

**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
PERAIRAN DI WADUK GONDANG KECAMATAN SUGIO
KABUPATEN LAMONGAN**

SKRIPSI

**Oleh:
MOCHAMMAD FAA'IS MURTADHO
NIM. 19620079**



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

**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
PERAIRAN DI WADUK GONDANG KECAMATAN SUGIO
KABUPATEN LAMONGAN**

SKRIPSI

**Oleh :
MOCHAMMAD FAA'IS MURTADHO
NIM. 19620079**

**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 TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
PERAIRAN DI WADUK GONDANG KECAMATAN SUGIO
KABUPATEN LAMONGAN**

SKRIPSI

**Oleh:
Mochammad Faa'is Murtadho
NIM. 19620079**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Tanggal: 21 Juni 2023**

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Dr. Umaiyatus Svarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi

Dr. Maulana Malik Ibrahim Malang



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

**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
PERAIRAN DI WADUK GONDANG KECAMATAN SUGIO
KABUPATEN LAMONGAN**

SKRIPSI

Oleh :
MOHAMMAD FAA'IS MURTADHO
NIM. 19620079

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 27 Juni 2023

| | | |
|---------------------|--|---------|
| Ketua Penguji | : Kholifah Holil, M.Si NIP. 19751106 200912 2 002 | (.....) |
| Anggota Penguji I | : Bayu Agung Prahardika, M.Si NIP. 19900807 201903 1 011 | (.....) |
| Anggota Penguji II | : Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc NIP. 19920507 201903 2 026 | (.....) |
| Anggota Penguji III | : Dr. Umairatus Syarifah, M.A NIP. 19820925 200901 2 005 | (.....) |

Mengesahkan,
~~Ketua~~ Program Studi Biologi



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

MOTTO

Dunia ini penuh dengan orang baik, jika kamu tidak menemukannya maka jadilah salah satunya

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk semua orang yang telah mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini, khususnya:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Djoko Laksana dan Ibu Arum Suproborini yang telah mengajarkan, merawat, dan medoakan setiap segala sesuatunya dengan ikhlas dan penuh rasa cinta serta kasih sayang. Berkat kalian, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kakak terbaik, Hudan yang selalu mendukung dan memotivasi.
3. Keluarga besar tercinta yang selalu mendukung dan mendo'akan secara maksimal agar penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Tyas Nyonita, M.Sc dan Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing skripsi yang banyak meluangkan waktu, tenaga dan ilmu untuk membimbing penulis agar mampu menyelesaikan skripsi dengan baik
5. Seluruh dosen Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang tulus dan ikhlas memberikan ilmu bagi penulis hingga mampu menyelesaikan studi dengan baik.
6. Asrama Al-Ikhsani sebagai rumah kedua penulis di perantauan yang menemani, dan membantu dalam berbagai hal.
7. Rekan-rekan mikroplastik Annisa Safari Putri, Rizki Ayu, Gunawan Aliansyah, Anggie Eka, Lilis Nur Halimah yang senantiasa membantu dan mendukung dari awal perkenalan hingga saat ini.
8. Tim belajar ruang baca yang senantiasa membantu, mendukung, dan menemani sampai di titik ini.
9. Teman-teman Ekologi 2019 yang selalu mendukung, membantu, dan berjuang bersama.
10. Teman-teman Elite Biologi 2019 yang mendukung dan mendoakan satu sama lain.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mochammad Faa'is Murtadho
NIM : 19620079
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Tipe Dan Kelimpahan Mikroplastik
Pada Perairan Di Waduk Gondang Kecamatan Sugio
Kabupaten Lamongan

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini 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, 26 Juni 2023

ng membuat pernyataan,



Mochammad Faa'is Murtadho
NIM. 19620079

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 TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA PERAIRAN DI WADUK GONDANG KECAMATAN SUGIO KABUPATEN LAMONGAN

Mochammad Faa'is Murtadho, Tyas Nyonita Punjungsari, Umaiatus Syarifah

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

ABSTRAK

Timbunan sampah plastik dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Peningkatan tersebut dapat berdampak negatif bagi lingkungan, seperti halnya ekosistem perairan. Sampah plastik yang terdapat di lingkungan akan mengalami fragmentasi ke ukuran yang lebih kecil. Waduk Gondang merupakan salah satu ekosistem perairan yang terletak di Kecamatan Sugio, Kabupaten Lamongan. Waduk Gondang memiliki potensi terkontaminasi mikroplastik yang diakibatkan dari aliran sungai yang masuk dan kegiatan manusia yang masih menghasilkan sampah kemudian terakumulasi lama di perairan. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengidentifikasi tipe, kelimpahan dan polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada perairan waduk. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022 - April 2023. Pengambilan sampel air dilakukan di 4 stasiun dengan volume pengambilan 100 liter air dari masing-masing stasiun pada kedalaman 1 meter dari atas permukaan air. Identifikasi tipe dan jenis polimer dilakukan di laboratorium. Kelimpahan mikroplastik dihitung dengan perbandingan jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan dengan volume air tersaring. Hasil tipe mikroplastik yang ditemukan yaitu *fiber* dan *fragment*. Kelimpahan rata-rata mikroplastik yang diperoleh pada sampel air tertinggi terdapat pada stasiun 2 sebanyak 583,67 partikel/m³, disusul pada stasiun 1 sebanyak 556,67 partikel/m³, selanjutnya stasiun 3 sebanyak 506,67 partikel/m³, dan yang terakhir pada stasiun 4 sebanyak 413,33 partikel/m³. Jenis polimer mikroplastik yang ditemukan yaitu *Nylon polyamides* dan Low Density Polyethylene (LDPE).

Kata kunci: *kelimpahan, mikroplastik, polimer, tipe, waduk*

**IDENTIFICATION OF TYPE AND ABUNDANCE OF MICROPLASTICS
IN WATERS IN GONDANG RESERVOIR SUGIO DISTRICT
LAMONGAN REGENCY**

Mochammad Faa'is Murtadho, Tyas Nyonita Punjungsari, Umai'yatus Syarifah

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

ABSTRACT

Heaps of plastic waste have increased from year to year. This increase can have a negative impact on the environment, as well as aquatic ecosystems. Plastic waste found in the environment will experience fragmentation into smaller sizes. Gondang Reservoir is one of the aquatic ecosystems located in Sugio District, Lamongan Regency. The Gondang Reservoir has the potential to be contaminated with microplastics which result from incoming river flows and human activities which still produce waste which then accumulates in the waters for a long time. This research needs to be carried out to identify the type, abundance and polymer contained in microplastics in reservoir waters. This research was conducted in December 2022 - April 2023. Water sampling was carried out at 4 stations with a volume of 100 liters of water taken from each station at a depth of 1 meter above the water surface. Identification of the type and type of polymer is carried out in the laboratory. Microplastic abundance was calculated by comparing the number of microplastic particles found to the volume of filtered water. The results of the type of microplastic found are fiber and fragment. The highest average abundance of microplastics obtained in water samples was at station 2 as many as 583.67 particles/m³, followed at station 1 as many as 556.67 particles/m³, then at station 3 as many as 506.67 particles/m³, and finally at station 4 as many as 413.33 particles/m³. The types of microplastic polymers found were Nylon polyamides and Low Density Polyethylene (LDPE).

Keywords: abundance, microplastic, polymers, reservoir, type

تحديد نوع وفرة البلاستيك الميكروي في المياه في سد جوندانج، منطقة سوجيو، مدينة لامونجان

محمد فائس مرتاضى، تياس نيونيتا بونجوانجساري، أوميانوس شريفة

برنامج دراسة الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

مستخلص البحث

زاد إنتاج النفايات البلاستيكية من سنة إلى أخرى. تكون تلك الزيادة تلوثا إلى العلم مثل النظم البيئية المائية. النفايات البلاستيكية اللاتية تكون في النظام البيئي تنقسم الى حجم صغير. يقع سد جوندانج في منطقة سوجيو، مدينة لامونجان. من المحتمل أن يتلوث سد جوندانج بميكرو البلاستيك نتيجة لتدفقات الأمطار الواردة والأنشطة البشرية التي لا تزال تنتج النفايات التي تتراكم بعد ذلك في المياه لفترة طويلة. يجب إجراء هذا البحث لتحديد النوع والوفرة والبوليمر الموجود في ميكرو البلاستيك في مياه سدود. تم إجراء هذا البحث في كانون الأول ديسمبر 2022 - أبريل 2023. تم أخذ عينات المياه في 4 محطات بحجم 100 لتر من المياه مأخوذة من كل محطة على عمق متر واحد فوق سطح الماء. يتم تحديد نوع ونوع البوليمر في المختبر. تم حساب وفرة ميكرو البلاستيك بمقارنة عدد جزيئات البلاستيك الدقيقة الموجودة مع حجم المياه المفلترة. نتائج نوع البلاستيك الدقيق الموجود هي الألياف والشظايا. كان أعلى متوسط وفرة من ميكرو البلاستيك التي تم الحصول عليها في عينات المياه في المحطة 2 مع 583.67 جسيم / متر مكعب، تليها المحطة 1 مع 556.67 جسيم / متر مكعب، ثم المحطة 3 مع 506.67 جسيم / متر مكعب، وأخيراً في المحطة 4 بما يصل إلى 413.33 جسيم / متر مكعب. كانت أنواع البوليمرات البلاستيكية الدقيقة التي تم العثور عليها هي نايلون بولي أميد وبولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE).

الكلمات المفتاحية: الوفرة، ميكرو البلاستيك ، البوليمرات، الأنواع، السدود

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah skripsi yang berjudul “Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan di Waduk Gondang Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan”. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi umat manusia agar tetap di jalan Allah SWT.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini penulis telah mendapatkan banyak sekali motivasi, semangat, nasihat, bantuan, serta doa yang tidak pernah putus dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penulisan naskah skripsi ini, terutama kepada:

1. Prof. Dr. Zainuddin, MA 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 Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta memberikan saran dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A selaku pembimbing II yang telah memberikan masukan dan saran dalam membimbing yang berkaitan dengan integrasi sains dan islam.
6. Kholifah Holil, M.Si selaku ketua penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang berkaitan dengan penulisan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Bayu Agung Prahardika, M.Si selaku penguji I dan Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran yang berkaitan dengan pembelajaran selama ini dan penulisan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Biologi Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan pengajaran serta ilmunya kepada penulis selama ini hingga penulis mampu menyelesaikan studi ini.
9. Kedua orang tua dan kakak penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk kelancaran dan kemudahan dalam setiap kegiatan perkuliahan khususnya dalam penelitian ini.
10. Teman-teman seperjuangan angkatan 2019 di Program Studi Biologi, Fakultas Sains & Teknologi Universitas Islam Negeri Malang yang memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Semoga dukungan dan semua amal kebaikan yang telah diberikan kepada penulis akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Skripsi ini sudah ditulis dengan sebaik-baiknya, namun apabila ada kekurangan, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 26 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| MOTTO | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | vii |
| PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI | viii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| KATA PENGANTAR | xii |
| DAFTAR ISI..... | xiv |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 7 |
| 1.3 Tujuan..... | 8 |
| 1.4 Manfaat..... | 8 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 8 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 10 |
| 2.1 Waduk Gondang..... | 10 |
| 2.2 Plastik | 12 |
| 2.3 Mikroplastik | 14 |
| 2.3.1 Deskripsi Mikroplastik..... | 14 |
| 2.3.2 Tipe Mikroplastik..... | 17 |
| 2.4 Masuknya Mikroplastik pada Lingkungan | 21 |
| 2.5 Dampak Mikroplastik..... | 23 |
| 2.6 Kelimpahan Mikroplastik..... | 25 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.8 | FTIR | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 33 |
| 3.1 | Rancangan Penelitian | 33 |
| 3.2 | Waktu dan Tempat Penelitian | 33 |
| 3.3 | Alat dan Bahan | 34 |
| 3.3.1 | Alat..... | 34 |
| 3.3.2 | Bahan..... | 34 |
| 3.4 | Prosedur Penelitian..... | 34 |
| 3.4.1 | Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel | 34 |
| 3.4.2 | Pengambilan Sampel Air..... | 36 |
| 3.4.4 | Preparasi Sampel Air..... | 37 |
| 3.4.5 | Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik | 38 |
| 3.5 | Uji FTIR | 39 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 40 |
| 4.1 | Tipe Mikroplastik pada Sampel Air | 40 |
| 4.2 | Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Sampel Air | 45 |
| 4.3 | Jenis Polimer Mikroplastik..... | 52 |
| 4.4 | Keberadaan Mikroplastik dalam Prekpektif Islam | 54 |
| BAB V PENUTUP | | 57 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 57 |
| 5.2 | Saran | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 58 |
| LAMPIRAN..... | | 68 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Serapan Panjang Gelombang Beberapa Jenis Polimer dari Mikroplastik..... | 30 |
| 3.1 Titik koordinat stasiun pengambilan sampel air | 36 |
| 4.1. Jumlah tipe mikroplastik pada sampel air di Waduk Gondang..... | 40 |
| 4.2 Hasil uji parameter kualitas air Waduk Gondang | 51 |
| 4.3 Panjang gelombang dan jenis polimer mikroplastik pada sampel air | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Lokasi Waduk Gondang | 11 |
| 2.2 Peta <i>inlet</i> Waduk Gondang | 11 |
| 2.3 Karakteristik beberapa jenis plastik dan simbolnya..... | 14 |
| 2.4 Mikroplastik tipe <i>fragment</i> | 18 |
| 2.5 Mikroplastik tipe <i>fiber</i> | 19 |
| 2.6 Mikroplastik tipe <i>pellet</i> | 20 |
| 2.7 Mikroplastik tipe <i>film</i> | 20 |
| 2.8 Mikroplastik tipe <i>foam</i> | 21 |
| 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel air | 35 |
| 3.2 Stasiun pengambilan sampel | 36 |
| 4.1 Mikroplastik tipe <i>fiber</i> | 43 |
| 4.2 Mikroplastik tipe <i>fragment</i> | 45 |
| 4.3 Kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sampel air antar stasiun..... | 46 |
| 4.4 Hasil uji FTIR pada sampel air | 52 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Data Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik | 68 |
| 2. Kondisi Lokasi Penelitian | 69 |
| 3. Dokumentasi Prosedur Peneltian | 70 |
| 4. Uji <i>One Way</i> ANOVA dan Post Hosc Tukey | 71 |
| 5. Korelasi Pearson..... | 73 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan bahan olahan berbahan dasar polimer dan diolah dengan berbagai macam zat aditif kimia untuk menjadikannya bahan-bahan yang tepat untuk tujuan pembuatan plastik (Bergman et al., 2015). Plastik bersifat kuat, lentur (fleksibel), dan tidak mudah terpecah sehingga penggunaannya semakin tinggi (Soeriaatmadja dkk., 2022). Berdasarkan data yang dilaporkan oleh Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik (INAPLAS) bahwa tingkat penggunaan atau konsumsi plastik yang dilakukan oleh penduduk Indonesia dapat mencapai 5,76 juta ton/tahun yang dimana dengan rata-rata penggunaannya sebesar 19,8 kg/kapita (Safitri & Sari, 2021).

Plastik yang sering digunakan umumnya tersusun dari bahan polimer sintetik ataupun semi sintetik (Kurniawan & Adenia, 2022). Polimer penyusun plastik berdasarkan bahannya yaitu Polystyrene (PS), Polypropylene (PP), High Density Polyethylene 2 (HDPE), Polyethylene Terephthalate (PET), Low Density Polyethylene (LDPE), Polyvinyl Chloride (PVC) (Hartulistiyoso *et al.*, 2015). Plastik digunakan dalam berbagai kehidupan manusia setiap harinya sehingga plastik yang telah digunakan oleh manusia akan menjadi sampah yang nantinya dapat terbuang ke lingkungan dan menjadi sebuah permasalahan lingkungan, salah satunya yaitu permasalahan lingkungan di Indonesia terkait sampah plastik (Sidjabat, 2021).

Sampah plastik yang terbuang akan terakumulasi di lingkungan sehingga dapat mengakibatkan lingkungan dan ekosistem menjadi terganggu karena sifat

dari plastik itu sendiri sulit untuk diurai (Makmun, 2019). Berdasarkan data Laporan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2019-2021 bahwa timbulan sampah yang ada di Indonesia mencapai 20-30 juta ton/tahun dengan komposisi sampah jenis plastik sebanyak 17%-18%. Sampah plastik ini menjadi jenis sampah dengan urutan kedua terbanyak di Indonesia.

Sampah plastik akan menumpuk di lingkungan karena dapat terurai dalam kurun waktu 100-500 tahun lamanya (Arwini, 2022). Upaya pengurangan yang dilakukan untuk mengurangi sampah plastik dapat berpotensi merusak lingkungan, seperti pembakaran sampah plastik. Perbuatan yang dilakukan manusia tersebut tidak dibenarkan karena asap yang dihasilkan dari pembakaran akan membahayakan pernafasan dan udara akan menjadi tercemar (Karuniastuti, 2013). Sampah plastik juga dapat membahayakan hewan-hewan di laut karena sampah plastik dapat termakan oleh makhluk hidup yang ada di dalamnya, namun sampah tersebut tidak dapat dicerna sehingga berakibat pada kematian (Purwaningrum, 2016).

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas dapat dikatakan bahwa sampah plastik berpotensi mengakibatkan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas-aktivitas manusia. Sampah plastik yang ada di lingkungan dalam jumlah yang banyak dapat diakibatkan dari perbuatan manusia yang tidak bertanggung jawab sehingga menimbulkan dampak yang buruk baik terhadap manusia itu sendiri maupun lingkungannya. Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh manusia telah ditegaskan Allah SWT dalam Q.S. ar-Rum [30]: 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ
 ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
 الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ
 ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ (٤١)

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”

Shihab (2002) menyatakan bahwa Q.S. ar-Rum ayat 41 mengisyaratkan jika telah nampak kerusakan baik di daratan dan lautan yang disebabkan oleh makhluk ciptaan Allah SWT yaitu manusia. Akibat perbuatan manusia lingkungan menjadi rusak, tidak seimbang dan manfaat menjadi berkurang. Rusaknya lingkungan yang diakibatkan oleh tangan manusia seperti laut menjadi tercemar sehingga hasil laut berkurang karena banyak ikan yang mati. Selain itu daratan juga menjadi semakin panas sehingga berakibat pada terjadinya kemarau panjang yang dampaknya akan mengganggu keseimbangan lingkungan.

Gangguan keseimbangan lingkungan yang terjadi di daratan dan perairan salah satunya dapat disebabkan oleh penggunaan plastik yang berlebihan dan terus-menerus tanpa adanya pengelolaan sampah plastik yang baik dan benar sehingga pembuangan sampah plastik dari hasil aktivitas manusia dapat menjadi penyebab suatu lingkungan menjadi rusak (Badaruddin & Yana, 2017). Berdasarkan data yang dilaporkan oleh Indonesia National Plastic Action Partnership (NPAP) bahwa sekitar 4,8 juta ton sampah plastik yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia yang ada di Indonesia tidak dapat dikelola dengan baik sehingga diperkirakan 9% atau 0,62 juta ton dari total plastik yang tidak

dapat dikelola akan berakhir di lingkungan perairan Indonesia (Kamaruddin *et al.*, 2022).

