

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SALURAN PENCERNAAN DAN
INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossambicus*) DI WADUK
GONDANG LAMONGAN**

SKRIPSI

**OLEH :
RIZKI AYU RAMADHANI
NIM. 19620078**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SALURAN PENCERNAAN DAN
INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossambicus*) DI WADUK
GONDANG LAMONGAN**

SKRIPSI

**OLEH :
RIZKI AYU RAMADHANI
NIM. 19620078**

**Diajukan kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik
Ibrahim Malang Untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SALURAN PENCERNAAN DAN
INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossambicus*) DI WADUK
GONDANG LAMONGAN**

SKRIPSI

**Oleh:
RIZKI AYU RAMADHANI
NIM. 19620078**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
pada tanggal:**

Dosen Pembimbing I



**Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc
NIP. 19920507 201903 2026**

Dosen Pembimbing II



**Dr. Umaiyatus Svarifah, MA
NIP. 19820925 200901 2 005**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi**



**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002**

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SALURAN PENCERNAAN DAN
INSANG IKAN MUJAIR (*Oreochromis mossambicus*) DI WADUK
GONDANG LAMONGAN**

SKRIPSI

**Oleh:
RIZKI AYU RAMADHANI
NIM. 19620078**

**telah dipertahankan
Di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
Salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: _____**

**Ketua Penguji : Prof. Dr. Bayyinatul Muctaromah, M. Si (.....)
NIP. 19710919 2000 03 2 001**

**Anggota Penguji I : Bayu Agung Prahardika, M. Si (.....)
NIP. 1990807 201903 1 011**

**Anggota Penguji II : Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc (.....)
NIP. 19920507 201903 2026**

**Anggota Penguji III : Dr. Umayyatus Syarifah, MA (.....)
NIP. 19820925 200901 2 005**



**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi**

**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas rahmat, hidayah, nikmat, kekuatan, kesabaran dan kemudahan yang telah diberikan kepada penulis. Alhamdulillah penulis bersyukur atas pemberian yang Allah Subhanahu Wata'ala berikan kepada penulis untuk memberikan kemudahan selalu terhadap penulis untuk menyelesaikan skripsi. Skripsi ini dipersembahkan untuk semua orang yang telah mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini, khususnya:

1. Kedua orang tua, Mama dan Papa yang telah mendukung penuh secara finansial dan memberikan semangat serta do'a hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua kakak kandung penulis, Nilla dan Maulina yang telah memberikan semangat, do'a, serta memberi dukungan finansial hingga penulis bahagia dan termotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi yang telah sabar dalam membimbing penulis dan banyak memberikan masukan dalam proses penulisan skripsi.
4. Dr. Umaiyatus Syarifah, MA selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan masukan dan saran terkait intergrasi islam sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman tim mikroplastik yang telah membantu sampling, memberikan semangat, serta berbagi ilmu dan jurnal sehingga penulis bisa memperoleh banyak pengetahuan.
6. Teman-teman biologi, teman ruang baca, dan teman kos asrama khodijah yang selalu memberi semangat, canda tawa dan menemani hari-hari penulis dalam proses penulisan skripsi.
7. Nelayan Waduk Gondang yang telah membantu penulis dalam pengambilan sampel ikan.
8. M. Nur Izzulhaq yang telah memberikan waktunya untuk tempat berkeluh kesah, tempat inspirasi ketika pikiran sudah kacau, terimakasih telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyelesaian skripsi.
9. Member NCT yang telah memberikan *variety show* dan musik yang selalu menemani penulis dalam proses penyelesaian skripsi dan penghilang dikala stress menghalau.
10. Untuk semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang mungkin belum bisa penulis tulis satu persatu.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizki Ayu Ramadhani
NIM : 19620078
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Di Waduk Gondang Lamongan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis disini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 02 Juni 2023
Yang membuat pernyataan,



Rizki Ayu Ramadhani
NIM. 19620078

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

Identifikasi Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Gondang Lamongan

Rizki Ayu Ramadhani, Tyas Nyonita Punjungsari, Umayyatus Syarifah

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Mikroplastik merupakan bahan pencemar dari komponen plastik dengan ukuran < 5 mm yang berasal dari penguraian plastik yang berukuran besar, limbah industri, dan limbah domestik. Mikroplastik yang terdapat pada perairan dikhawatirkan dapat menimbulkan dampak terhadap biota perairan, salah satunya yaitu ikan dengan dampak kontaminasi pada organ bagian insang dan saluran pencernaan. Jenis ikan yang banyak ditemukan di Waduk Gondang merupakan ikan dengan jenis *Oreochromis mossambicus* (Ikan Mujair). Ikan Mujair memiliki intensitas aktivitas secara langsung dengan nelayan yang cukup tinggi. Aktivitas nelayan yang banyak bersinggungan dengan lingkungan khususnya pada ikan Mujair diantaranya yaitu melakukan penangkapan menggunakan jaring. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya akumulasi mikroplastik pada perairan waduk yang disebabkan oleh alat-alat penangkap ikan yang terbuat dari plastik. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroplastik serta polimer penyusunnya pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Gondang Lamongan. Penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* dengan penentuan 3 stasiun lokasi pengambilan sampel. Pada setiap stasiun diambil 6 ekor sampel ikan mujair dengan 3 kali pengulangan. Metode uji sampel ikan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pembedahan ikan, preparasi, inkubasi, penyaringan, dan identifikasi. Identifikasi sampel menggunakan mikroskop stereo binokuler perbesaran 40x dan dilanjutkan uji FTIR. Tipe mikroplastik yang ditemukan pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair adalah tipe *fiber* sebanyak 710 partikel dan tipe *fragment* 155 partikel. Tipe mikroplastik yang mendominasi adalah tipe *fiber*. Jenis polimer mikroplastik yang ada pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair yaitu jenis *Nylon*, *Polyvinylchloride* (PVC), dan *Polycarbonate* (PC). Nilai kelimpahan mikroplastik tertinggi berada pada stasiun 1 yakni sebesar 19,4 partikel/individu dan kelimpahan terendah pada stasiun 3 dengan nilai 13,3 partikel/individu. Kelimpahan mikroplastik pada organ insang lebih tinggi daripada saluran pencernaan. Kelimpahan tertinggi terdapat pada insang ikan dengan nilai sebesar 8,9 partikel/individu sementara itu nilai kelimpahan pada saluran pencernaan sebesar 7,1 partikel/individu.

Kata Kunci: *ikan Mujair, insang, kelimpahan, mikroplastik, saluran pencernaan*

Identification of Microplastics in the Digestive Tract and Gills of Mujair Fish (*Oreochromis mossambicus*) in the Gondang Lamongan Reservoir

Rizki Ayu Ramadhani, Tyas Nyonita Punjungsari, Umaiatus Syarifah

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Microplastics are contaminants from plastic components with a size of <5 mm which come from the decomposition of large plastics, industrial waste and domestic waste. Microplastics found in waters are feared to have an impact on aquatic biota, one of which is fish with the impact of contamination on the organs of the gills and digestive tract. The types of fish that are commonly found in the Gondang Reservoir are fish with types *Oreochromis mossambicus* (Mujair fish). Mujair fish has a high intensity of activity directly with fishermen. Fishermen's activities that have a lot of contact with the environment, especially Mujair fish, include catching using nets. This can lead to the accumulation of microplastics in reservoir waters caused by fishing gear made of plastic. Therefore, this study aims to identify microplastics and their constituent polymers in the digestive tract and gills of Mujair fish (*Oreochromis mossambicus*) in the Gondang Lamongan Reservoir. This research uses the method *purposive sampling* by determining 3 sampling locations. At each station, 6 tilapia fish samples were taken with 3 repetitions. The fish sample test methods used in this study included fish dissection, preparation, incubation, screening, and identification. Identification of the sample using a binocular stereo microscope with a magnification of 40x and continued with the FTIR test. The type of microplastic found in the digestive tract and gills of Mujair's fish is a *fiber* type of 710 particles and a fragment type of 155 particles. The type of microplastic that dominates is the *fiber* type. The type of microplastic polymer that is in the digestive tract and gills of Mujair fish is the type *Nylon*, *Polyvinylchloride* (PVC), *dan Polycarbonate* (PC). The highest microplastic abundance value was at station 1 which was 19.4 particles/individual and the lowest abundance was at station 3 with a value of 13.3 particles/individual. The abundance of microplastics in the gill organs is higher than in the digestive tract. The highest abundance was found in fish gills with a value of 8.9 particles/individual while the abundance value in the digestive tract was 7.1 particles/individual.

Keywords: *abundance, digestive tract, gills, microplastics, mujair fish*

التعرف على اللدائن الدقيقة في الجهاز الهضمي وخباشيم أسماك الحجر (*Oreochromis mossambicus*) في

خزان جوندانج لامونجان

رزقي أبو رمضاني ، تياس نيونيتا بونجونساري ، أمية الشارفة

قسم علم الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

الملخص

اللدائن الدقيقة هي ملوثات من المكونات البلاستيكية بحجم $5 < \mu\text{m}$ والتي تأتي من تحلل المواد البلاستيكية الكبيرة والنفايات الصناعية والنفايات المنزلية. يُخشى أن يكون للجسيمات البلاستيكية الدقيقة الموجودة في المياه تأثير على الكائنات الحية المائية ، ومن بينها الأسماك مع تأثير التلوث على أعضاء الخياشيم والجهاز الهضمي. أنواع الأسماك التي توجد بشكل شائع في خزان جوندانج هي أسماك ذات أنواع *Oreochromis mossambicus* (السماك البلطي). تتمتع أسماك الحجر بنشاط كبير مع الصيادين مباشرة. تشمل أنشطة الصيادين التي لها اتصال كبير بالبيئة ، وخاصة أسماك الحجر ، الصيد باستخدام الشباك. يمكن أن يؤدي ذلك إلى تراكم اللدائن الدقيقة في مياه الخزان بسبب معدات الصيد المصنوعة من البلاستيك. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على اللدائن الدقيقة والبوليمرات المكونة لها في الجهاز الهضمي وخباشيم أسماك الموجير (*Oreochromis mossambicus*) في خزان جوندانج لامونجان. يستخدم هذا البحث الطريقة أخذ العينات المهادف من خلال تحديد 3 مواقع لأخذ العينات. في كل محطة ، تم أخذ 6 عينات من أسماك البلطي مع 3 مكررات. اشتملت طرق اختبار عينات الأسماك المستخدمة في هذه الدراسة على تشريح الأسماك ، وإعدادها ، واحتضانها ، وفرزها ، وتحديدها. تحديد العينة باستخدام مجهر مجسم بتكبير 40 مرة واستمر مع اختبار FTIR. نوع الميكروبلستيك الموجود في الجهاز الهضمي وخباشيم لأسماك موجير هو نوع من الألياف من 710 جزيئات ونوع شظية من 155 جسيمًا. نوع البلاستيك الدقيق الذي يهيمن هو نوع الألياف. نوع البوليمر الميكروبلستيك الموجود في الجهاز الهضمي وخباشيم أسماك الموجير هو النوع النايلون والبولي فينيل كلوريد (بك) و دان البولي (الكمبيوتر). كانت أعلى قيمة وفرة للبلاستيك الدقيق في المحطة 1 والتي كانت 19 ر 4 جسيم / فرد وكانت أقل وفرة في المحطة 3 بقيمة 13,3 جسيم / فرد. وفرة اللدائن الدقيقة في أعضاء الخياشيم أعلى منها في الجهاز الهضمي. تم العثور على أعلى وفرة في خياشيم الأسماك بقيمة 8,9 جزيئات فرد بينما كانت قيمة الوفرة في الجهاز الهضمي 7,1 جزيء / فرد

الكلمات المفتاحية: الخياشيم ، أسماك البلطي ، الوفرة ، اللدائن الدقيقة ، الجهاز الهضمي

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Identifikasi Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*) Di Waduk Gondang Lamongan” ini dengan baik. Penulis memahami tanpa bantuan do’a, bimbingan dari semua pihak yang terlibat akan sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dan telah membantu, khususnya kepada :

1. Prof. Dr. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P., selaku ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan saran dan membimbing penulis.
5. Dr. Umayyatus Syarifah, MA., selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan saran dan membimbing penulis.
6. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan.
7. Teman-teman penulis yang turut memberikan semangat, motivasi dan do’a.
8. Semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu persatu dan semoga Allah membalas kebaikannya.

Dengan selesainya skripsi ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca.

Malang, 02 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	Error! Bookmark not defined.
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
المخلص	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Pengertian Waduk	10
2.1.1 Waduk Gondang Lamongan	11
2.2 Ikan Mujair	12
2.2.1 Gambaran Umum Ikan Mujair	12
2.2.2 Morfologi Ikan Mujair	13
2.2.3 Habitat dan Kebiasaan Makan Ikan Mujair	14
2.2.4 Sistem Respirasi Ikan	15
2.2.5 Sistem Pencernaan Ikan	16
2.3 Jenis Plastik	18
2.4 Mikroplastik	20
2.4.1 Deskripsi mikroplastik	20
2.4.2 Tipe dan Sumber Mikroplastik	21
2.4.3 Efek Mikroplastik pada Organisme	24
2.4.4 Kelimpahan Mikroplastik	26
2.5 Fourier Transform Infra Red (FTIR)	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Waktu dan Tempat	29
3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 Alat	30
3.3.2 Bahan	30
3.4 Prosedur Penelitian	30
3.4.1 Penetapan Lokasi Pengambilan Sampel	30
3.4.2 Pengambilan Sampel Ikan Mujair Pada Setiap Stasiun	32
3.4.3 Uji sampel ikan	33

3.4.4 Identifikasi Tipe Mikroplastik	34
3.4.5 Identifikasi Jenis Polimer	34
3.5 Analisis data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Analisis Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	37
4.1.1 Deskripsi Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	37
4.1.2 Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	38
4.2 Analisis Jenis Polimer Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair	42
4.3 Kelimpahan Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair	46
4.3.1 Kelimpahan Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair	47
4.3.2 Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Mujair	50
4.3.3 Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair	52
4.4 Kajian Islam Tentang Mikroplastik pada Ikan	54
BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Panjang Gelombang Tiap Polimer	28
3.1 Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel.....	31
4.1 Hasil Uji FTIR Mikroplastik pada Organ Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>).....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta Aliran Inlet Sungai Waduk Gondang Lamongan.....	11
2.2 Waduk Gondang.....	12
2.3 Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>).....	14
2.4 Insang Ikan.....	16
2.5 Saluran Pencernaan Ikan.....	17
2.6 Simbol dan Karakteristik Jenis Plastik.....	19
2.7 Tipe Mikroplastik.....	24
3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	31
3.2 Ilustrasi Jarak Pengambilan Sampel Ikan.....	32
4.1 Morfologi Ikan Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>).....	38
4.2 Mikroplastik Tipe <i>Fiber</i>	40
4.3 Mikroplastik Tipe <i>Fragment</i>	40
4.4 Spektrum IR Sampel Ikan Mujair.....	44
4.5 Diagram Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.....	47
4.6 Diagram Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.....	49
4.7 Diagram Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.....	51
4.8 Diagram Kelimpahan Rata-rata Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kondisi Tempat Pengambilan Sampel	69
2. Pengambilan Sampel Ikan	72
3. Pengolahan Ikan di Laboratorium	73
4. Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (<i>Oreochromis Mossambicus</i>) Tiap Stasiun.	75
5. Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (<i>Oreochromis Mossambicus</i>).	76
6. Hasil Uji T Kelimpahan Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan ...	77
7. Uji ANOVA Kelimpahan Mikroplastik Setiap Stasiun	78
8. Uji ANOVA Kelimpahan Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair	79
9. Uji Kruskal Wallis Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Mujair	80

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan sampah yang sulit terurai atau *non-biodegradable* (Sanabila *et al.*, 2022). Sampah plastik membutuhkan sekitar 200 sampai 1000 tahun untuk terpecah tanpa bisa terurai (Qodriyatun, 2018) sehingga banyak timbunan sampah plastik yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pencemaran merupakan salah satu perbuatan yang mengakibatkan kerusakan di bumi, sebagaimana yang telah diuraikan dalam Q.S. Ar-Rum (30):41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (Q.S: Ar-Rum [30]: 41)

Daratan dan lautan disebut dalam ayat di atas sebagai lokasi di mana pelanggaran terjadi dan menunjukkan ketidakseimbangan. Salah satu wujud dari ketidakseimbangan tersebut adalah kerusakan lingkungan akibat ulah manusia yang berdampak pada kehidupan manusia. Adanya kerusakan lingkungan yang lebih besar akibat ulah manusia dapat mengakibatkan dampak negatif yang lebih buruk. Hal ini berdasarkan kehendak Allah SWT yang menciptakan segala sesuatu saling berhubungan sehingga muncul keharmonisan dan keseimbangan. Jika keseimbangan ini terganggu, maka akan terjadi kerusakan yang mempengaruhi seluruh aspek alam, termasuk manusia (Shihab, 2009). Salah satu sumber kerusakan yang ada di darat dan di laut adalah sampah plastik.

Timbulan sampah plastik di Kabupaten Lamongan pada tahun 2009 mencapai 1780 ton/hari dan terus meningkat setiap tahunnya menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Lamongan. Kemudian menurut data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) (2022) pada dua tahun terakhir menyatakan bahwa timbulan sampah mencapai 80 ribu ton/tahun. Semakin banyaknya jumlah sampah yang terdapat pada Kabupaten Lamongan dikhawatirkan dapat mencemari perairan di sekitarnya karena dilewati oleh aliran sungai Begawan Solo bagian hilir. Masuknya sampah plastik pada perairan dapat melalui darat atau aktivitas antropogenik seperti kegiatan rumah tangga dan industri melalui sistem saluran pembuangan (Jambeck *et al.*, 2015). Sampah plastik tidak dapat hilang dalam air, tetapi dapat terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil yakni mikroplastik.

Mikroplastik adalah pecahan plastik berukuran kurang dari 5 milimeter yang dihasilkan dari penguraian plastik yang lebih besar (GESAMP, 2016). Selain dari penguraian plastik besar, mikroplastik juga dapat berasal dari tekstil, pertanian, dan limbah domestik (Handerson & Green, 2020). Mikroplastik dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan morfologinya yaitu *film*, *filament*, *fiber*, *fragment*, *granul* dan *foam* (Virsek *et al.*, 2016). Mikroplastik tidak hanya mengandung polutan organik hidrofobik dari lingkungan (Rochman *et al.*, 2013), melainkan juga mengandung zat kimia yang ditambahkan pada saat proses produksi karena zat tersebut dapat larut ke dalam jaringan biologis dan menimbulkan resiko apabila terakumulasi dalam organisme (Galloway *et al.*, 2017).

Kehadiran mikroplastik dalam tubuh organisme dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung. Masuknya mikroplastik ke dalam tubuh organisme secara langsung dapat terjadi pada saat proses mencari makan, sedangkan secara tidak langsung dapat berasal dari organisme mangsa yang telah terkontaminasi mikroplastik sebelumnya maupun dari proses respirasi melalui insang (Rochman *et al.*, 2013). Mikroplastik pada organisme berpotensi menghambat pembentukan enzim, menurunkan kadar hormon steroid, mengganggu reproduksi, dan merusak organ seperti sistem pencernaan (Wright *et al.*, 2013). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mikroplastik terdapat pada makhluk air seperti kerang (Woods *et al.*, 2018), udang (Abbasi *et al.*, 2018), dan ikan (Yona *et al.*, 2021). Pada ikan, organ tubuh yang dapat terkontaminasi diantaranya adalah insang dan saluran pencernaan (Yona *et al.*, 2021).

Saluran pencernaan merupakan salah satu organ tubuh pada ikan yang dapat terkontaminasi oleh mikroplastik. Mikroplastik yang tertelan oleh organisme akan menghalangi saluran pencernaan dengan menciptakan rasa kenyang yang palsu dan menyebabkan *lesi* fisiologis (Neves *et al.*, 2015). Pada organ pencernaan ikan terdapat proses destruksi bahan organik dari kerja HCl (Yusinta & Permadi, 2007). Karena mikroplastik merupakan bahan anorganik, maka dari itu tidak dapat dicerna oleh ikan. Studi yang dilakukan oleh Giani *et al.* (2019) telah menunjukkan bahwa mikroplastik menumpuk di usus ikan. Ikan dengan mikroplastik di ususnya mungkin melennya saat mencari makan atau saat mengonsumsi hewan laut lainnya. Mikroplastik yang ukurannya lebih besar dan tidak dapat dikeluarkan oleh feses sehingga menumpuk di saluran pencernaan

(Neves *et al.*, 2015). Su *et al.* (2019) menemukan pada saluran pencernaan ikan terdapat mikroplastik tipe *fiber* yang berukuran lebih dari 1 mm. Selanjutnya, Yona *et al.* (2020) juga menemukan bahwa ukuran rata-rata mikroplastik yang teridentifikasi dalam saluran pencernaan berkisar antara <300 μm - >1000 μm .

