila memiliki banyak kelebihan, satu diantaranya spesies ini mampu beradaptasi dan bertumbuh dengan cepat. Selain itu, nila mempunyai pertahanan tubuh yang cukup baik terhadap serangan hama dan penyakit. Namun demikian, bukan berarti tidak ada serangan hama dan penyakit serta bahan pencemar yang akan mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan nila, khususnya pada fase benih (Lesmana et al., 2021). Beberapa penelitian membuktikan adanya penyakit dan gangguan yang ditimbulkan oleh bahan pencemar terhadap kesehatan ikan nila. Hasil penelitian Jamin dan Erlangga (2016) yang mengemukakan adanya dampak dari pemaparan insektisida seperti kesulitan respirasi, perubahan warna tubuh, mata dan insang pucat serta kehilangan keseimbangan. Selain insektisida, bahan pencemar berupa logam juga memiliki dampak yang serius bagi pertumbuhan ikan nila, yakni menyebabkan adanya malformasi atau kelainan bentuk tubuh seperti lordosis, kifosis dan bentuk ekor yang abnormal (Melanie et al., 2021).

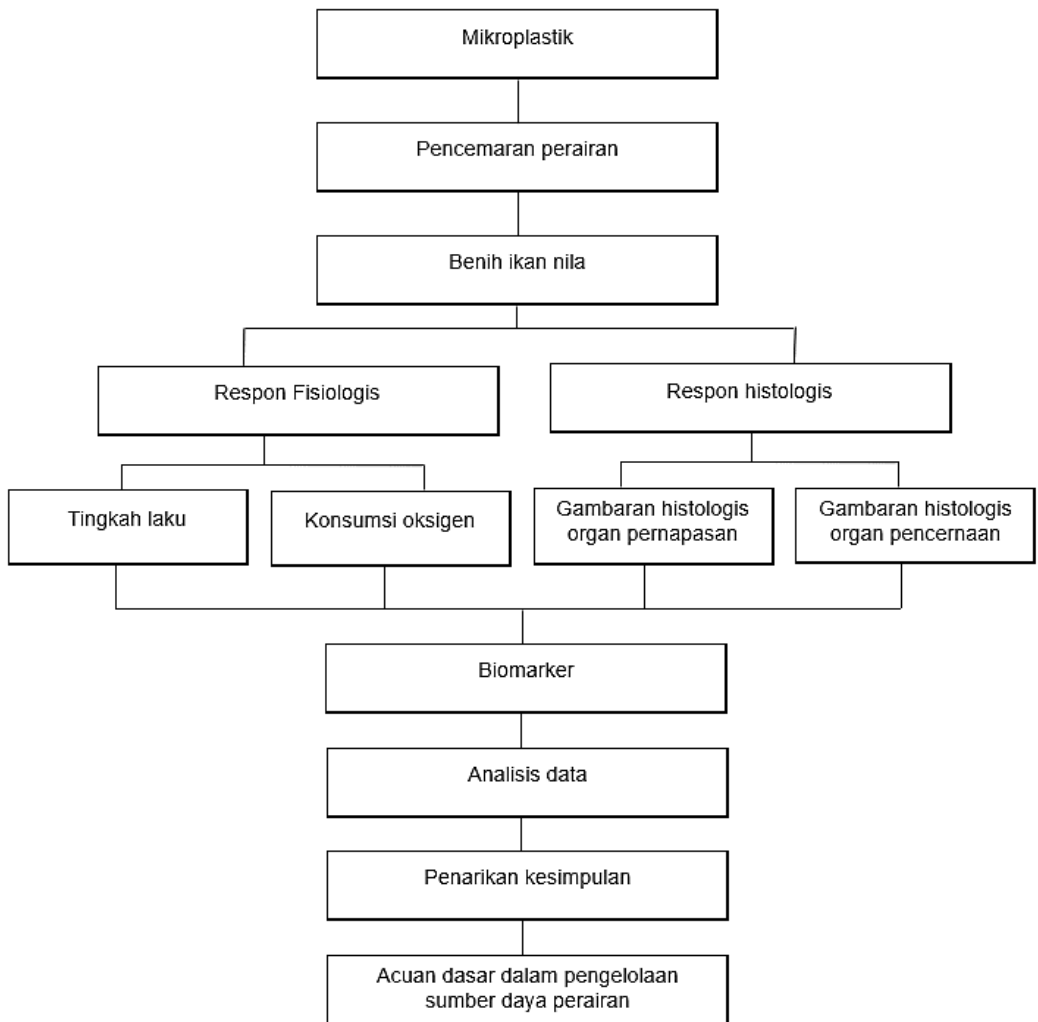
1.5.5 Efek Mikroplastik Pada Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Mikroplastik masuk ke dalam tubuh ikan melalui dua cara yakni melalui proses pencernaan (oral) dan melalui proses pernapasan (insang) (Koongolla et al., 2020). Mikroplastik yang tertelan oleh ikan nila akan masuk ke dalam sistem pencernaan dan memberikan dampak negatif yakni penyaringan makanan menjadi tersumbat dan mikroplastik tersebut dapat memenuhi ususnya (terakumulasi) sedangkan mikroplastik yang masuk ke dalam insang akan memberikan dampak pada proses penyerapan oksigen yang tidak normal (Al-Fatih, 2021). Diketahui konsumsi oksigen normal benih ikan nila berkisar antara 31,48 – 39,86 mg O₂/Kg/Jam (Prakoso dan Chang, 2018). Lebih lanjut ditemukan beberapa efek mikroplastik di tingkat jaringan hingga tingkat molekuler pada benih ikan nila (Hamed et al., 2020; Hamed et al., 2021). Pada darah benih ikan nila, terdapat beberapa efek mikroplastik seperti