Sampah plastik yang terakumulasi di perairan akan mengalami proses degradasi dan fragmentasi yang dapat mengakibatkan plastik tersebut menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dengan jumlah yang semakin bertambah banyak (Sa'diyah & Trihadiningrum, 2020). Partikel plastik yang berukuran kecil tersebut disebut mikroplastik karena memiliki ukuran < 5 mm (Lusher *et al.*, 2017). Mikroplastik yang berada di perairan dapat berasal dari plastik yang berukuran besar yang mengalami fragmentasi dan sisa aktivitas-aktivitas manusia yang menghasilkan limbah yang kemudian dialirkan ke sistem pembuangan yang alirannya mengarah ke sungai (Qiu *et al.*, 2020).

Mikroplastik memiliki tipe dengan bentuk morfologi yang beragam diakibatkan dari hasil kondisi lingkungan sehingga menyebabkan fragmentasi plastik itu sendiri (Moore, 2008). Menurut Frias *et al.* (2018) bahwa mikroplastik dapat dikategorikan dalam berbagai tipe antara lain yaitu *fiber*, *film*, *fragment*, *pellet*, *foam*. Mikroplastik tipe *fiber* dapat bersumber dari hasil fragmentasi tali, jaring atau jala dan kain sintetis (Hasturi dkk., 2014). Tipe mikroplastik *film* dapat bersumber dari hasil fragmentasi kantong plastik dan kemasan plastik produk makanan (Hiwari dkk., 2019). Tipe *fragment* bersumber dari hasil degradasi bahan plastik yang bersumber dari sampah toples, lapisan mika, botol plastik, dan serpihan pipa paralon (Septian dkk., 2018). Mikroplastik tipe *pellet* dapat bersumber dari berbagai produk kecantikan atau kosmetik dan juga scrub (Koelmans, 2015). Tipe *foam* dapat bersumber dari produk sekali pakai seperti *sterofom* yang telah mengalami degradasi (Yin *et al.*, 2019).

Keberadaan partikel mikroplastik di perairan berpotensi dapat memberikan berbagai efek negatif bagi organisme yang ada di dalamnya. Partikel mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh organisme perairan berpotensi dapat mengakibatkan produksi enzim menjadi terhambat, rusaknya saluran pencernaan, menurunnya kadar dari hormon steroid, reproduksi menjadi terganggu, menurunnya laju pertumbuhan, serta dapat menyebabkan lebih banyak paparan zat aditif sehingga bersifat toksik (Labibah & Triajie, 2020). Zat aditif dapat bersifat racun dan merusak sistem endokrin (*endocrine disruptor*) salah satunya pada organisme ikan (Hermabessiere *et al.*, 2017). Organisme lainnya seperti zooplankton yang telah terpapar mikroplastik akan mengalami penurunan makan, dalam hal memakan alga (Cole *et al.*, 2013). Copepoda yang telah terpapar mikroplastik telah diamati dengan hasil adanya peningkatan kematian atau mortalitas dan penurunan fertilisasi (Lee *et al.*, 2013).

Keberadaan mikroplastik pada perairan erat kaitannya dengan kelimpahan mikroplastik pada wilayah perairan tersebut. Kelimpahan mikroplastik dapat dipengaruhi oleh faktor antropogenik dan lingkungan, seperti arus, arah angin, pasang surut, dan hidrodinamika sungai sebagai faktor lingkungan (Hamid *et al.*, 2018). Selain itu, kepadatan penduduk dapat menjadi faktor antropogenik (Kataoka *et al.*, 2019). Kelimpahan mikroplastik memiliki nilai penting, karena dengan mengetahui nilai kelimpahan mikroplastik pada perairan dapat berguna dalam mengidentifikasi sumber-sumber yang mengkontaminasi pada suatu ekosistem tersebut (Tibbets, 2018). Keberadaan mikroplastik dengan jumlah yang banyak dapat meningkatkan kelimpahan mikroplastik di perairan. Kelimpahan mikroplastik berpotensi dapat membahayakan organisme yang ada di dalamnya.

Penelitian Cunningham *et al.* (2019) mengemukakan bahwa pada organisme bentik seperti spesies *Hyalella azteca* menunjukkan pertumbuhan yang menurun pada perlakuan dosis di atas 100 mp/L. Selain itu, juga pada penelitian Huang *et al.* (2020) mengemukakan bahwa aktivitas enzim tripsin menurun secara signifikan pada perlakuan kadar dosis 100 µg yang dilakukan pada ikan guppy.

Waduk menjadi salah satu ekosistem perairan yang dapat terkontaminasi oleh mikroplastik, salah satunya adalah Waduk Gondang yang menjadi waduk terbesar di Kabupaten Lamongan (Kulsum, 2015). Waduk Gondang juga dimanfaatkan sebagai kawasan perikanan tangkap (Nurruhwati dkk., 2017). Selain itu, Waduk Gondang juga dimanfaatkan menjadi lokasi wisata, dimana dari berbagai aktivitas wisata tersebut ditemukan sampah di seluruh sisi waduk (Rizqyah, 2014). Kelimpahan mikroplastik dapat bersumber dari kegiatan penangkapan ikan serta alat penangkapan ikan yang terbuang dalam kawasan perairan (Wagner & Lambert, 2018). Pushan *et al.* (2022) mengemukakan bahwa kegiatan pariwisata serta penangkapan ikan dapat menjadi sumber dari keberadaan mikroplastik. Waduk ini mendapat pasokan air dari aliran sungai Jurug dan Gondang yang masuk dalam DAS Sungai Bengawan Solo (BBWSBS, 2022). Berdasarkan laporan dari tim ekspedisi susur Sungai Bengawan Solo bahwa daerah aliran Sungai Bengawan Solo hilir yang mencakup Kabupaten Lamongan telah ditemukan adanya pencemaran limbah rumah tangga, sanitasi, sampah dan lainnya (Beritajatim, 2022). Limbah rumah tangga serta sampah plastik yang ditemukan pada saat ekspedisi tersebut dapat menjadi sumber dari kelimpahan mikroplastik (Su *et al.*, 2019).

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan tentang mikoplastik pada sampel air di perairan air tawar di beberapa tempat. Penelitian yang telah dilakukan oleh Yusron & Jaza (2021) bahwa telah ditemukannya mikoplastik yang mengkontaminasi perairan hulu Sungai Bengawan Solo dengan tipe *fiber*, *fragment*, dan *film*. Penelitian lainnya terkait mikoplastik pada perairan di Waduk Selorejo yang telah dilakukan oleh Akbar (2021) menemukan tipe *fiber*, *fragment*, dan *filamen*. Edy dkk. (2021) telah melakukan penelitian mikoplastik pada perairan di Waduk PLTA Koto yang menemukan mikoplastik tipe *fiber*, *fragment*, *film*.

Berdasarkan kajian potensi kontaminasi mikoplastik pada Waduk Gondang akibat aktivitas manusia (antropogenik) di sekitar kawasan waduk serta kontaminasi mikoplastik yang berasal dari aliran sungai yang memasuki kawasan waduk. Oleh karena itu, diperlukan penelitian identifikasi tipe dan kelimpahan mikoplastik pada perairan di Waduk Gondang Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan. Penelitian ini dapat menjadi studi awal terkait adanya mikoplastik di perairan Waduk Gondang.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja tipe mikoplastik yang ditemukan pada sampel air yang diambil di Waduk Gondang Kabupaten Lamongan?
2. Berapa kelimpahan rata-rata mikoplastik yang diperoleh pada sampel air yang diambil di Waduk Gondang Kabupaten Lamongan?
3. Apa saja jenis polimer mikoplastik yang ditemukan pada sampel air yang diambil di Waduk Gondang Kabupaten Lamongan?

1.3 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui tipe mikroplastik apa saja yang ditemukan pada sampel air dari Waduk Gondang Kabupaten Lamongan.
2. Untuk mengetahui kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sampel air dari Waduk Gondang Kabupaten Lamongan.
3. Untuk mengetahui jenis polimer mikroplastik apa saja yang ditemukan pada sampel air dari Waduk Gondang Kabupaten Lamongan.

1.4 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menjadi sumber informasi tentang keberadaan dan kelimpahan mikroplastik pada perairan di Waduk Gondang Kabupaten Lamongan.
2. Memberi informasi untuk masyarakat dan pihak pengelola terkait dampak dari membuang sampah plastik di perairan Waduk Gondang Kabupaten Lamongan.
3. Memberi informasi agar menjadi pertimbangan dilakukannya pengelolaan lingkungan, khususnya terkait sampah.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Pengambilan sampel air dilakukan pada 4 stasiun di Waduk Gondang Kabupaten Lamongan.
2. Sampel air yang diambil sebanyak 100 liter pada masing-masing ulangan di 4 stasiun.

3. Parameter uji kualitas air mencakup DO, TSS, suhu, PH.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Waduk Gondang

Waduk merupakan suatu perairan yang menggenang atau berhenti yang dapat terjadi atas perbuatan manusia dengan cara melakukan pembendungan terhadap sungai yang kemudian air tersebut disimpan untuk dimanfaatkan manusia untuk berbagai hal maupun kebutuhan (Fauziah & Laily, 2015). Waduk menjadi kawasan pemanfaatan dengan berbagai macam kegiatan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), perikanan tangkap maupun budidaya dan wisata alam (Nurruhwati dkk., 2017).

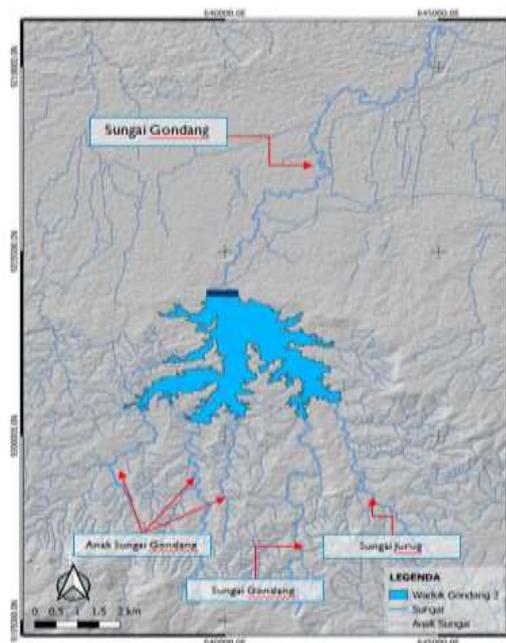
Lamongan merupakan salah satu daerah yang dilewati oleh sungai-sungai yang cukup panjang. Dalam mengantisipasi luapan sungai itu diperlukan waduk dan bendungan untuk menampung aliran dari sungai-sungai disekitarnya. Lamongan terdapat banyak waduk dengan jumlah kurang lebih sekitar 33 waduk. Namun hanya dua waduk di daerah Lamongan yang dapat dikatakan waduk besar, yaitu Waduk Prijetan dan Waduk Gondang (Kulsum, 2015).

Waduk Gondang terletak di Desa Gondang Lor Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan yang diresmikan pada Tahun 1987 dengan luas 6,60 Ha yang dimana waduk tersebut dapat dimanfaatkan sebagai wisata alam (Gambar 2.1) (Widyastuty dkk., 2022). Waduk Gondang yang letaknya di 19 km sebelah barat Kota Lamongan ini memiliki banyak kegunaan bagi masyarakat seperti menjadi irigasi pertanian dan sumber air minum di sejumlah wilayah Kabupaten Lamongan (Kurniasari dkk., 2016).



Gambar 2.1 Lokasi Waduk Gondang (Dokumentasi Pribadi)

Waduk Gondang selain berfungsi untuk wisata, irigasi dan sumber air, juga dimanfaatkan nelayan daerah sekitar dalam bidang perikanan baik tangkap maupun budidaya (Shaleh & Rahayu, 2018). Berdasarkan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (2022) bahwa Waduk Gondang merupakan waduk yang berada di Lamongan dengan aliran masuknya (*inlet*) berasal dari sungai Gondang dan Jurug dengan luasan daerah alirannya sebesar 68,78 km² (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Peta *inlet* Waduk Gondang (BBWS Bengawan Solo, 2022)

2.2 Plastik

Plastik menjadi salah satu bahan yang sering kita jumpai pada setiap barang yang biasanya digunakan manusia dalam menunjang kebutuhannya. Barang-barang berbahan plastik biasanya yang digunakan yaitu seperti peralatan makan, kantong plastik, gagang sikat gigi, botol minum dan lain-lainnya. Plastik pada umumnya tidak mudah terdegradasi atau terurai oleh mikroorganisme (Karuniastuti, 2013). Menurut Trisunaryanti (2018) plastik adalah susunan monomer yang saling terhubung dan membentuk suatu polimer hidrokarbon dengan rantai yang panjang, sehingga mikroorganisme kesulitan untuk memecah polimer plastik. Plastik dapat dikelompokkan dalam dua macam yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik merupakan bahan dari plastik yang meleleh ketika dipanaskan hingga suhu tertentu, dan dapat kembali dibentuk sesuai dengan apa yang diinginkan, sedangkan termoset merupakan plastik yang setelah mengeras tidak dapat kembali dilelehkan dengan pemanasan (Purwaningrum, 2016).

Plastik pada umumnya hanya terdiri polimer karbon atau oksigen, klorin dan nitrogen. Bahan dalam pembuatan plastik biasanya ialah polimer polivinil yang terbuat dari *Polychlorinated Biphenyl* dengan struktur yang mirip dengan *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (Sulistiyono, 2016). Menurut Hartulistiyoso *et al.* (2015) terdapat enam jenis plastik berdasarkan bahannya yaitu *Polystyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC). Plastik yang telah menjadi sampah biasanya berkomposisi 16% *Polystyrene* (PS), 5% *Polyethylene Terephthalate* (PET), 16% *Polypropylene* (PP),

5% *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), 46% *Polyethylene* (HDPE dan LDPE), 7% *Polyvinyl Chloride* (PVC) (Praputri dkk., 2016).

Purwaningrum (2016) menyatakan bahwa PET memiliki sifat yang ringan, murah dan mudah dibuat. Penggunaannya dapat sebagai botol minuman ringan dan wadah makanan *microwave*. HDPE memiliki sifat yang rentan terhadap korosi, mudah untuk didaur ulang, lebih kuat dan resiko penyebaran bahan kimia jika digunakan untuk wadah makanan akan lebih sedikit. Selain itu, HDPE juga biasanya digunakan dalam bahan pembuatan kantong plastik, wadah shampo dan juga detergen. PVC memiliki sifat bahan yang sulit untuk didaur ulang, tahan terhadap aliran dan sifat elektrik, juga tahan terhadap bahan yang bersifat kimiawi serta sering kita temui seperti pada konstruksi bangunan dan juga pipa.

Low Density Polyethylene (LDPE) dalam penggunaannya biasanya sebagai wadah makanan dan juga botol. *Polypropylene* (PP) memiliki sifat yang tahan terhadap air yang panas, tahan terhadap bahan kimia kecuali xylene, klorin dan bahan bakar serta menjadi insulasi listrik yang baik. *Polypropylene* biasanya menjadi komponen dari karpet, otomotif dan wadah makan. *Polystyrene* (PS) menjadi bahan yang digunakan untuk kemasan, wadah makan yang sekali pakai, mainan, dan peralatan kedokteran ataupun medis. Karakteristik beberapa jenis plastik, simbol dan contohnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Sampah plastik akan semakin meningkat jika produksi plastik maupun barang-barang yang produksinya berbahan dasar plastik juga semakin meningkat, sehingga limbah plastik juga akan bertambah banyak (Sarasita dkk., 2020). Berdasarkan pernyataan KLHK bahwa dalam kurun waktu yang hanya 1 tahun sebanyak 100 Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia dapat menghasilkan sampah

plastik dengan bentuk kantong plastik sejumlah 10,95 juta (Purwaningrum, 2016). Sampah plastik menjadi sebuah polutan yang telah terdistribusi secara global di semua badan air karena memiliki sifat yang mudah terapung dan juga tahan lama (Zhukov, 2017).

| 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) Biasa 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 2.3 Karakteristik beberapa jenis plastik dan simbolnya (Pravitasari (2009) dalam Putra & Yuriandala (2010)

2.3 Mikroplastik

2.3.1 Deskripsi Mikroplastik

Plastik adalah polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi dan memiliki sifat lentur (fleksibel) serta sulit terurai di alam. Plastik adalah istilah yang digunakan untuk mendefinisikan polimer kompleks di mana pewarna dan polimer lainnya ditambahkan selama proses pembuatan untuk mengubahnya menjadi bahan yang fleksibel. Polimer yang paling sering digunakan dalam produksi plastik adalah polipropilen (PP), polietilen densitas tinggi dan rendah

(HDPE dan LDPE), polivinil klorida (PVC), polietilen tereftalat (PET), polistirena (PS) dan poliuretan (PUR) (Phuong *et al.*, 2016). Material plastik tidak dapat terurai secara alami, sehingga setelah digunakan barang-barang yang berbahan plastik akan menjadi limbah yang sulit terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah sehingga dapat mencemari lingkungan (Wahyudi dkk., 2018).

Sampah dapat dikelompokkan berdasarkan ukurannya salah satunya mikroplastik (<0,5 cm). Mikroplastik merupakan bagian dari sampah plastik yang memiliki potensi menimbulkan ancaman yang lebih besar daripada plastik yang memiliki ukuran lebih besar (Mauludy dkk., 2019). Mikroplastik merupakan jenis sampah plastik dengan ukuran kurang dari 5 mm (Azizah dkk., 2020). Mikroplastik belum memiliki batas ukuran partikel minimum, tetapi sebagian besar peneliti telah mengambil bahwa batas minimum objek mikroplastik adalah 300 μm (Syachbudi, 2020).

Mikroplastik dapat mengkontaminasi perairan laut dan tawar, sedimen, serta biota yang terdapat di dalam suatu ekosistemnya. Mikroplastik dapat berasal dari produk plastik maupun yang berbahan plastik, limbah industri, pertanian, tekstil, dan limbah yang mengalami degradasi (Handerson & Green, 2020). Mikroplastik bermassa jenis lebih rendah jika dibandingkan dengan dengan massa jenis air, sehingga dapat menyebabkan mikroplastik akan terapung. Selain itu, mikroorganisme dan partikel lainnya juga dapat mempengaruhi mikroplastik menjadi tenggelam (Woodall *et al.*, 2014).