Mikroplastik juga berpotensi mencemari insang ikan, karena organ tersebut berfungsi sebagai pintu masuk dan keluar air selama respirasi ikan (Su *et al.*, 2019). Air memasuki lamella insang selama respirasi ikan, sehingga sangat mudah bagi apapun yang tersuspensi dalam air untuk menempel pada mukus insang. Mukus ini menjebak partikel asing di air yang masuk ke insang (Indrayani *et al.*, 2011). Hal tersebut yang memungkinkan adanya mikroplastik pada insang ikan. Yona *et al.* (2020) menjumpai partikel mikroplastik pada insang ikan dengan mayoritas tipe *fiber*. Abbasi *et al.* (2018) juga menyatakan bahwa mikroplastik banyak ditemukan pada insang ikan. Kemudian Su *et al.* (2019) memperoleh tipe *fiber* dengan dengan ukuran yang lebih kecil dari satu milimeter pada insang ikan.

Salah satu ikan yang akan dilakukan penelitian tentang mikroplastik adalah ikan Mujair. Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang adanya mikroplastik pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair telah dilakukan oleh Hasibuan (2021) yang menunjukkan hasil bahwa terdapat tipe mikroplastik *fiber*, *fragment*, dan *film* yang terkandung dalam saluran pencernaan dan insang ikan Mujair. Nurwahyunani *et al.* (2022) juga melakukan penelitian pada organ pencernaan ikan Mujair dimana hasil penelitian didapatkan tipe *fiber* merupakan tipe yang mendominasi yakni 72%. Tipe *fiber* banyak ditemukan karena memiliki densitas yang rendah dan terapung di perairan sehingga diduga tidak sengaja

tertelan oleh ikan Mujair karena termasuk dalam ikan penyaring atau *filter feeder* (Kordi, 2010).

Persebaran ikan Mujair sangat luas karena termasuk ke dalam ikan invasif, yakni dapat beradaptasi pada perairan dengan tingkat salinitas yang berbeda-beda seperti air tawar, air payau dan laut (Russel *et al.*, 2012). Selain itu, ikan mujair memiliki tingkat pertumbuhan yang cukup cepat karena dapat berkembang biak lebih dari satu kali dalam setahun, sehingga ikan mujair melimpah (Kartamihardja *et al.*, 2017; Samuel *et al.*, 2017). Arghifari *et al.* (2019) menyatakan bahwa ikan Mujair menjadi komoditas utama di pulau Jawa dan dapat menjadi upaya peningkatan pendapatan melalui penangkapan ikan.

Dilansir pada situs resmi Kabupaten Lamongan, pemasok produk perikanan terbesar di Jawa Timur adalah Kabupaten Lamongan. Menurut data hasil observasi dari nelayan setempat menunjukkan bahwa penangkapan ikan terbanyak pada waduk Gondang adalah ikan Mujair dari pada jenis ikan yang lainnya seperti ikan gabus, ikan satin, dan lain-lain. Melimpahnya jenis ikan yang terdapat pada perairan waduk Gondang dikarenakan alami bersumber pada daerah aliran anak sungai bengawan solo (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2022). Oleh karena itu, waduk gondang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai sumber pangan yakni dengan penangkapan ikan. Adanya aktivitas nelayan seperti penangkapan ikan menggunakan jaring ikan turut menyumbang adanya akumulasi mikroplastik pada perairan waduk.

Nor and Obbard (2014) berpendapat bahwa aktivitas nelayan, termasuk alat tangkap dan tali perahu yang membusuk, berkontribusi terhadap degradasi mikroplastik tipe *fiber*. Hal tersebut dikarenakan pada saat ini semua alat-alat

untuk penangkapan ikan telah menggunakan bahan plastik yang berjenis *polyolefins* (PE dan PP) dan *nylon* dalam pembuatan alat tangkap (Watson *et al.*, 2006; Timmers *et al.*, 2005). Bahri *et al.* (2022) juga menambahkan bahwa polimer plastik yang digunakan pada alat tangkap seperti jaring, bubu, kail dan tali pancing adalah *Polyamide* (PA) dan *Polyetylen* (PE) yang memiliki densitas rendah. Tingkat kepadatan polimer ini menyebabkan polimer mudah mengapung dan dikonsumsi oleh ikan.

Penelitian maupun kajian tentang mikroplastik telah banyak dilakukan pada wilayah laut dan sungai, tetapi pada waduk masih sedikit dilakukan (Victoria, 2016). Waduk adalah bangunan yang dirancang untuk menampung dan menangani air hujan dan air sungai dalam jumlah yang sangat besar untuk keperluan irigasi, PLTA, PDAM, dan sebagai tempat wisata. Kabupaten Lamongan terdapat dua waduk besar yakni waduk Gondang dan waduk Prijetan. Secara fungsi keduanya memiliki kesamaan yakni untuk keperluan irigasi, air baku, PDAM, wisata, dan perikanan untuk masyarakat Kabupaten Lamongan. Berdasarkan studi observasi oleh nelayan, pemanfaatan perikanan pada waduk gondang tidak dibudidaya melainkan asli bersumber dari sungai.

Data hasil dari Balai Besar Wilayah Sungai Begawan Solo (2022), bahwa waduk Gondang membendung aliran sungai Gondang dan sungai Jurug dengan luas daerah aliran sungai 68,78 km². Sedangkan waduk Prijetan memanfaatkan waduk dengan sarana budidaya ikan (Sinaro, 2007). Perbedaan dari segi pemanfaatan tersebut menjadi salah satu faktor yang melatarbelakangi penelitian pada waduk Gondang serta pada waduk Gondang sebagai lokasi wisata di

Kabupaten Lamongan masih ditemukan adanya sampah plastik pada pinggir maupun mengapung pada air waduk.

Kandungan bahan kimia berbahaya dalam mikroplastik berdampak pada waduk dan ekosistemnya. Selain itu, mikroplastik berpotensi masuk ke dalam tubuh makhluk hidup seperti ikan dan berdampak buruk. Salah satu dampak yang buruk adalah gangguan pada organ seperti insang dan saluran pencernaan. Oleh karena itu penelitian ini diperlukan untuk mengidentifikasi mikroplastik pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Gondang Lamongan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja tipe mikroplastik yang ditemukan pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan?
2. Apa saja jenis polimer mikroplastik yang ada pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan?
3. Berapa nilai kelimpahan mikroplastik yang terdapat di saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui tipe mikroplastik yang ditemukan pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.

2. Untuk mengetahui jenis polimer mikroplastik yang ada pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.
3. Untuk mengetahui nilai kelimpahan mikroplastik yang terdapat di saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Sebagai informasi kepada masyarakat terkait dampak adanya mikroplastik yang ada pada biota di perairan Waduk Gondang Lamongan.
2. Menghimbau masyarakat agar tidak menggunakan plastik sekali pakai dan membuang sembarangan khususnya pada sekitar ekosistem perairan Waduk Gondang Lamongan.
3. Bagi pemerintah diharapkan untuk segera membentuk peraturan pelarangan penggunaan bahan plastik sekali pakai dan membuat baku mutu tentang mikroplastik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengambilan sampel ikan Mujair dilakukan di Waduk Gondang Lamongan.
2. Bagian tubuh ikan yang diamati dalam penelitian ini adalah insang dan saluran pencernaan.
3. Penelitian ini tidak menguji kualitas air secara fisika dan kimia pada perairan Waduk Gondang Lamongan.
4. Sampel mikroplastik dianalisis jenis polimer plastiknya dengan metode FTIR.

5. Penelitian ini tidak mengidentifikasi ukuran dan warna mikroplastik.
6. Pengambilan sampel ikan dengan panjang 15-20 cm.

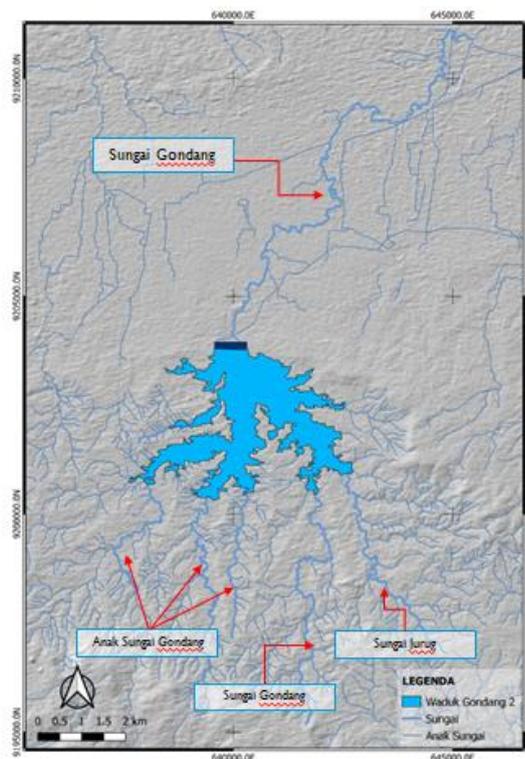
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Waduk

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2020 menyatakan bahwa bendungan adalah struktur yang terbuat dari tanah, batu, beton, dan/atau pasangan batu yang tidak hanya menampung dan menyimpan air, tetapi juga berfungsi sebagai penahan dan penahan limbah pertambangan atau lumpur sehingga membentuk waduk. Fungsi lain dari waduk adalah sebagai irigasi pertanian, pariwisata, industri, pembangkit tenaga mikrohidro dan untuk menyimpan air (Simanjuntak *et al.*, 2016). Terdapat beberapa macam waduk berdasarkan fungsi serta jenis sungai yang dibendung, meliputi waduk irigasi dengan luas sekitar 10-500 Ha berasal dari pembendungan sungai intermiten, tipe waduk lapangan dengan luas sekitar 10 Ha, berasal dari pembendungan sungai episodik, dan tipe waduk serbaguna dengan luas sekitar 500 Ha berasal dari pembendungan sungai permanen dan difungsikan sebagai PLTA, irigasi, dan sumber air minum (Sellang, 2019). Terdapat beberapa zona dalam sebuah waduk berdasarkan sifat biologis, kimia dan fisika meliputi *zona revirinel* adalah zona mengalir yang cenderung memiliki arus, *zona transtition* adalah zona peralihan antara mengalir dan tergenang dan *zona lacustrine* adalah zona dengan lingkungan menggenang sepanjang tahun (Cristoper *et al.*, 2018).

2.1.1 Waduk Gondang Lamongan

Kabupaten Lamongan memiliki daya tarik wisata yang beragam salah satunya yang populer dikalangan masyarakat adalah Waduk Gondang. Waduk Gondang secara geografis terletak pada $7^{\circ}33'6.79''\text{S}$ dan $111^{\circ}44'52.36''\text{E}$ di Desa Gondang Lor, Kecamatan Sugio yang telah diresmikan oleh Presiden Soeharto pada tahun 1987 (Kurniasari *et al.*, 2016). Berdasarkan data dari Balai Besar Wilayah Sungai Begawan Solo (2022), waduk Gondang membendung aliran sungai Gondang dan sungai jurug dengan luas daerah aliran sungai $68,78 \text{ km}^2$ (Gambar 2.1). Luas waduk Gondang pada muka normal yakni 385,88 ha. Waduk Gondang memiliki banyak fungsi diantaranya yakni sebagai irigasi pertanian, air baku, serta PDAM untuk beberapa kecamatan di daerah Kabupaten Lamongan, dan digunakan sebagai upaya peningkatan pendapatan asli daerah (Gambar 2.2).



Gambar 2.1 Peta Aliran Inlet Sungai Waduk Gondang Lamongan. (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2022)



Gambar 2.2 Waduk Gondang (Dokumentasi Pribadi, 2022).

2.2 Ikan Mujair

2.2.1 Gambaran Umum Ikan Mujair

Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus* Peters) pertama kali di temukan di Pulau Jawa pada tahun 1963 oleh seorang perangkat Desa Papungan, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Lokasi penemuan *Oreochromis mossambicus* tidak jauh dari pantai selatan Jawa di sekitar teluk serang (Aryono, 2016). Klasifikasi ikan Mujair sebagai berikut menurut Said (2012):

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Actinopterygii
Ordo : Perciformes
Famili : Cichlidae
Genus : *Oreochromis*
Spesies : *Oreochromis mossambicus*

Ikan mujair dapat tumbuh dengan cepat karena sumber makanan yang melimpah pada di perairan dangkal (Kartamihardja *et al.*, 2017). Ikan mujair juga

diketahui bereproduksi beberapa kali dalam setahun (Samuel *et al.*, 2017).

Keberadaan ikan telah dijelaskan pada Al-Quran Surah an-Nahl (16):14 :

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً
تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاحِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ ۗ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya : “Dan Dialah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan daging yang segar (ikan) darinya, dan (dari lautan itu) kamu mengeluarkan perhiasan yang kamu pakai. Kamu (juga) melihat perahu berlayar padanya, dan agar kamu mencari sebagian karunia-Nya, dan agar kamu bersyukur.”

Q.S. an-Nahl (16):14 menjelaskan bagaimana Allah SWT menciptakan lautan sebagai habitat dan tempat berkembang biak bagi hewan air seperti ikan, agar manusia dapat mengkonsumsi dagingnya. Tanpa adanya penciptaan lautan maka ikan, hewan air lainnya dan manusia tidak akan bisa bertahan hidup. Oleh karena itu, tujuan penciptaan adalah untuk memberi manfaat bagi umat manusia, generasi mendatang, dan makhluk hidup lainnya (Shihab, 2002).

2.2.2 Morfologi Ikan Mujair

Tubuh ikan mujair berbentuk pipih dan memanjang, ditandai dengan garis-garis vertikal. Sirip dada dan perut ikan mujair berwarna hitam kemerahan, sedangkan sirip punggung dan ekor berwarna kemerahan (Said, 2000). Mulut berbentuk terminal atau terletak di ujung tubuh dan agak besar (Pratama, 2019). Ikan Mujair memiliki tipe sisik *ctenoid*. Arifin (2016) menyatakan bahwa sisik tipe *ctenoid* ini dilengkapi dengan ctenii atau gerigi kecil pada bagian posterior yang lebih tipis dan transparan. Ukuran tubuh ikan Mujair dapat mencapai panjang maksimal 40 sentimeter, ada 10-13 duri di sirip punggung. Ikan betina dewasa panjangnya 25 cm dengan berat 1100 gram, sedangkan ikan jantan panjangnya 35 cm dan beratnya 800 sampai 900 gram (Froese dan Pauly, 2007).

Morfologi ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) (Hasan *et al.*, 2019).

2.2.3 Habitat dan Kebiasaan Makan Ikan Mujair

Ikan mujair dapat ditemukan di berbagai habitat lingkungan, antara lain air payau, air tawar, dan air laut (Luna, 2012). Hal tersebut disebabkan karena ikan mujair mudah beradaptasi terhadap kadar garam dan perubahan suhu yang ekstrim (Froese dan Pauly, 2007). Ikan Mujair dapat ditemukan pada perairan yang dangkal dengan kedalaman satu meter (Siregar, 2019).

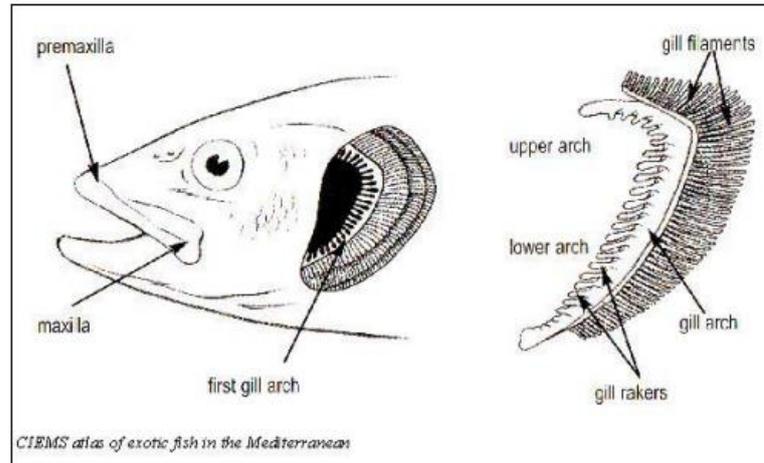
Ikan Mujair termasuk dalam jenis ikan herbivora cenderung omnivora. Menurut Tompodung *et al.* (2016), ikan mujair mengkonsumsi berbagai macam makanan yang terdapat di perairan habitat aslinya. Pada saat masa remaja (juvenile), ikan Mujair memiliki sifat kanibal (Luna, 2012). Ikan mujair juga mengkonsumsi tumbuh-tumbuhan air, lumut kerak, dan krustasea kecil. Ghufro dan Kordi (2005) menjelaskan bahwa selain memakan tumbuhan air, ikan Mujair juga memakan diatom dan beberapa bentuk *Zygnematophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, dan *Dinophyceae*. Jika

keberadaan *fitoplankton* langka di perairan tersebut, ikan Mujair akan mengkonsumsi berbagai *zooplankton* atau krustasea kecil. Hasil analisis isi lambung ikan Mujair yang dilakukan oleh Faried & Trianto (2020) membuktikan bahwa terdapat dua kelompok pakan yang selalu ditemukan pada lambung ikan Mujair, yakni *fitoplankton* dan *zooplankton*.

Ikan Mujair juga merupakan ikan detritivora. Hal ini dibuktikan pada penelitian Roshni *et al.* (2016) di Waduk Poringalkuthu bahwa ikan Mujair mengkonsumsi secara dominan detritus (35%), *chlorophyceae* (33%), *bacillariophyceae* (10%) dan *cyanophyceae* (9%). *Zooplankton* (3%), materi tanaman (3%), partikel pasir (2%), bagian ikan (1%), serangga (1%) dan barang lain-lain (3%) juga ditemui sebagai makanan dalam jumlah yang sedikit.

2.2.4 Sistem Respirasi Ikan

Ikan melakukan aktivitas respirasi melalui insangnya. Setiap insang memiliki dua lembar filamen dan tertutup di salah satu dari empat kantong insang di dekat tenggorokan dan di bawah operkulum. Setiap filamen terbuat dari banyak lapisan epitel yang mengandung kapiler di antara lengkungan insang. Sisir berduri di tepi lengkungan insang berfungsi sebagai penyaring makanan dan benda asing yang masuk melalui celah insang selama proses pernapasan. Untuk membersihkan insangnya, ikan menggunakan gerakan renang atau gerakan mulut dan penutup insang yang terkoordinasi. Arus air memasuki mulut ikan, mengalir melalui lubang di faring, melewati insang, dan akhirnya keluar dari tubuh dalam kedua keadaan tersebut. (Campbell *et al.*, 2020).

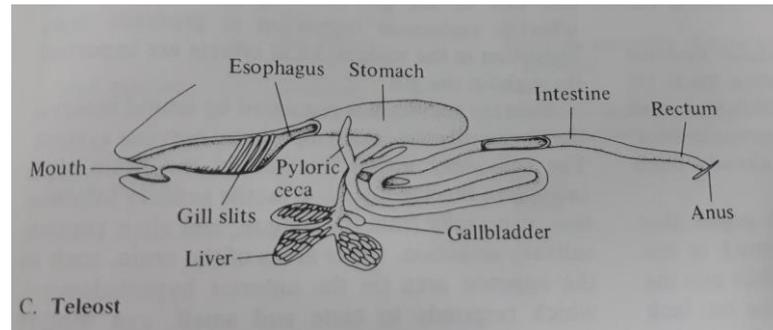


Gambar 2.4 Insang Ikan (Kaniklides, 2007).