anemia dan gangguan dalam biokimia darah yang akan berakibat pada kematian ikan (Hamed et al., 2019). Selain itu, terdapat pula kerusakan pada antioksidan dan perubahan profil protein pada otot ikan nila (Hamed et al., 2020) serta adanya kerusakan pada beberapa organ yang berbeda dan merusak vitalitas dan kehidupan ikan. Pada beberapa organ benih ikan nila, ditemukan adanya kerusakan jaringan akibat paparan mikroplastik. Adapun kerusakan pada hati yakni nekrosis (kerusakan/kematian sel), kongesti (pelebaran pembuluh darah), hemoragi (pendarahan), pada insang yakni hiperplasia (pembengkakan sel) dan pada usus yakni hemoragi (pendarahan) dan piknosis (pengkerutan sel) (Hamed et al., 2021).

1.6 Kerangka Pikir

Mikroplastik merupakan salah satu bahan pencemar yang dapat mencemari perairan. Bahan pencemar yang masuk ke badan perairan akan mengganggu kelangsungan hidup organisme akuatik. Salah satu organisme akuatik yang dapat dijadikan sebagai *sentinel organism* pencemaran adalah ikan nila (Agustina et al., 2019). Untuk melihat adanya dampak mikroplastik terhadap ikan nila, maka terdapat beberapa parameter yang akan diukur yang terbagi kedalam dua kelompok yakni respon fisiologis, mencakup tingkah laku dan konsumsi oksigen, serta Gambaran histologis, yang mencakup gambaran histologis organ pernapasan dan organ pencernaan. Dari hasil pengukuran tersebut maka akan diperoleh informasi tentang biomarker sederhana dengan menggunakan benih ikan nila. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dilakukan penarikan kesimpulan yang akan memberikan informasi baru tentang dampak mikroplastik pada ikan nila dan dapat menjadi acuan dasar dalam pengelolaan sumber daya perairan. Kerangka pikir penelitian tentang respon fisiologis dan histologis ikan nila terhadap bahan pencemar mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka pikir penelitian