Mikroplastik berdasarkan sumbernya bisa diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu mikroplastik primer dan juga sekunder. Mikroplastik primer merupakan plastik dengan ukuran mikro saat pertama kali diproduksi, sering kali

ditemukan pada deterjen atau kosmetik (Ramadan & Sembiring, 2020). Sementara itu, mikoplastik sekunder merupakan plastik yang awal mulanya berukuran besar tetapi terurai menjadi ukuran yang lebih kecil setelah mengalami fotodegradasi di lingkungan perairan dan pelapukan limbah lainnya seperti kantong plastik dan limbah plastik atau seperti jaring ikan (Eriksen *et al.*, 2014).

Mikroplastik dengan potongan yang sangat kecil 1-5 mm dapat menjadi masalah besar bagi organisme yang ada di perairan. Mikroplastik kini telah tersebar luas di lingkungan dengan partikel plastik yang bentuk, ukuran, dan komposisi kimianya berbeda (Duis & Coors, 2016). Mikroplastik terbentuk dengan melibatkan beberapa proses antara lain biologi, kimia dan fisik atau mekanis. Proses biologis adalah yang melibatkan bakteri, jamur maupun organisme, kemudian proses kimia yaitu melibatkan hidrolisis dan oksidasi, serta proses fisik yaitu melibatkan sinar matahari, perubahan iklim dan tekanan mekanis (Lenz *et al.*, 2016). Mikroplastik secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan ciri-ciri morfologi seperti bentuk, warna, dan ukuran partikel yang dapat berpengaruh terhadap organisme (Widianarko & Hantoro, 2018).

Proses pembentukan hingga terdapatnya mikroplastik di suatu lingkungan dapat digunakan oleh manusia dalam mempelajari maupun memperhatikan dampak apa saja yang akan ditimbulkan oleh mikroplastik itu sendiri ketika manusia tidak dapat menjaga dan memperhatikan keadaan lingkungannya. Allah SWT memerintahkan untuk memperhatikan akan kebesaran dan kekuasaannya yang ada di langit dan di muka bumi ini, sehingga dapat menjadi suatu ilmu yang bermanfaat untuk manusia dalam meningkatkan ketakwaan dan keimanannya atas

apa yang dilihat dan dipelajarinya. Hal ini telah ditegaskan dalam Q.S. Yunus [10]: 101:

قُلْ أَنْظُرُوا مَاذَا فِي السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْاٰيٰتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَّا يُؤْمِنُوْنَ قُلْ
 أَنْظُرُوا مَاذَا فِي السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْاٰيٰتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَّا يُؤْمِنُوْنَ
 (١٠١)

Artinya: *Katakanlah: “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat ayat-ayat dan peringatan-peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman.”*

Asy-Syaukani (2011) dalam tafsir *fathul qadir* menyatakan lafadz (أَنْظُرُوا)

pada ayat ini memiliki arti memikirkan dan memperhatikan. Menurut Shihab (2002), QS. Yunus [10]: 101 memerintahkan manusia untuk memperhatikan dengan mata kepala dan hati tentang segala ciptaannya baik makhluk maupun sistem kerja (proses) yang ada di langit dan juga di muka bumi ini. Manusia dianugerahi Allah SWT akal dan pikiran untuk memperhatikan segala penciptaan dan prosesnya, sehingga dari penglihatan dan perasaan manusia tersebut dapat meningkatkan keimanan dan ketakwaan kepada Allah SWT atas segala bukti kekuasaannya yang ada di alam raya ini.

2.3.2 Tipe Mikroplastik

Mikroplastik memiliki tipe atau bentuk morfologi yang beragam diakibatkan dari hasil kondisi lingkungan sehingga menyebabkan fragmentasi plastik itu sendiri (Moore, 2008). Menurut Frias *et al.* (2018) bahwa mikroplastik dapat dikategorikan dalam berbagai tipe antara lain yaitu *fragment*, *fiber*, *pellet*, *film*, serta *foam*:

a. *Fragment*

Barang-barang yang berbahan plastik dengan polimer sintetik yang cukup kuat menjadi asal dari bentuk mikroplastik tipe *fragment*. Mikroplastik tipe *fragment* itu dapat berasal dari produk yang berbahan plastik dengan polimer yang kuat (Mauludy dkk., 2019). Tipe *fragment* memiliki bentuk yang tebal dengan ujung yang menajam, lebih keras atau kaku jika dibandingkan dengan tipe mikroplastik lainnya dan tidak beraturan serta memiliki berbagai macam warna (Yolla dkk., 2020).

Fragment terbentuk dari pecahan bahan plastik yang dapat berasal dari sampah toples, lapisan mika, botol, dan serpihan pipa paralon (Septian dkk., 2018). Selain itu, *fragment* juga memiliki densitas yang besar dan banyak ditemukan pada sedimen (Nugroho dkk., 2018). Contoh mikroplastik tipe *fragment* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mikroplastik tipe *fragment* (Frias *et al.*, 2018)

b. *Fiber*

Pakaian yang dicuci dapat menyebabkan serat kain menjadi terurai karena terjadinya gesekan antar kain. Uraian serat kain yang menjadi partikel kecil itulah asal dari mikroplastik tipe *fiber* yang nantinya terlepas ke lingkungan (Browne *et*

al., 2010). Selain itu, tipe *fiber* juga dapat berasal dari jaring dan tali pancing (Zhao *et al.*, 2018).

Mikroplastik tipe *fiber* memiliki bentuk memanjang yang dapat berasal dari hasil fragmentasi *monofilament* tali, alat tangkap yang digunakan nelayan untuk menangkap ikan yaitu jaring dan kain sintetis (Hastuti dkk., 2014). Contoh mikroplastik tipe *fiber* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mikroplastik tipe *fiber* (Frias *et al.*, 2018)

c. *Pellet*

Pellet merupakan tipe mikroplastik dengan bentuk seperti partikel yang keras dengan bentuk bulat atau silinder yang bentuknya terlihat beraturan (Zhao *et al.*, 2018). Mikroplastik tipe *pellet* ini sering ditemukan dalam berbagai produk kecantikan atau kosmetik dan juga *scrub* (Koelmans, 2015). Mikroplastik tipe *pellet* atau butiran termasuk mikroplastik primer yang dimana sengaja diproduksi dalam ukuran yang kecil atau mikro sebagai bahan baku dalam pembuatan produk berbahan plastik (Hastuti dkk., 2014). Mikroplastik tipe *pellet* ini contohnya dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mikroplastik tipe *pellet* (Frias *et al.*, 2018)

d. *Film*

Mikroplastik tipe *film* masuk ke dalam mikroplastik sekunder. Mikroplastik ini memiliki bentuk seperti lembaran atau potongan plastik tipis yang sering digunakan sebagai bahan untuk membuat kantong plastik ataupun bahan kemasan plastik (Ambarsari & Anggiani, 2022). *Film* merupakan mikroplastik yang berasal dari hasil fragmentasi kemasan plastik produk makanan (Hiwari dkk., 2019).

Mikroplastik tipe *film* memiliki densitas yang rendah dan cenderung tidak memiliki volume (Prasetyo, 2020). Pernyataan tersebut juga didukung oleh Hidalgo-ruz *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa mikroplastik tipe *film* ini dapat berasal dari serpihan kantong plastik ataupun kemasan plastik dengan kerapatan massa jenis yang cukup rendah. Mikroplastik tipe *film* ini contohnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Mikroplastik tipe *film* (Frias *et al.*, 2018)

e. ***Foam***

Mikroplastik tipe *foam* merupakan mikroplastik yang berasal dari produk yang hanya sekali pakai seperti *sterofoam* yang telah melalui proses degradasi. Mikroplastik tipe ini memiliki tekstur kenyal dan berwarna putih (Ambarsari & Anngiani, 2022). Mikroplastik tipe *foam* berasal dari kemasan dengan bahanya polimer yang menyusun adalah *styrene* (Nor & Obbard, 2014). Karami dkk. (2017) menambahkan bahwa mikroplastik tipe *foam* memiliki tekstur yang hampir sama dengan *spons*. Contoh dari mikroplastik *foam* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Mikroplastik tipe *foam* (Frias *et al.*, 2018)

2.4 Masuknya Mikroplastik pada Lingkungan

Mikroplastik yang ditemukan di lingkungan dapat diakibatkan dari banyaknya sampah yang dibuang tidak pada tempat yang seharusnya. Banyak orang yang belum atau tidak sadar akan pentingnya pengolahan dan pembuangan sampah dengan benar. Banyaknya timbulan sampah dapat diakibatkan oleh perilaku masyarakat dalam membuang sampah (Pratama, 2016). Sampah seringkali dibuang ke lingkungan, perairan menjadi salah satu lingkungan yang paling terdampak oleh masalah ini karena selain dapat mengotori lingkungan, sampah

juga dapat menimbulkan masalah dengan efek yang buruk nantinya salah satu jenisnya yaitu sampah plastik (Gasperi *et al.*, 2014).

Sampah plastik akan terakumulasi di ekosistem perairan sehingga dapat menyebabkan menurunnya kesehatan lingkungan perairan. Sampah plastik juga dapat terdegradasi menjadi potongan atau pecahan plastik dengan ukuran lebih kecil yang umumnya disebut mikroplastik (Lolodo & Nugraha, 2019). Menurut Didier *et al.* (2017) bahwa sampah yang dapat menjadi mikroplastik ialah sampah yang berbahan plastik dan telah terdegradasi akibat pengaruh faktor biotik dan juga abiotik. Faktor biotik merupakan faktor yang dipengaruhi oleh mikroorganisme pengurai yang terdapat di lingkungan dengan cara mempercepat proses dekomposisi, sedangkan faktor abiotik dipengaruhi oleh radiasi sinar UV, suhu, dan juga tekanan atmosfer dalam waktu yang lama (Fachrul dkk., 2021).

Mikroplastik dapat masuk ke lingkungan melalui pipa saluran pembuangan limbah yang biasanya berasal dari toilet atau wastafel, dan luapan sistem IPAL. Mikroplastik yang dilepaskan ke lingkungan secara tidak langsung dapat terjadi dalam sistem saluran pembuangan gabungan ketika sistem saluran pembuangan tersebut membawa air limbah dan juga limpasan air hujan yang nantinya mengalir masuk ke lingkungan ekosistem sungai. Air limbah merupakan sumber yang tak kalah penting atas terdapatnya mikroplastik di lingkungan perairan, seperti masuknya mikroplastik ke laut salah satunya berasal dari limbah atau sampah yang ada di terestrial dibawa melalui sungai (Mourgkogiannis *et al.*, 2018).

Organisme yang berada di dalam lingkungan tersebut berpotensi terkena dampak dari mikroplastik yang masuk ke lingkungan, salah satunya yakni lingkungan perairan. Mikroplastik adalah partikel plastik yang mengapung dan

berada di perairan dalam kurun waktu yang tidak singkat sehingga partikel mikroplastik dapat menjadi kontaminan dan sebagai perantara perpindahan polutan ke organisme perairan (Issac & Kandasubramanian, 2021).

2.5 Dampak Mikroplastik

Permasalahan tentang lingkungan yang ada di sekitar kita sebenarnya tidak disebabkan oleh alam itu sendiri, melainkan oleh masyarakat modern yang memiliki cara atau gaya kehidupan yang dapat menimbulkan efek samping kepada lingkungan nantinya. Manusia dalam kesehariannya banyak menggunakan plastik dimana hal tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan, terutama penggunaan plastik yang sekali pakai. Meskipun plastik banyak memiliki manfaat bagi kehidupan manusia serta harganya yang ekonomis dan juga praktis, namun pada kenyataannya penggunaan plastik dapat menimbulkan limbah plastik yang nantinya dapat berdampak bahaya bagi lingkungan hidup dan juga komponen lainnya yang terdapat di dalamnya (Krisyanti dkk., 2020). Plastik yang terdegradasi menjadi partikel plastik yang kecil umumnya dapat disebut sebagai mikroplastik (Zientika *et al.*, 2021).

Lingkungan perairan dapat terpapar oleh mikroplastik dikarenakan aktivitas manusia. Kehadiran mikroplastik dalam ekosistem lingkungan dapat memberikan dampak yang negatif untuk biota yang terdapat di dalamnya maupun konsumen nantinya. Khususnya di lingkungan perairan, dampak dan pengaruh mikroplastik terhadap biota perairan dipengaruhi oleh ukuran sampah plastik dan mikroplastik itu sendiri (Sari, 2018). Partikel mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh biota perairan berpotensi dapat mengakibatkan produksi enzim menjadi terhambat, rusaknya saluran pencernaan, menurunnya kadar dari hormon steroid,

reproduksi menjadi terganggu, menurunnya laju pertumbuhan, serta dapat menyebabkan lebih banyak paparan zat aditif sehingga bersifat toksik (Labibah & Triajie, 2020).

Biota yang ada di perairan salah satunya ikan. Mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh ikan diduga karena bentuk dari mikroplastik itu yang hampir serupa dengan makanannya. Menurut Rahmadhani (2019) bahwa partikel mikroplastik yang nantinya terakumulasi di dalam tubuh ikan dan saluran pencernaannya dapat berpotensi mengakibatkan rasa kenyang yang palsu akibat dari penumpukan partikel mikroplastik yang terakumulasi cukup banyak. Hal itu dapat menjadi penyebab berkurangnya nafsu makan yang dirasakan oleh ikan sehingga dapat berpotensi pada kematian.

Mikroplastik dapat menyerap atau mengadsorpsi bahan kimia yang berada di lingkungan sehingga membuat mikroplastik menjadi kontaminan pada bahan pangan. Secara tidak langsung, mikroplastik dapat meningkatkan akumulasi dan juga berperan dalam perpindahan senyawa polutan. Senyawa polutan yang telah terserap oleh mikroplastik tersebut dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui suatu rantai makanan, sehingga manusia sebagai konsumen dapat secara langsung ataupun tidak langsung terpapar oleh mikroplastik karena mengkonsumsi biota air yang telah terkontaminasi mikroplastik (Romeo *et al.*, 2015).

Partikel mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh manusia berpotensi terjadinya biomagnifikasi dan juga bioakumulasi sehingga dapat berakibat terjadinya potensi gangguan pada tubuh manusia seperti timbulnya masalah pencernaan, masalah pada sistem peredaran darah dan masalah pernafasan serta lainnya (Carbery *et al.*, 2018). Menurut Campanale *et al.* (2020) bahwa setelah

masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia, efeknya masih menjadi kontroversial dan belum banyak yang diketahui. Hal itu diduga karena mikroplastik yang masuk di tubuh manusia tidak langsung memberikan efek, namun memerlukan waktu dengan jangka panjang yang tidak diketahui dan akumulasi yang seberapa banyak hingga timbulnya gejala atau efek tersebut.

2.6 Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan atau jumlah mikroplastik yang terdapat di perairan Indonesia dapat dikatakan memiliki nilai yang tinggi, dikarenakan negara Indonesia sebagai penghasil sampah plastik yang menempati posisi kedua di dunia dengan jumlah sebesar 3,2 juta ton per tahunnya (Jambeck *et al.*, 2015). Maskun dkk. (2022) menyebutkan bahwa berdasarkan *National Plastic Action Partnership* (NPAP) sekitar 4,8 juta ton atau 70% sampah plastik di negara Indonesia tidak terkelola, sehingga 9% atau sebesar 0,62 juta ton sampah plastik yang tidak terkelola akan berakhir pada perairan dan laut yang terdapat di Indonesia. Timbunan sampah plastik yang terdapat di daratan atau perairan kemungkinan dapat menjadi penyebab atas meningkatnya kelimpahan mikroplastik pada ekosistem perairan (Manalu, 2017).

2.7 Parameter Kualitas Air

Kualitas air menjadi parameter pendukung pada penelitian ini. Pengukuran kualitas air pada perairan diperlukan agar dapat mengetahui sejauh mana faktor kualitas air ini dapat berpengaruh bagi lingkungan perairan dan biota perairan yang ada didalamnya. Pengukuran parameter tersebut nantinya dapat menjadi indikator penilaian adanya perubahan kondisi baik atau buruknya pada suatu

perairan. Menurut Meme *et al.* (2014) beberapa parameter kualitas air yang dapat mempengaruhi lingkungan dan kehidupan organisme di perairan yakni suhu, pH, *dissolved oxygen* (DO), dan total suspended solid (TSS).

2.7.1 Suhu

Suhu menjadi salah satu faktor yang penting bagi lingkungan dan kehidupan organisme perairan. Suhu berperan dalam mengendalikan kondisi suatu ekosistem perairan, serta pertumbuhan dan kehidupan biota perairan (Hamuna dkk., 2018). Menurut Lensun & Tumembow (2013) nilai suhu pada stasiun penelitian dapat menunjukkan suatu kondisi yang memungkinkan atau tidaknya suatu organisme akuatik dalam bertahan hidup. Meningkatnya suhu perairan dapat berakibat pada peningkatan kecepatan respirasi organisme perairan dan metabolismenya sehingga berakibat pada konsumsi oksigen yang akan meningkat juga (Afrianisa, 2020).

Suhu perairan yang berubah nantinya akan mempengaruhi beberapa proses fisika, kimia dan juga proses biologi yang ada di dalam suatu perairan. Kehidupan biota didalam perairan yang mencakup metabolisme, pertumbuhan dan juga kematian dapat dipengaruhi oleh suhu perairan yang berubah (Sanjaya & Iriani, 2018). Menurut Undap dkk. (2018) suhu yang rendah pada suatu perairan dapat berpengaruh terhadap rendahnya laju pertumbuhan ikan dan biota lainnya. Suhu optimum bagi biota perairan khususnya ikan untuk tumbuh dengan baik yakni berkisar 25°C - 32°C.

2.7.2 pH

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran atau nilai asam basa yang ada didalam suatu perairan. Nilai asam basa dari pH dapat menjadi faktor yang

membatasi keberadaan makhluk hidup (Ibrahim dkk. 2020). Derajat keasaman (pH) pada suatu perairan menunjukkan adanya aktifitas ion didalam larutan. pH yang berkisar 6,5-8,5 menjadi pH yang optimal untuk pertumbuhan organisme di suatu perairan. Biota perairan banyak menyukai pH dengan kisaran 7,0-8,5 (Bai'un dkk., 2021). Menurut DeBreving & Rompas (2013) derajat keasamaan (pH) yang optimal bagi kehidupan ikan di suatu perairan yakni berkisar 6,5-9,0. Perairan yang memiliki pH dengan nilai lebih dari 9,8 dapat mempengaruhi organisme perairan, serta perairan dapat diduga tercemar atau buruk jika nilai pH yang dimiliki kurang dari 4,8 (Yulis, 2018).