Pada saat ikan bernafas, operculum menutup dan melekat pada dinding tubuh kemudian archus branchialis mengembang ke arah lateral. Pada saat air masuk melalui mulut dan kemudian menutup, archus branchialis sedang berkontraksi sehingga operculum terangkat terbuka. Selanjutnya air akan keluar melalui filamen. Pada saat tersebut darah mengambil oksigen dan melepaskan karbondioksida (Maskoeri, 1984). Bagian-bagian insang dapat dilihat pada Gambar 2.4.

2.2.5 Sistem Pencernaan Ikan

Sistem pencernaan terdiri dari organ yang mengasimilasi makanan dan menghilangkan residunya. Organ-organ pencernaan makanan dapat diekspresikan secara berurutan dari awal makanan masuk ke dalam mulut sebagai berikut: mulut, kerongkongan, usus, lambung, usus, dan anus (Whithers, 1992). Anatomi saluran pencernaan ikan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Saluran Pencernaan Ikan (Whithers, 1992).

Mulut adalah bagian awal dari saluran pencernaan ikan, dan fungsi utamanya adalah memecah makanan yang telah dikonsumsi ikan secara keseluruhan. Di dasar mulut ikan terdapat lingua atau lidah yang tidak mengeluarkan saliva. Kemudian terdapat juga gigi pada geraham bawah, glandula mukosa yang mempermudah jalannya makanan, serta organ pelatin yang terletak di langit-langit mulut bagian belakang pada organ ini terdiri atas lapisan otot dan serat kolagen yang akan membantu ikan menelan makanan dengan cara membuang air yang berlebihan pada makanan yang telah dimakan (Yustina & Darmadi, 2017).

Faring merupakan lanjutan rongga mulut yang berfungsi sebagai penyaring makanan, apabila terdapat material yang bukan makanan, akan dikeluarkan melalui celah insang. Insang terletak tepat di belakang rongga mulut, di dalam faring. Organ ini Selanjutnya makanan akan menuju esophagus yang berbentuk pendek dan seperti kerucut terdapat di belakang daerah insang (Yustina & Darmadi, 2017).

Lambung adalah lanjutan dari esophagus. Lambung ikan memiliki dua fungsi yakni sebagai pencerna makanan dan sebagai penampung makanan. Proses pencernaan pada lambung ikan terjadi secara mekanik dan kimiawi. Di dalam

lambung akan terjadi pemecahan protein, lemak, dan karbohidrat. Proses tersebut mengalami denaturasi akibat kerja dari HCl dan dihidrolisis oleh enzim pepsin yang mengubah protein menjadi peptid (Yustina & Darmadi, 2017).

Usus yang memanjang dari pilorus ke kloaka atau anus, umumnya disebut usus intestinum. Bentuk usus setiap jenis ikan berbeda, contohnya ikan herbivora memiliki usus yang panjang dan melingkar. Sedangkan ikan omnivora memiliki usus yang mirip dengan herbivora namun lebih pendek. Pada ikan karnivora memiliki usus pendek yang tidak menggulung. Rektum adalah bagian akhir dari saluran pencernaan. Bagian ini berfungsi sebagai penyerap ion dan udara. Pada larva ikan, rektum selain sebagai penyerap air dan ion, juga sebagai penyerap protein. Anus adalah ujung saluran pencernaan (Yustina & Darmadi, 2017).

2.3 Jenis Plastik

Plastik berasal dari bahan baku minyak bumi. Bahan baku plastik diproduksi melalui reaksi campuran dari bermacam bahan mentah meliputi gas bumi, batu bara serta minyak bumi. Plastik ialah sintesis polimer yang penyusun primernya adalah karbon dan hidrogen. Plastik jenis *polypropelina* banyak ditemui dalam komoditas tas plastik. Sedangkan *Polyethylene Threphtyalate* cukup besar digunakan dalam pabrikasi gelas dan botol minum dalam kemasan (Pani *et al.*, 2017).

Plastik terdiri dari rantai polimer panjang karbon, oksigen, hidrogen, silikon, dan klorida yang berasal dari gas alam, minyak, dan batu bara (Chatterjee & Sharma, 2019). Tipe plastik terbagi menjadi dua berdasarkan penggunaannya, yaitu polimer komoditi dan polimer industri. Plastik komoditi antara lain

Polyethylene (PE), *Polypropylene* (PP), *Polyestylene* (PS), *Poly Vinyl Chloride* (PVC), *Poly Metil Pentena* (PMP), *Polyethylene Perephthalate* (PET) dan *Poly Tetrafluoroetilen* atau teflon. Sedangkan plastik industri antara lain *Polyamide* (Nilon), *Polyoxymetilene* (POM), *Polycarbonate* (PC) dan *Acrylonithrile Butadiene Styrene* (ABS) (Mawardi & Lubis, 2019).

Simbol	Karakteristik dan Contoh
 PETE	Polyethylene Terephthalate (PET, PETE) PET transparan, jernih, dan kuat. Biasanya dipergunakan sebagai botol minuman (air mineral, jus, soft drink, minuman olah raga) tetapi tidak untuk air hangat atau panas. Serpihan dan pelet PET yang telah dibersihkan dan didaur ulang dapat digunakan untuk membuat serat benang karpet, <i>fiberfill</i> , dan <i>geotextile</i> . Jenis ini biasa disebut dengan Polyester.
 HDPE	High Density Polyethylene (HDPE) HDPE dapat digunakan untuk membuat berbagai macam tipe botol. Botol-botol yang tidak diberi pigmen bersifat tembus cahaya, kaku, dan cocok untuk mengemas produk yang memiliki umur pendek seperti susu. Karena HDPE memiliki ketahanan kimiawi yang bagus, plastik tipe ini dapat digunakan untuk mengemas deterjen dan bleach. Hasil daur ulangnya dapat digunakan sebagai kemasan produk non-pangan seperti shampo, kondisioner, pipa, ember, dll.
 PVC	Polyvinyl Chloride (PVC) Memiliki karakter fisik yang stabil dan tahan terhadap bahan kimia, pengaruh cuaca, aliran, dan sifat elektrik. Bahan ini paling sulit untuk didaur ulang dan biasa digunakan untuk pipa dan konstruksi bangunan.
 LDPE	Low Density Polyethylene (LDPE) Bisa dipakai untuk tempat makanan dan botol-botol yang lembek (madu, mustard). Barang-barang dengan kode ini dapat di daur ulang dan baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat. Barang dengan kode ini bisa dibuang tidak dapat di hancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan.
 PP	Polypropylene (PP) PP memiliki daya tahan yang baik terhadap bahan kimia, kuat, dan memiliki titik leleh yang tinggi sehingga cocok untuk produk yang berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum, tempat obat dan botol minum untuk bayi. Biasanya didaur ulang menjadi casing baterai, sapu, sikat, dll.
 PS	Polystyrene (PS) PS biasa dipakai sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum sekali pakai, tempat CD, karton tempat telur, dll. Pemakaian bahan ini sangat dihindari untuk mengemas makanan karena bahan <i>styrene</i> dapat masuk ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan. Bahan Styrene berbahaya untuk otak dan sistem syaraf manusia. Bahan ini dibanyak negara bagian di Amerika sudah melarang pemakaian tempat makanan berbahan styrofoam termasuk negara cina.
 OTHER	Other Plastik yang menggunakan kode ini terbuat dari resin yang tidak termasuk enam golongan yang lainnya, atau terbuat dari lebih dari satu jenis resin dan digunakan dalam kombinasi multi-layer.

Gambar 2.6 Simbol dan Karakteristik Jenis Plastik (Pravitasari, 2009).

Plastik dibagi menjadi 7 jenis berdasarkan cara pembuatannya, dan setiap jenis diberi simbol yang berbeda (Gambar 2.6). Ke-7 jenis plastik tersebut dapat dibedakan dari ciri-ciri yang dimilikinya (Praputri *et al.*, 2016).

2.4 Mikroplastik

2.4.1 Deskripsi mikroplastik

Istilah mikroplastik mengacu pada plastik partikel yang ukurannya lebih kecil dari 5 mm dengan variasi mengenai warna dan bentuknya (mulai dari kecil *fragment* ke untaian panjang seperti serat) (Kovacvirek *et al.*, 2016). Mikroplastik dilaporkan ditemukan di daerah tropis mereka bahkan terlihat di perairan kutub Antartika dan Arktik. Ketika seseorang melihat vertikal distribusi, mikroplastik ada di zona bentik badan air, kolom air, air permukaan dan pantai. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi termasuk skala besar kekuatan sebagai arus yang digerakkan oleh angin dan sirkulasi geostropik, turbulensi dan efek oseanografi (Li *et al.*, 2018).

Chua *et al.*, (2014) mendefinisikan mikroplastik sebagai polutan antropogenik yang tersebar luas dan ditemukan di banyak produk perawatan pribadi, seperti sabun pembersih wajah, sabun pencuci pakaian, dan juga dihasilkan dari serat sintetis pada pakaian dan manik-manik plastik yang digunakan untuk *sandblasting* industri. Ukuran mikroplastik sangat kecil yaitu < 5 mm sehingga dapat berpotensi menyerap logam berat dan polutan lainnya di lingkungan dan meningkatkan toksisitas (bahkan beberapa penelitian menunjukkan bahwa polusi mikroplastik dapat mengurangi kapasitas reproduksi organisme laut).

Mikroplastik terbuat dari senyawa polimer yang dapat menyebabkan efek kesehatan tertentu (Li *et al.*, 2018). Berbagai aditif ditambahkan selama produksi plastik meningkatkan sifat fisik, seperti warna, tahan api, dan kekerasan. Mereka dapat menjadi molekul rendah atau polimer, anorganik atau zat organik. Aditif

yang paling umum adalah *plasticizer* untuk peningkatan plastisitas atau viskositas. Misalnya, *Poly Vinyl Chloride* (PVC) harus memiliki *plasticizer* seperti *phthalate* dan bisphenol-A agar degradasi termal (Hammer *et al.*, 2012). Mikroplastik dapat menyerap minyak pelumas dan logam berat. Polutan tersebut awalnya diserap pada permukaan mikroplastik dapat dilepaskan ketika mikroplastik dicerna dan tetap di dalam tubuh manusia, di mana pH agak rendah, suhunya relatif tinggi dan adanya cairan pencernaan (Li *et al.*, 2018).

2.4.2 Tipe dan Sumber Mikroplastik

Mikroplastik diketahui hadir di udara, tanah dan sedimen, air tawar, laut, lautan, tanaman, hewan dan bersumber dari produk plastik, tekstil, industri, pertanian, dan limbah umum (Handerson & Green, 2020). Berdasarkan proses pembentukannya, mikroplastik dikategorikan menjadi 2 yakni, mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik Primer merupakan hasil dari pembentukan pertama kali pada industri (Murphy *et al.*, 2017). Mikroplastik yang diproduksi dalam ukuran mikron dan digunakan dalam produk kosmetik, seperti *scrub* dan pengelupasan kulit, dan dalam pemrosesan industri, seperti *sand blasting* (Syberg *et al.*, 2015). Selain itu untuk pemeliharaan berbagai produk plastik dan juga dalam pembuatan pakaian sintetis (Chatterjee *et al.*, 2019).

Sumber dari mikroplastik sekunder meliputi serat mikro dari bahan tekstil, ban, dan barang plastik besar yang mengalami degradasi (Da Costa *et al.*, 2016 & Smith *et al.*, 2018). Mikroplastik sekunder berasal dari produk yang terfragmentasi dari makro atau penguraian dari plastik yang lebih besar melalui proses biodegradasi, fotodegradasi, gelombang fisik (Cole *et al.*, 2011). Selain itu

melalui proses degradasi termo-oksidatif, degradasi termal dan hidrolisis (Sharma, 2017).

Mikroplastik dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan karakter nya yaitu *film*, *filament*, *fiber*, *fragment*, *granul* dan *foam* (Virsek *et al.*, 2016). Tipe mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 2.7. Adapun penjelasan sumber dan karakteristik masing-masing tipe adalah sebagai berikut:

A. *Film*

Mikroplastik berbentuk film tipis, tembus cahaya, dan lunak (Zhou *et al.*, 2018). Mikroplastik jenis film digolongkan sebagai mikroplastik sekunder dengan kerapatan rendah karena diasumsikan berasal dari bagian kantong plastik sekali pakai yang rusak, sehingga menghasilkan partikel tipis dan tidak bervolume. (Prasetyo, 2020).

B. *Fragment*

Fragment adalah mikroplastik yang terbentuk dari bungkus plastik yang memiliki polimer yang sangat kokoh (Hastuti *et al.*, 2014). *Fragment* adalah pecahan dari produk plastik yang tebal, kaku dan memiliki bentuk yang tidak konsisten (Yona *et al.*, 2019), sehingga kegunaannya dalam kegiatan manusia sangat banyak karena terbentuk dari *fragmentasi* dan degradasi dari megaplastik atau makroplastik (Dewi *et al.*, 2015).

C. *Fiber*

Mikroplastik *fiber* berupa serat-serat panjang berwarna-warni yang dapat berasal dari serat pakaian karena kegiatan mencuci baju yang dapat mendegradasi serat pakaian (Browne *et al.*, 2008). Kehadiran mikroplastik tipe *fiber* di lingkungan laut karena banyak aktivitas penangkapan ikan berkontribusi terhadap

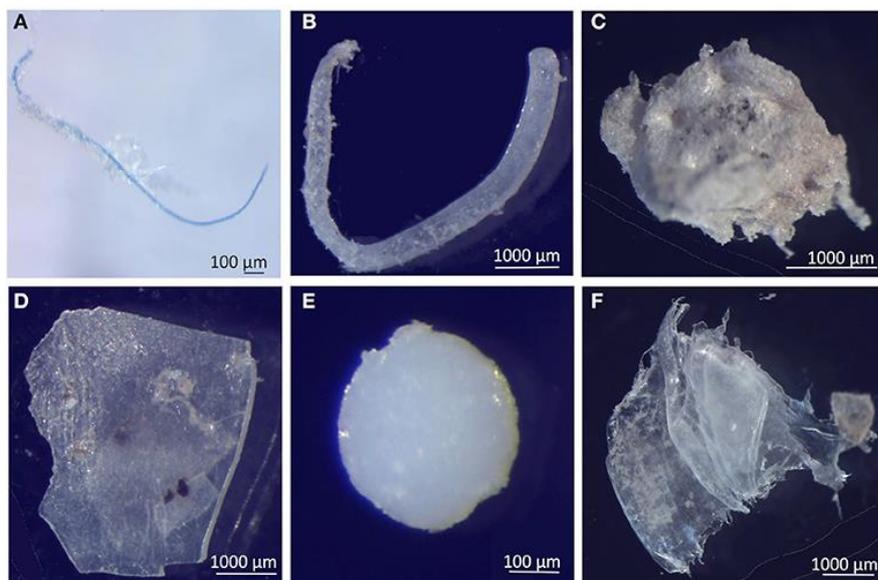
degradasinya. Nor dan Obbard (2014) telah menunjukkan bahwa alat tangkap dan tali perahu yang terpecah berkontribusi terhadap degradasi mikroplastik dengan tipe *fiber*. Adanya degradasi mikroplastik pada alat tangkap nelayan dikarenakan pada saat ini semua alat-alat untuk penangkapan ikan telah menggunakan bahan plastik (Watson *et al.*, 2006).

D. *Foam*

Foam merupakan mikroplastik yang bersumber dari kemasan *polystyrene* (Nor dan Obbard, 2014). Sebelum mengalami degradasi, bentuk awal mikroplastik tipe *foam* adalah *styrofoam* (Prasetyo, 2020). Karakteristik *foam* yakni lunak, bulat berwarna putih atau kekuningan, serta memiliki densitas paling rendah daripada tipe yang lain. Hal tersebut disebabkan karena kerapatan pada penyusun plastik nya juga rendah (Faruqi, 2019).

E. *Granual*

Mikroplastik *granual* tergolong ke dalam mikroplastik primer karena pada tipe ini memiliki bentuk menyerupai *scrub* yang terkandung dalam produk perawatan dan pembersih yang secara sengaja di desain dalam ukuran mikro (Purnama *et al.*, 2021). *Granul* merupakan butiran yang berbentuk bulat, berwarna putih atau kecoklatan, padat, dan berukuran kurang dari 1 mm, dan digunakan sebagai bahan dalam produk industri. (Virsek, 2016).



Gambar 2.7 Tipe Mikroplastik (A) *Fiber*; (B) *Filament*; (C) *Foam*; (D) *Fragment*; (E) *Granular*; (F) *Film* (Rodrigues *et al.*, 2020).

2.4.3 Efek Mikroplastik pada Organisme

Efek mikroplastik dalam air terhadap kehidupan laut menjadi perhatian serius dikarenakan partikel mikroplastik ringan, mereka akan mengapung di permukaan air sehingga hewan air termasuk ikan dan bivalvia sering mengira sebagai makanan. Sedangkan partikel mikroplastik yang memiliki densitas tinggi akan tenggelam dan melekat pada sedimen (Wahdani *et al.*, 2020). Mikroplastik mengandung racun yang memiliki pengaruh buruk pada ekosistem di sekitarnya. Salah satu akibat buruknya adalah matinya biota di perairan akibat mikroplastik yang masuk ke organ pencernaannya (Wijaya *et al.*, 2019).

Rochman (2013) dalam Putra (2019) menyatakan bahwa ikan yang menelan mikroplastik mengalami reaksi peradangan yang melemahkan integritas membran sel ususnya karena bahan kimia berbahaya mikroplastik telah menembus jaringan dan bahkan sel darahnya. Selain itu, partikel mikroplastik di saluran pencernaan dapat masuk ke sistem peredaran darah dan akhirnya dapat

masuk ke dalam darah. Menurut Fossi (2014) dan Wagner & Lambert (2018) ketika organisme air mengkonsumsi mikroplastik, kesehatan mereka dapat memberikan efek secara negatif. Efek tersebut termasuk stres patologis, kelainan sistem reproduksi, penghambatan produksi enzim, dan tingkat pertumbuhan lambat. Wijaya dan Yulinah (2019) menyatakan partikel mikroplastik yang masuk ke saluran pencernaan hewan air memiliki kemampuan untuk mencapai tingkat trofik teratas dari piramida makanan. Imhof *et al.* (2013) menemukan bahwa hewan dari berbagai habitat, rantai makanan, dan tingkat trofik atas dapat terkontaminasi mikroplastik dari perairan. Burung laut pada tingkat trofik tinggi dapat mengkonsumsi mikroplastik secara langsung atau tidak langsung melalui ikan yang telah mengkonsumsi mikroplastik di lautan. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menunjukkan bahwa mikroplastik menimbulkan ancaman bagi ikan, dengan kematian yang sering terjadi sebelum mencapai kematangan karena asupan mikroplastik. Sebagian besar penelitian dilakukan pada *Danio rerio*. Stres oksidatif, penurunan mobilitas, gangguan ekspresi gen, dan kerusakan organ reproduksi adalah efek paling umum dari mikroplastik di *Danio rerio* (Mu *et al.*, 2021; Zhao *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022).

Oryzias melastigma adalah ikan yang paling banyak dipelajari kedua yang mengalami gangguan fisik akibat menelan mikroplastik (Xia *et al.*, 2022). Penghambatan pertumbuhan, dysbiosis usus ikan, penurunan berat badan, gangguan kondisi anti-oksidatif hati, kerusakan organ reproduksi dan retardasi pertumbuhan adalah efek yang terlihat pada *Oryzias melastigma* (Wang *et al.*, 2022; Zhang X. *et al.*, 2021 ; Feng *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2021; Le Bihanic *et al.*, 2020). *Sparus aurata* adalah ikan konsumsi penting lainnya yang dipengaruhi

oleh konsumsi mikroplastik. Ikan ini menghadapi stres, kerusakan oksidatif, kelangsungan hidup, perubahan perilaku, dan kerusakan fungsi utama sistem kekebalan tubuh.