BAB II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2024 dengan lokasi perendaman botol plastik di aliran Sungai Tello, Kota Makassar. Pemeliharaan dan benih ikan nila dilakukan di Laboratorium Teknologi Pembenihan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar. Uji laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Air, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk membawa ikan dari UPTD Balai Benih Ikan Air Tawar Kabupaten Gowa ke Laboratorium adalah plastik dan *styrofoam*. Alat yang digunakan di laboratorium adalah baskom sebagai wadah penampungan ikan, akuarium sebagai wadah pemeliharaan ikan, *siphon cleaner* digunakan untuk membersihkan akuarium, aerator digunakan sebagai penyuplai oksigen dalam akuarium, serok digunakan untuk memindahkan ikan dari wadah penampungan ke akuarium, blender digunakan untuk menghancurkan kepingan botol menjadi mikroplastik, botol plastik 1.5 liter digunakan sebagai wadah dalam pengukuran konsumsi oksigen, mikroskop digunakan untuk mengamati mikroplastik, *object glass* digunakan sebagai wadah objek pengamatan, mikrotom digunakan untuk memotong jaringan, kaca preparat digunakan sebagai wadah pengamatan kerusakan jaringan, timbangan digital digunakan untuk mengukur bobot ikan, pisau dan gunting bedah digunakan untuk membedah ikan, penggaris digunakan untuk mengukur panjang ikan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ialah benih ikan nila air tawar yang berukuran 5-8 cm sebagai objek pengamatan, larutan indikator amilum 1% sebagai indikator titik akhir titrasi, larutan MnSO_4 50% digunakan untuk mengikat oksigen, larutan H_2SO_4 pekat digunakan untuk mempercepat terjadinya oksidasi, dan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sebagai titran. Formalin 10% digunakan untuk mengawetkan sampel, alkohol 70-100% digunakan untuk dehidrasi jaringan, *xylol* digunakan untuk membersihkan jaringan, paraffin digunakan untuk memadatkan jaringan, *Hematoxyline-Eosin* digunakan sebagai pewarna jaringan, kertas saring *whatmann* digunakan untuk menyaring mikroplastik pada organ ikan.

2.3 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimental yakni rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan bahan pencemar mikroplastik dan satu kontrol masing-masing diulang sebanyak 3 kali (Gambar 3). Pemeliharaan ikan dilakukan selama 7 hari setelah aklimatisasi. Perlakuan yang digunakan mengacu pada penelitian Hamed et al. (2020) sebagai berikut:



Gambar 3. Desain eksperimen penelitian. A) Kontrol; B) 1 mg/L; C) 10 mg/L; D.) 100 mg/L

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Persiapan Hewan Uji

Benih ikan nila sebanyak 200 ekor dipindahkan dari lokasi pemeliharaan ke Laboratorium Teknologi Pembenihan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Setibanya di Hatchery, ikan diaklimatisasi selama 24-48 jam, kemudian dimasukkan ke dalam wadah pemeliharaan dengan volume 40 liter. Setiap wadah pemeliharaan diisi 10 ekor benih ikan nila dan diberi pakan dua kali sehari sebanyak 6% dari bobot tubuhnya

2.4.2 Persiapan Bahan Pencemar Mikroplastik

Bahan pencemar yang digunakan ialah *fragment* mikroplastik Polietilena Tereftalat (PET) yang berasal dari botol plastik. Botol plastik terlebih dahulu direndam selama 30 hari di Perairan Sungai Tello agar mikroplastik yang dipaparkan menyerupai bahan pencemar yang ada di alam. Botol plastik dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan dihaluskan menggunakan blender. Plastik yang telah dihaluskan kemudian disaring menggunakan saringan berukuran <5 mm. Untuk mendapatkan jumlah mikroplastik yang sama, partikel ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat masing- masing 1 mg/L, 10 mg/L dan 100 mg/L.

2.4.3 Observasi Tingkah Laku

Tingkah laku ikan diamati berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Shinn et al. (2015). Pengamatan perilaku ikan seperti bukaan operkulum, cara berenang, dan nafsu makan dilakukan dengan cara perekaman video sebelum dan setelah perlakuan mikroplastik secara hati-hati sehingga ikan tidak merasa terganggu. Video diamati pada masing-masing perlakuan selama ± 5 menit untuk bukaan operkulum dan cara berenang. Sebaliknya nafsu makan ikan diamati secara langsung selama durasi pemberian pakan. Pemilihan parameter yang diamati berdasarkan kemudahan determinasi dan representatif perubahan tingkah laku pada ikan yang terpapar bahan pencemar (Sloman et al., 2003). Jumlah bukaan operkulum ikan dihitung dengan satuan menit, sedangkan cara berenang diamati melalui intensitas berenang, kedalaman berenang, dan kecepatan berenang. Sebaliknya nafsu makan ikan dinilai berdasarkan intensitas dan kecepatan menyambar makanan saat diberi pakan.