2.7.3 Dissolved oxygen (DO)

Jumlah oksigen yang terlarut (*Dissolved Oxygen*) dalam air didefinisikan sebagai kandungan miligram gas oksigen yang larut di dalamnya (Madyawan dkk., 2020). Menurut Umar (2018) oksigen terlarut didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang larut dalam massa air melalui proses difusi. Kadar oksigen dalam perairan alami memiliki variasi yang bergantung pada suhu dan turbulensi air. Dapat diprediksi bahwa semakin rendah nilai oksigen terlarut dalam perairan, menunjukkan kemungkinan adanya pencemaran di dalamnya. Peranan oksigen terlarut dalam perairan sangat penting sebagai indikator kualitasnya. Hal ini disebabkan oleh peran oksigen terlarut dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Proses ini berkontribusi dalam membantu mengurangi beban pencemaran secara alami di perairan (Simatupang dkk., 2015).

Menurut Maniagasi dkk. (2013) pergerakan air dalam suatu perairan dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai oksigen terlarut di dalamnya. Organisme akuatik membutuhkan oksigen untuk melakukan berbagai aktivitas, seperti

pertumbuhan, berenang, dan reproduksi. Kurangnya ketersediaan oksigen di perairan akan berdampak negatif pada kehidupan organisme akuatik, termasuk pertumbuhan mereka. Tingkat oksigen terlarut di estuari dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, salinitas, aktivitas fotosintesis, dan jumlah limbah yang masuk ke dalam perairan (Madyawan dkk., 2020).

2.7.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan tersuspensi yang merujuk pada bahan-bahan yang terdispersi dalam air dengan ukuran diameter lebih besar dari 1 μm . Total suspended solid (TSS) mengacu pada padatan yang terdapat dalam air, yang meliputi partikel tanah, plankton, alga dan juga zat lainnya (Kamajaya dkk., 2021). Kehadiran Total Suspended Solid (TSS) dengan nilai lebih dari 25 mg/l dalam perairan dapat berdampak negatif pada kepentingan perikanan. Selain itu, TSS juga didefinisikan sebagai tempat terjadinya reaksi-reaksi heterogen yang berperan sebagai bahan pembentuk endapan awal. Endapan TSS ini dapat menghambat proses fotosintesis pada tumbuhan air (Jiyah *et al.*, 2017).

Menurut Mayagitha (2014) jika nilai TSS di perairan terlalu tinggi, hal ini mengindikasikan adanya pencemaran dalam perairan tersebut. Tingginya nilai TSS akan meningkatkan kekeruhan air, yang dapat mempengaruhi proses fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Selain itu, TSS juga dapat mengurangi pasokan oksigen di perairan dan meningkatkan kadar karbondioksida di dalamnya. Tingginya konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dalam suatu perairan berhubungan dengan rendahnya nilai produktivitas perairan tersebut (Kamajaya dkk., 2021). Hal ini terkait dengan proses fotosintesis dan respirasi

organisme di dalam perairan. Nilai TSS adalah salah satu faktor yang berperan dalam menentukan kualitas lingkungan suatu perairan.

2.8 FTIR

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat yang mampu dipakai untuk mengidentifikasi suatu gugus fungsi dengan kemungkinan memiliki ikatan molekul antar senyawanya. Spektrum serapan suatu senyawa dapat ditentukan dengan alat yang disebut spektrofotometer. Spektrofotometer transformasi *Fourier* memberikan spektrum inframerah yang jauh lebih cepat daripada spektrofotometer yang tradisional (Mohamed *et al.*, 2017). Putri (2021) berpendapat yang sama bahwa FTIR dapat menjadi alat yang digunakan dalam proses penentuan struktur molekul suatu senyawa. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *spectroscopy* merupakan metode yang paling umum digunakan untuk identifikasi senyawa polimer dari mikroplastik dengan memancarkan sinar inframerah yang akan diserap dan dipancarkan kembali oleh polimer plastik sebagai spektrum. (Yona dkk., 2021). Menurut Veerasingam *et al.* (2020) puncak panjang gelombang yang terserap oleh FTIR pada beberapa jenis polimer mikroplastik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Primke *et al.* (2018) menyatakan bahwa metode spektroskopi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa polimer dari mikroplastik salah satunya yaitu *Fourier Transform Infrared*. Identifikasi polimer dengan uji FTIR didasarkan pada pengukuran intensitas inframerah dan panjang gelombang. Menurut Ullah *et al.* (2014) panjang gelombang spektrum FTIR memiliki rentang antara $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Melalui uji FTIR informasi lainnya juga bisa didapatkan antara lain yaitu mengetahui senyawa yang memiliki ikatan kovalen, struktur

molekul polimer, serta mengetahui kemurnian bahan dan juga gugus fungsi suatu molekul (Aspi dkk., 2013).

Tabel 2.1 Serapan Panjang Gelombang Beberapa Jenis Polimer dari Mikroplastik

| Jenis Polimer | Panjang Gelombang Terserap (cm ⁻¹) |
|---|--|
| <i>High Density Polyethylene (HDPE)</i> | 2915 |
| | 1472 |
| | 1462 |
| | 730 |
| | 717 |
| <i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i> | 2915 |
| | 2845 |
| | 1467 |
| | 1462 |
| | 1377 |
| <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i> | 717 |
| | 1713 |
| | 1241 |
| | 1094 |
| | 720 |
| <i>Polypropylene (PP)</i> | 2950 |
| | 2915 |
| | 2838 |
| | 1455 |
| | 1377 |
| | 1166 |
| | 997 |
| | 972 |
| | 840 |
| | 808 |
| 3024 | |
| <i>Polystyrene (PS)</i> | 2847 |
| | 1601 |
| | 1492 |
| | 1451 |
| | 1027 |
| | 694 |
| <i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i> | 537 |
| | 1427 |
| | 1331 |
| | 1255 |
| | 1099 |
| | 966 |
| | 616 |

(Veerasingam *et al.*, 2021)

Rakesh *et al.* (2014) menyatakan bahwa terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk memperoleh spektrum IR pada uji FTIR antara lain yaitu:

a) Teknik KBR

Teknik KBR merupakan teknik yang berbentuk pelet. Sampel dengan berat 0,5 hingga 10 mg dihaluskan lalu dicampur dengan bubuk kalium bromida atau alkali halida yang lainnya seberat 100 mg. Sampel yang telah tercampur kemudian ditekan dengan tekanan yang cukup ke dalam piringan yang transparan hingga sampel berukuran 2 μm . Spektrum IR yang dihasilkan oleh teknik pelet ini biasanya menunjukkan pita pada 3450 cm^{-1} dan 1640 cm^{-1} karena kelembapan yang diserap.

b) Teknik ATR

Teknik ATR (*Attenuated Total Reflectance*) merupakan teknik yang cocok untuk digunakan pada bahan dengan padatan yang tebal atau mudah menyerap dan bahan yang cair antara lain seperti seperti perekat (lem), bubuk, benang, pelapis, polimer dan sampel berair. Sampel dari mikroplastik ditempatkan di jarak kontak yang berdekatan dengan kristal indeks bias yang lebih padat dan tinggi seperti talium bromida-iodida atau germanium dan seng selenida. Teknik ATR lebih menguntungkan karena teknik ini menjadi salah satu teknik pengambilan sampel yang multiguna dan tidak ataupun sedikit persiapan sampel untuk sebagian besar sampel. Teknik ATR ini cara kerjanya yaitu mengukur perubahan yang terjadi pada pantulan cahaya inframerah pada saat cahaya merambat ke sampel. Sinar inframerah ini dapat mencapai sampel yang padat pada sudut tertentudan dengan indeks bias yang tinggi. Refleksi internal ini dapat menghasilkan

gelombang *evanescent* dengan bentuk yang tipis pada bagian bawah permukaan kristal menuju sampel yang terletak di permukaan kristal.

c) *Specula Reflectance*

Speculla Reflectance merupakan suatu teknik nondestruktif yang berfungsi untuk mengukur lapisan yang tipis pada substrat yang halus dan selektif tanpa preparasi sampel. Teknik ini melibatkan refleksi yang seperti cermin dan dapat menghasilkan dalam hal pengukuran refleksi untuk bahan yang reflektif.

d) *Diffuse Reflectance*

Teknik ini merupakan teknik yang merancang aksesoris refleksi khusus untuk mengumpulkan dan memfokuskan kembali cahaya yang tersebar secara difus yang dihasilkan oleh cermin besar ellipsoidal, sambil menghilangkan ataupun meminimalkan pantulan specular yang memperumit dan mendistorsi spektrum IR. Teknik ini dapat digunakan untuk memperoleh spektrum IR pada bahan padatan dengan permukaan yang kasar (kertas, kain, batu bara) dan bahan dengan bentukan bubuk. Teknik ini sering dinamai *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy* (DRIFTS).

e) *Photoacoustic Spectroscopy* (PAS)

Teknik ini merupakan teknik yang cocok digunakan pada sampel yang memiliki daya serap tinggi dan sulit dianalisis dengan teknik spektrum IR konvensional. Bentuk dan ukuran pada sampel tidak rasional atau sesuai. Spektrum PAS dapat diperoleh dengan preparasi sampel yang minimal dan tidak ada perubahan variasi fisik untuk berbagai sampel antara lain seperti kristal, serat, bubuk, dan butiran polimer.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kombinasi deskriptif kuantitatif dan kualitatif dengan pengambilan data secara eksploratif, yaitu pengambilan sampel data yang dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian. Penelitian ini dilakukan di Waduk Gondang Kecamatan Sugio, Kabupaten Lamongan dengan pengambilan sampel yang dilakukan dari 4 stasiun penelitian pada perairan di waduk. Penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan di masing-masing stasiun dengan rentang waktu 1 minggu.

Analisis deskriptif kuantitatif disajikan dalam bentuk data angka kelimpahan mikroplastik, sedangkan deskriptif kualitatif mencakup data tipe dan polimer dari mikroplastik. Hasil data kelimpahan yang didapatkan kemudian diuji statistik berupa perbedaan kelimpahan masing-masing stasiun penelitian. Selain itu, untuk mengetahui polimer mikroplastik dari sampel yang mengkontaminasi perairan di Waduk Gondang juga dilakukan pengujian dengan FTIR. Data pendukung dalam penelitian ini yakni juga dilakukan uji parameter kualitas air yang mencakup suhu, pH, DO, dan TSS.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang mikroplastik pada perairan ini dilaksanakan mulai Desember 2022 – April 2023. Pengambilan sampel air pada 4 stasiun dilakukan di Waduk Gondang, Kecamatan Sugio, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Proses preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Ekologi dan identifikasi mikroplastik dilakukan di Laboratorium Optik Program Studi Biologi Fakultas Sains dan

Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Sedangkan uji FTIR dilakukan di Laboratorium Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Data pendukung parameter kualitas air yang mencakup suhu, dan pH diukur secara *in situ* di lokasi penelitian, sedangkan DO dan TSS diukur secara *ex situ* yang dilakukan di laboratorium Lingkungan Hidup Perum Jasa Tirta I, Kota Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian mikroplastik ini adalah *water sampler horizontal*, Long Stick Taliban (LST), botol sampel kaca, botol jar, gelas beaker 500 ml, ember *stainless*, corong kaca, sarung tangan/latex, kain saring nilon 400 mesh, *coolbox*, termometer dan pH meter, cawan petri, pipet ukur dan pipet tetes, spatula logam, alat tulis, mikroskop stereo, GPS *essential*, QGIS V3.26, *stir glass*, *water bath*, jas laboratorium.

3.3.2 Bahan

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian mikroplastik ini adalah sampel air, kertas aluminium foil, aquades, tisu, H₂O₂ konsentrasi 30%, Fe(II) 0,05 M, NaCl 0,9%, kertas label.

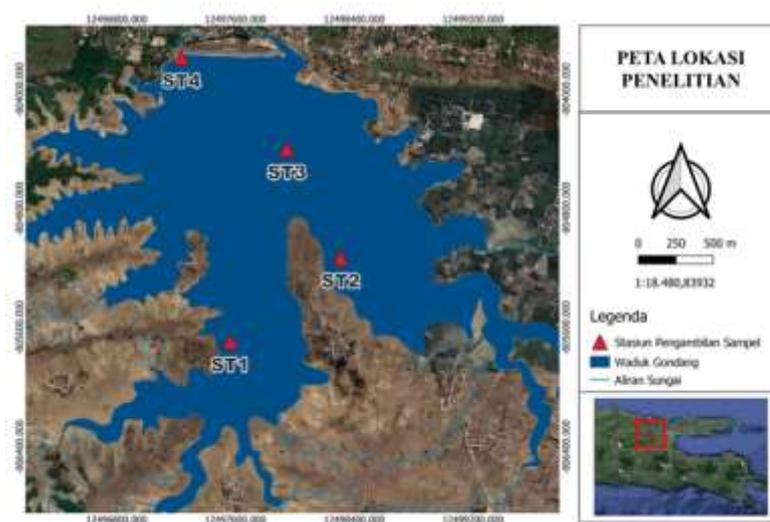
3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan stasiun pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* digunakan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel dengan mempertimbangkan hal atau

tujuan tertentu (Sugiyono, 2012). Pengambilan sampel air dilakukan pada 4 stasiun, dimana stasiun tersebut mewakili kondisi dari masing-masing lokasi penelitian ini.

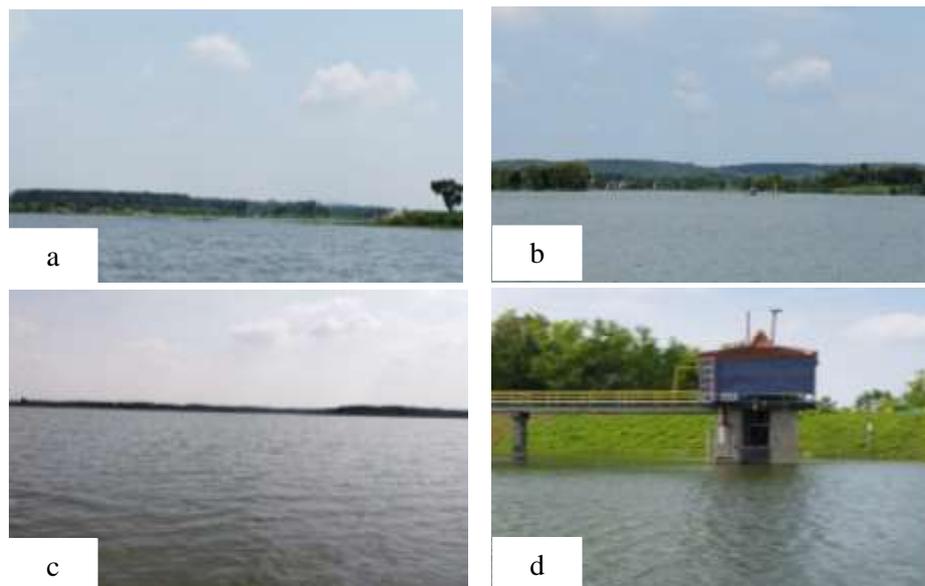
Stasiun 1 (*inlet* sungai Gondang) merupakan wilayah tempat masuknya air ke waduk dari aliran sungai Gondang dan adanya aktivitas nelayan setempat dalam menangkap ikan. Stasiun 2 (*inlet* sungai Jurug dan Gondang) merupakan wilayah tempat masuknya air ke waduk yang berasal dari 2 aliran sungai berbeda yang bertemu menjadi satu yaitu sungai Jurug dan sungai Gondang dan juga ditemukan adanya aktivitas nelayan setempat yang menangkap ikan. Stasiun 3 (*midlet* waduk) merupakan daerah tengah waduk yang jauh dari aktivitas nelayan yang menangkap ikan. Stasiun 4 (*outlet* waduk) merupakan wilayah tempat keluarnya air waduk menuju sungai lainnya. Peta lokasi pengambilan sampel air pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 yang dilengkapi dengan titik koordinat masing-masing stasiunnya juga dapat dilihat pada Tabel 3.1. Sedangkan untuk gambaran stasiun 1, stasiun 2, stasiun 3, stasiun 4 dapat diketahui dengan melihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel air (Dokumentasi pribadi)

Tabel 3.1 Titik koordinat stasiun pengambilan sampel air

| Stasiun | Lokasi | Titik Koordinat | |
|---------|---------------------------------------|-----------------|--------------|
| | | Garis Lintang | Garis Bujur |
| ST1 | <i>Inlet</i> Sungai Gondang | S07°12.713' | E112°15.966' |
| ST2 | <i>Inlet</i> Sungai Jurug dan Gondang | S07°12.515' | E112°16.405' |
| ST3 | <i>Midlet</i> Waduk Gondang | S07°12.281' | E112°16.163' |
| ST4 | <i>Outlet</i> Waduk Gondang | S07°12.103' | E112°15.888' |



Gambar 3.2 Stasiun pengambilan sampel. (a) stasiun 1, (b) stasiun 2, (c) stasiun 3, (d) stasiun 4 (Dokumentasi pribadi)

3.4.2 Pengambilan Sampel Air

Sampel air yang diambil di setiap stasiun penelitian yakni sebanyak 100 liter dilakukan menggunakan *Water sampler* dan ember *stainless*. Pengambilan sampel air dilakukan dengan kedalaman 1 m dan dilakukan 3 kali pengulangan dengan rentang jarak 1 minggu. Air yang telah diambil selanjutnya akan disaring dengan menggunakan kain saring nilon ukuran 400 mesh yang telah diikat atau dipasangkan pada alat LST. Selanjutnya, kain saring nilon dari hasil penyaringan diambil dengan cara yaitu ikatan yang ada di LST dilepaskan. Kain saring nilon yang telah berisi sampel kemudian dimasukkan ke botol sampel kaca yang telah diberi label masing-masing stasiun penelitian untuk diidentifikasi di laboratorium.

3.4.3 Pengambilan Data Parameter Kualitas Air

Data untuk kualitas air yang digunakan mencakup suhu, pH, DO, dan TSS. Pengukuran parameter kualitas air secara *in situ* mencakup suhu dan pH menggunakan alat thermometer dan pH meter yang telah dikalibrasi. Elektroda dimasukkan ke dalam air hingga thermometer dan pH meter menampilkan angka yang tidak berubah-ubah (tetap). Catat hasil angka yang telah diperoleh, kemudian bilas elektroda dengan aquades serta dikeringkan dengan menggunakan tisu. Selain itu, air juga diambil menggunakan *water sampler* kemudian dimasukkan ke botol gelap 1,5 L yang selanjutnya dimasukkan ke *coolbox* yang sudah terdapat es di dalamnya untuk dibawa ke laboratorium Lingkungan Hidup Perum Jasa Tirta I, Kota Malang dengan tujuan dilakukannya pengukuran parameter kualitas air yang mencakup DO dan TSS.