2.4.4 Kelimpahan Mikroplastik

Indonesia merupakan penyumbang sampah plastik terbesar kedua ke lingkungan perairan (Jambeck *et al.*, 2015). Oleh karena itu, kelimpahan mikroplastik di perairan Indonesia cukup signifikan. Timbunan sampah plastik di daratan maupun di perairan dapat menyebabkan meningkatnya kelimpahan mikroplastik pada ekosistem didalamnya (Manalu, 2017). Tingginya nilai kelimpahan mikroplastik pada perairan dapat mengganggu kehidupan biota perairan. Hal tersebut dapat terjadi karna biota tidak dapat membedakan antara makanan dengan mikroplastik sehingga dapat tertelan secara tidak sengaja (Brate *et al.*, 2016). Faktor lain penyebab adanya kelimpahan mikroplastik di suatu ekosistem adalah faktor lingkungan, termasuk angin, pasang surut air, dan aliran sungai (Yu *et al.*, 2020). Nilai kelimpahan dari tipe mikroplastik digunakan untuk mengetahui sumber dari jenis plastik yang mendominasi pada kawasan tersebut (Kapo *et al.*, 2020). Terdapat rumus untuk menghitung kelimpahan partikel mikroplastik pada tubuh organisme menurut Hidalgo-Ruz *et al.* (2012) adalah sebagai berikut:

$$\text{Kelimpahan} = \frac{\text{Jumlah Partikel Mikroplastik (Partikel)}}{\text{Jumlah organisme (individu)}} \quad (2.1)$$

2.5 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan instrumen komersial yang telah menggantikan spektrometer dispersif untuk mengukur spektrum IR karena kemampuan spektroskopi inframerah pada FTIR yang superior yang tidak bisa diterapkan lagi pada spektrometer dispersif (Sharma, 2007). FTIR berfungsi untuk mengkarakterisasi sifat dan komposisi sampel dengan melihat frekuensi yang muncul tepat pada puncak maksimum absorbansi (Che Man, 2011).

Kemampuan FTIR untuk memberikan informasi struktur molekul polimer, mengidentifikasi senyawa berikatan kovalen, menentukan kemurnian bahan, dan gugus fungsi suatu molekul berdasarkan pengukuran intensitas infra merah dengan panjang gelombang tertentu dengan melihat karakteristik vibrasi fungsionalnya. kelompok senyawa yang ada dalam sampel hanya salah satu dari banyak keuntungan untuk penelitian (Aspi, 2013). Setiap bahan penyusun polimer merupakan kombinasi dari atom yang berbeda-beda sehingga antar senyawa akan menghasilkan spektrum inframerah yang tidak sama. Panjang gelombang yang dapat diserap oleh tiap polimer dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Spektrum elektromagnetik dari inframerah terbagi menjadi tiga, yakni (1) *Higher energy near-infrared* (NIR) pada rentang gelombang 14.000-4000 cm^{-1} , (2) *Mid-infrared* (MIR) dengan rentang gelombang 4000-400 cm^{-1} , (3) *Far-infrared* (FIR) dengan rentang gelombang 400-10 cm^{-1} (Mukherjee & Gowen, 2015). Diantara ketiga spektrum inframerah tersebut, spektrum yang paling umum digunakan dalam penelitian mikroplastik yakni *Mid-infrared* (MIR) (Veerasingam *et al.*, 2021).

Tabel 2.1 Panjang Gelombang Tiap Polimer

No.	Jenis Polimer	Panjang Gelombang (cm⁻¹)
1.	<i>Polytetrafluorethylene (PTFE)</i>	509 – 1201
2.	<i>Polyvinyl chloride (PVC)</i>	616 – 1427
3.	<i>Cellulose acetate (CA)</i>	600 – 1743
4.	<i>Polyethylene terephthalate (PET)</i>	720 – 1713
5.	<i>Polystyrene (PS)</i>	537 – 3024
6.	<i>Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)</i>	698 – 2922
7.	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	717 – 2915
9.	<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	717 – 2845
10.	<i>Ethylene vinyl acetate (EVA)</i>	720 – 2917
11.	<i>Polypropylene (PP)</i>	808 – 2950
12.	<i>Polycarbonate (PC)</i>	828 – 2966
13.	<i>Nylon</i>	687 – 3298
14.	<i>Polyurethane (PU)</i>	1223 – 2865
15.	<i>Latex</i>	1376 – 2960

Sumber : (Veerasingam *et al.*, 2021).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *ex-post facto*, yaitu meneliti peristiwa yang telah terjadi sebelumnya. Menurut Sugiyono (2011) *ex-post facto* adalah melakukan penelitian terhadap suatu peristiwa yang terjadi sebelumnya untuk mengungkap faktor yang mengindikasikan sebab-akibat dari peristiwa yang diteliti.

Penelitian ini menggunakan metode eksploratif untuk pengambilan data yakni sampel diambil secara langsung pada wilayah perairan Waduk Gondang Lamongan, Jawa Timur. Sampel ikan Mujair yang digunakan adalah saluran pencernaan dan insang yang selanjutnya dijadikan sebagai data primer.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian tentang identifikasi kontaminasi mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dilaksanakan pada bulan Februari - Maret 2023. Pengambilan sampel ikan Mujair dilakukan di Waduk Gondang, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Analisis tipe dan kelimpahan mikroplastik dilakukan di Laboratorium Optik Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi dan dilanjutkan uji FTIR di Jurusan Farmasi Fakultas Kesehatan dan Ilmu Kedokteran Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu jaring penangkap ikan, *coolbox*, perahu, kain filter nylon (*Nylon polyester filter*) 400 mesh, botol kaca 250 ml untuk wadah sampel, alat tulis, corong kaca, cawan petri, pipet ukur controller 50 ml, gelas ukur 100 ml, beaker glass 500 ml, pipet tetes *waterbath*, spatula kimia, mikroskop binokuler stereo, Aplikasi GPS (*Global Positioning System*) essential, aplikasi QGIS (*Quantum Geographic Information System*), *software* SPSS, sarung tangan, wadah nampan, penggaris 30 cm, timbangan analitik, FTIR *Agilent* ($4000-650\text{ cm}^{-1}$) dan jas laboratorium.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel organ insang dan saluran pencernaan ikan Mujair, kertas label, aquades, alkohol 70%, aluminium foil, kertas milimeter, H_2O_2 30%, FeSO_4 , NaCl.

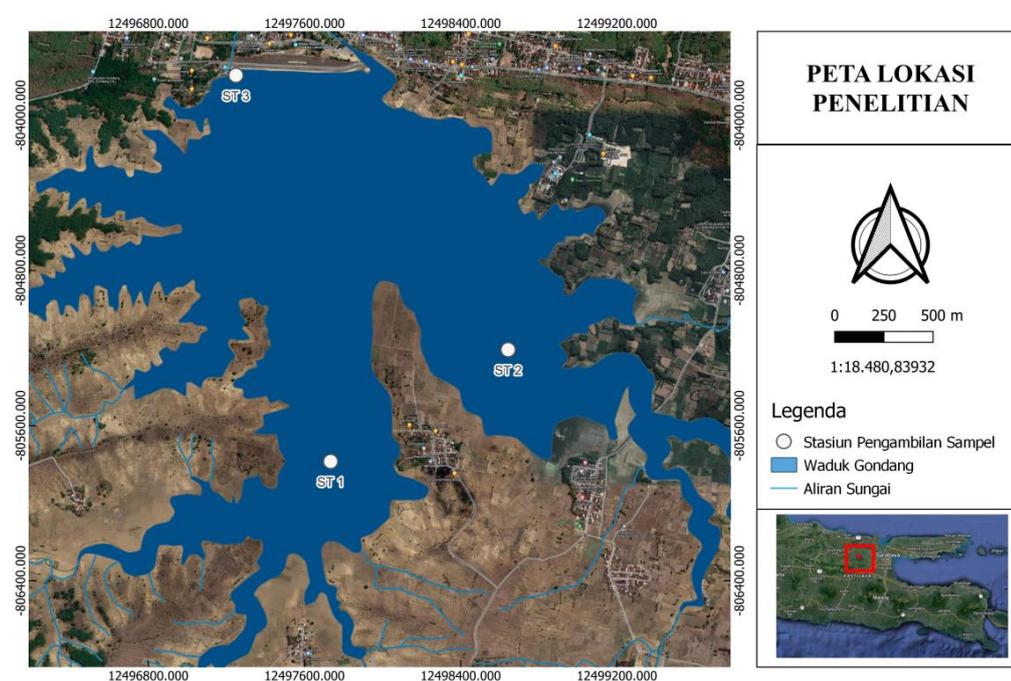
3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penetapan Lokasi Pengambilan Sampel

Penetapan lokasi sampling diawali dengan survei lapangan pada area waduk Gondang, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Penetapan lokasi sampling menggunakan metode *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sampel sebagai sumber data berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2011). Lokasi sampling dibagi menjadi 3 stasiun yang digunakan sebagai titik pengambilan sampel. Titik koordinat setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

Stasiun	Lokasi	Titik Koordinat	
		Garis Lintang	Garis Bujur
ST1	<i>Inlet 1</i> Sungai Gondang	S07°12.886'	E112°16.055'
ST2	<i>Inlet 2</i> Sungai Gondang dan Jurug	S07°12.468'	E112°16.459'
ST3	<i>Outlet</i> (Daerah Wisata)	S07°12.190'	E112°16.889'

**Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel (Dokumentasi Pribadi, 2023)**

Pada stasiun 1 dan 2 memiliki kesamaan karakteristik yakni banyaknya aktivitas nelayan dan jaring ikan yang ditebar di sekitar *inlet* sungai. Perbedaan dari kedua stasiun adalah asal aliran sungai, pada stasiun 1 merupakan *inlet* dari sungai Gondang. Sedangkan pada stasiun 2 merupakan *inlet* dari aliran dua sungai yakni sungai jurug dan sungai Gondang. Peta aliran *inlet* sungai dapat dilihat pada Gambar 2.1. Berdasarkan studi observasi, stasiun 3 merupakan daerah wisata

dimana banyak aktivitas manusia yang berpotensi adanya sampah tidak segera masuk pada perairan waduk serta terdapat sisa jaring ikan yang tidak digunakan nelayan yang berada pada pinggir waduk. Hal tersebut dapat berpotensi adanya degradasi menjadi mikroplastik. Peta lokasi titik pengambilan sampel digambarkan pada Gambar 3.1.

3.4.2 Pengambilan Sampel Ikan Mujair Pada Setiap Stasiun

Pengambilan sampel ikan Mujair dilakukan dengan 3 kali ulangan setiap stasiun dengan jarak antar ulangan selama 7 hari. Sampel ikan Mujair diambil 6 ekor pada tiap stasiun dengan total pengambilan sampel yang diperoleh sebanyak 54 ekor menggunakan jaring ikan. Jaring ikan dipasang 15 m dari daratan waduk dengan panjang 50 m (Gambar 3.2). Menurut Hermsen *et al.* (2018) menyatakan bahwa jumlah sampel yang direkomendasikan dalam penelitian mikroplastik pada biota perairan sebanyak 50 sampel agar menghasilkan hasil yang lebih maksimal. Sampel ikan Mujair yang didapatkan kemudian diletakkan di nampan dan di foto morfologi luarnya dan diukur panjang tubuhnya. Ikan Mujair disimpan kedalam *coolbox* hingga siap diamati di laboratorium.



Gambar 3.2 Ilustrasi Jarak Pengambilan Sampel Ikan

3.4.3 Uji sampel ikan

Uji sampel ikan umumnya dilakukan pada beberapa tahapan yakni persiapan sampel, ekstraksi mikroplastik, penyaringan mikroplastik, dan pengamatan (Yona, 2021). Persiapan sampel diawali dengan mengukur panjang tubuh yakni 15-20 cm. Sampel ikan yang lebih dari atau kurang dari panjang tersebut tidak diambil. Kemudian dilakukan pembedahan mulai dari anus ke arah gurat lateralis kemudian menuju anterior dan ke perut ikan bagian bawah untuk mendapatkan organ yang akan dianalisis mikroplastik.

Tahap selanjutnya yaitu ekstraksi mikroplastik menggunakan metode degradasi fenton sesuai dengan metode Masura *et al.* (2015) yang menghancurkan sampel saluran cerna dan insang dengan cara merendam dalam larutan 20 ml H₂O₂ 30% dan 5 tetes FeSO₄ 0,05 M, kemudian menginkubasi sampel selama 24 jam pada suhu ruang untuk memudahkan penguraian bahan organik. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Sampel yang mengandung mikroplastik berbentuk supernatant, bahan organik berbentuk pellet (Yusron & Jaza', 2021).

Sampel yang berbentuk supernatan dipanaskan dengan waterbath pada suhu 60°C selama 30 menit. Sampel yang telah dipanaskan kemudian disaring menggunakan nylon filter ukuran 400 mesh dan dibilas dengan NaCl yang ditampung ke dalam cawan petri. Menurut Lusher *et al.* (2017) pembilasan menggunakan NaCl berfungsi untuk pemisahan densitas partikel plastik dari bahan organik. Larutan NaCl direkomendasikan karena tidak berbahaya dan efektif dalam penggunaannya.

3.4.4 Identifikasi Tipe Mikroplastik

Identifikasi tipe mikroplastik yang diperoleh dari sampel saluran pencernaan dan insang ikan Mujair dilakukan secara visual menggunakan mikroskop stereo binokuler dengan perbesaran 40x. Tipe mikroplastik meliputi *fiber*, *filament*, *fragment*, *film*, *foam*, dan *granul* dengan karakteristik masing-masing. Penentuan suatu benda termasuk mikroplastik atau tidak didasarkan pada kriteria *Marine and Environmental Research Institut* (2015) bahwa mayoritas mikroplastik tidak dapat hancur ketika ditekan dengan pinset atau jarum. Jika benda yang diduga sebagai mikroplastik pecah di bawah tekanan, maka tidak diklasifikasikan sebagai mikroplastik. Menurut Blettler *et al.* (2017) ciri yang menandakan mikroplastik adalah tidak ada struktur seluler, mempunyai warna yang homogen, dan mengkilap. Tipe mikroplastik yang telah ditemukan kemudian didokumentasikan dan dicatat untuk dilanjutkan ke dalam tahap analisis data.

3.4.5 Identifikasi Jenis Polimer

Instrumen FTIR digunakan untuk menentukan jenis polimer yang terdapat pada sampel mikroplastik dari insang dan saluran pencernaan ikan. Hal ini sesuai dengan penegasan Aspi dan Boni (2013) bahwa metode uji FTIR dapat digunakan untuk menentukan varietas polimer yang ada dalam mikroplastik. *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) adalah perangkat yang menggunakan spektroskopi dengan transformasi Fourier untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektral dari sampel yang diuji (Anam, 2007). Mayoritas penelitian menggunakan teknik ATR-FTIR untuk mengkarakterisasi mikroplastik dikarenakan teknik ini merupakan teknik yang hemat biaya (Okoffo *et al.*, 2019) dan dapat menghancurkan mikroplastik dengan tekanan yang telah ditetapkan (Wu *et al.*,

2019). Pengukuran panjang gelombang serta intensitas inframerah menjadi dasar pengujian FTIR. Panjang gelombang yang digunakan yakni pada rentang 4000-400 cm^{-1} . Sesuai dengan literatur Veerasingam *et al.* (2021) bahwa *Mid-infrared* (MIR) dengan rentang gelombang 4000-400 cm^{-1} merupakan spektrum yang paling umum digunakan dalam penelitian mikroplastik. Hasil identifikasi polimer dapat dilihat pada spektra dan skor kesamaan (*Similarity Score*). Nilai skor yang paling atas adalah yang paling mendekati dengan jenis polimer plastik (Hantoro, 2020) yang nantinya dicocokkan dengan literatur seperti pada Tabel 2.1.

3.5 Analisis data

Hasil identifikasi mikroplastik pada sistem pencernaan dan insang ikan Mujair ditampilkan dalam bentuk foto yang diambil dengan mikroskop. Informasi tentang jumlah, tipe, dan kelimpahan mikroplastik ditampilkan dalam bentuk teks dan diagram batang. Hasil pengujian FT-IR ditunjukkan dalam bagan, grafik, dan deskripsi. Analisis kelimpahan rata-rata mikroplastik setiap stasiun dibuktikan menggunakan *one way analysis of variance* (ANOVA) menggunakan aplikasi SPSS. Penggunaan uji ini bertujuan untuk menguji perbedaan kelimpahan mikroplastik yang diperoleh di setiap lokasi dengan melihat nilai signifikan pada hasil pengujian. Namun sebelum dilakukan uji One Way ANOVA ini, normalitas dan homogenitas dari data diuji terlebih dahulu. ANOVA satu arah dapat dilakukan jika data yang diperoleh berdistribusi normal dan memiliki varian yang homogen. Namun jika data tidak berdistribusi normal serta varian yang dimiliki tidak homogen, analisis yang harus digunakan selanjutnya dalam hal pengujian perbedaan kelimpahan adalah uji nonparametrik Kruskal Wallis. Perbandingan

kelimpahan rata-rata mikroplastik pada organ insang dan saluran pencernaan diuji menggunakan Uji T Dua Sampel (*Independent sample t-test*) .

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

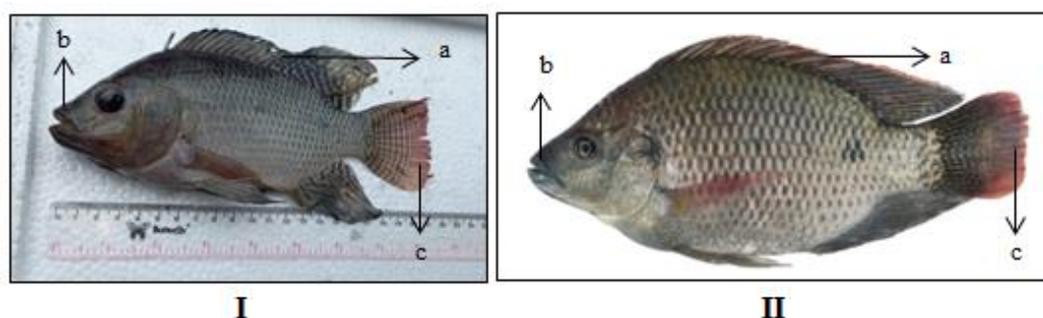
4.1.1 Deskripsi Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Penelitian ini menggunakan sampel ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang didapat pada perairan Waduk Gondang Lamongan sebanyak 6 ekor dari masing-masing stasiun dengan jumlah total 54 ekor. Pada penelitian ini, jarak antara masing-masing stasiun adalah 1300 m, tetapi jarak maksimum ikan mujair untuk berenang tidak jauh atau terbatas. Primeswari *et al.* (2015) menyatakan jarak maksimum berenang bebas (*free swimming*) ikan genus *Oreochromis* adalah 3 m. Oleh karena itu, ikan Mujair yang diperoleh pada setiap stasiun merupakan spesies yang hanya terdapat di stasiun tersebut.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ikan Mujair yang ditemukan di Waduk Gondang Lamongan mempunyai bentuk tubuh yang pipih dan memanjang, sirip ekor berwarna merah kecoklatan, mulut berbentuk terminal atau berada di atas mulut, memiliki sisik dengan tipe ctenoid. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa tubuh ikan Mujair berbentuk pipih dan memanjang, ditandai dengan garis-garis vertikal. Sirip punggung dan ekor berwarna kemerahan (Said, 2000). Mulut berbentuk terminal atau terletak di ujung tubuh dan agak besar (Pratama, 2019).

Ikan Mujair memiliki tipe sisik *ctenoid*. Arifin (2016) menyatakan bahwa sisik tipe *ctenoid* ini dilengkapi dengan ctenii atau gerigi kecil pada bagian posterior yang lebih tipis dan transparan. Morfologi ikan Mujair disajikan dalam Gambar 4.1. Melimpahnya spesies ikan Mujair pada waduk Gondang tersebut

dikarenakan ikan Mujair masuk kedalam kategori ikan invasif yang bisaberadaptasi dalam kadar garam air yang berbeda-beda. Selain itu, ikan Mujair tergolong ikan omnivora, yakni memakan tumbuhan air, lumut-lumutan, plankton dan beberapa crustacea renik (Ghufron & Kordi, 2005).



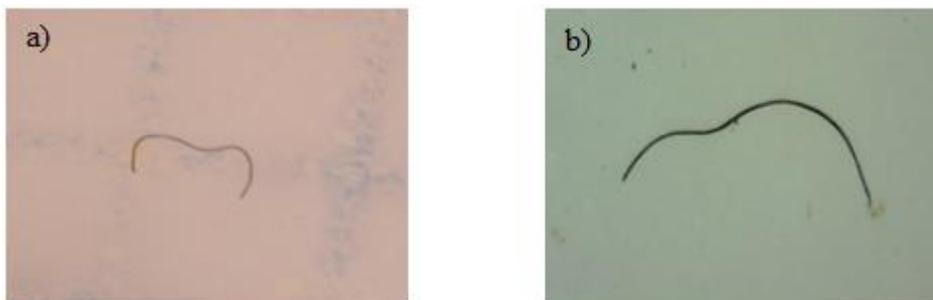
Gambar 4.1 Morfologi Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). a) Sirip Punggung, b) Mulut, c)Ekor. (I) Sampel Ikan, (II) Literatur (Hui *et al.*, 2020).