2.4.4 Pengamatan Konsumsi Oksigen

Prosedur pengukuran konsumsi oksigen benih ikan nila menggunakan metode titrasi secara yodometri (modifikasi azida) berdasarkan Standar Nasional Indonesia 2004. Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali yakni sebelum dan sesudah pemaparan mikroplastik, dengan prosedur sebagai berikut:

- Mengambil air sampel. Pada penelitian ini air sampel diambil dari *glass jar* dengan menggunakan selang infus untuk menghindari bertambahnya kadar oksigen dan dimasukkan ke dalam botol *winkler* 250 mL lalu botol ditutup rapat.
- Menambahkan 1 mL MnSO_4 dan 1 mL alkali iodida azida dengan ujung pipet tepat di atas permukaan larutan.
- Menutup botol *winkler* sesegera mungkin lalu dihomogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna.
- Gumpalan dibiarkan mengendap 5 menit sampai dengan 10 menit.
- Menambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat, tutup dan dihomogenkan hingga endapan larut sempurna.
- Memasukkan 50 mL larutan tersebut ke dalam Erlenmeyer 150 mL.
- Melakukan titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dengan indikator amilum sampai warna biru tepat hilang

Untuk mengetahui oksigen terlarut dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut (Djawad et al., 1996):

$$\text{Oksigen terlarut (mg/L)} = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50}$$

$$F = \frac{\text{Volume botol}}{\text{Volume botol} - (\text{volume pereaksi } \text{MnSO}_4 - \text{alkali iodida azida})}$$

Keterangan:

V = mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

N = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

8000 = berat molekul O₂ dalam 1000 mL;
 50 = volume contoh air yang dititrasi.

Selanjutnya setelah pengukuran oksigen terlarut awal dan akhir pengamatan, jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh ikan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TKO = \frac{DO \text{ awal} - DO \text{ Akhir}}{W \times t} \times V$$

Keterangan:

TKO = tingkat konsumsi oksigen (mgO₂/gr tubuh/jam);
 DOawal = oksigen terlarut pada awal pengamatan (mg/L);
 DOakhir = oksigen terlarut pada akhir pengamatan (mg/L);
 W = berat ikan uji (gr);
 V = volume air (L);
 t = waktu pengamatan (jam).

2.4.5 Pengamatan Partikel Mikroplastik pada Usus

Prosedur pengamatan partikel mikroplastik mengacu pada metode Senduk et al. (2021) yakni ikan dibedah menggunakan pisau bedah dengan membuat sayatan dari belakang kepala hingga anus, kemudian membuka rongga perut menggunakan gunting hingga organ pencernaan terlihat. Ikan yang sudah terbedah kemudian diambil usus nya lalu dimasukkan kedalam botol sampel. Usus yang sudah dipisahkan kemudian direndam menggunakan KOH 10% sebanyak 3 kali berat sampel atau hingga sampel terendam sempurna selama 1 minggu (hingga sampel usus larut). Sampel kemudian disaring menggunakan kertas saring *whatmann* dengan bantuan *vacuum pump*. Selanjutnya kertas saring diamati di bawah mikroskop stereo.

2.4.6 Analisis Histologi

Pengamatan histologi dilakukan pada organ usus dan insang merujuk pada penelitian Espinosa et al. (2019). Organ insang dan usus diperoleh dari ikan yang dipilih secara acak pada masing- masing perlakuan. Sampel organ disimpan dalam larutan *phosphate buffer formaline* (PBS) 10% selama 24 jam dan dicuci menggunakan larutan fisiologis (NaCl 0,9). Sampel kemudian didehidrasi secara bertingkat menggunakan alkohol 70-100%, dibersihkan menggunakan xylol, dan *diembedded* dalam parafin. Selanjutnya jaringan dipotong menggunakan mikrotom pada ketebalan 3-5 µm, diwaxing, direhidrasi menggunakan ethanol absolut, dan diwarnai menggunakan pewarna *hematoxylin-eosin* (HE). Kemudian amati di bawah mikroskop.

2.5 Analisis Data

Data konsumsi oksigen diuji normalitas dan homogenitasnya, kemudian diuji statistik menggunakan analisis ragam (one-way ANOVA) pada aplikasi Graphpad Prism versi 8. Uji lanjut W-Tukey dilakukan jika hasil analisis ragam signifikan. Sebaliknya data tingkah laku dan kerusakan jaringan dianalisis secara deskriptif.