3.4.4 Preparasi Sampel Air

Sampel air yang telah disaring sebelumnya menggunakan kain saring nilon akan dipreparasi menggunakan metode dari NOAA dengan melalui beberapa tahapan. Menurut Masura *et al.* (2015) tahapan yang pertama yaitu penyemprotan pada kain saring nilon dengan menggunakan larutan H_2O_2 konsentrasi 30% sebanyak 20 ml agar residu yang tersaring turun ke botol preparasi. Tahapan kedua yaitu dilanjutkan dengan penambahan 20 ml larutan Fe(II) konsentrasi 0,05 M. Setelah dilakukan penambahan, sampel dibiarkan tercampur dan bereaksi kemudian sampel didiamkan selama beberapa menit terlebih dahulu dengan kondisi botol yang masih terbuka. Ketika reaksi pencampuran telah berhenti, kemudian botol sampel ditutup dan diinkubasi selama 1x24 jam pada suhu ruang. Menurut Espiritu *et al.* (2019) penambahan larutan kimia H_2O_2 berfungsi dalam

pelarutan atau penghancuran zat organik. Sedangkan Fe(II) menurut Yona dkk. (2021) dapat berfungsi sebagai katalisator.

Preparasi pada tahap selanjutnya yaitu dilakukan pemanasan pada sampel yang telah selesai didiamkan, pemanasan menggunakan *waterbath* dilakukan selama 30 menit dengan suhu 75 °C. Tahapan selanjutnya yaitu dilakukan proses penyaringan kembali pada sampel yang telah dipanaskan sebelumnya, kemudian dilakukan pembilasan pada hasil penyaringan dengan menggunakan NaCl 0,9% secukupnya yang ditampung di cawan petri untuk dilakukan proses identifikasi mikroplastik dengan menggunakan mikroskop stereo. Penggunaan larutan NaCl berfungsi dalam pemisahan sampel dengan partikel yang kurang padat biasanya mengandung bahan organik serta tidak termasuk larutan yang berbahaya (Lusher *et al.* 2017).

3.4.5 Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik

Sampel yang telah selesai dipreparasi kemudian akan dilakukan proses identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop binokuler stereo dengan perbesaran 40x. Sampel ditaruh di bawah mikroskop, lalu diamati morfologi dari partikel yang ditemukan. Mikroplastik yang nantinya ditemukan dapat dikategorikan dalam beberapa tipe berdasarkan karakteristik atau morfologinya dengan mengikuti dasar dari Widianarko & Hantoro (2018); Yona *et al.* (2020). Partikel mikroplastik yang telah ditemukan kemudian diambil gambar pada layar komputer untuk tujuan dokumentasi.

Menghitung kelimpahan rata-rata mikroplastik dilakukan setelah tahap identifikasi tipe mikroplastik. Nilai kelimpahan rata-rata diperoleh dengan membandingkan jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan dengan volume air

yang tersaring. Menurut Masura *et al.* (2015) bahwa kelimpahan mikroplastik pada air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kelimpahan mikroplastik (partikel/ m}^3\text{)} = \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Volume air tersaring (m}^3\text{)}} \quad (3.1)$$

3.5 Uji FTIR

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan suatu metode spektroskopi inframerah yang memiliki transformasi *Fourier* dengan tujuan untuk mengetahui serta menganalisis spektrum yang dihasilkan dari sampel yang diujikan (Anam dkk., 2007). *Fourier Transform Infrared* (FTIR) ini menjadi salah satu teknik yang dapat digunakan dalam menganalisis beberapa macam bentukan sampel yaitu serat, gas, larutan, bubuk dan cairan (Nandiyanto *et al.*, 2019). Spektrum inframerah yang didapatkan dari sampel diperoleh dengan cara melewatkan berkas cahaya inframerah melalui sampel yang diuji. FTIR dapat mengukur panjang gelombang keseluruhan secara bersama, sehingga menghasilkan spektrum transmitansi untuk menunjukkan panjang gelombang inframerah yang telah diserap oleh sampel (Vieira *et al.*, 2012).

Penelitian ini menggunakan alat FTIR ATR yaitu dengan cara sampel diletakkan pada bagian tengah ATR *Pressure Sensore*, kemudian dilakukan proses uji FTIR ATR. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis polimer plastik dari mikroplastik yang mengkontaminasi dari sampel air waduk. Jenis polimer dari mikroplastik nantinya dapat ditentukan berdasarkan analisis panjang puncak gelombang yang kemudian divalidasi atau dicocokkan berdasarkan Jung *et al.* (2018); Yona dkk. (2021).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tipe Mikroplastik pada Sampel Air

Mikroplastik saat ini menjadi kontaminasi yang dapat ditemukan di berbagai lingkungan perairan. Mikroplastik memiliki tipe dengan bentuk morfologi yang berbeda (Moore, 2008). Hasil identifikasi mikroplastik dari sampel air Waduk Gondang yang diambil dari 4 stasiun ditemukan dua tipe mikroplastik yaitu *fiber* dan *fragment* yang tertera pada Tabel 4.1. Mikroplastik tipe lainnya seperti *film*, *pellet*, dan *foam* tidak ditemukan pada penelitian mikroplastik sampel air di Waduk Gondang. Mikroplastik tipe *film* tidak ditemukan pada semua stasiun dikarenakan pada saat di lokasi penelitian secara visual tidak ditemukan sumber dari mikroplastik tipe ini seperti kantong plastik dan kemasan plastik makanan. Tipe mikroplastik *pellet* dan *foam* juga tidak ditemukan karena pada saat pengambilam sampel di lokasi penelitian tidak ditemukan produk *body care*, *make up*, maupun *sterof foam* yang dapat menjadi sumber kontaminasi dari kedua tipe mikroplastik tersebut.

Tabel 4.1. Jumlah tipe mikroplastik pada sampel air di Waduk Gondang

| Tipe Mikroplastik | Jumlah Mikroplastik per Stasiun (partikel) | | | |
|-------------------|--|------|------|------|
| | ST 1 | ST 2 | ST 3 | ST 4 |
| Fiber | 157 | 169 | 144 | 122 |
| Fragment | 10 | 7 | 8 | 2 |
| Jumlah | 167 | 176 | 152 | 124 |

Jumlah tipe mikroplastik berdasarkan Tabel 4.1 di atas diperoleh dua tipe mikroplastik yang diambil dari 4 stasiun penelitian. Masing-masing stasiun

penelitian memiliki total tipe mikroplastik yang berbeda, secara berturut-turut diperoleh total tipe mikroplastik dari yang tertinggi hingga terendah. Stasiun 2 didapatkan perolehan tipe mikroplastik yang ditemukan sebanyak 176 partikel, stasiun 1 dengan perolehan tipe mikroplastik sebanyak 167 partikel, stasiun 3 dengan perolehan sebanyak 152 partikel, sedangkan yang terendah ditemukan pada stasiun 4 dengan perolehan sebanyak 124 partikel.

4.1.1. Mikroplastik Tipe *Fiber*

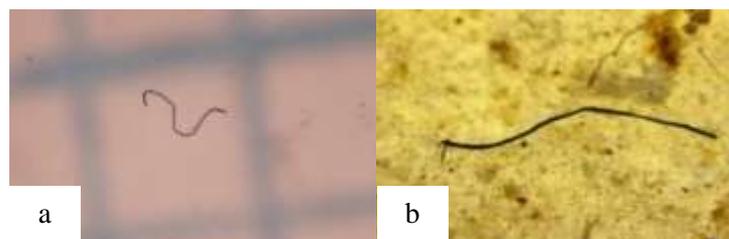
Tipe *fiber* yang ditemukan memiliki ciri fisik seperti benang atau serat yang memanjang dan silinder seperti yang tertera pada Gambar 4.1. Menurut Prasetyo (2020) tipe mikroplastik memiliki ciri fisik yang berbeda-beda salah satunya tipe *fiber* memiliki ciri menyerupai potongan serat atau serabut yang tipis dan juga memanjang. *Fiber* merupakan tipe mikroplastik yang bentuknya silinder dan memanjang serta sumber kontaminasi dari mikroplastik tipe ini dapat berasal dari jaring atau jala dan tali pancing (Ramadhani, 2019).

Kontaminasi tipe mikroplastik *fiber* yang ditemukan pada sampel air waduk ditemukan di semua stasiun. Kontaminasi mikroplastik tipe *fiber* yang ditemukan di stasiun 1 dan 2 dengan karakteristik stasiun yang sama diduga dikarenakan adanya aktivitas nelayan dalam menangkap ikan menggunakan jaring ataupun jala, selain itu kedua stasiun ini menjadi *inlet* dari waduk yang memungkinkan masuknya sampah yang menjadi sumber dari mikroplastik terbawa oleh aliran sungai yang mengalir masuk ke waduk. Jaring atau jala yang digunakan terus menerus memungkinkan serat dari jaring atau jala tersebut akan terlepas. Selain itu, ditemukannya tipe *fiber* diduga juga dapat dikarenakan adanya limbah hasil dari aktivitas mencuci pakaian yang dilakukan oleh masyarakat yang

masuk ke sungai yang kemudian aliran airnya masuk ke waduk. Hal tersebut sesuai dengan Fitria dkk. (2021) bahwa kontaminasi mikroplastik tipe *fiber* juga dapat bersumber dari hasil buangan limbah rumah tangga yaitu air dari bekas cucian baju yang terbuang masuk ke sungai.

Mikroplastik tipe *fiber* yang ditemukan mengkontaminasi pada stasiun 3 dengan karakteristik stasiun yang jauh dari aktivitas nelayan maupun jalur masuknya aliran air. Adanya kontaminasi tipe *fiber* ini diduga dapat disebabkan oleh arus air yang mengakibatkan distribusi dari mikroplastik itu sendiri dapat sampai ke stasiun bagian tengah waduk (midlet). Menurut Nugroho dkk. (2018) bahwa persebaran atau distribusi mikroplastik dapat dipengaruhi oleh arus air dan angin. Selain itu, stasiun 4 dengan karakteristik daerah tempat dimana keluarnya air (outlet) menjadikan stasiun ini jauh dari aliran masuknya air ke waduk, dan juga sedikitnya aktivitas para nelayan dalam mengambil ikan yang dilakukan di daerah bagian outlet. Aktivitas nelayan dalam pengambilan ikan yang menggunakan jaring dapat menjadi salah satu sumber dari kontaminasi tipe mikroplastik *fiber* (Amin *et al.*, 2020).

Mikroplastik tipe *fiber* dapat berpotensi membahayakan atau berdampak negatif jika tertelan oleh organisme perairan. Menurut Watts *et al.* (2015) dalam penelitiannya mengemukakan hasil bahwa kepiting spesies *Carcinus maenes* yang tertelan mikroplastik dapat berakibat pada menurunnya pola mengkonsumsi makanan serta terjadinya pengurangan energi untuk pertumbuhan. Selain itu, tipe *fiber* juga dapat mengancam zooplankton dengan hasil terdapatnya penurunan daya konsumsi yang berakibat pada penurunan kebugaran dari zooplankton (Rebelein *et al.* 2021).



Gambar 4.1 Mikroplastik tipe *fiber*. (a) Hasil pengamatan mikroskop (40x) (b) Literatur (Widianarko & Hantoro, 2018)

4.1.2. Mikroplastik Tipe *Fragment*

Mikroplastik tipe *fragment* yang ditemukan memiliki ciri fisik pecahan lembaran yang kaku dengan bentuk tepian yang tidak beraturan dan tajam seperti yang tertera pada Gambar 4.2. Menurut Ebere *et al.* (2019) bahwa salah satu tipe mikroplastik *fragment* ini memiliki karakteristik atau ciri fisik tebal dengan bentuk yang tidak teratur dan biasanya memiliki warna terang atau menyala. Hal itu ditambahkan oleh Tanaka & Takada (2021) yang menyatakan bahwa *fragment* merupakan plastik yang telah menjadi serpihan partikel dengan ciri berbagai bentuk dan permukaan seperti bentuk agak membulat yang memiliki permukaan halus, juga tepi yang terlihat tajam dan retak, serta permukaan kasar yang diakibatkan dari hasil proses degradasi.

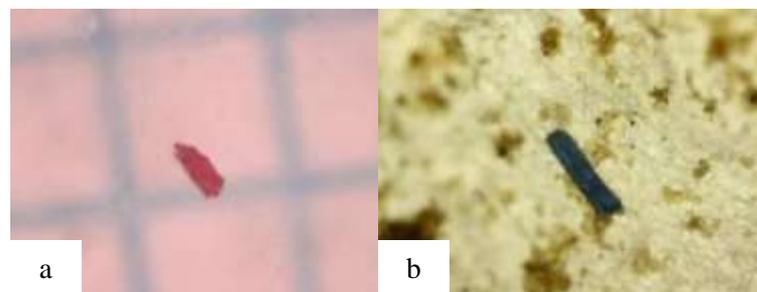
Kontaminasi tipe mikroplastik *fragment* yang ditemukan di stasiun 1 dan 2 dengan karakteristik stasiun menjadi jalur masuknya air dari aliran sungai Jurug dan Gondang ke perairan waduk (*inlet*). Aliran air dari sungai-sungai tersebut diduga membawa sampah contohnya botol plastik ke dalam perairan waduk, namun sampah yang menjadi sumber dari mikroplastik tipe *fragment* diduga juga dapat berasal dari hasil aktivitas manusia di area Waduk Gondang yang terbuang ke badan perairan waduk seperti botol plastik. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses pengambilan sampel air, peneliti secara visual melihat masih ditemukannya

sampah berupa botol plastik yang mengambang di perairan waduk. Menurut Wijayanti dkk. (2021) mengemukakan bahwa tipe mikroplastik *fragment* dapat berasal dari hasil fragmentasi atau pecahan plastik yang lebih besar seperti botol plastik dan toples, serta serpihan pipa paralon.

Kontaminasi tipe mikroplastik *fragment* yang ditemukan pada stasiun 3 dan 4 dengan karakteristik stasiun yang tidak terlalu jauh berbeda yaitu sama-sama jauh dari *inlet* yang menjadi jalur masuknya air dari aliran sungai ke waduk. Namun, stasiun 4 memiliki sedikit perbedaan yaitu daerah keluarnya air (*outlet*) yang luas batas pinggiran bangunan waduknya semakin ke daerah *outlet* akan semakin kecil luasannya atau seperti mengerucut jika dibandingkan dengan luas batas pinggiran bangunan waduk saat posisi di tengah-tengah waduk (*midlet*). Sumber kontaminasi berupa sampah botol plastik masih tetap ditemukan pada saat proses pengambilan sampel air di stasiun 3 maupun stasiun 4. Sampah plastik yang ditemukan di perairan waduk seperti botol plastik diduga dapat berasal dari aktivitas manusia di sekitar kawasan waduk maupun dari jalur masuknya air dari aliran ke waduk (*inlet*). Sampah botol tersebut diduga dapat berasal dari pembuangan sampah ataupun ikut terbawa (*terdistribusi*) ke badan perairan oleh arus (Sahwan, 2004).

Mikroplastik tipe *fragment* dapat berpotensi membahayakan atau berdampak negatif jika tertelan oleh organisme. Menurut Luo *et al.* (2019) mengemukakan bahwa paparan dari *fragment* ini dapat berdampak pada disfungsi dan peradangan usus dikarenakan dari bentuk karakteristiknya mikroplastik tipe ini sendiri yaitu permukaan pinggiran yang tidak rata dan tajam, serta dampak lainnya yaitu terganggunya metabolisme energi. Tipe mikroplastik *fragment* yang

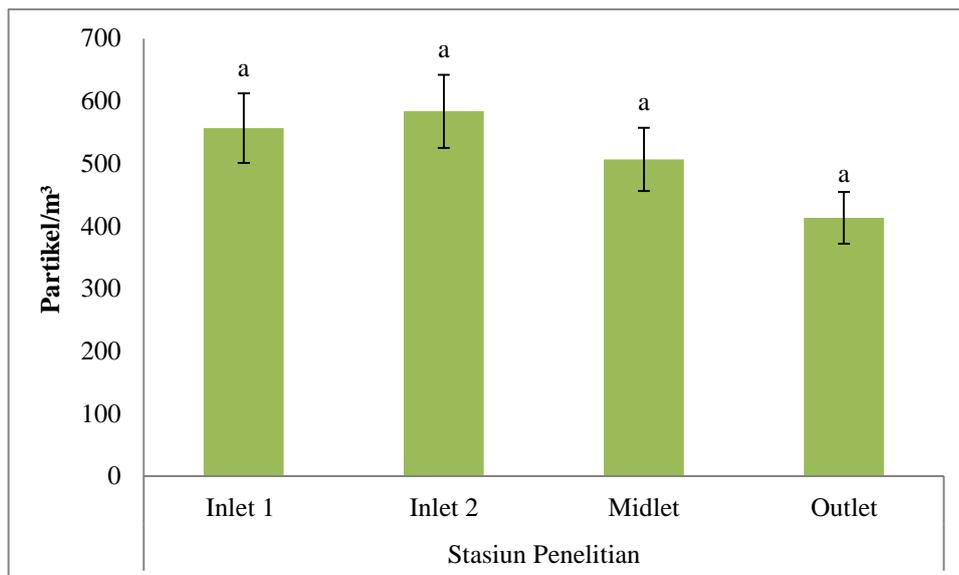
memiliki karakteristik keras dan tajam memungkinkan untuk mikroplastik dengan tipe *fragment* ini dapat mengkontaminasi organisme pada bagian saluran pencernaan dan insang.



Gambar 4.2 Mikroplastik tipe *fragment*. (a) Hasil pengamatan mikroskop (40x)
(b) Literatur (Widianarko & Hantoro, 2018)

4.2 Kelimpahan Rata-Rata Mikroplastik pada Sampel Air

Kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sampel air dalam penelitian ini didapatkan dari 4 stasiun yang berbeda. Stasiun 1 meliputi bagian *inlet* Sungai Gondang (*inlet* 1), stasiun 2 meliputi bagian *inlet* Sungai Jurug dan Gondang (*inlet* 2), stasiun 3 meliputi bagian tengah waduk (*midlet*), dan stasiun 4 meliputi bagian pintu keluarnya air (*outlet*). Sesuai pada Gambar 4.3 yang terlampir dibawah ini, stasiun 2 yaitu *inlet* Sungai Jurug dan Gondang menjadi stasiun penelitian yang kelimpahan mikroplastiknya terbanyak jika dibandingkan dengan stasiun lainnya. Kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sampel air yang diperoleh pada stasiun 1 (*inlet* 1) yaitu sebanyak 556,67 partikel/m³, stasiun 2 (*inlet* 2) sebanyak 583,67 partikel/m³, stasiun 3 (*midlet*) sebanyak 506,67 partikel/m³, dan pada stasiun 4 (*outlet*) sebanyak 413,33 partikel/m³.