4.1.2 Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Sampel saluran pencernaan dan insang ikan Mujair diidentifikasi tipe mikroplastik menggunakan mikroskop stereo binokuler dengan perbesaran 40x. Hasil identifikasi tipe mikroplastik pada sampel saluran pencernaan dan insang ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Gondang Lamongan terkonfirmasi mengandung 2 tipe mikroplastik yakni tipe *fiber* dan *fragment*. Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang adanya mikroplastik pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair telah dilakukan oleh Hasibuan (2021) yang menunjukkan hasil bahwa terdapat tipe mikroplastik *fiber*, *fragment*, dan *film* yang terkandung dalam saluran pencernaan dan insang ikan Mujair.

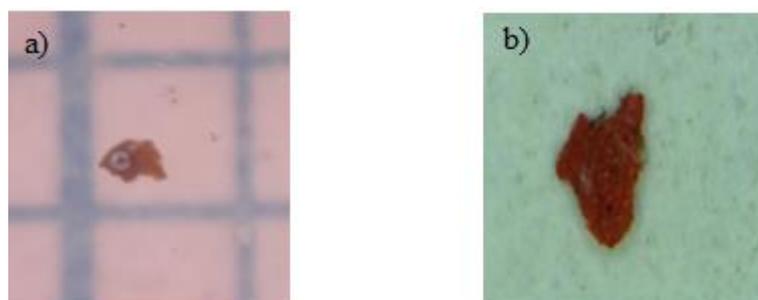
Mikroplastik tipe *fiber* lebih mendominasi daripada tipe *fragment*. Nurwahyunani *et al.* (2022) pada penelitiannya di organ pencernaan ikan Mujair menunjukkan bahwa hasil penelitian didapatkan tipe *fiber* yang merupakan tipe yang mendominasi pada ikan Mujair. Mikroplastik tipe *fiber* yang ada pada saluran pencernaan dan insang ikan mujair memiliki karakteristik bentuk panjang seperti benang dengan ujung yang runcing dan memiliki variasi warna, seperti hitam, merah, dan hijau. Hastuti (2014) juga berpendapat yang sama bahwa mikroplastik *fiber* memiliki bentuk berupa serat panjang, berwarna, serta bersumber dari fragmentasi monofilamen. Bentuk mikroplastik tipe *fiber* disajikan pada Gambar 4.2.

Dewi *et al.* (2015) menyatakan bahwa sumber mikroplastik tipe *fiber* umumnya berasal dari limbah rumah tangga seperti kegiatan mencuci yang dapat melepaskan serat *fiber* ke lingkungan, limbah industri tekstil serta dari alat tangkap nelayan seperti tali pancing dan jaring. Berdasarkan studi observasi yang telah dilakukan di waduk Gondang Lamongan ditemukan banyak aktivitas nelayan yang menangkap ikan dengan memancing maupun memakai jaring yang dilakukan selama kurang lebih 20 tahun. Hal tersebut yang menyebabkan tingginya perolehan jumlah partikel mikroplastik tipe *fiber* karena alat tangkap ikan yang terdegradasi. Nor and Obbard (2014) menyatakan bahwa aktivitas nelayan baik dari alat tangkap maupun tali kapal yang terurai merupakan degradasi mikroplastik dengan tipe *fiber*. Adanya degradasi mikroplastik pada alat tangkap nelayan dikarenakan pada saat ini semua alat-alat untuk penangkapan ikan telah menggunakan bahan plastik (Watson *et al.*, 2006).



Gambar 4.2 Mikroplastik Tipe *Fiber*. a) Dokumentasi Pribadi (Perbesaran 40x), b) Literatur (Anandhan *et al.*, 2022).

Tipe mikroplastik kedua yang ada pada insang dan saluran pencernaan ikan Mujair adalah tipe *fragment*. Pada penelitian ini, karakteristik mikroplastik tipe *fragment* yang ditemukan berbentuk tidak beraturan seperti plastik yang telah tercacah menjadi kecil. Tipe mikroplastik *fragment* didefinisikan oleh Yona (2021) sebagai partikel plastik yang memiliki bentuk tidak beraturan, dinding tebal, dan tepi tajam yang tidak dapat dihancurkan dengan pinset. Berdasarkan studi pendahuluan di Waduk Gondang Lamongan masih banyak ditemukan sampah mika dan botol bekas yang berserakan pada tepi waduk sehingga ketika air waduk sedang naik, sampah plastik akan terendam dan mengalami degradasi yang berpotensi menjadi mikroplastik.



Gambar 4.3 Mikroplastik Tipe *Fragment*. a) Dokumentasi Pribadi (Perbesaran 40x), b) Literatur (Khan & Setu, 2022).

Mateos *et al.* (2020) berpendapat bahwa bentuk mikroplastik yang telah mengalami fragmentasi yakni dengan adanya fragmen kecil yang tidak beraturan melalui proses fotodegradasi, abrasi, dan aktivitas mikrobiologis. Menurut Yona *et al.* (2019) mikroplastik *fragment* dihasilkan dari plastik yang tebal, kokoh, dan bentuknya tidak beraturan. Bentuk mikroplastik tipe *fragment* disajikan pada Gambar 4.3. Menurut Amin *et al.* (2020) bahwa sumber dari mikroplastik tipe *fragment* yakni botol minuman, mika, bungkus nasi, dan kemasan siap saji.

Pada penelitian ini tidak ditemukan mikroplastik tipe *film*, *granual* dan *foam*. Tidak adanya partikel mikroplastik *granual* pada penelitian ini dikarenakan kebanyakan tipe *granual* cenderung berada pada sedimen (McCormick *et al.*, 2014). Sedangkan ikan Mujair banyak melakukan aktivitasnya pada permukaan air. Karakteristik mikroplastik tipe *granual* yakni bebentuk seperti butiran bulat, berwarna putih atau kecoklatan, padat, sama seperti *scrub* yang ada dalam produk perawatan dan pembersih dan secara sengaja di desain dalam ukuran mikro oleh industri (Purnama *et al.*, 2021; Virsek, 2016).

Pada penelitian ini juga tidak ditemukan mikroplastik tipe *foam*. Sebelum mengalami degradasi, bentuk awal mikroplastik tipe *foam* adalah *styrofoam* (Prasetyo, 2020). Berdasarkan studi observasi yang dilakukan pada sekitar waduk Gondang tidak ditemukan sampah *styrofoam* karena para pedagang maupun pengunjung sekitar tidak menggunakan *styrofoam* untuk bungkus makanan. Hal ini didukung dengan hasil pengamatan dibawah mikroskop yang tidak menemukan karakteristik dari tipe *foam* tersebut. Mikroplastik tipe *foam* memiliki karakteristik yakni lunak, bulat berwarna putih atau kekuningan dan biasanya bersumber dari kemasan *polystyrene* (Nor and Obbard, 2014).

Ketidakmunculan tipe *film* pada penelitian ini diduga karena bentuknya yang tipis dan tidak bervolume sehingga memungkinkan partikel *film* bisa lolos melewati filamen insang ikan pada saat aktivitas respirasi berlangsung. Prasetyo (2020) menyatakan bahwa karakteristik mikroplastik tipe *film* yakni bentuknya tipis dan tidak bervolume yang berasal dari potongan kantong kresek sekali pakai yang terdegradasi. Selain itu, faktor lainnya yang menyebabkan tidak ditemukannya tipe *film* adalah mudahnya partikel ungu hancur karena memiliki tingkat kepadatan yang rendah. Lestari *et al.* (2019) menyatakan bahwa mikroplastik tipe *film* memiliki densitas yang rendah sehingga mudah untuk hancur. Maka dari itu, kemungkinan partikel mikroplastik tipe *film* yang tidak sengaja masuk melalui mulut ikan yang bersamaan dengan makanan dapat hancur karena tingkah laku makan ikan mujair yang menghancurkan makanan menjadi partikel kecil menggunakan gigi faring atau (*pharyngeal teeth*). Menurut Prafiandi & Maturahmah (2020) bahwa ikan Mujair memiliki gigi faring (*pharyngeal teeth*) sebanyak 3 baris berbentuk geraham yang digunakan untuk menghancurkan makanan.

4.2 Analisis Jenis Polimer Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair

Sampel mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan Mujair selanjutnya diidentifikasi jenis polimernya menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Panjang gelombang yang digunakan yakni pada rentang 4000-650 cm^{-1} . Hasil identifikasi polimer dapat dilihat pada spektra dan skor kesamaan (*Similarity Score*). Nilai skor yang paling atas adalah yang paling mendekati dengan jenis polimer plastik yang nantinya dicocokkan dengan literatur.

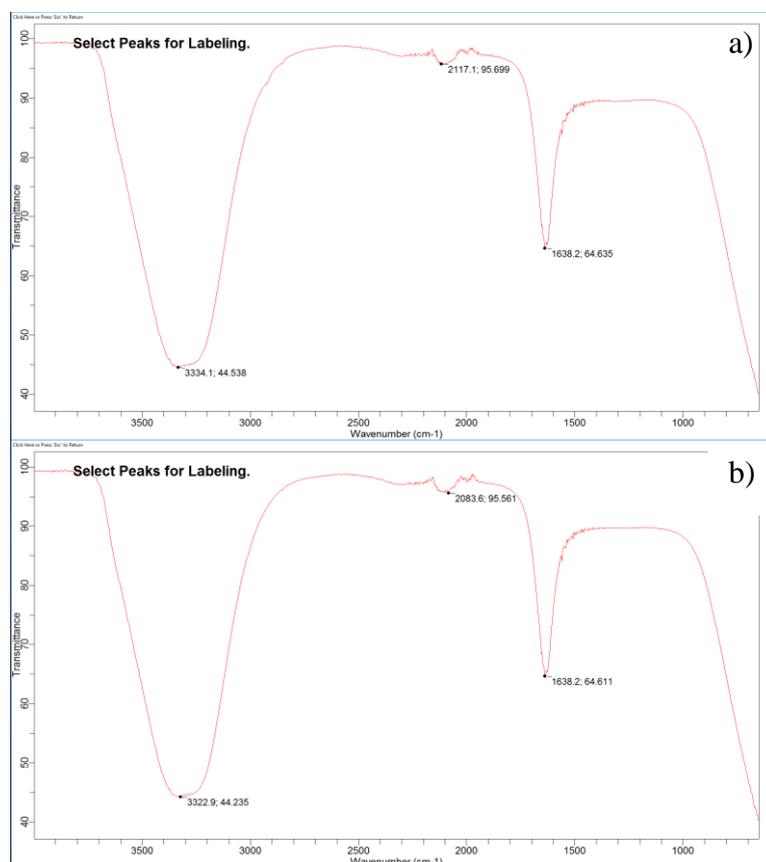
Hasil analisis spektrum gelombang pada sampel insang dan saluran pencernaan ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) menunjukkan 3 spektrum inframerah yang sama dengan rentang gelombang 3500-1000 cm^{-1} (Gambar 4.4). Berdasarkan rentang gelombang tersebut terdapat 3 polimer penyusun mikroplastik diantaranya adalah *Nylon*, *Polyvinylchloride* (PVC), dan *Polycarbonate* (PC). Polimer penyusun mikroplastik disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Mikroplastik pada Organ Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

No	Nama Organ	Serapan Puncak Gelombang	Rentang Gelombang	Gugus Fungsi	Jenis Polimer	Refrensi
1	Insang Saluran Pencernaan	3334 cm^{-1} 3322 cm^{-1}	3300-3200 cm^{-1}	N-H stretch (Amida)	<i>Nylon</i>	Humairah (2023)
2	Insang Saluran Pencernaan	2117 cm^{-1} 2083 cm^{-1}	2500-2000 cm^{-1}	C \equiv C Aromatic (Alkuna)	<i>Polyvinyl chloride</i> (PVC)	Trivantira et al., (2023)
3	Insang Saluran Pencernaan	1638 cm^{-1}	2000-1500 cm^{-1}	C=O Aromatic (Karbonil)	<i>Polycarbonate</i> (PC)	Jung et al., (2021)

Pada bilangan gelombang 3322 cm^{-1} pada sampel saluran pencernaan dan 3334 cm^{-1} pada sampel insang termasuk kedalam jenis polimer *Nylon* dengan gugus fungsi NH (Amida). Menurut Humairah (2023) *Nylon* berada disekitar spektra 3500-3300 cm^{-1} yang menandakan memiliki gugus fungsi N-H dan termasuk dalam kategori jenis plastik *Other* (*Nylon*). Serat kain dan alat tangkap adalah dua sumber umum yang ditemukan pada polimer poliamida (Pawar et al., 2016). Adanya polimer *Nylon* dikarenakan pada kedua organ tersebut didominasi

oleh mikroplastik tipe *fiber*. Hal ini sesuai dengan literatur Cole (2016) yang menyatakan bahwa tipe mikroplastik *fiber* dibuat dari *Nylon* dan *Polypropilen* (PP). Manalu (2017) berpendapat bahwa polimer *nylon* digunakan untuk bahan dasar tali pancing dan senar jaring. Ramos *et al.* (2012) menemukan bahwa 13,4% dari 425 ikan telah menelan benang nilon biru, di muara tropis di mana penangkapan ikan merupakan sumber mikroplastik utama.



Gambar 4.4 Spektrum IR Sampel Ikan Mujair. a) Sampel Saluran Pencernaan, b) Sampel Insang.

Pada bilangan gelombang 2083 cm^{-1} pada saluran pencernaan dan 2117 cm^{-1} pada insang termasuk kedalam rentang gelombang $2500\text{-}2000 \text{ cm}^{-1}$. Pada rentang tersebut terdapat wilayah ikatan rangkap tiga $\text{C}\equiv\text{C}$ (Alkuna) (Trivantira *et*

al., 2023). Jenis polimer *Polyvinylchloride* (PVC) memiliki serapan pada 2117 cm^{-1} (Earla *et al.*, 2017) dan termasuk dalam kategori jenis plastik 3 (Gambar 2.6). *Polyvinylchloride* (PVC) umumnya digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan pipa, kulit kabel, kemasan makanan, botol dan produk medis (Doble & Kumar, 2005). Berdasarkan karakteristiknya, *Polyvinylchloride* (PVC) dapat menjadi sumber dari mikroplastik tipe fragment yang ditandai dengan ketebalan produk plastik.

Biota yang terkontaminasi oleh *Polyvinylchloride* (PVC) secara terus-menerus dapat berdampak negatif. Hal tersebut dibuktikan oleh penelitian Vijayaraghavan *et al.* (2022) yang secara sengaja mengkontaminasi ikan *Etroplus suratensis* selama 10 hari dengan polimer PVC menunjukkan adanya penurunan aktivitas fisiologis insang, otak, penurunan sel darah putih, gangguan proses pencernaan hingga perubahan tingkah laku ikan apabila dosis yang diberikan terlalu berlebihan. Pada penelitian Iheanacho & Odo (2020) mengungkapkan bahwa mikroplastik PVC menginduksi kerusakan oksidatif dan perubahan histopatologi hati pada ikan *Clarias gariepinus* yang terpapar.

Pada bilangan gelombang 1638 cm^{-1} pada saluran pencernaan dan insang termasuk kedalam rentang gelombang $2000\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$. Alkaron *et al.* (2023) menyatakan bahwa vibrasi karakteristik pada 1638 cm^{-1} merupakan kelompok gugus karbonil. Gugus fungsi tersebut dimiliki oleh polimer *Polycarbonate* (PC) dan termasuk dalam kategori jenis plastik *Other* (Gambar 2.6). *Polycarbonate* (PC) adalah kelompok polimer termoplastik yang memiliki fisik yang tahan terhadap benturan, transparan, dan ketahanan termal yang sangat baik (Kyriacos, 2017). *Polycarbonate* umumnya diproduksi melalui polimerisasi menggunakan

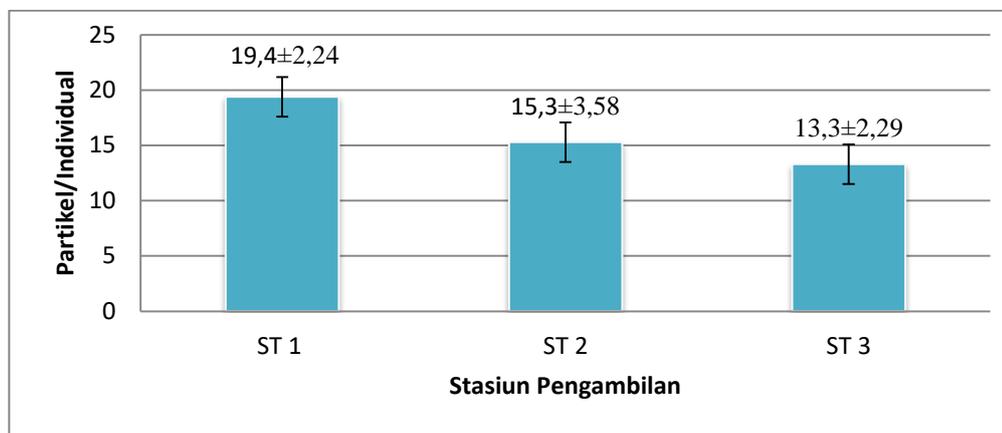
bisphenol A (BPA) sebagai monomer (Welshons *et al.*, 2006). Apabila terdegradasi, *polycarbonate* dapat mengakibatkan pelepasan BPA ke lingkungan yang akhirnya terjadi kerusakan pada lingkungan dan organisme di dalamnya.

4.3 Kelimpahan Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair

Nilai kelimpahan mikroplastik didapatkan dengan membagi antara jumlah total partikel mikroplastik pada setiap stasiun dengan total individu ikan yakni 18 ekor per stasiun. Perolehan nilai kelimpahan tertinggi yakni pada stasiun 1 adalah sebesar $19,4 \pm 2,24$ partikel/individu disusul oleh stasiun 2 dengan nilai sebesar $15,3 \pm 3,58$ partikel/individu dan nilai kelimpahan terendah yakni pada stasiun 3 dengan nilai kelimpahan $13,3 \pm 2,29$ partikel/individu (Gambar 4.5). Tingginya perolehan kelimpahan pada stasiun 1 dikarenakan tingginya aktivitas nelayan yang ada pada stasiun tersebut dibandingkan dengan stasiun 2. Berdasarkan studi observasi yang telah dilakukan di waduk Gondang Lamongan, kawasan stasiun 1 merupakan kawasan yang banyak aktivitas nelayan yang menangkap ikan dengan memancing maupun memakai jaring yang dilakukan selama kurang lebih 20 tahun. Adanya degradasi mikroplastik pada alat tangkap nelayan dikarenakan pada saat ini semua alat-alat untuk penangkapan ikan telah menggunakan bahan plastik (Watson *et al.*, 2006).

Kelimpahan mikroplastik antar stasiun diuji menggunakan *One way ANOVA* untuk mengukur perbedaan kelimpahan partikel rata-rata antar stasiun karena jumlah partikel yang tidak merata. Data kelimpahan mikroplastik diuji normalitas dengan kolmogorov-smirnov menunjukkan signifikansi $P=0,200$ atau $p > 0,05$ sehingga data terdistribusi normal. Selanjutnya diuji menggunakan uji *One*

way ANOVA diperoleh nilai Sig. (0,204) $>0,050$ (Lampiran 7). Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik antar stasiun tidak berbeda nyata.



Gambar 4.5 Diagram Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair Tiap Stasiun

Perbedaan nilai kelimpahan antar stasiun dikarenakan terdapat perbedaan jumlah mikroplastik dan kondisi perairan. Arus air juga dapat mempengaruhi akumulasi kelimpahan mikroplastik pada suatu ekosistem. Partikel mikroplastik mungkin tetap terakumulasi di waduk karena arusnya yang lambat. Menurut Yudhantari *et al.* (2019) arus, angin, pasang surut air, dan pencemaran lingkungan yang tidak merata memengaruhi penyebaran mikroplastik di perairan. Waduk adalah ekosistem perairan tawar dengan arus lambat atau lentik yang dikelilingi oleh daratan (Barus, 2020).

