

**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
SALURAN PENCERNAAN IKAN TONGKOL LISONG (*Auxis rochei*)
DARI TELUK PRIGI KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**Oleh:
NINDIA SUKMA TRIVANTIRA
NIM. 18620089**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
SALURAN PENCERNAAN IKAN TONGKOL LISONG (*Auxis rochei*)
DARI TELUK PRIGI KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**Oleh:
NINDIA SUKMA TRIVANTIRA
NIM. 18620089**

**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
2022**

**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
SALURAN PENCERNAAN IKAN TONGKOL LISONG (*Auxis rochei*)
DARI TELUK PRIGI KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:
NINDIA SUKMA TRIVANTIRA
NIM. 18620089

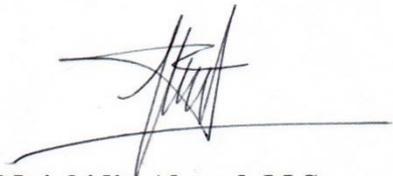
telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 05 Desember 2022

Pembimbing I



Fitriyah, M.Si
NIP. 19860725 201903 2-013

Pembimbing II



Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 19860512 201903 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi



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

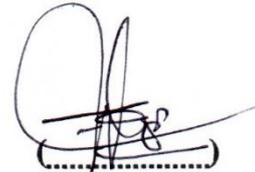
**IDENTIFIKASI TIPE DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
SALURAN PENCERNAAN IKAN TONGKOL LISONG (*Auxis rochei*)
DARI TELUK PRIGI KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:
NINDIA SUKMA TRIVANTIRA
NIM. 18620089

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 12 Desember 2022

Ketua Penguji : Dr. Kiptiyah, M.Si.
NIP. 19731005 200212 2 003



Anggota Penguji 1 : Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si.
NIP. 19870522 20180201 1 232



Anggota Penguji 2 : Fitriyah, M.Si
NIP. 19860725 201903 2 013



Anggota Penguji 3 : Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 19860512 201903 1 002



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* karena telah mencurahkan nikmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan dan penelitian skripsi saya. Sholawat serta salam saya panjatkan kepada Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wa sallam* karena telah menjadi suri tauladan bagi umatnya.

Tulisan ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua saya, Bapak Sugianto (Alm) dan Ibu Warsi yang selalu menyayangi saya dengan sepenuh hati, yang senantiasa memberikan dukungan, baik dalam bentuk motivasi, jasa, maupun do'a yang selalu dipanjatkan dalam setiap hembusan nafasnya.

Ketiga kakak saya, Purnomo, Puryanti, dan Siswanto serta kedua keponakan yang saya sayangi, Cahyo Nugroho Adi Prayitno dan Sekar Dyah Ayu Ramadani yang turut membantu, memberikan semangat, dan do'a dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Ibu Fitriyah dan Bapak Mujahidin selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan banyak masukan dan saran dalam penelitian saya.

Sahabat-sahabat saya, Mahda Nurdiana, Irsyadillah Faqih, Tania Arifka Anggi Pratiwi, Ilvi Nurdiana, Annisa Nuzulul Karomah, Chofifah Alfin Noviyanti, Nindi Febrianti, Fitri Sinta Nuriya, dan kelima anggota *star* yang selalu memberikan kata-kata penyemangat dan membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Teman sebangunan saya, Ajeng Titis Pujasari dan Nur Halimah Zair yang senantiasa mengarahkan, mendukung, membantu dan menemani saya sampai sampai proses penyusunan skripsi ini selesai.

Teman-teman Biologi Angkatan 2018 (Booster) dan teman-teman yang ada di kelas D, saya mengucapkan banyak terima kasih atas segala kenangan, motivasi, bantuan, dan pelajaran berharganya.

Seluruh karyawan, masyarakat dan nelayan yang ada di Prigi yang telah membantu dan memudahkan penelitian saya.