Gambar 4.3 Kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sampel air antar stasiun

Stasiun 1 (*inlet 1*) menjadi stasiun penelitian yang memiliki kelimpahan rata-rata mikroplastik tertinggi kedua dengan karakteristik wilayah sebagai jalur masuknya aliran air Sungai Gondang menuju ke waduk. Masuknya aliran air dari sungai menuju ke waduk diduga membawa masukan sampah dan memungkinkan mikroplastik juga akan ikut terdistribusi masuk ke perairan waduk yang terbawa oleh arus sungai. Hal tersebut sesuai dengan Ayuningtyas dkk. (2019) yang menyatakan bahwa sumber mikroplastik berasal dari hasil proses fragmentasi plastik dengan ukuran besar (makroplastik) yang terbawa oleh arus sungai yang nantinya akan terjadi proses degradasi makroplastik menjadi mikroplastik. Selain itu, alat tangkap ikan berupa jaring ataupun jala yang digunakan oleh nelayan dalam menangkap ikan di daerah *inlet* diduga juga dapat menjadi sumber potensial adanya kontaminasi mikroplastik di waduk. Pernyataan ini sesuai dengan Browne *et al.* (2011) bahwa sumber mikroplastik dapat berasal dari serat yang terpotong atau terurai menjadi mikroplastik seperti serat sintetis dari cucian pakaian dan jala atau jaring ikan yang mengalami proses degradasi.

Stasiun 2 (*inlet 2*) menjadi stasiun penelitian dengan kelimpahan rata-rata mikroplastik tertinggi jika dibandingkan stasiun lainnya, namun kelimpahan itu tidak terlampaui banyak dengan stasiun 1 yang memiliki karakteristik wilayah dengan sumber potensial kontaminasi mikroplastik yang sama yaitu masuknya aliran air menuju ke waduk dan aktivitas nelayan yang menggunakan alat tangkap seperti jaring atau jala. Namun stasiun 2 memiliki perbedaan pada aliran air yang masuk menuju ke waduk yang dimana merupakan gabungan dua aliran sungai yaitu Sungai Jurug dan Gondang. Hal tersebut diduga menjadi penyebab tingginya kelimpahan mikroplastik pada stasiun 2 dikarenakan gabungan dua aliran sungai yang menjadi satu jalur masuknya air menuju waduk. Aliran kedua sungai tersebut diduga membawa sampah yang nantinya dapat menjadi sumber potensial dari kontaminasi mikroplastik di perairan waduk. Hal tersebut sesuai dengan Edy dkk. (2021) bahwa sampah yang terkumpul dari gabungan berbagai aliran sungai dapat menjadi dugaan penyebab tingginya kelimpahan mikroplastik pada daerah atau stasiun penelitian tersebut. Selain itu, menurut Browne *et al.* (2011) sumber mikroplastik dapat berasal dari serat yang terpotong atau terurai menjadi mikroplastik seperti serat sintetis dari cucian pakaian dan jala atau jaring ikan yang mengalami proses degradasi.

Stasiun 3 (*midlet*) merupakan stasiun dengan karakteristik daerah yang jauh dari aktivitas nelayan maupun jalur masuknya aliran air ke waduk yang diduga membawa sampah sehingga pada stasiun 3 ini memiliki kelimpahan rata-rata mikroplastik yang tidak tinggi. Namun mikroplastik masih ditemukan di daerah ini diduga karena mikroplastik mampu menyebar atau terdistribusi dikarenakan adanya arus air sehingga terbawa hingga ke daerah tengah perairan

waduk. Hal ini sesuai dengan Pertiwi *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa partikel mikroplastik dapat terbawa oleh arus air dari satu wilayah ke wilayah lainnya.

Stasiun 4 (*outlet*) merupakan daerah dimana tempat akan keluarnya air waduk menuju aliran sungai lainnya yang ditandai dengan adanya pintu air. Daerah stasiun 4 memiliki karakteristik yang jauh dari aliran masuknya air ke waduk, dan juga sedikitnya aktivitas para nelayan dalam mengambil ikan yang dilakukan di daerah bagian *outlet* sehingga hal tersebut diduga dapat menjadi penyebab kelimpahan rata-rata pada stasiun ini mendapatkan perolehan yang paling rendah jika dibandingkan stasiun lainnya. Hal ini sesuai dengan Pertiwi *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa kelimpahan mikroplastik di perairan akan mengalami penurunan seiring dengan semakin jauhnya jarak dari *inlet* waduk yang menjadi aliran masuknya air menuju ke waduk.

Perbedaan rata-rata kelimpahan mikroplastik antar stasiun penelitian pada sampel air waduk yang dilakukan secara manual tidak dapat dipastikan jika kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sampel air waduk antar stasiun penelitiannya memang berbeda, maka dari itu uji ANOVA *One Way* menjadi uji yang perlu untuk dilakukan. Uji ANOVA digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan antar suatu kelompok dengan kelompok yang lain. Perbedaan tersebut dapat diketahui dengan cara membandingkan dan melihat variansinya berdasarkan syarat normal distribusi suatu data, dan varian yang dimiliki homogen yang tertera pada Lampiran 4. Data kelimpahan mikroplastik rata-rata memenuhi syarat untuk dilakukannya uji ANOVA, sehingga uji *One Way* ANOVA dapat dilakukan pada penelitian ini.

Uji *One Way* ANOVA kelimpahan rata-rata mikoplastik antar stasiun yang telah dilakukan mendapatkan hasil dengan nilai signifikansi $0,174 > 0,05$ yang tertera pada Lampiran 4. Nilai hasil uji tersebut menunjukkan jika rata-rata kelimpahan antar stasiun yakni pada stasiun 1, stasiun 2, stasiun 3, dan stasiun 4 dapat dikatakan memiliki perbedaan yang tidak signifikan. Perbedaan tidak signifikan yang didapat dari hasil uji *One Way* ANOVA, dilanjutkan dengan uji Post Hoc Tukey untuk mengetahui perbedaan antar semua stasiun penelitian.

Data yang telah diuji lanjut menggunakan uji Post Hoc Tukey memperoleh hasil perbandingan antara stasiun 1 dengan stasiun 2 diperoleh nilai signifikansi $0,927 > 0,05$, selanjutnya antar stasiun 1 dengan stasiun 3 diperoleh nilai signifikansi $0,953 > 0,05$, dan stasiun 1 dengan stasiun 4 diperoleh nilai signifikansi $0,332 > 0,05$. Hasil perbandingan antara stasiun 2 dengan stasiun 3 diperoleh nilai signifikansi $0,687 > 0,05$, selanjutnya antar stasiun 2 dengan stasiun 4 diperoleh nilai signifikansi $0,149 > 0,05$. Hasil perbandingan antara stasiun 3 dengan stasiun 4 diperoleh nilai signifikansi $0,585 > 0,05$. Berdasarkan hasil uji Post Hoc Tukey yang telah dilakukan perolehan nilai di seluruh perbandingan antar stasiunnya sama-sama memiliki nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05 yang memiliki arti bahwa satu stasiun dengan stasiun lainnya tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hasil uji Post Hoc Tukey secara rincinya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Perolehan hasil uji lanjut Post Hoc Tukey yang telah dilakukan sesuai dengan Anderson *et al.* (2017) bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan terkait kelimpahan mikroplastik antar stasiun penelitian. Perbedaan yang tidak signifikan dapat disebabkan karena karakteristik lokasi penelitian yang merupakan sistem

perairan lentik. Menurut Dimenta dkk. (2020) perairan dengan sistem lentik memiliki ciri air yang menggenang. Hal tersebut diduga dapat menyebabkan sampah plastik yang menjadi sumber dari mikroplastik yang masuk ke dalam waduk akan menempati atau berada di seluruh wilayah waduk.

Sampah plastik yang ditemukan di setiap stasiun yaitu sampah botol plastik, sehingga diduga sampah tersebut merupakan sumber dari mikroplastik tipe *fragment*. Pernyataan tersebut sesuai dengan Wijayanti dkk. (2021) bahwa tipe *fragment* dapat berasal dari hasil fragmentasi atau pecahan plastik yang lebih besar seperti botol plastik. Selain itu, aktivitas penangkapan ikan di waduk masih menggunakan produk yang berbahan plastik seperti jaring. Produk plastik yang berupa jaring tersebut diduga menjadi sumber dari kontaminasi mikroplastik tipe *fiber*. Hal ini sesuai dengan Ramadhani (2019) bahwa tipe mikroplastik *fiber* dapat bersumber dari jaring atau jala dan tali pancing. Menurut Pertiwi *et al.* (2022) bahwa partikel mikroplastik dapat ditemukan di seluruh stasiun penelitian dikarenakan mikroplastik dapat terbawa oleh arus air dari satu wilayah ke wilayah lainnya.

Hasil uji parameter kualitas air yang mencakup DO, TSS, suhu, dan pH yang dilakukan di seluruh stasiun mendapatkan hasil yakni pada stasiun 1 diperoleh DO berkisar 4,9- 6,24 mg/L, stasiun 2 diperoleh DO berkisar 5,33-11,4 mg/L, stasiun 3 diperoleh DO berkisar 5,4-6,2 mg/L, dan stasiun 4 diperoleh DO berkisar 5,5-6 mg/L. Hasil TSS pada stasiun 1 berkisar 4,7-8,5 mg/L, stasiun 2 diperoleh TSS berkisar 4,2-11,2 mg/L, stasiun 3 diperoleh TSS berkisar 4,9-5,5 mg/L, stasiun 4 diperoleh TSS berkisar 5,4-5,5 mg/L. Hasil suhu pada stasiun 1 berkisar 31,1°-31,7°C, stasiun 2 diperoleh suhu berkisar 31,5°-32°C, stasiun 3

diperoleh suhu berkisar 31,5°-31,8°C, stasiun 4 diperoleh suhu berkisar 31,2°-31,9°C. Hasil pH pada stasiun 1 berkisar 7,29-7,36, stasiun 2 diperoleh pH berkisar 7-7,26, stasiun 3 diperoleh pH berkisar 7,08-7,52, stasiun 4 diperoleh pH berkisar 7,05-7,79. Hasil uji parameter kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4.2.

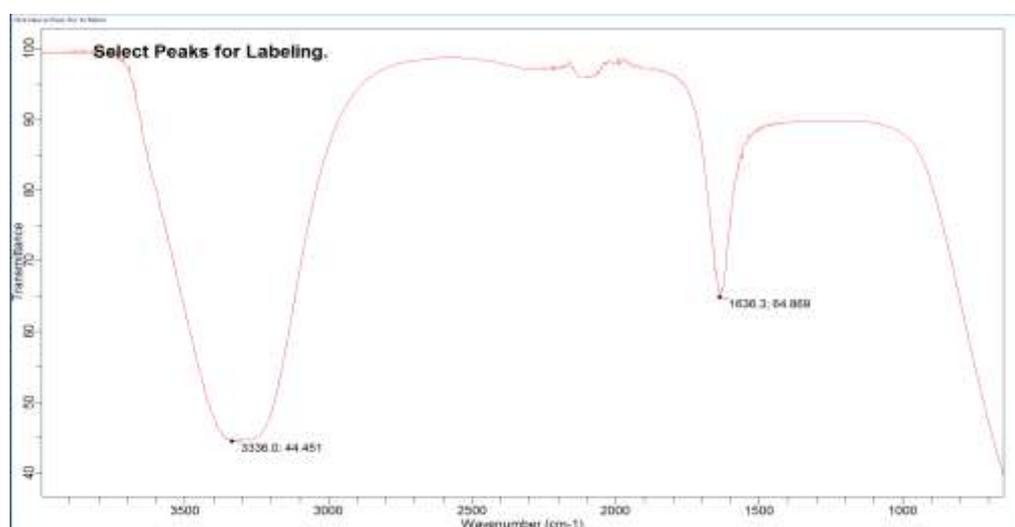
Tabel 4.2 Hasil uji parameter kualitas air Waduk Gondang

| Stasiun | Parameter Kualitas Air | | | |
|---------|------------------------|---------------|--------------|-----------|
| | DO | TSS | Suhu | pH |
| 1 | 4,9- 6,24 mg/L | 4,7-8,5 mg/L | 31,1°-31,7°C | 7,29-7,36 |
| 2 | 5,33-11,4 mg/L | 4,2-11,2 mg/L | 31,5°-32°C | 7-7,26 |
| 3 | 5,4-6,2 mg/L | 4,9-5,5 mg/L | 31,5°-31,8°C | 7,08-7,52 |
| 4 | 5,5-6 mg/L | 5,4-5,5 mg/L | 31,2°-31,9°C | 7,05-7,79 |

Hasil uji parameter kualitas air dihubungkan dengan kelimpahan mikroplastik yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan kualitas air dengan kelimpahan mikroplastik. Pada penelitian ini menggunakan uji korelasi pearson untuk mengetahui korelasi kualitas air dengan kelimpahan mikroplastik. Berdasarkan hasil uji korelasi pearson pada masing-masing parameter kualitas air dengan kelimpahan mikroplastik tidak didapatkan korelasi signifikan dikarenakan dari seluruh uji diperoleh nilai signifikansi $> 0,05$ yang tertera pada Lampiran 5. Hal itu diduga dapat terjadi dikarenakan terbentuknya mikroplastik pada lingkungan dengan melalui proses degradasi dan fragmentasi berlangsung dalam kurun waktu yang sangat lama (Fachrul & Rinanti., 2018), sehingga dalam mengamati parameter kualitas air yang dihubungkan dengan kelimpahan mikroplastik tidak cukup hanya dilakukan dalam kurun waktu yang singkat perlu dilakukan monitoring dengan jangka waktu yang lebih lama.

4.3 Jenis Polimer Mikroplastik

Mikroplastik pada sampel air waduk yang telah melalui uji FTIR menghasilkan panjang puncak gelombang yang mengandung sebanyak 2 jenis polimer (Gambar 4.4). Serapan panjang gelombang polimer plastik dari hasil uji FTIR tersebut kemudian dicocokkan dengan panjang gelombang polimer yang terdapat pada literatur yang telah ditentukan. Panjang gelombang dari satu jenis polimer yang ditemukan dapat memiliki gugus fungsi yang berbeda-beda (Tabel 4.3).



Gambar 4.4 Hasil uji FTIR pada sampel air Waduk Gondang

Tabel 4.3 Panjang gelombang dan jenis polimer mikroplastik pada sampel air Waduk Gondang

| No | Panjang Gelombang (cm ⁻¹) | Literatur | Gugus Fungsi | Jenis Polimer Plastik |
|----|---------------------------------------|--|--------------|---|
| 1 | 3336 | 3345-3325 cm ⁻¹ (Coates, 2000) | N-H stretch | Nylon Polyamides (Jung <i>et al.</i> , 2018) |
| 2 | 1636 | 1650-1550 cm ⁻¹ (Kristianingrum, 2016) | C=C | LDPE (Otake <i>et al.</i> , 1955) |

Polimer mikroplastik yang terdapat pada sampel air waduk berdasarkan tabel 4.3 di atas yaitu menemukan 2 polimer yaitu *Nylon polyamides* dengan panjang gelombang 3336 cm^{-1} dan LDPE dengan panjang gelombang 1636 cm^{-1} . Polimer *Nylon* merupakan nama yang umum digunakan untuk plastik jenis termoplastik yang tergabung dalam kelas poliamida. Poliamida itu sendiri umumnya dikenal sebagai bahan yang digunakan dalam pembentukan atau pembuatan serat (Vojdani & Giti, 2015). Menurut Apipah dkk. (2018) polimer *nylon* ini umumnya digunakan dalam pembuatan bulu sikat gigi dan juga berbagai jenis produk yang berbahan dasar *nylon* seperti tali dan pakaian. Hal itu diperkuat oleh Nuzula (2022) bahwa polimer *nylon polyamide* biasanya digunakan dalam bahan sintesis seperti alat tangkap ikan yang digunakan nelayan berupa jala dan tali pancing. Polimer *polyamide* diduga dapat memberikan efek paparan buruk pada insang kerang yang dapat menyebabkan menurunnya antioksidan *gluthatione* yang berakibat pada terjadinya stres oksidatif pada kerang. Pada bivalvia, insang memiliki peran sebagai pernafasan dan makan, serta jaringan pertama yang bersentuhan dengan stressor. Aktivitas enzim katalase di insang akan menurun jika organisme terpapar polimer *polyamide* (Rodrigues *et al.*, 2022).

Polimer LDPE adalah sejenis termoplastik yang dapat dipanaskan dan dicetak berulang kali. LDPE memiliki karakteristik yaitu salah satunya fleksibel. Hal itu dapat dikarenakan LDPE memiliki polimer penyusun yakni monomer rantai cabang sehingga *Polyethylene* yang dihasilkan pada polimer satu ini terbilang fleksibel dan lunak. LDPE memiliki sifat lain yaitu mudah untuk didaur ulang, tahan terhadap bahan kimia, tahan retak dan kuat (Gumulya dkk., 2020). LDPE menjadi polimer dalam pembuatan bahan yang berkaitan dengan

wadah makanan dan juga botol. LDPE menjadi salah satu polimer yang termasuk ke dalam bentuk *fragment* (Jung *et al.*, 2018). Penelitian yang telah dilakukan oleh Rochman *et al.* (2013) pada spesies ikan *Oryzias latipes* memberikan informasi hasil bahwa kontaminasi polimer LDPE dapat memberikan efek paparan buruk terhadap biota ikan yang diduga dapat menyebabkan stres, pembentukan tumor, penipisan glikogen, vakuolasi lemak, dan nekrosis seluler yang terjadi pada hati.

4.4 Keberadaan Mikroplastik dalam Prekpektif Islam

Manusia memiliki kewajiban sebagai khalifah yang memiliki tugas tetap untuk mengelola dan menjaga lingkungan. Alam sebenarnya memiliki mekanisme perbaikan diri, yang disebut sebagai *self purification*. Proses ini dapat terhambat karena disebabkan oleh perubahan alam yang berlebihan. Manusia memiliki tuntutan untuk selalu menjaga dan bertanggung jawab atas apa yang dilakukannya terhadap alam. Dalam hal kontaminasi wilayah perairan telah ditegaskan dalam Q.S. al-Waqiah [56]: 68-70:

أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ (٦٨) ءَأَنْتُمْ أَنْزَلْتُمُوهُ مِنَ الْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ الْمُنزِلُونَ (٦٩) لَوْ نَشَاءُ جَعَلْنَاهُ أُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ (٧٠)

Artinya: “Pernahkah kamu memperhatikan air yang kamu minum? Kamukah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkan? Sekiranya Kami menghendaki, niscaya Kami menjadikannya asin, mengapa kamu tidak bersyukur?”.

Menurut tim tafsir ilmi Q.S al-Waqiah ayat 68-70 tersebut mengisyaratkan bahwa air asin yang dimaksudkan bermakna bahwa air yang sudah tercampur dengan bahan atau larutan lain dapat diartikan air tersebut sudah tidak dapat

dipergunakan dan berfungsi sebagaimana air bersih semestinya. Adanya zat atau bahan terlarut dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kontaminasi pada perairan. Hal ini juga sejalan dengan keberadaan mikroplastik yang berpotensi atau mengkhawatirkan akan mengganggu dan menurunkan kualitas perairan. Kualitas perairan yang terganggu dapat berdampak pada ekosistem perairan menjadi tidak seimbang sehingga dapat mempengaruhi kehidupan organisme atau biota yang ada di dalamnya.