4.3.1 Kelimpahan Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair

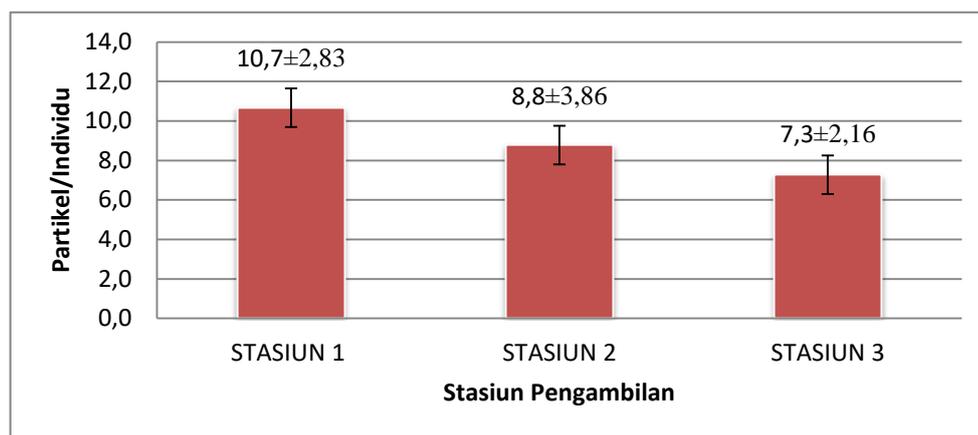
Kelimpahan mikroplastik diuji menggunakan *One way* ANOVA untuk mengukur perbedaan kelimpahan partikel rata-rata antar stasiun karena jumlah partikel yang tidak merata. Data kelimpahan mikroplastik diuji normalitas dengan kolmogorov-smirnov menunjukkan signifikansi $P=0,200$ atau $p >0,05$ sehingga

data terdistribusi normal. Selanjutnya diuji menggunakan uji *One way ANOVA* diperoleh nilai Sig. (0,058) $>0,050$ (Lampiran 8). Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada insang ikan Mujair antar stasiun tidak berbeda nyata.

Kelimpahan mikroplastik tertinggi pada insang ikan mujair yakni pada stasiun 1 dengan nilai $10,7 \pm 2,83$ partikel/individu disusul dengan stasiun 2 dengan nilai kelimpahan $8,8 \pm 3,86$ partikel/individu dan kelimpahan terendah pada stasiun 3 yakni $7,3 \pm 2,16$ partikel/individu (Gambar 4.6). Perbedaan nilai kelimpahan antar stasiun tersebut dikarenakan adanya perbedaan jumlah partikel mikroplastik pada setiap tipe, namun perolehan tipe mikroplastik sama pada semua stasiun yakni tipe *fiber* dan *fragment*. Tingginya perolehan kelimpahan pada stasiun 1 dikarenakan tingginya aktivitas nelayan yang ada pada stasiun tersebut. Berdasarkan studi observasi yang telah dilakukan di waduk Gondang Lamongan, kawasan stasiun 1 merupakan kawasan yang banyak aktivitas nelayan yang menangkap ikan dengan memancing maupun memakai jaring yang dilakukan selama kurang lebih 20 tahun. Hal tersebut yang menyebabkan tingginya perolehan jumlah partikel mikroplastik terutama tipe *fiber* karena alat tangkap ikan yang terdegradasi.

Mikroplastik tipe *fiber* mendominasi pada stasiun 1 dengan jumlah total 174 partikel (Lampiran 4). Penelitian sebelumnya oleh Nurwahyunani *et al.* (2022) tentang mikroplastik pada ikan mujair juga menunjukkan hasil yang tinggi pada jumlah partikel *fiber* yakni sebesar 72%. Sumber pencemaran mikroplastik tipe *fiber* tersebut berasal dari aktivitas perikanan pada waduk karena sisa jaring dan senar yang terbuang pada badan air kemudian terpecah menjadi partikel

kecil. Pada saat ini semua alat-alat untuk penangkapan ikan telah menggunakan bahan plastik yang berjenis *polyolefins* (PE dan PP) dan *nylon* dalam pembuatan alat tangkap (Watson *et al.*, 2006; Timmers *et al.*, 2005).



Gambar 4.6 Diagram Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan

Jumlah tipe mikroplastik *fragment* tertinggi didapatkan pada stasiun 3 dengan total 38 partikel (Lampiran 4). Tingginya perolehan partikel tipe *fragment* pada stasiun 3 diduga disebabkan oleh tumpukan sampah plastik yang terlihat di tepi waduk pada saat air sedang surut. Berdasarkan studi observasi, stasiun 3 merupakan daerah *outlet* waduk sekaligus kawasan wisata sehingga banyak aktivitas antropogenik seperti membuang sampah plastik pada tepi waduk yang diduga dapat menyumbang akumulasi mikroplastik. Menurut Amin *et al.* (2020) bahwa sumber dari mikroplastik tipe *fragment* seperti botol minuman bekas dan mika.

Masuknya mikroplastik pada insang ikan Mujair organ tersebut merupakan tempat keluar masuknya air pada proses respirasi ikan (Su *et al.*, 2019).

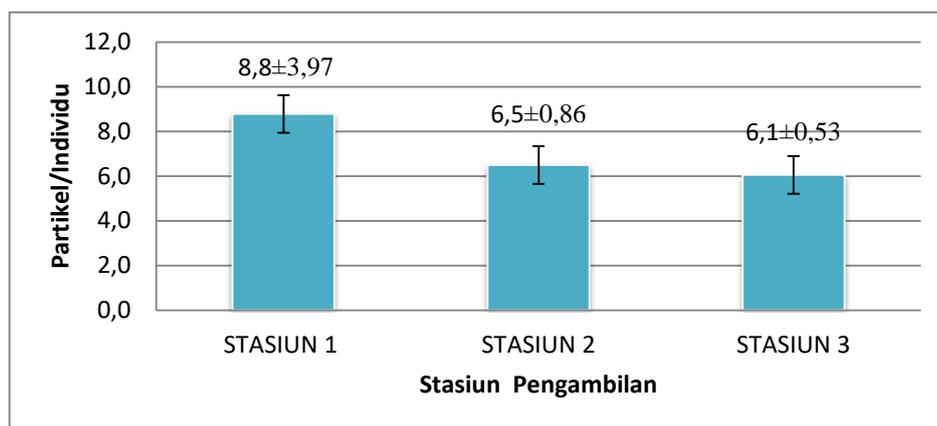
Mekanisme kerja insang yakni menyaring air dengan perbedaan tekanan sehingga terjadinya pertukaran gas yang diduga pada proses tersebut partikel mikroplastik tidak sengaja ikut masuk ke bagian insang. Selain itu, ikan Mujair termasuk dalam jenis ikan *filter feeder*, yakni ikan yang mendapatkan makanan yang tersuspensi pada air dengan melewatkannya pada insang sehingga mengakibatkan partikel mikroplastik dapat terjebak pada insang.

4.3.2 Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Mujair

Data kelimpahan mikroplastik diuji normalitas dengan kolmogorov-smirnov menunjukkan signifikansi $P=0,004$ atau $p < 0,05$ sehingga data tidak terdistribusi normal. Karena data tidak terdistribusi normal dan tidak homogen, maka dilanjutkan uji statistik untuk mengetahui perbedaan nyata kelimpahan dengan uji kruskal wallis. Hasil uji kruskal wallis diperoleh nilai Sig. (0,157) $> 0,05$ (Lampiran 9). Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada saluran pencernaan ikan Mujair antar stasiun tidak berbeda nyata. Kelimpahan mikroplastik tertinggi pada organ saluran pencernaan ikan Mujair yakni pada stasiun 1 dengan nilai $8,8 \pm 3,97$ partikel/individu disusul dengan stasiun 2 dengan nilai kelimpahan $6,5 \pm 0,86$ partikel/individu dan kelimpahan terendah pada stasiun 3 yakni $6,1 \pm 0,53$ partikel/individu (Gambar 4.7).

Mikroplastik jenis *fiber* dan *fragment* ditemukan pada saluran pencernaan ikan Mujair pada semua stasiun pengambilan. Tipe *fiber* merupakan tipe mikroplastik yang paling banyak ditemukan dengan jumlah partikel 158 pada stasiun 1 (Lampiran 4). Menurut GESAMP (2015) bahwa mikroplastik *fiber* memiliki densitas yang rendah dan bentuk yang tipis sehingga mudah melayang di permukaan air. Kondisi tersebut yang memungkinkan bagi ikan secara tidak

sengaja untuk menelan partikel mikroplastik pada saat proses mencari makan karena ikan Mujair merupakan ikan pemakan segala atau omnivora sehingga nantinya partikel mikroplastik akan berakhir pada saluran pencernaan.

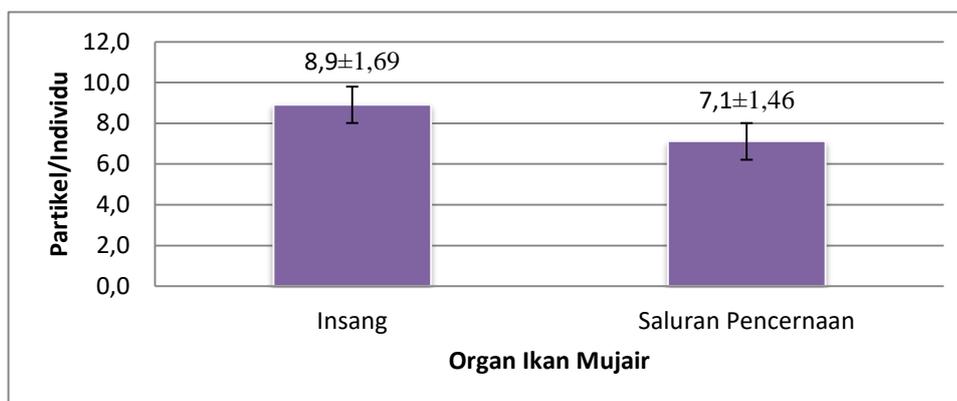


Gambar 4.7 Diagram Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan

Tipe *fragment* merupakan tipe yang sedikit ditemukan pada saluran pencernaan. Hal ini kemungkinan disebabkan densitas partikel yang tinggi, maka dari itu banyak terakumulasi pada sedimen daripada di kolom air sehingga kemungkinan termakan oleh ikan Mujair tidak besar karena ikan tersebut memiliki kebiasaan makan di permukaan air. Immanuel *et al.* (2022) menyatakan mikroplastik dengan bentuk *fragment* adalah mikroplastik hasil degradasi dari sampah plastik yang tebal, densitasnya yang tinggi mengakibatkan mikroplastik dengan bentuk *fragment* sedikit ditemukan di kolom perairan. mikroplastik dengan bentuk *fragment* akan terbawa masa air sehingga banyak terakumulasi pada sedimen.

4.3.3 Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair

Hasil analisis penelitian ini menunjukkan bahwa kelimpahan pada organ insang lebih tinggi ($8,9 \pm 1,69$ partikel/individu) dibandingkan dengan organ saluran pencernaan ($7,1 \pm 1,46$ partikel/individu) (Gambar 4.8). Pada penelitian sebelumnya oleh Abbasi *et al.* (2018) juga menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada insang lebih tinggi daripada saluran pencernaan pada ikan demersal dan ikan pelagis. Kelimpahan mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan yang dihitung secara manual belum dapat dipastikan bahwa perbedaan kelimpahan pada kedua organ tersebut berbeda secara signifikan. Oleh karena itu selanjutnya dibuktikan dengan analisis statistik Uji T Dua Sampel (*Independent sample t-test*) yakni uji perbandingan untuk mengetahui bahwa adanya perbedaan rata-rata antara kelompok sampel organ pencernaan dan insang ikan.



Gambar 4.8 Diagram Kelimpahan Rata-rata Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan

Hasil Uji T dua sampel menunjukkan nilai Sig.(0,237) $> 0,05$ (Lampiran 6) sehingga dapat dinyatakan bahwa kelimpahan mikroplastik pada insang dan

saluran pencernaan tidak berbeda nyata. Walaupun tidak berbeda nyata, akan tetapi perolehan kelimpahan pada masing-masing organ dapat berpotensi menimbulkan dampak yang berbeda karena kedua organ memiliki perbedaan fungsi fisiologis.

Setelah tertelan, mikroplastik dapat mentransfer dan melepaskan bahan kimia beracun ini ke dalam sistem pencernaan karena zat aditif ini tidak terikat secara kimiawi dengan matriks polimer plastik (Tickner, 1999) dalam (Wang *et al.*, 2021). Efek langsung organisme akuatik jika menelan mikroplastik diantaranya penyumbatan saluran pencernaan dan cedera internal, menyebabkan konsumsi makanan berkurang, penurunan gizi, hingga kematian (Lambert *et al.*, 2013). Sebagian besar penelitian tentang efek mikroplastik pada ikan dilakukan pada *Danio rerio* atau ikan zebra. Stres oksidatif, penurunan mobilitas, gangguan ekspresi gen, dan kerusakan organ reproduksi adalah efek paling umum dari mikroplastik di *Danio rerio* (Zhao *et al.*, 2021; Duan *et al.*, 2022). Mikroplastik yang tersangkut di insang dapat menurunkan efisiensi pernapasan yang menyebabkan hipoksia (Movahedinia *et al.*, 2012). Selain itu, mikroplastik dapat menyebabkan kerusakan fisik pada insang, seperti putusya filamen serta meningkatkan kemungkinan infeksi dan pada akhirnya dapat menyebabkan kematian (Movahedinia *et al.*, 2012; Jabeen *et al.*, 2018).

Rochman (2013) menyatakan bahwa mikroplastik yang terdapat pada saluran pencernaan dapat menurunkan stabilitas membran sel dalam sistem pencernaan. Selain itu, partikel mikroplastik akan menghalangi saluran pencernaan dengan menciptakan rasa kenyang yang palsu dan menyebabkan *lesi* fisiologis (Neves *et al.*, 2015). Mikroplastik yang ada pada saluran pencernaan

tidak bisa dicerna oleh ikan karena merupakan bahan anorganik yang tidak bisa didestruksi oleh HCl yang ada pada lambung ikan (Yusinta & Permadi, 2007).

Mikroplastik yang telah terakumulasi pada tubuh ikan seperti organ saluran pencernaan dan insang kemungkinan dapat terakumulasi pada daging ikan tetapi dengan ukuran yang lebih kecil dari 1 mm. Syberg *et al.* (2015) menyatakan bahwa akumulasi mikroplastik dalam otot (daging) ikan dapat terjadi namun dalam ukuran yang lebih kecil (nanoplastik) dibandingkan dengan organ pencernaan ikan. Beberapa penelitian internasional telah mencoba untuk meneliti adanya kandungan mikroplastik pada daging ikan. Abbasi *et al.* (2018) berhasil menemukan partikel mikroplastik pada otot (daging) ikan demersal dan pelagis yang umumnya dikonsumsi manusia dengan teknik mikroskopik SEM/EDS dan fluoresens.

Penelitian tentang dampak paparan mikroplastik pada manusia saat ini masih minim dilakukan, namun pada beberapa studi kultur sel manusia (*in vitro*) menunjukkan potensi mikroplastik yang terhirup atau tertelan menyebabkan stres oksidatif, sekresi sitokin, kerusakan sel, inflamasi dan reaksi kekebalan, dan kerusakan DNA, serta efek neurotoksik dan metabolik (Vethaak & Legler, 2021). Oleh karena itu, keberadaan partikel mikroplastik tidak hanya berbahaya untuk organisme air seperti ikan Mujair, tetapi dapat berpotensi adanya dampak berbahaya bagi manusia yang merupakan konsumen dari ikan Mujair.

4.4 Kajian Islam Tentang Mikroplastik pada Ikan

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang telah terdegradasi menjadi ukuran yang lebih kecil (<5 mm) yang umumnya terdapat di daerah perairan dan

dapat mengkontaminasi organisme yang ada di dalamnya. Salah satu organisme perairan yang dapat terkontaminasi mikroplastik adalah ikan. Menurut hasil penelitian ini terdapat total 865 partikel mikroplastik yang berada di insang dan saluran pencernaan ikan mujair. Partikel mikroplastik yang terdapat pada saluran pencernaan dapat bertransfer ke dalam daging ikan yang telah dibuktikan oleh Abbasi *et al.* (2018) dalam penelitiannya telah menemukan partikel mikroplastik pada daging ikan demersal dan pelagic yang umumnya dikonsumsi oleh manusia. Dalam pandangan Islam, ikan yang terkontaminasi oleh mikroplastik masih dikatakan halal namun tidak thayyib. Allah SWT berfirman dalam Q.S. al-Maidah [5]:4 ;

يَسْأَلُونَكَ مَاذَا أُحِلَّ لَهُمْ ۖ قُلْ أُحِلَّ لَكُمْ الطَّيِّبَاتُ ۚ

Artinya: “Mereka menanyakan padamu, “Apa yang dihalalkan bagi mereka?” Katakanlah, dihalalkan bagi mereka segala yang baik” (Q.S. al-Maidah [5]: 4).

Menurut Shihab (2005) kata thayyib memiliki makna baik. Hal ini menunjukkan bahwa makanan halal dapat dikatakan thayyib ketika memiliki zat yang aman dimakan dan sehat bagi orang yang memakannya. Q.S. al-Maidah [5]: 4 mendasari bahwa adanya mikroplastik yang terakumulasi dalam daging ikan yang dikonsumsi manusia tidak dapat dikatakan thayyib dikarenakan mikroplastik mengandung senyawa kimia berbahaya yang dapat memberikan dampak negatif bagi manusia.

Selain berbahaya pada organisme dan manusia, mikroplastik yang ada di lingkungan dalam jangka panjang akan menyebabkan kerusakan ekosistem. Hal tersebut dapat merusak alam semesta atau lingkungan ciptaan Allah SWT yang telah diciptakan dengan kondisi yang seimbang dan selaras. Merusak lingkungan

adalah perbuatan yang dilarang oleh Allah SWT sebagaimana pada firman-Nya dalam Q.S. al-A'raf [7]:56 :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ
قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.” (Q.S al-A'raf [7]: 56)

Q.S. al-A'raf [7]:56 menjelaskan bahwa Allah SWT melarang pengrusakan di bumi karena hal tersebut merupakan salah satu hal yang melampaui batas. Alam semesta diciptakan Allah SWT dengan sebaik-baiknya dalam keadaan yang sangat selaras dan seimbang untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup di muka bumi. Berdasarkan Q.S. al-A'raf [7]:56, Allah telah memerintahkan umat muslim untuk memperbaiki kerusakan yang ada dan menjaga alam semesta yang telah diciptakan dengan baik, karena jika merusak setelah diperbaiki adalah jauh lebih buruk daripada merusaknya sebelum diperbaiki (Shihab, 2005).

Oleh karena itu, sebagai upaya untuk menjaga lingkungan dilakukan identifikasi mikroplastik pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil bahwa pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair terdapat mikroplastik tipe *fiber* dan *fragment*. Jenis polimer mikroplastik yang ditemukan yaitu jenis *Nylon*, *Polyvinylchloride* (PVC), dan *Polycarbonate* (PC). Dengan adanya penelitian ini

diharapkan sebagai umat muslim untuk mengurangi pemakaian plastik sekali pakai sebagai upaya dalam menjaga lingkungan dari kerusakan mendatang.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Tipe mikroplastik yang ditemukan pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan adalah tipe *fiber* dan tipe *fragment*.
2. Jenis polimer mikroplastik yang ada pada saluran pencernaan dan insang ikan Mujair di Waduk Gondang Lamongan yaitu jenis *Nylon*, *Polyvinylchloride* (PVC), dan *Polycarbonate* (PC).
3. Nilai kelimpahan mikroplastik pada organ saluran pencernaan ikan mujair tertinggi ke terendah secara berturut-turut yaitu 8,8 partikel/individu (stasiun1) disusul dengan stasiun 2 dengan nilai kelimpahan 6,5 partikel/individu dan stasiun 3 yakni 6,1 partikel/individu. Kemudian nilai kelimpahan mikroplastik tertinggi pada insang ikan mujair yakni pada stasiun 1 dengan nilai 10,7 partikel/individu disusul dengan stasiun 2 dengan nilai kelimpahan 8,8 partikel/individu dan kelimpahan terendah pada stasiun 3 yakni 7,3 partikel/individu.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah perlu dilakukannya penelitian lanjutan terkait akumulasi partikel mikroplastik pada daging ikan mujair serta perlu dilakukan kajian dampak mikroplastik pada pertumbuhan ikan mujair.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., & Hassanaghahi, M. (2018). Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, *Persian Gulf. Chemosphere*, 205, 80-87.
- Alkaron, W. A., Hamad, S. F., & Sabri, M. M. (2023). Studying the fabrication and characterization of polymer composites reinforced with waste eggshell powder. *Advances in Polymer Technology*, 2023.
- Amin, R. M., Sohaimi, E. S., Anuar, S. T., & Bachok, Z. (2020). Microplastic ingestion by zooplankton in Terengganu coastal waters, southern South China Sea. *Marine pollution bulletin*, 150, 110616.
- Anam, Choirul, Sirojudin. (2007). Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Fisika*. 10(1).
- Anandhan, K., Tharini, K., Thangal, S. H., Yogeshwaran, A., & Muralisankar, T. (2022). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of edible fishes from South Indian Rivers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 1-6.
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the Marine Environment. *Mar.Pollut Bull.*62 (3011): 1596-160.
- Arglifari, M. H., Jumadi, R., & Dadiono, M. S. (2019). Pengaruh Kombinasi Pakan Buatan Dengan Tepung Daun Mangrove Api – Api (*Avicennia Marina*) Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Srikandi (*Oreochromis aureus x niloticus*). *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 2(2), 61–67.
- Arias, A. H., Ronda, A. C., Oliva, A. L., & Marcovecchio, J. E. (2019). Evidence of microplastic ingestion by fish from the Bahía Blanca estuary in Argentina, South America. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 102(6), 750-756.
- Arifin, M. Y. (2016). Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Nila (*Oreochromis sp*) Strain Merah dan Strain Hitam Yang Dipelihara pada Media Bersalinitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, Hlm 159-163.
- Aspi, Mariana bara'allo Malino & Boni, Pahlanop Lapanporo. 2013. Analisis Data Spektrum Spektroskopi FT-IR untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin. *Prima Fisika*. I (2).
- Baalkhuyur, F. M., Dohaish, E. J. A. B., Elhalwagy, M. E., Alikunhi, N. M., AlSuwailem, A. M., Røstad, A., & Duarte, C. M. (2018). Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. *Marine pollution bulletin*, 131, 407-415.
- Bahri, D.A. (2022). Uji Kadar Mikroplastik pada Air dan Ikan di Perairan Sungai Desa Pabean, Kabupaten Sumenep. Skripsi. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Barus, T. A. (2020). *Limnologi*. Nas Media Pustaka.
- Blettler, M., Ulla, M. A., Rabuffetti, A. P., & Garello, N. (2017). Plastic pollution in freshwater ecosystems: macro-, meso-, and microplastic debris in a floodplain lake. *Environmental monitoring and assessment*, 189(11), 1-13.

- Brate I. L. N., Eidsvoll D. P., Steindal C. C., Thomas K. V. 2016. Plastic Ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian Coast. *Mor.Pollut. Bull.* 112:105-110.
- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., & Thompson, R.C. 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates To The Circulatory System Of The Mussel, *Mytilus Edulis* (L.). *Environmental Science & Technology*. Vol.42.
- Campbell, Neil A dan Jane B.Reece. (2020). *Biologi : Edisi 12*. Jakarta : Erlangga.
- Chalmers, J. M. (2006). *Infrared spectroscopy in analysis of polymers and rubbers*. In R. A.Meyers (Ed.), *Encyclopaedia of analytical chemistry*. Wiley.
- Chamchoy, C., & Yeemin, T. (2021). The particles of microplastics in shrimp paste from the Gulf of Thailand and the Andaman Sea. *Ramkhamhaeng International Journal of Science and Technology*, 4(1), 27-34.
- Chatterjee & Sharma, (2019). Microplastics In Our Oceans And Marine Health. The Veolia Institute Review - Facts Reports. *The Journal Of Field Actions*. Himachal Pradesh.
- Chua, E. M., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P. D., & Clarke, B. O. (2014). Assimilation of polybrominated diphenyl ethers from microplastics by the marine amphipod, *Allorchestes compressa*. *Environmental science & technology*, 48(14), 8127-8134.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. S. 2011. Microplastics As Contaminants In The Marine Environment: A Review. *Marine Pollution Bulletin*. 62(12):2588-2597.
- Cristoper, Ricky., Simarmata, A. H., & Sihotang, C. 2018. Kondisi Limnologis Waduk Koto Tibun Kabupaten Kampar Provinsi Riau Berdasarkan Parameter Fisika Kimia. Fakultas Perikanan dan Kelautan : Universitas Riau
- Da Costa, J. P., Santos, P. S. M., Duarte, A. C., & Ro- Cha Santos, T. 2016. Nano Plastics In The En- Vironment Sources, Fates And Effects. *Science Of The Total Environment*. Vol. 566
- Dewi, A. A. B, Irwan, R. R. 2015. Distribusi Mikroplastik Pada Sedimen Di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. Depik. *Jurnal Depik*. 4(3).
- Doble, M., & Kumar, A. (2005). *Biotreatment of industrial effluents*. Elsevier.
- Duan, Z., Cheng, H., Duan, X., Zhang, H., Wang, Y., Gong, Z., ... & Wang, L. (2022). Diet preference of zebrafish (*Danio rerio*) for bio-based polylactic acid microplastics and induced intestinal damage and microbiota dysbiosis. *Journal of Hazardous Materials*, 429, 128332.
- Earla, A., Li, L., Costanzo, P., & Braslau, R. (2017). Phthalate plasticizers covalently linked to PVC via copper-free or copper catalyzed azide-alkyne cycloadditions. *Polymer*, 109, 1-12.
- Ebere, E. C. (2019) 'Macrodebris and microplastics pollution in Nigeria: First report on abundance, distribution and composition', *Environmental Health and Toxicology*, 34(4).

- Fariad, D., & Trianto, M. (2020). Stomach Content Analysis of Tilapia Fish (*Oreochromis mossambicus*) in Talaga Lake Waters Donggala Regency. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(3), 118-128.
- Faruqi, Habil M. 2019. Persebaran Komposisi dan Kelimpahan Mikroplastik di Kali Surabaya Segmen Kecamatan Diryorejo. Skripsi. Universitas Airlangga.
- Fossi. 2014. Large Filter Feeding Marine Organisms as Indicator of Microplastics in the Pelagic Environment the Case Studies of the Mediterranean Basking Shark (*Cetorhinus maximus*) And Fin Whale (*Balaenoptera physalus*). *Jurnal Marine Environmental Research*. Vol. Xxx:1-8.
- Froese, Rainer. dan Daniel Pauly, ed. 2007. *Oreochromis mossambicus*. *Fish Base*, hal 22-37
- Galloway, T. S., Cole, M., & Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris through-out the marine ecosystem. *Nature Ecology and Evolution*,1, 0116.
- GESAMP, 2016. Source, Fate, and Effects of Microplastics in The Marine Environment: Part Two of A Global Assessment, Report and Studies. International Maritime Organization
- Ghufron, M. dan H. Kordi. 2005. *Budidaya Ikan Laut di Keramba Jaring Apung*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Gusti, A. S., Wicaksono, R. R., & Sulistiono, E. (2021). Analisis Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Pembuangan Limbah Industri Tahu dan Tempe di Desa Laren Kecamatan Laren Kabupaten Lamongan. *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 5(2), 76-84.
- Guyen, O., Gokdag, K., Jovanovic, B., & Kideys, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 286-294.
- Hammer, J., Kraak, M. H. S., Parsons, J. 2012. *Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift*. Springer New York. Pp 1-44
- Handerson and Green. 2020. Making sense of microplastics? Public understandings of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 152 (110908).
- Hantoro, I., Widianarko, Y. B., & Retnaningsih, C. (2020). Protokol HW1-TP UNIKA: Metode Deteksi Dan Identifikasi Mikroplastik Dengan ATR-FTIR Mikroskopi Pada Sampel Hasil Laut.
- Hasan, V., Pratama, F. S., Malonga, W. A. M., & Cahyanurani, A. B. (2019). First record of the *Mozambique tilapia*, *Oreochromis mossambicus* Peters, 1852 (*perciformes, cichlidae*), on Kangean Island, Indonesia. *Neotropical Biology and Conservation*, 14, 207.
- Hasibuan, A. J., Patria, M. P., & Nurdin, E. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air, Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair *Oreochromis mossambicus*.(Peters, 1852) di Danau Kenanga dan Danau Agathis, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. *PROSIDING SNAST*, 1-10.

- Hastuti, Y. F., Wardiatno, Y. 2014. Distribusi Spasial Sampah Laut Di Ekosistem Mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands*.4(2).
- Hermesen, E., Mintenig, S. M., Besseling, E., & Koelmans, A. A. (2018). Quality criteria for the analysis of microplastic in biota samples: a critical review. *Environmental science & technology*, 52(18), 10230-10240.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C & Thel, M., 2012. Microplastics in the Marine Environment : A Riview of The Methods Used For Identification And Quantifiatiion. *Envir.Scl. Tech.* 46 : 3060-3075.
- Hui, T. H., Peng, K. L. K., Huan, L. J., Wei, L. B., Hing, R. L. B., Beng, J. K. T., & Yeo, D. C. (2020). The non-native freshwater fishes of Singapore: an annotated compilation. *Raffles Bulletin of Zoology*, 68.
- Iheanacho, S. C., & Odo, G. E. (2020). Dietary exposure to polyvinyl chloride microparticles induced oxidative stress and hepatic damage in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21159-21173.
- Immanuel, T., Pelle, W. E., Schadu, J. N., Paulus, J. J., Rumampuk, N. D., & Sangari, J. R. (2022). The form and distribution of microplastic in sediment and water columns of Manado Bay, North Sulawesi. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(2), 336-343.
- Imhof, H. K., Sigl, R., Brauer, E., Feyl, S., Giesemann, P., Klink, S., Leupolz, K., L€oder, M. G. J., L€oschel, L. A., Missun, J., Muszynski, S., Ramsperger, A. F. R. M., Schrank, I., Speck, S., Steibl, S., Trotter, B., Winter, I., & Laforsch, C. (2017). Spatial and temporal variation of macro-, meso- and microplastic abundance on a remote coral island of the Maldives, Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1–2), 340–347.
- Jabeen, K., Li, B., Chen, Q., Su, L., Wu, C., Hollert, H., Shi, H., 2018. Effects of virgin microplastics on goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere* 213, 323–33
- Jambeck, R., J., Roland G., Chris W., Theodore R., S., Miriam P., Anthony A., Ramani N. And Kara L. 2015. Plastic Was Inputs From Land Into The Ocean. *Journal Science*. Vol. 347. Issue 6223.
- Kaniklides, S. (2007). *CMAS Book Underwater Marine Biology*. Bircham International University Press.
- Kapo, F.A., N. L. Lumban., & Paulus, C.A. 2020. Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Kolom Permukaan Air di Perairan Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*. Vol.1.No.1.
- Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Larat, V., Galloway, T.S., Salamatinia, B. 2017. The Presence of Microplastics in Commercial Salts from Different Countries. *Scientific Reports*. 7(46173).
- Khan, H. S., & Setu, S. (2022). Microplastic Ingestion by Fishes from Jamuna River, Bangladesh. *Environment and Natural Resources Journal*, 20(2), 157-167.
- Kovač Viršek, M., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P. & Kržan, A., 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *J. Vis. Exp.*, 118: p.e55161.

- Kurniasari, A. D., Purnomo, N. H., & SP, M. S. (2016). Kajian Geografis Obyek Wisata Waduk Gondang Di Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan. Universitas Negeri Surabaya.
- Kyriacos, D. (2017). Polycarbonates. In *Brydson's Plastics Materials* (pp. 457-485). Butterworth-Heinemann.
- Lambert, S., Sinclair, C., & Boxall, A. (2013). Occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Firdaus, M., Warmadewanthi, I. D. A. 2020. Microplastic Pollution in Surabaya River Water and Aquatic Biota, Indonesia. International Seminar in Chemical Engineering Soehadi Reksowardojo. 1143(1-13).
- Li, J., Liu, H., dan Chen, J. P. 2018. Microplastics In Freshwater Systems: A Review On Occurrence, Environmental Effects, And Methods For Microplastics Detection. *Water Research*. 137 (2018) 362e374
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO.
- Manalu, A. 2017. Kelimpahan Mikroplastik di teluk Jakarta. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB.
- Margaretha, S, L., Fauzi, M., Budijono.(2022). Identifikasi Mikroplastik pada Ikan Kapiék (*Puntius schawanafeldii*) di Waduk PLTA Koto Panjang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol. 27 No.2. 235-240.
- Maskoeri, J. (1984). *Sistematik Hewan*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Maskun, H. A., Bachril, S. N., & Al Mukarramah, N. H. (2022). Tinjauan Normatif Penerapan Prinsip Tanggung Jawab Produsen dalam Pengaturan Tata Kelola Sampah Plastik di Indonesia. *Bina Huk. Lingkungan*, 6, 184-200.
- Mateos Cárdenas, A., O'Halloran, J., van Pelt, F. N., & Jansen, M. A. (2020). Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod *Gammarus duebeni* (Lillj.). *Scientific reports*, 10(1), 12799.
- Mawardi, I dan Lubis, H. 2019. *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit Edisi Revisi*. ANDI (Anggota IKAPI) : Yogyakarta.
- Mecozzi, M., Pietroletti, M., & Monakhova, Y. B. (2016). FTIR spectroscopy supported by statistical techniques for the structural characterisation of plastic debris in the marine environment: Application to monitoring studies. *Marine Pollution Bulletin*, 106(1–2), 155–161
- MERI. 2015. *Guide to Microplastic Identification*. Marine and Environmental Research Institute. Blue Hill USA.
- Movahedinia, A., Abtahi, B. Bahmani, M., 2012. Gill histopathological lesions of the Sturgeons. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* 7, 710-717.
- Mukherjee, S., & Gowen, A. (2015). A review of recent trends in polymer characterization using non-destructive vibrational spectroscopic modalities and chemical imaging. *Analytica Chimica Acta*, 895, 12–34.
- Murphy F., Russell, M., Ewins, C., & Quinn, Brian. 2017. The Uptake Of Macroplastic And Microplastic By Demersal And Pelagic Fish In

- The Northeast Atlantic Around Scotland. *Journal Marine Pollution Bulletin*.
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine pollution bulletin*, 101(1), 119- 126.
- Nor, M., Obbard, J. P. 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollut Bull.* Vol. 79 (1/2): 278-283.
- Nurwahyunani, A., Rakhmawati, R., & Cucianingsih, C. (2022). Kelimpahan Mikroplastik Pada Organ Pencernaan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Malahayu Kabupaten Brebes. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 14(1), 18-22.
- Okoffo, E. D., O'Brien, S., O'Brien, J. W., Tscharke, B. J., & Thomas, K. V. (2019). Wastewater treatment plants as a source of plastics in the environment: A review of occurrence, methods for identification, quantification and fate. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(11), 1908–1931.
- Pani, S., Sukarjo, H., & Sigit, Y. 2017. Pembuatan Biofuel dengan Proses Berbahan Baku Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) Pada Suhu 2500C dan 3000C. *Jurnal ENGINE*.1(1)
- Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S., & Patil, R. B. (2016). Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40-54.
- Praputri, E., Mulyazmi, E., Sari, M., Martynis. 2016. Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan Proses Pyrolysis. Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo Petro Kimia Indonesia. Pekanbaru.
- Prasetyo, Dimas. 2020. Karakterisasi Mikroplastik dari Sedimen Padang Lamun, Pulau Panjang, Jepara, dengan FT-IR InfraRed. Skripsi. Program Studi Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
- Pratama, V. H. (2019). First record of the Mosambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* Peters, 1852 (Perciformes, Cichlidae) On Kangean Island Indonesia. *Journal Neotropical*, Volume 14 Nomor 2 Hlm 207-211.
- Pravitasari, Anita. 2009. Simbol Daur Ulang pada Botol dan Kemasan Plastik.
- Primeswari, R., & Sari, T. E. Y. (2015). Study of Maximum Swimming Speed Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) for Fisheries Management. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 2(2), 1-13.
- Purnama, D., Johan, Y., Wilopo, M. D., Renta, P. P., Sinaga, J. M., Yosefa, J. M., Helen, M. M., Pasaribu, A. S. H. M., Median, K. 2021. Analisis Mikroplastik Pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Hasil Tangkapan Nelayan Di Pelabuhan Perikanan Pulau Balai Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*. 6(1).
- Putra, T.P. 2019. Studi Pencemaran Mikroplastik Pada Ikan, Air dan Sedimen di Kepulauan Bala-Balakang, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat. Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

- Qodriyatun, S. N. (2018). Sampah Plastik: Dampaknya Terhadap Pariwisata dan Solusi. *Info Singkat*, 10(23), 13-18.
- Ramos, J. A., Barletta, M., & Costa, M. F. (2012). Ingestion of nylon threads by Gerreidae while using a tropical estuary as foraging grounds. *Aquatic Biology*, 17(1), 29-34.
- Rezania, S., Park, J., Md Din, M.F., Mat Taib, S., Talaiekhazani, A., Kumar Yadav, K., Kamyab, H., 2018. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: a review of recent studies. *Mar. Pollut. Bull.* 133, 191–208.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Hentschel, B.T., Kaye, S. 2013. Longterm Field Measurements of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris. *Environ. Sci. Technol.* 47(3).
- Rodrigues, D., Antunes, J., Otero, V., Sobral, P., & Costa, M. H. (2020). Distribution patterns of microplastics in seawater surface at a Portuguese estuary and marine park. *Frontiers in Environmental Science*, 254.
- Roshni, K., Renjithkumar, C. R., & Kurup, B. M. (2016). Food and feeding habits of the exotic fish *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from a tropical reservoir of Chalakudy River, Kerala. *Indian J. Fish*, 63(4), 132-136.
- Russell, D. J., Thuesen, P. A., & Thomson, F. E. (2012). A review of the biology, ecology, distribution and control of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852) (Pisces: Cichlidae) with particular emphasis on invasive Australian populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22(3), 533–554.
- Samuel, S., & Subagja, S. (2017). Karakteristik habitat dan biologi Ikan mujaer (*Oreochromis Mossambicus*) Di Danau ranau, Sumatera Selatan. *Widya Riset Perikanan Tangkap*, 3(5), 287-297.
- Sanabila, A. I., Hadi, M. I., & Zummah, A. (2022). Identification Of Microplastics Content in Sediment, Water and Digestive Channel of Milkfish (*Chanos chanos*) in Sidoarjo Pond. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 5(1), 11-26.
- Sarasita, D., Yunanto, A., & Yona, D. (2020). Kandungan Mikroplastik Pada Empat Jenis Ikan Ekonomis Penting Di Perairan Selat Bali. *J. Iktiologi Indonesia*, 20, 1-12.
- Sellang, Haerunnisa. 2019. *Biologi Perairan*. Klaten: Lakeisha
- Sharma BK. 2007. *Instrumental methods of chemical analysis*. Goel publishing house, Krishna Prakashan media Ltd.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah Vol 7*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Quraish. 2005. *Tafsir Al-Mishbah Vol 3*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Quraish. 2005. *Tafsir Al-Mishbah Vol 5*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Quraish. 2009. *Tafsir Al-Mishbah Vol 11*. Jakarta: Lentera Hati.
- Simanjuntak, E., Putri, H. Z., Wahyuningtyas, M., Nugraha. A. W. Y., Wicaksono, A. B., Dwiharjanto, E & Rianti, D. S. 2016. *Strategi dan Rencana Pengembangan Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat di Pulau Sumatera*. Jakarta Selatan: Pusat Perencanaan Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