Zat atau bahan terlarut yang masuk ke perairan yang dapat mengotori atau mengkontaminasi sumber air dapat dicegah seperti yang disampaikan Rasulullah SAW dalam hadits riwayat Abu Daud, Ahmad, dan Ibnu Majah berikut:

اتَّقُوا الْمَلَأَ عَنِ الثَّلَاثَةِ الْبَرَازَ فِي الْمَوَارِدِ وَقَارِعَةَ الطَّرِيقِ وَالظِّلَّ

Artinya: “*Jauhilah tiga macam perbuatan yang dilaknat ; buang air besar di sumber air, ditengah jalan, dan di bawah pohon yang teduh.*”

Selain itu, Rasulullah SAW juga bersabda dalam hadits riwayat Al-Bukhari berikut:

أَلَّا يُؤَلَّنَ أَحَدُكُمْ فِي الْمَاءِ الدَّائِمِ الَّذِي لَا يَجْرِي ، ثُمَّ يَغْتَسِلُ فِيهِ

Artinya: “*Janganlah salah seorang dari kalian kencing di air yang diam yang tidak mengalir, kemudian mandi disana.*”

Kontaminasi perairan pada zaman sekarang tidaklah hanya pada buang hajat manusia, namun masih banyak ancaman zat atau bahan yang dapat mengkontaminasi maupun mencemari lingkungan perairan seperti sampah, limbah industri dan domestik serta zat atau bahan lainnya. Berdasarkan hadits yang telah dijelaskan di atas, Rasulullah SAW melarang keras bagi para manusia yang melakukan tindakan yang dapat merugikan lingkungan khususnya perairan.

Perilaku-perilaku tersebut dapat menjadi salah satu penyebab potensi yang dapat mengganggu atau menurunkannya suatu kualitas perairan.

Perbuatan-perbuatan manusia dalam hal membuang sampah serta lainnya yang dapat mencemari dan berdampak negatif terhadap lingkungan perairan serta organisme di dalamnya. Perbuatan yang dilakukan oleh manusia tersebut dapat berakibat pada kemunculan partikel plastik dengan ukuran < 5 mm yang umumnya disebut mikroplastik. Partikel mikroplastik yang berada di perairan dapat membahayakan organisme di dalamnya, seperti mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh organisme perairan berpotensi dapat mengakibatkan produksi enzim menjadi terhambat, rusaknya saluran pencernaan, menurunnya kadar dari hormon steroid, reproduksi menjadi terganggu, menurunnya laju pertumbuhan, serta dapat menyebabkan lebih banyak paparan zat aditif sehingga bersifat toksik (Labibah & Triajie, 2020). Oleh karena itu, Islam melarang agar manusia tidak melakukan hal-hal yang berdampak kepada rusaknya suatu lingkungan dan ekosistem yang ada di dalamnya khususnya lingkungan perairan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian “Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan di Waduk Gondang Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan adalah sebagai berikut:

1. Tipe mikroplastik yang ditemukan pada sampel air di seluruh stasiun penelitian yaitu tipe *fiber* dan *fragment*.
2. Kelimpahan rata-rata mikroplastik yang diperoleh pada sampel air tertinggi terdapat pada stasiun 2 sebanyak 583,67 partikel/m³, kemudian disusul pada stasiun 1 sebanyak 556,67 partikel/m³, selanjutnya stasiun 3 sebanyak 506,67 partikel/m³, dan yang terakhir pada stasiun 4 sebanyak 413,33 partikel/m³.
3. Jenis polimer mikroplastik yang ditemukan pada sampel air yaitu *Nylon polyamides* dan Low Density Polyethylene (LDPE).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian lanjutan terkait identifikasi tipe mikroplastik pada biota air di Waduk Gondang diperlukan untuk mengetahui apakah ada mikroplastik yang mengkontaminasi biota yang berada di perairan Waduk Gondang.
2. Penelitian lanjutan terkait perhitungan kelimpahan mikroplastik di kedalaman yang berbeda diperlukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan kelimpahan mikroplastik di kedalaman yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianisa, R. D. 2020. Penurunan Logam Fe Pada Pengolahan Lumpur Limbah Menggunakan Cacing *Lumbriculus* sp. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*. 12(2): 110-120.
- Akbar, Iqbal Fakhtur. 2021. Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan Waduk Selorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ambarsari, D. A., & Anggiani, M. 2022. Kajian Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Wilayah Indonesia. *OSEANA*. 47(1): 20-28.
- Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F. 2020. Preliminary Investigation on the Type and Distribution of Microplastics in the West Coast of Karimun Besar Island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 430: 1–9.
- Anam, C., Firdausi, K. S., & Sirojudin, S. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10(1): 79-85.
- Anderson, P. J., Warrack, S., Langen, V., Challis, J. K., Hanson, M. L., & Rennie, M. D. 2017. Microplastic contamination in lake Winnipeg, Canada. *Environmental pollution*. 225: 223-231.
- Apipah, E.R., Irmansyah., Juansyah, J. 2018. Sintesis dan Karakteristik Membran Nilon yang Berasal dari Limbah Benang. *Jurnal Biofisika*. 10(1): 8-18.
- Arwini, Ni Putu Decy. "Sampah Plastik Dan Upaya Pengurangan Timbulan Sampah Plastik." *Jurnal Ilmiah Vastuwidya* 5.1 (2022): 72-82.
- Aspi, A., Malino, M., & Lapanporo, B. P. 2013. Analisis Data Spektrum Spektroskopi FT-IR Untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin. *Prisma Fisika*. 1(2): 92-96.
- Asy-Syaukani. 2011. *Tafsir Fathul Qadir (Tahqiq Sayyid Ibrahim) Jilid V*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Ayuningtyas, W. C., Yona, D., Julinda, S.H., Iranawati, F. 2019. Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuwangi, Gresik, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 3(1): 41-45.
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. 2020. Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*. 9(3): 326-332.
- Badaruddin, B. & Yana, S. 2017. Pengelolaan Limbah Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Pencemaran Lingkungan Melalui Transformasi Yang Memiliki Nilai Tambah Ekonomi. *Jurnal Serambi Engineering*. 2(4): 157-164.
- Bai'un, N. H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. 2021. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan Di Ekosistem Mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*. 5(2): 227-238.
- Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWSBS). 2022.
- Bergman, M., Gutow, L., & Klages, M. 2015. *Marine Anthropogenic Litter*. New York: Springer Cham Heidelberg.

- Browne, Mark A., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science and Technology*. 44(9): 3404-3409.
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. 2020. A Detailed Review Study On Potential Effects Of Microplastics And Additives of Concern on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(4): 1212.
- Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. 2018. Trophic Transfer of Microplastics and Mixed Contaminants In The Marine Food Web And Implications For Human Health. *Environment International*. 115: 400-409.
- Coates, John. 2000. Interpretation of Infrared Spectra, a Practical Approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 10815-10837
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway TS: Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ Sci Technol* 2013. 47:6646–6655.
- Cunningham, E. M., & Sigwart, J. D. 2019. Environmentally Accurate Microplastic Levels And Their Absence From Exposure Studies. *Integrative and comparative biology*. 59(6): 1485-1496.
- DeBreving, Z. M., & Rompas, R. J. 2013. Kualitas Fisika-Kimia Air di Areal Budidaya Desa Kaima, Eris dan Toulimembet, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. *e-Journal Budidaya Perairan*. 1(2): 38-42.
- Dimenta, R. H., Agustina, R., Machrizal, R., Khairul, K. Kualitas Sungai Bilah Berdasarkan Biodiversitas Fitoplankton Kabupaten Labuhanbatu, Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 11(2).
- Duis, K., & Coors, A. 2016. Microplastics In The Aquatic And Terrestrial Environment: Sources (With A Specific Focus On Personal Care Products), Fate and Effects. *Environmental Sciences Europe*. 28(1): 1-25.
- Ebere, E. C., Wirnkor, V. A., Ngozi, V. E., & Chukwuemeka, I. S. 2019. Macrodebris And Microplastics Pollution In Nigeria: First Report On Abundance, Distribution and Composition. *Environmental Health and Toxicology*. 34(4).
- Edy, M., Budijono, B., Hasbi, M. 2021. Identifikasi Mikroplastik pada Kolom Air di Waduk Plta Koto Panjang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Berkala Perikanan Terubuk*. 49(3): 1353-1362.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., & Reisser, J. 2014. Plastic Pollution In The World's Oceans: More Than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing Over 250,000 Tons Afloat At Sea. *PLoS one*. 9(12).
- Espiritu, E. Q., Dayrit, S. A., O. Coronel., A. S., C. Paz., N. S., L. Ronquillo. P. I. 2019. Assessment of Quantity and Quality of Microplastics in the Sediments, Waters, Oysters, and Selected Fish Species in Key Sites Along the Bombong Estuary and the Coastal Waters of Ticalan in San Juan, Batangas. *Philippine Journal of Science*. 148 (4): 789-801.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. 2018. Bioremediasi Pencemar Mikroplastik Di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous. In *Seminar Nasional Kota Berkelanjutan*. 302-312.
- Fachrul, M. F., Rinanti, A., Tazkiaturrizki, T., Agustria, A., & Naswadi, D. A. 2021. Degradasi Mikroplastik Pada Ekosistem Perairan Oleh Bakteri Kultur

- Campuran *Clostridium* Sp. Dan *Thiobacillus* Sp. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*. 6(2).
- Fauziah, S. M., & Laily, A. N. 2015. Identifikasi mikroalga dari divisi chlorophyta di waduk sumber air jaya dusun krevet Kecamatan Bululawang Kabupaten Malang. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*. 8(1).
- Fitria, S. N., Anggraeni, V., Abida, I. W., & Junaedi, A. S. 2021. Identifikasi mikroplastik pada gastropoda dan udang di Sungai Brantas. *Environmental Pollution Journal*. 1(2).
- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., & Gerdts, G. 2018. *Standardised Protocol For Monitoring Microplastics In Sediments*. Deliverable 4.2.
- Gasperi, J., Dris, R., Bonin, T., Rocher, V., & Tassin, B. 2014. Assessment Of Floating Plastic Debris In Surface Water Along The Seine River. *Environmental pollution*. 195.
- Gumulya, D., Febriyanti, F., & Meilani, F. 2020. Mendaur ulang sampah kantong plastik Low Density Polyethylene menjadi produk fungsional. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*. 3(7).
- Hamid, S. F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. 2018. Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? *Waste Management and Research*. 36(10): 873–897.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., & Maury, H. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 16(1).
- Handerson and Green. 2020. Making Sense of Microplastics? Public Understandings Of Plastic Pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 152.
- Hartulistiyoso, E., Sigiyo, F. A., & Yulianto, M. 2015. Temperature Distribution Of The Plastics Pyrolysis Process To Produce Fuel At 450°C. *Procedia Environmental Sciences*. 28.
- Hastuti., Yuliasanda F., Wardiatno Y. 2014. Distribusi Spasial Sampah Laut Di Ekosistem Mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands*. 4(2).
- Hermabessiere, L., Dehaut, A., Paul-Pont, I., Lacroix, C., Jezequel, R., Soudant, P., & Duflos, G. 2017. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: a review. *Chemosphere*, 182, 781-793.
- Hidalgo-Ruz, V. Gutow, L. Thompson, R. C. & Thiel, M. 2012. Microplastics In The Marine Environment: A Review Of The Methods Used For Identification And Quantification. *Environmental Science & Technology*. 46(6).
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P., & Mulyani, P. G. 2019. Kondisi Sampah Mikroplastik Di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang Dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Prosiding semnas masy biodiv indon*. 5(2).
- <https://beritajatim.com/peristiwa/tim-ekspedisi-susur-bengawan-solo-temukan-pencemaran-industri-dan-sampah/>. Diakses pada tanggal 5 Mei 2023.
- Huang, J. N., Wen, B., Zhu, J. G., Zhang, Y. S., Gao, J. Z., & Chen, Z. Z. 2020. Exposure To Microplastics Impairs Digestive Performance, Stimulates Immune Response and Induces Microbiota Dysbiosis In The Gut of

Juvenile Guppy (*Poecilia reticulata*). *Science of The Total Environment*. 733. 138929.

- Ibrahim, A., Imroatusshoolikhah, I., Toruan, R. L., Akhdiana, I., & Lukman, L. 2020. Komunitas makroinvertebrata bentik di perairan Situ Cibuntu, Jawa Barat. *Depik*. 9(3).
- Issac, M. N., & Kandasubramanian, B. 2021. Effect of microplastics in water and aquatic systems. *Environmental Science and Pollution Research*. 28.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., & Law, K. L. 2015. Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean. *Science*. 347(6223).
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez, V., Beers, K. L., Balazs, G. H., ... & Lynch, J. M. 2018. Validation Of ATR FT-IR To Identify Polymers Of Plastic Marine Debris, Including Those Ingested By Marine Organisms. *Marine Pollution Bulletin*. 127.
- Kamajaya, G. Y., Putra, I D. N. N., Putra, I N. G. 2021. Analisis Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Berdasarkan Citra Landsat 8 Menggunakan Tiga Algoritma Berbeda Di Perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 7(1).
- Kamaruddin, H., Patittingi, F., Assidiq, H., Bachril, S. N., & Al Mukarramah, N. H. 2022. Legal aspect of plastic waste management in Indonesia and Malaysia: Addressing marine plastic debris. *Sustainability*. 14(12).
- Karuniastuti, N. 2013. Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*. 3(1).
- Kataoka, T., Nihei, Y., Kudou, K., & Hinata, H. 2019. Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. *Environmental Pollution*. 244: 958–965.
- Koelmans, A. A. 2015. *Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review*. Marine anthropogenic litter. 309-324.
- Kristianingrum, S. 2016. *Handout Spektroskopi Infra Merah*. 1(1).
- Krisyanti., Situmeang, I. V., Priliantini, A. 2020. Pengaruh Kampanye# Pantangplastik Terhadap Sikap Ramah Lingkungan (survei pada pengikut Instagram@ GreenpeaceID). *Jurnal Komunika: Jurnal Komunikasi, Media dan Informatika*. 9(1).
- Kulsum, U. 2015. Perkembangan Waduk Gondang Sebagai Obyek Wisata Tahun 1987-2004. *Avatara*. 3(2).
- Kurniasari, A. D., Purnomo, N. H., & SP, M. S. 2016. Kajian Geografis Obyek Wisata Waduk Gondang Di Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan. *Swara Bhumi*. 3(3)
- Labibah, W., & Triajie, H. 2020. Keberadaan Mikroplastik pada Ikan Swanggi (*Priacanthus tayenus*), Sedimen dan Air Laut di Perairan Pesisir Brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. 1(3).
- Laporan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Tahun 2019, 2020, 2021. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>. Diakses pada tanggal 3 Mei 2023.

- Laporan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Tahun 2019, 2020, 2021. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>. Diakses pada tanggal 3 Mei 2023.
- Lee KW, Shim WJ, Kwon OY, Kang JH: Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Environ Sci Technol* 2013, 47:11278–11283
- Lensun, M., & Tumembouw, S. S. 2013. Tingkat Pencemaran Air sungai Tondano di Kelurahan Ternate Baru Kota Manado. *E-Journal Budidaya Perairan*. 1(2).
- Lenz, R., Enders, K., Beer, S., Sørensen, T. K., Stedmon, C. A., & Reeh, L. 2016. Analysis Of Microplastic In The Stomachs Of Herring And Cod From The North Sea And Baltic Sea. *DTU Aqua National Institute of Aquatic Resources*. 12(1).
- Lolodo, D., & Nugraha, W. A. 2019. Mikroplastik Pada Bulu Babi Dari Rataan Terumbu Pulau Gili Labak Sumenep. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 12(2).
- Luo, T., Zhang, Y., Wang, C., Wang, X., Zhou, J., Shen, M., Zhao, Y., Fu, Z., & Jin, Y. 2019. Maternal exposure to different sizes of polystyrene microplastics during gestation causes metabolic disorders in their offspring. *Environmental Pollution*. 255: 113122.
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendozal, J. 2017. Microplastics In Fisheries And Aquaculture: Status Of Knowledge On Their Occurrence And Implications For Aquatic Organisms And Food Safety. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. Vol. 615
- Madyawan, D., Hendrawan, I. G., & Suteja, Y. 2020. Pemodelan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 6(2).
- Makmun, N. 2019. *Sahabat Sampah: Alam Bersahabat, Hidup Menjadi Nyaman*. Jakarta: Bhuana Ilmu Populer.
- Manalu, A. A. 2017. Kelimpahan Mikroplastik di Teluk Jakarta. *Doctoral dissertation*. Bogor Agricultural University (IPB).
- Maniagasi, R., Tumembouw, S. S., & Mudeng, Y. 2013. Analisis kualitas fisika kimia air di areal budidaya ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. *E-Journal Budidaya Perairan*. 1(2).
- 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 Hukum Lingkungan*. 6(2).
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. 2015. *Laboratory Methods For The Analysis Of Microplastics In The Marine Environment: Recommendations For Quantifying Synthetic Particles In Water And Sediments*. USA: National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA).
- Mauludy, M. S., Yunanto, A., Yona, D. 2019. Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Perikanan*. 21(2).
- Mayagitha, K. A., & Rudiyaniti, S. 2014. Status Kualitas Perairan Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan Ditinjau Dari Konsentrasi TSS, BOD5, COD Dan Struktur Komunitas Fitoplankton. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 3(1).