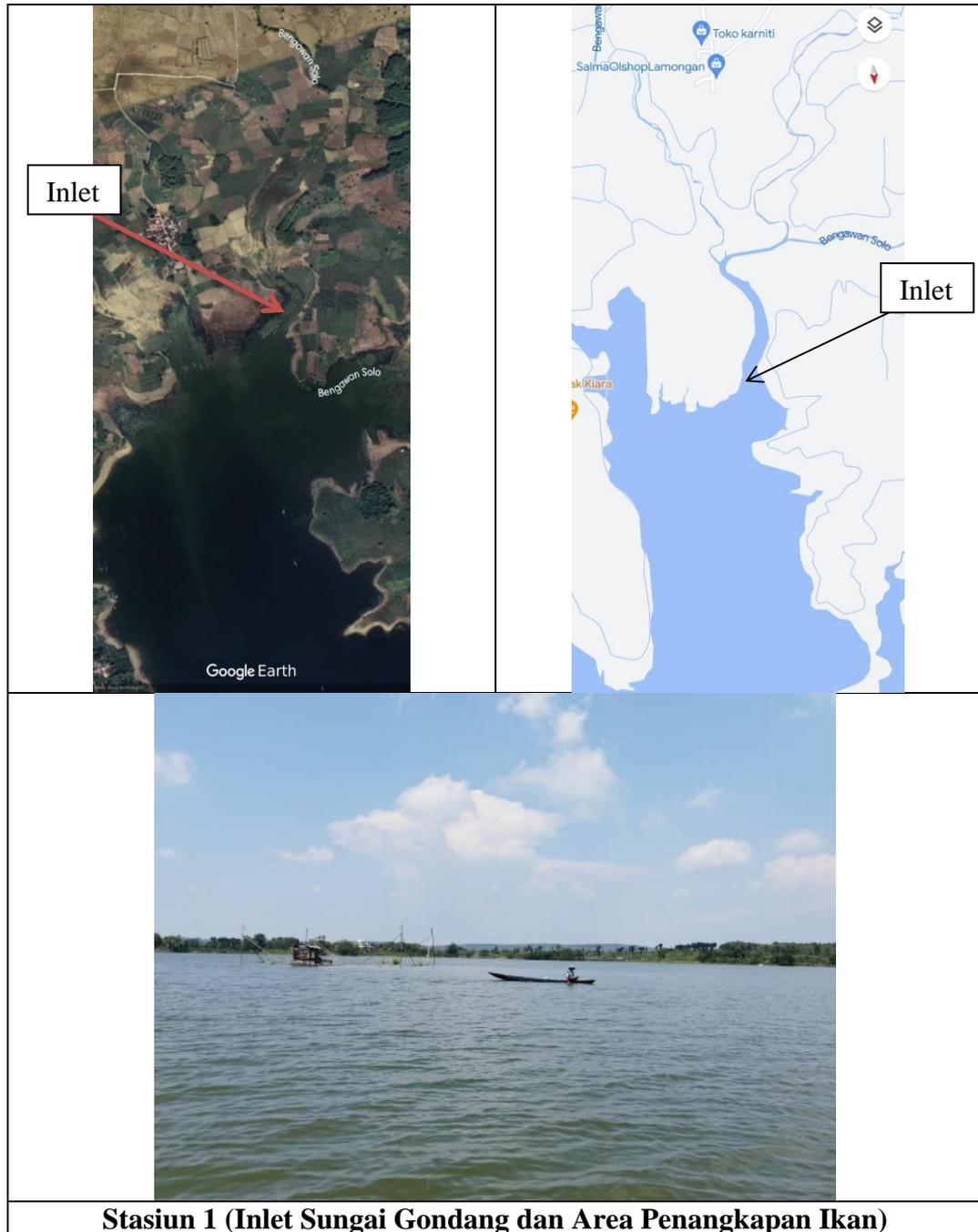
- Siregar, H. R. D. (2019). Identifikasi Jenis Makanan Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*) Yang Tertangkap Di Danau Siombak Kecamatan Medan Marelan Provinsi Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara.
- Smith, M., Love, D., Rochman, C. M., & Neff, R., A. 2018. Microplastics In Seafood And The Implications For Human Health. *Current Environmental Health Reports*. *Currn Environ Health Rep.* 5(3)
- Su, L., H. Deng, B. Li, Q. Chen, V. Pettigrove, C. Wu, & H. Shi. 2019. The occurrence of microplastic in specific organs in commercially caught fishes from coast and estuary area of east China. *J. Hazardous Material*, 365: 716–724.
- Sugiyono, P. (2011). *Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Syberg, K., Khan, F. R., Selck, H., Palmqvist, A., Banta, G. T., Daley, J., Sano, Larissa., & Duhaime, M. B. 2015. Microplastics: Addressing Ecological Risk Through Lessons Learned. *Environmental Toxicology And Chemistry*.
- Timmers, M.A., Kistner, C.A., and Donohue, M.J., 2005. *Marine Debris of the Northwestern Hawaiian Islands: Ghost Net Identification*. Hawaii Sea Grant Publication.
- Tompodung, E., Worang, F.G., & Roring, F. (2016). Analisis rantai pasok ikan Mujair di Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ekonomi Sains*, 4(3), 20-23.
- Trivantira, N. S., Fitriyah, F., & Ahmad, M. (2023). Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik Pada Ikan Tongkol Lisong (*Auxis Rochei*) Di Pantai Damas Prigi Kabupaten Trenggalek Jawa Timur. *Biology Natural Resources Journal*, 2(1), 19-23.
- Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182, 495-499.
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., & Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681-2743.
- Vethaak, A. D., & Legler, J. (2021). Microplastics and human health. *Science*, 371(6530), 672-674.
- Victoria, A. V. (2016). *Kontaminasi mikroplastik di perairan tawar*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Vijayaraghavan, G., Neethu, K. V., Aneesh, B. P., Suresh, A., Saranya, K. S., Bijoy Nandan, S., & Sharma, K. V. (2022). Evaluation of toxicological impacts of *Polyvinyl Chloride* (PVC) microplastics on fish, *Etroplus suratensis* (Bloch, 1790), Cochin estuary, India. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 14(2), 131-140.
- Virsek, M. K., Palatinus, A., Koren, S., Peterlin, M., Horvat, P., & Krzan, A. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 118(1–9).
- Wagner, M., & Lambert, S. 2018. *Freshwater microplastics*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

- Wahdani, A., K. Yaqin., N. Rukminasari., Suwarni., Nadiarti., D. F. Inaku dan L. Fahrudin. 2019. Konsentrasi Mikroplastik pada Kerang Manila *venerupis philippinarum* di Perairan Maccini Baji, Kecamatan Lakkabang, Kabupaten Pengkajen Kepulauan, Sulawesi Selatan. *Maspari Journal*. 12(2).
- Wang, C., Zhao, J., & Xing, B. (2021). Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. *Journal of hazardous materials*, 407, 124357.
- Wang, T., Zou, X., Li, B., Yao, Y., Zang, Z., Li, Y., Yu, W., Wang, W., 2019. Preliminary study of the source apportionment and diversity of microplastics: taking floating microplastics in the South China Sea as an example. *Environ. Pollut.* 245, 965–974.
- Watson, R., Revenga, C., Kura, Y., 2006. Fishing gear associated with global marine catches I. Database development. *Fish. Res.* 79 (1–2), 97–102.
- Welshons, W. V., Nagel, S. C., & vom Saal, F. S. (2006). Large effects from small exposures. III. Endocrine mechanisms mediating effects of bisphenol A at levels of human exposure. *Endocrinology*, 147(6), s56-s69.
- Wijaya, Bagas & Yulinah. T. 2019. Pencemaran Meso-dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*. 8(2).
- Withers, P. C. (1992). *Comparative animal physiology* (pp. 542-545). Philadelphia: Saunders College Pub.
- Woods, M.N., M.E. Stack, D.M. Fields, S.D. Shaw, & P.A. Matrai. 2018. Microplastic *fiber* uptake, ingestion, and egestion rates in the blue mussel (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin*, 137: 638–645.
- Wu, N., Zhang, Y., Zhang, X., Zhao, Z., He, J., Li, W., Ma, Y., & Niu, Z. (2019). Occurrence and distribution of microplastics in the surface water and sediment of two typical estuaries in Bohai Bay, China. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 21(7), 1143–1152.
- Yona, D., M. D. Maharani., M. R. Cardova., Y. Elvania., I. W.E. Dharmawan. 2020. Analisis Mikroplastik di Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Karang di Tiga Pulau Kecil dan Terluar Papua, Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(2).
- Yona, D., Zahran, M. F., Fuad, M. A. Z., Prananto, Y. P., & Harlyan, L. I. (2021). *Mikroplastik di Perairan: Jenis, Metode Sampling, dan Analisis Laboratorium*. Universitas Brawijaya Press.
- Yona, D., Zefanya, N., Bernads, D. M. S, Syarifah, H., 2019. Microplastics In The Bali Strait : Comparison of Two Sampling Methods. *Ilmu Kelautan : Indonesian Journal of Marine Science*. 24(4).
- Yu, Q., Hu, X., Yang, B., Zhang, Guichi, Wang, J., Ling, W. 2020. Distribution Abundance and Risk of Microplastics in the Environment. *Chemosphere*. 249.
- Yudhantari, C. I., Hendrawan, I. G., & Puspitha, N. L. (2019). Kandungan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Lemuru Protolan (*Sardinella Lemuru*) Hasil Tangkapan di Selat Bali. *Journal Of Marine Research And Technology*. Volume 2 No 2 Tahun, 48-52

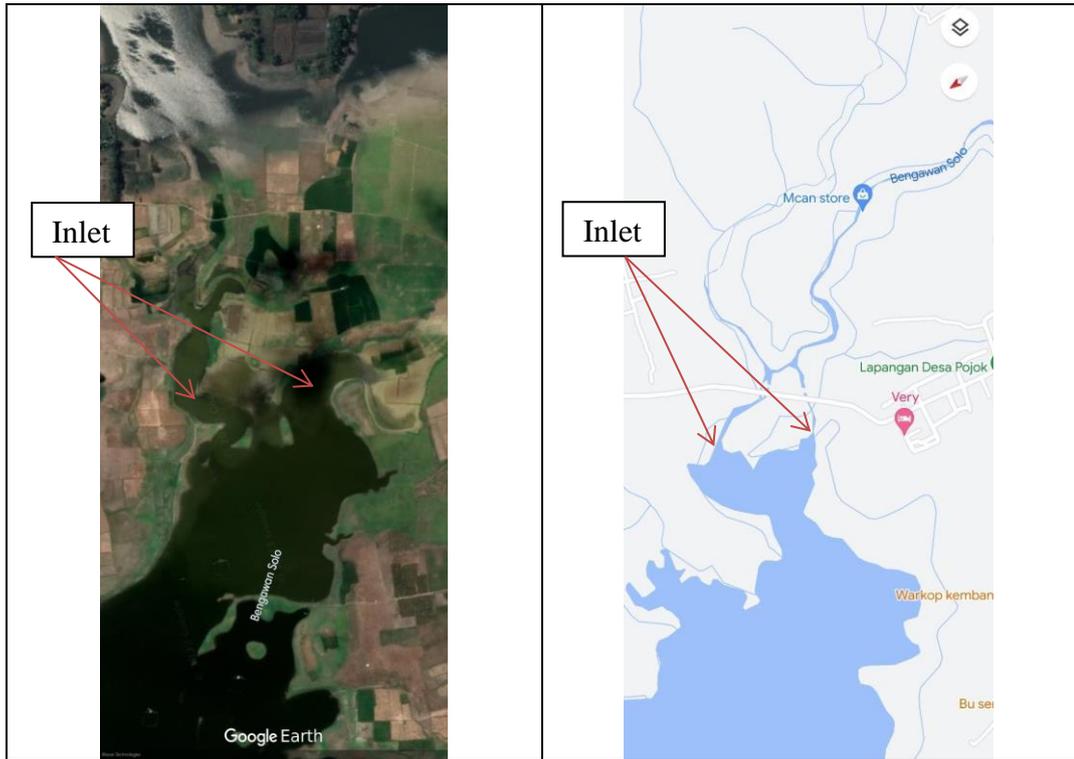
- Yusron, M. Jaza', M.A., 2021. Analisis Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik serta Pencemaran Logam Berat pada Hulu Sungai Bengawan Solo. *Environmental Pollution Journal*. 1(1).
- Yustina & Darmadi. (2017). *Buku Ajar Fisiologi Hewan*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Zhao, T., Lozano, Y. M., & Rillig, M. C. (2021). Microplastics increase soil pH and decrease microbial activities as a function of microplastic shape, polymer type, and exposure time. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 675803.
- Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Zhenfei., Li, Y., Tu, C., & Luo, Y. 2018. The Distribution and Morphology of Microplastics in Coastal Soils Adjacent to The Bohai Sea and Yellow Sea. *Geoderma*. 322. 201-208.
- Zhu, J., Zhang, Q., Li, Y., Tan, S., Kang, Z., Yu, X., ... & Shi, H. (2019). Microplastic pollution in the Maowei Sea, a typical mariculture bay of China. *Science of the Total Environment*, 658, 62-68.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kondisi Tempat Pengambilan Sampel



Stasiun 1 (Inlet Sungai Gondang dan Area Penangkapan Ikan)



Stasiun 2 (Inlet Sungai Gondang dan Jurug, serta Area Penangkapan Ikan)



Stasiun 3 (Outlet dan Daerah Wisata)

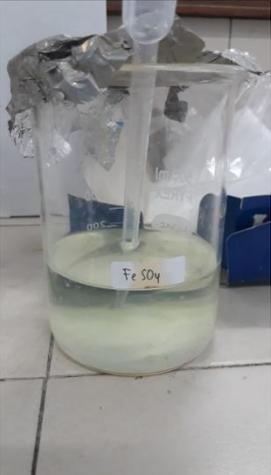
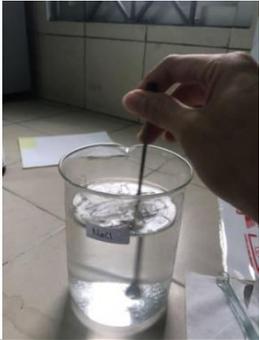


Sampah plastik yang terendam pada tepi waduk

Lampiran 2. Pengambilan Sampel Ikan

Lampiran 3. Pengolahan Ikan di Laboratorium

	
Pengambilan Organ Insang dan Saluran Pencernaan Ikan	Organ Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Mujair
	
Sampel Diletakkan di Gelas Jar	Pemberian Larutan H_2O_2 30% dan $FeSO_4$
	
Sampel di Sentrifugasi	Proses <i>waterbath</i> selama 30 menit

	
<p>Penyaringan Sampel</p>	<p>Identifikasi Sampel</p>
	
<p>Larutan H₂O₂ 30%</p>	<p>Larutan FeSO₄</p>
	
<p>Larutan NaCl</p>	<p>Sampel FTIR</p>

Lampiran 4. Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*) Tiap Stasiun.

Nama Stasiun	Jumlah Ikan	Organ	Tipe Mikroplastik	Jumlah Partikel	Total	Total keseluruhan
ST 1 Inlet Sungai Gondang	18	Insang	<i>Fiber</i>	174	192	350
			Fragmen	18		
		Saluran Pencernaan	<i>Fiber</i>	136	158	
			Fragmen	22		
ST 2 Inlet Sungai Gondang dan Jurug	18	Insang	<i>Fiber</i>	141	158	275
			Fragmen	17		
		Saluran Pencernaan	<i>Fiber</i>	94	117	
			Fragmen	23		
ST 3 Daerah Wisata	18	Insang	<i>Fiber</i>	93	131	240
			Fragmen	38		
		Saluran Pencernaan	<i>Fiber</i>	72	109	
			Fragmen	37		

Lampiran 5. Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*).

Nama Stasiun	Jumlah Ikan	Organ	Tipe Mikroplastik	Jumlah Partikel	Total	Kelimpahan Total
St 1 Inlet Sungai Gondang	18	Insang	<i>Fiber</i>	174	192	10,7
			Fragmen	18		
		Saluran Pencernaan	<i>Fiber</i>	136	158	8,8
			Fragmen	22		
St 2 Inlet Sungai Gondang dan Jurug	18	Insang	<i>Fiber</i>	141	158	8,8
			Fragmen	17		
		Saluran Pencernaan	<i>Fiber</i>	94	117	6,5
			Fragmen	23		
St 3 Daerah Wisata	18	Insang	<i>Fiber</i>	93	131	7,3
			Fragmen	38		
		Saluran Pencernaan	<i>Fiber</i>	72	109	6,1
			Fragmen	37		

Lampiran 6. Hasil Uji T Kelimpahan Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan

T-Test

[DataSet0]

Group Statistics

	Jenis_Organ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kelimpahan	Insang	3	8,910	1,6987	,9808
	Saluran_Pencernaan	3	7,113	1,4600	,8430

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances					t-test for Equality of Means		95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Kelimpahan	Equal variances assumed	,011	,923	1,389	4	,237	1,7967	1,2932	-1,7940	5,3873
	Equal variances not assumed			1,389	3,912	,239	1,7967	1,2932	-1,8262	5,4195

Lampiran 7. Uji ANOVA Kelimpahan Mikroplastik Setiap Stasiun

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Kelimpahan
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8,033
	Std. Deviation	1,7270
Most Extreme Differences	Absolute	,171
	Positive	,164
	Negative	-,171
Test Statistic		,171
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

ANOVA

Kelimpahan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9,743	2	4,872	2,827	,204
Within Groups	5,170	3	1,723		
Total	14,913	5			

Lampiran 8. Uji ANOVA Kelimpahan Mikroplastik pada Insang Ikan Mujair

NPar Tests

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Insang	9	8,9111	3,01473	4,30	13,50

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Insang		
N		9
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8,9111
	Std. Deviation	3,01473
Most Extreme Differences	Absolute	,168
	Positive	,113
	Negative	-,168
Test Statistic		,168
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

ANOVA

Insang					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	44,496	2	22,248	4,731	,058
Within Groups	28,213	6	4,702		
Total	72,709	8			

Lampiran 9. Uji Kruskal Wallis Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan

Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Saluran_Pencernaan
N		9
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	1,92442271
	Most Extreme Differences	
	Absolute	,235
	Positive	,235
	Negative	-,162
Test Statistic		,235
Asymp. Sig. (2-tailed)		,163 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Saluran_Pencernaan	Based on Mean	8,142	2	6	,020
	Based on Median	,862	2	6	,469
	Based on Median and with adjusted df	,862	2	2,308	,525
	Based on trimmed mean	6,855	2	6	,028

Uji Kruskal Wallis

Ranks

	Stasiun	N	Mean Rank

Saluran_Pencernaan	Stasiun 1	3	7,67
	Stasiun 2	3	3,67
	Stasiun 3	3	3,67
	Total	9	

Test Statistics^{a,b}

Saluran_Penc
ernaan

Kruskal-Wallis H	4,414
df	2
Asymp. Sig.	,110

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Stasiun



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Rizki Ayu Ramadhani
NIM : 19620078
Judul : Identifikasi Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Gondang Lamongan

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	25%	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19620078
Nama : Rizki Ayu Ramadhani
Fakultas : Sains dan Teknologi
Program Studi : Biologi
Dosen Pembimbing : Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc
Umairyatus Syarifah, M.A
Judul Laporan : Identifikasi Mikroplastik pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan
Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Waduk Gondang Lamongan

IDENTITAS BIMBINGAN

No.	Tanggal	Nama Pembimbing	Deskripsi Konsultasi	Tahun Akademik	Status
1.	11 November 2022	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	Bimbingan Judul Skripsi	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2.	30 Desember 2022	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	Bimbingan BAB 1-3	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3.	02 Januari 2023	Umairyatus Syarifah, M.A	Bimbingan Integrasi Islam BAB 1-3	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4.	09 Januari 2023	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	Bimbingan Revisi BAB 1-3	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
5.	09 Januari 2023	Umairyatus Syarifah, M.A	Bimbingan Revisi Inegrasi BAB 1-3	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
6.	11 Januari 2023	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	ACC BAB 1-3	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
7.	11 Januari 2023	Umairyatus Syarifah, M.A	ACC BAB 1-3	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
8	15 Mei 2023	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	Bimbingan Hasil Penelitian (Bab 4)	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
9	26 Mei 2023	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	Bimbingan Revisi Bab 4	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
10	31 Mei 2023	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	Bimbingan Revisi Bab 4	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

11	31 Mei 2023	Umaiatus Syarifah, M.A	Bimbingan Integrasi BAB 4	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
12	5 Juni 2023	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	ACC BAB 4&5	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
13	5 Juni 2023	Umaiatus Syarifah, M.A	ACC BAB 4	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi

Malang, 20 Juni 2023

Dosen Pembimbing I

Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc
NIP. 19920507 201903 2 026

Dosen Pembimbing II

Umaiatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002