- Meme, F. K., Arimoro, F. O., & Nwadukwe, F. O. 2014. Analyses of Physical And Chemical Parameters In Surface Waters Nearby A Cement Factory In North Central, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*. 5(10).
- Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., & Rahman, M. A. 2017. *Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Membrane characterization*.
- Moore, C. J. 2008. Synthetic Polymers In The Marine Environment: A Rapidly Increasing, Long-Term Threat. *Environmental research*. 108(2).
- Mourgkogiannis, N., Kalavrouziotis, I. K., & Karapanagioti, H. K. 2018. Questionnaire-Based Survey To Managers Of 101 Wastewater Treatment Plants In Greece Confirms Their Potential As Plastic Marine Litter Sources. *Marine Pollution Bulletin*. 133.
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. 2019. How To Read And Interpret FTIR Spectroscopy Of Organic Material. *Indonesian Journal of Science and Technology*. 4(1).
- Nor, N. H. M., & Obbard, J. P. 2014. Microplastics In Singapore's Coastal Mangrove Ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. 79(1-2).
- Nugroho, D. H., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. 2018. Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 1(1): 80-88.
- Nurruhwati, I., Zahidah, Z., & Sahidin, A. 2017. Kelimpahan Plankton di Waduk Cirata Provinsi Jawa Barat. *Akuatika Indonesia*. 2(2).
- Nuzula, F. F. 2022. Identifikasi Kandungan Mikroplastik Pada Jeroan Ikan Di Tpi Mina Bahari. Identifikasi Kandungan mikroplastik pada Jeroan Ikan fi TPI Mins. *Skripsi*. Program Studi Teknolng Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Otake, Y., Kobayashi, T., Asabe, H., Murakami, N. Biodegradation of Low-Density Polyethylene, Polystyrene, Polyvinyl Chloride, and Urea Formaldehyde Resin Buried Under Soil for Over 32 Years. 1955. *Journal of Applied Polymer Science*. 56.
- Pertiwi, P. R., Mahmudi, M., Pramudia, Z., & Kurniawan, A. 2022. Analysis of Microplastics in Water and Biofilm Matrices in Lahor Reservoirs, East Java, Indonesia. *The Journal of Experimental Life Sciences*. 12(2).
- Phuong, N. N., Zalouk-Vergnoux, A., Poirier, L., Kamari, A., Châtel, A., Mouneyrac, C., & Lagarde, F. 2016. Is There Any Consistency Between The Microplastics Found In The Field And Those Used In Laboratory Experiments?. *Environmental pollution*. 211.
- Prasetyo, Dimas. 2020. Pencemaran Mikroplastik Menggunakan Sepia pharaonis di Pasar Pelelangan Ikan Muara Angke. *Skripsi*. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Pratama, R. A. 2016. Perilaku Masyarakat dalam Membuang Sampah di Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Kecamatan Pontianak Barat Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 4(1).
- Purwaningrum. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan. *JTL*. 8(2).
- Pushan, Z. A., Rahman, E., Islam, N., & Aich, N. 2022. A critical review of the emerging research on the detection and assessment of microplastics

- pollution in the coastal, marine, and urban Bangladesh. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*.16(10).
- Putri, S.E. 2021. Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik pada Biota (Ikan) di Perairan Pantai Sendangbiru Malang. *Skripsi*. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Qiu, R., Song, Y., Zhang, X., Xie, B., & He, D. 2020. Microplastics in Urban Environments: Sources, Pathways, and Distribution. *Handbook of Environmental Chemistry*. 95.
- Rahmadhani, F. 2019. Identifikasi dan Analisis Kandungan Mikroplastik pada Ikan Pelagis dan Demersal serta Sedimen dan Air Laut di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Doctoral dissertation*. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Rakesh, P., Charmi, P., & Rajesh. K. S. 2014. Quantitative Analytical Applications of FTIR Spectroscopy in Pharmaceutical. *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*. 4(2).
- Ramadan, A. H., & Sembiring, E. 2020. Occurrence of Microplastic in surface water of Jatiluhur Reservoir. In *E3S Web of Conferences*. 148.
- Ramadhani, Fitrah. 2019. Identifikasi Dan Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Ikan Pelagis Dan Demersal Serta Sedimen Dan Air Laut Di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Skripsi*. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Rebelein, A., Int-Veen, I., Kammann, U., & Scharsack, J. P. 2021. Microplastic fibers underestimated threat to aquatic organisms?. *Science of the Total Environment*. 777: 146045.
- Rizqyah, A. 2014. *Faktor Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Penurunan Jumlah Pengunjung Waduk Gondang Kabupaten Lamongan*. Surabaya: Unesa.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. 2013. Ingested Plastic Transfers Hazardous Chemicals To Fish And Induces Hepatic Stress. *Scientific reports*. 3(1).
- Rodrigues, F. G., Vieira, H. C., Campos, D., Pires, S. F., Rodrigues, A. C., Silva, A. L., ... & Bordalo, M. D. 2022. Co-Exposure with an Invasive Seaweed Exudate Increases Toxicity of Polyamide Microplastics in the Marine Mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Toxics*. 10(2): 43.
- Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., & Fossi, M. C. 2015. First Evidence of Presence Of Plastic Debris In Stomach of Large Pelagic Fish In The Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 95(1).
- Sa'diyah, A., & Trihadiningrum, Y. 2021. Kajian fragmentasi low density polyethylene akibat radiasi sinar ultraviolet dan kecepatan aliran air. *Jurnal Teknik ITS*. 9(2). C34-C40.
- Safitri, H. F. D., & Sari, Y. P. 2021. Studi Komparasi Metode 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pengolahan Sampah Di Indonesia. In *Prosiding University Research Colloquium* (pp. 552-558).
- Sahwan, F. L. 2004. Strategi pengelolaan sampah di kawasan Kepulauan Seribu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(1).
- Sanjaya, R. E. & Iriani, R. 2018. Kualitas Air Sungai Di Desa Tanipah (Gambut Pantai) Kalimantan Selatan. *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 5(1).

- Sarasita, D., Yunanto, A., & Yona, D. 2020. Kandungan Mikroplastik pada Empat Jenis Ikan Ekonomis Penting di Perairan Selat Bali. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 20(1).
- Sari K. 2018. Keberadaan Mikroplastik Pada Hewan Filter Feeder Di Padang Lamun Kepulauan Spermonde Kota Makassar. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makassar..
- Septian, F.M., Purba, N.P., Agung, M.U.K., Yuliadi, L.P.S., Akuan, L.F., Mulyani, P.G., 2018. Sebaran spasial mikroplastik di sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *J. Geomaritim Indones*. 1(1).
- Shaleh, F. R., & Rahayu, A. P. 2018. Daya Dukung Perikanan Alami Di Waduk Gondang Kabupaten Lamongan. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 2(2).
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al Misbah, Pesan, Kesan dan Keserasian Al Quran Volume VI*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sidjabat, F. M. 2021. Pendidikan Lingkungan bertema “Microplastic and Marine Pollution Awareness” di Sekolah Adiwiyata Nasional: SMAN 1 Cikarang Pusat, Cikarang, Jawa Barat. *ACADEMICS IN ACTION Journal of Community Empowerment*. 3(1).
- Simatupang, I., Fatonah, S., & Iriani, D. 2015. Pemanfaatan Kiambang (*Salvinia molesta* D. Mitch) untuk Fitoremediasi Limbah Organik Pulp dan Karats. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 2(1).
- Soeriaatmadja, R., Nugrahadi, G., Ariani, A. 2022. Peningkatan Kreativitas Masyarakat Dalam Memanfaatkan Mainan Plastik Bekas Sebagai Elemen Estetis Pada Produk Berbahan Limbah Kayu. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*. 8(2).
- Su, Y., Zhang, Z., Wu, D., Zhan, L., Shi, H., & Xie, B. 2019. Occurrence Of Microplastics In Landfill Systems And Their Fate With Landfill Age. *Water research*. 164.114968.
- Sugiyono, 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syachbudi, R.R. 2020. Identifikasi Keberadaan dan Bentuk Mikroplastik pada Air dan Ikan di Sungai Code, D.I Yogyakarta. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Tanaka, K., & Takada, H. 2016. Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific reports*. 6(1).
- Tibbetts, J., Krause, S., Lynch, I., & Sambrook Smith, G. H. 2018. Abundance, distribution, and drivers of microplastic contamination in urban river environments. *Water*. 10(11): 1597.
- Trisunaryanti, W. 2018. *Dari Sampah Plastik Menjadi Bensin Solar*. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Ulah, R., Li, H., & Zhu, YM. 2014. Terahertz and FTIR Spectroscopy of Bisphenol A. *Journal of Molecular Structure*. 1059.
- Umar, M. 2018. Potensi Ekowisata Bahari Pada Pulau-Pulau Kecil Di Halmahera Selatan. *Jurnal Geografi*. 10(2).

- Undap, S. L., Pangkey, H., & Pangemanan, N. P. 2018. Analisis Fisika-Kimia Kualitas Air Perairan Banoi Kecamatan Likupang Barat, Sulawesi Utara. *e-Journal Budidaya Perairan*. 6(3).
- 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).
- Vieira, D. C. D. M., & Salgado, H. R. N. 2012. Development And Validation Of The Quantitative Analysis Of Cefuroxime Sodium In Powder For Injection By Infrared Spectroscopy. *Advances in Analytical Chemistry*. 2(6).
- Vojdani, M., & Giti, R. 2015. Polyamide as a Denture Base Material: A Literature Review. *Journal of Dentistry*. 16(1).
- Wagner, M., & Lambert, S. 2018. *Freshwater Microplastics - The Handbook of Environmental Chemistry* 58. 302.
- Wahyudi, J., Hermain, T.P., Arieyanti, D. A. 2018. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang*. 14(1).
- Watts, A. J., Urbina, M. A., Corr, S., Lewis, C., & Galloway, T. S. 2015. Ingestion Of Plastic Microfibers By The Crab *Carcinus Maenas* And Its Effect On Food Consumption And Energy Balance. *Environmental science & technology*. 49(24): 14597-14604.
- Widianarko, Y. Budi & Hantoro, Inneke 2018. *Mikroplastik Dalam Seafood Dari Pantai Utara Jawa*. Semarang: Penerbit Universitas Katolik Soegijapranata.
- Widyastuty, A. A. S. A., & Fanani, M. B. Y. 2022. Pengembangan Kawasan Wisata Waduk Gondang Berbasis Faktor Minat Masyarakat. *Jurnal Plano Buana*. 3(1).
- Wijayanti, D. A., Susanto, C. A. Z., Chandra, A. B., & Zainuri, M. 2021. Identifikasi Mikroplastik pada Sedimen dan Bivalvia Sungai Brantas. *Environmental Pollution Journal*. 1(2).
- Woodall, Lucy C., Anna Sanchez-Vidal, Miquel Canals, Gordon L.J. Paterson, Rachel Coppock, Victoria Sleight, Antonio Calafat, Alex D. Rogers, Bhavani E. Narayanaswamy, and Richard C. Thompson. 2014. The Deep Sea Is a Major Sink for Microplastic Debris. *Royal Society Open Science*. 1(4).
- Yolla., Fauzi, M., Sumiarsih, E. 2020. Jenis dan Kepadatan Mikroplastik Di Sedimen Pantai Desa Naras Hilir Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Marine UNRI*.
- 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*. Malang: UB Press.
- Yulis, P. A. R. 2018. Analisis kadar logam merkuri (Hg) dan (Pb) air Sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin (PETI). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*. 2(1).
- 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).
- Zhang, K. & Xiong, X. 2018. Microplastic pollution in inland waters focusing on Asia. In *Freshwater microplastics* (pp. 85-99). Springer, Cham.

- Zhao, J., Ran, W., Teng, J., Liu, Y., Liu, H., Yin, X., Cao R., & Wang, Q. 2018. Microplastic Pollution in Sediments from The Bohai Sea and The Yellow Sea, China. *Sci. Total Environ.* 640-641.
- Zhukov, A. 2017. The Distribution, Abundance And Characteristics Of Plastic Debris Along The Coast Of Grândola, Portugal. *Thesis*. Degree Programme in Sustainable Coastal Management Raseborg Novia University of Applied Sciences.
- Zientika, Z., Amin, B., & Yoswaty, D. 2021. Relationship Between Microplastics Abundance and Sediment Organic Content in Dumai Coastal Waters. *Journal of Coastal and Ocean Sciences.* 2(3).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik

| Inlet 1 | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | Jumlah |
| Fiber | 48 | 52 | 57 | 157 |
| Fragment | 6 | 0 | 4 | 10 |
| | | | | |
| Inlet 2 | | | | |
| | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | Jumlah |
| Fiber | 45 | 58 | 66 | 169 |
| Fragment | 4 | 2 | 1 | 7 |
| | | | | |
| Midlet | | | | |
| | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | Jumlah |
| Fiber | 42 | 48 | 54 | 144 |
| Fragment | 4 | 2 | 2 | 8 |
| | | | | |
| Outlet | | | | |
| | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | Jumlah |
| Fiber | 25 | 53 | 44 | 122 |
| Fragment | 1 | 0 | 1 | 2 |

| Data Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel Air | | |
|--|---------------------|----------------------------------|
| Stasiun | Jumlah Mikroplastik | Kelimpahan Total |
| <i>Inlet 1</i> | 167 partikel | 556.6667 partikel/m ³ |
| <i>Inlet 2</i> | 176 partikel | 586.6667 partikel/m ³ |
| <i>Midlet</i> | 152 partikel | 506.6667 partikel/m ³ |
| <i>Outlet</i> | 124 partikel | 413.3333 partikel/m ³ |

Lampiran 2. Kondisi Lokasi Penelitian

Kondisi Sampah yang terdapat di Perairan



Pemasangan Jaring di Lokasi Penelitian



Aktivitas Masyarakat di Sekitar Lokasi Penelitian



Lampiran 3. Dokumentasi Prosedur Penelitian



LST (*Long Stick Taliban*)



Nylon filter 400 mesh



Pengambilan sampel air



Preparasi sampel mikroplastik



Proses *waterbath* mikroplastik



Penyaringan sampel yang sudah di *waterbath*



Pemberian NaCl untuk menurunkan sampel ke cawan petri untuk diidentifikasi



Identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop stereo

Lampiran 4. Uji *One Way* ANOVA dan Post Hoc Tukey

Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Kelimpahan |
|----------------------------------|----------------|---------------------|
| N | | 12 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | 512.5833 |
| | Std. Deviation | 99.87306 |
| Most Extreme Differences | Absolute | .182 |
| | Positive | .116 |
| | Negative | -.182 |
| Test Statistic | | .182 |
| 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.

Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

| | | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------|--------------------------------------|------------------|-----|-------|------|
| Kelimpahan | Based on Mean | 2.549 | 3 | 8 | .129 |
| | Based on Median | .923 | 3 | 8 | .472 |
| | Based on Median and with adjusted df | .923 | 3 | 3.846 | .509 |
| | Based on trimmed mean | 2.407 | 3 | 8 | .143 |

One Way ANOVA

ANOVA

Kelimpahan

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Between Groups | 48760.250 | 3 | 16253.417 | 2.133 | .174 |
| Within Groups | 60960.667 | 8 | 7620.083 | | |
| Total | 109720.917 | 11 | | | |

Post Hoc Tukey

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kelimpahan

Tukey HSD

| (I) Stasiun | (J) Stasiun | Mean | | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|-------------|-------------|------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | Difference (I-J) | Std. Error | | Lower Bound | Upper Bound |
| Inlet 1 | Inlet 2 | -43.33333 | 71.27451 | .927 | -271.5794 | 184.9127 |
| | Midlet | 36.66667 | 71.27451 | .953 | -191.5794 | 264.9127 |
| | Outlet | 129.66667 | 71.27451 | .332 | -98.5794 | 357.9127 |
| Inlet 2 | Inlet 1 | 43.33333 | 71.27451 | .927 | -184.9127 | 271.5794 |
| | Midlet | 80.00000 | 71.27451 | .687 | -148.2461 | 308.2461 |
| | Outlet | 173.00000 | 71.27451 | .149 | -55.2461 | 401.2461 |
| Midlet | Inlet 1 | -36.66667 | 71.27451 | .953 | -264.9127 | 191.5794 |
| | Inlet 2 | -80.00000 | 71.27451 | .687 | -308.2461 | 148.2461 |
| | Outlet | 93.00000 | 71.27451 | .585 | -135.2461 | 321.2461 |
| Outlet | Inlet 1 | -129.66667 | 71.27451 | .332 | -357.9127 | 98.5794 |
| | Inlet 2 | -173.00000 | 71.27451 | .149 | -401.2461 | 55.2461 |
| | Midlet | -93.00000 | 71.27451 | .585 | -321.2461 | 135.2461 |

Lampiran 5. Korelasi Pearson

Korelasi pH dengan Kelimpahan mikroplastik

Correlations

| | | pH | Kelimpahan |
|------------|---------------------|------|------------|
| pH | Pearson Correlation | 1 | .219 |
| | Sig. (2-tailed) | | .494 |
| | N | 12 | 12 |
| Kelimpahan | Pearson Correlation | .219 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .494 | |
| | N | 12 | 12 |

Korelasi suhu dengan Kelimpahan mikroplastik

Correlations

| | | Suhu | Kelimpahan |
|------------|---------------------|------|------------|
| Suhu | Pearson Correlation | 1 | .178 |
| | Sig. (2-tailed) | | .579 |
| | N | 12 | 12 |
| Kelimpahan | Pearson Correlation | .178 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .579 | |
| | N | 12 | 12 |

Korelasi DO dengan Kelimpahan mikroplastik

Correlations

| | | DO | Kelimpahan |
|------------|---------------------|------|------------|
| DO | Pearson Correlation | 1 | .476 |
| | Sig. (2-tailed) | | .118 |
| | N | 12 | 12 |
| Kelimpahan | Pearson Correlation | .476 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .118 | |
| | N | 12 | 12 |

Korelasi TSS dengan Kelimpahan mikroplastik

Correlations

| | | TSS | Kelimpahan |
|------------|---------------------|------|------------|
| TSS | Pearson Correlation | 1 | .156 |
| | Sig. (2-tailed) | | .629 |
| | N | 12 | 12 |
| Kelimpahan | Pearson Correlation | .156 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .629 | |
| | N | 12 | 12 |



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 : Mochammad Faa'is Murtadho
NIM : 19620079
Judul : Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan di Waduk
Gondang Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan

| No | Tim Check plagiasi | Skor Plagiasi | TTD |
|----|--|---------------|-----|
| 1 | Azizatur Rohmah, M.Sc | | |
| 2 | Berry Fakhry Hanifa, M.Sc | 23% | |
| 3 | Bayu Agung Prahardika, M.Si | | |
| 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) 851334, Fax (0341) 572533 Website
http://www.uin-malang.ac.id Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

: 19620079
: MOCHAMMAD FAA'IS MURTADHIO
: SAINS DAN TEKNOLOGI
: BIOLOGI
: TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc.
: Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, M.A
: IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA PERAIRAN DI WADUK GONDANG
KECAMATAN SUGIO KABUPATEN LAMONGAN

IDENTITAS BIMBINGAN

| Tanggal Bimbingan | Nama Pembimbing | Deskripsi Proses Bimbingan | Tahun Akademik | Status |
|-------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------|
| 11 November 2022 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Konsultasi Judul Skripsi | Ganjil 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 07 Desember 2022 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Konsultasi BAB 1 | Ganjil 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 30 Desember 2022 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Konsultasi BAB 1, 2 dan 3 | Ganjil 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 02 Januari 2023 | Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, M.A | Konsultasi Integrasi Sains dan Islam | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 05 Januari 2023 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Lanjutan Konsultasi Keseluruhan Proposal Skripsi | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 05 Januari 2023 | Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, M.A | ACC Integrasi Sains dan Islam | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 09 Januari 2023 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | ACC Proposal Skripsi | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 29 Mei 2023 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Konsultasi BAB 1 dan 4 | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 31 Mei 2023 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Konsultasi BAB 1, 3, dan 4 | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 31 Mei 2023 | Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, M.A | Konsultasi Integrasi Sains dan Islam | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 05 Juni 2023 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5 | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 06 Juni 2023 | Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, M.A | ACC BAB 1-5 | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |
| 07 Juni 2023 | TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc | ACC BAB 1-5 | Genap 2022/2023 | Sudah Dikoreksi |

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

UMAIIYATUS SYARIFAH, M.A

Malang

Dosen Pembimbing 1

TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, S.Pd., M.Sc