Seluruh member NCT, EXO, dan keluarga SM *Entertainment*, terutama Lee Haechan, Lee Minhyung, Lee Jen0, Jung Jaehyun, dan Park Chanyeol. Saya mengucapkan terima kasih karena telah membantu mengembalikan semangat saya dan senantiasa menghibur serta memberikan motivasi untuk selalu berusaha semaksimal mungkin.

Begitu pula seluruh pihak yang belum saya sebutkan satu persatu, saya mengucapkan terima kasih telah membantu dan menemani saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah senantiasa melimpahi rahmat, barakah, dan hidayahnya kepada kita semua.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”

- QS. Al-Insyirah [96]: 6-8

“The possibility of all those possibilities being possible is just another possibility that could possibly happen”.

- Mark Lee

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nindia Sukma Trivantira
NIM : 18620089
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek Jawa Timur

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, 05 Desember 2022
Yang membuat pernyataan,



Nindia Sukma Trivantira
NIM. 18620089

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 Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek Jawa Timur

Nindia Sukma Trivantira, Fitriyah, Mujahidin Ahmad

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

ABSTRAK

Pencemaran mikroplastik menjadi isu lingkungan yang beberapa tahun belakangan mulai banyak mendapat perhatian. Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran lebih kecil dari 5 mm. Ukurannya yang kecil menyebabkan mikroplastik dikhawatirkan akan ditelan oleh zooplankton hingga ke trofik yang lebih tinggi dan mengganggu jaring-jaring makanan. Ikan menjadi salah satu organisme yang dapat menelan mikroplastik. Hal ini dibuktikan adanya beberapa penelitian yang dilakukan di saluran pencernaan ikan sebagai hasil dari aktivitas makan. Teluk Prigi termasuk wisata bahari yang berada di Kabupaten Trenggalek dengan sektor perikanan tangkap yang cukup potensial dan memiliki daya saing di Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui tipe dan kelimpahan mikroplastik dalam saluran pencernaan ikan tongkol lisong yang didapatkan dari area Teluk Prigi. Penentuan lokasi pengambilan sampel ikan menggunakan metode *purposive sampling* pada tiga stasiun yaitu stasiun satu (Muara Prigi), stasiun dua (Pantai Damas), stasiun tiga (Pintu Masuk Teluk Prigi). Penelitian dilakukan sebanyak dua kali ulangan. Sampel ikan dipreparasi dengan menambahkan larutan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml dan lima tetes $Fe(II)$ 0,05 M, kemudian dilakukan proses *flotasi* dengan $NaCl$ 0,9% dan diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo perbesaran 40 \times . Hasil identifikasi sampel menunjukkan adanya potensi cemaran mikroplastik yang diperoleh dari Teluk Prigi dengan tipe fragmen, film, dan fiber. Total kelimpahan mikroplastik yang diuji pada 90 sampel pencernaan memiliki nilai sebesar 35,16 partikel/individu, dimana Muara Prigi (stasiun satu) menjadi stasiun yang kelimpahan mikroplastiknya paling tinggi yaitu 14,33 partikel/individu. Jenis polimer plastik pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong yang diuji menggunakan FTIR meliputi *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl chloride* (PVC), *nylon* (*poliamide*, *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), dan *Polystyrene* (PS).

Kata Kunci: FTIR, kelimpahan, mikroplastik, saluran pencernaan, tipe

Identification of Microplastic Types and Abundance in Digestive Tracts of Bullet Tuna (*Auxis rochei*) from Prigi Bay, Trenggalek Regency, East Java

Nindia Sukma Trivantira, Fitriyah, Mujahidin Ahmad

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

ABSTRACT

Microplastic pollution is an environmental issue that has received a lot of attention in recent years. Microplastics are plastic particles smaller than 5 mm. Their small size causes concern that microplastics will be ingested by zooplankton up to a higher trophic level and disrupt food webs. Fish is one of the organisms that can ingest microplastics. This is evidenced by the existence of several studies conducted on the digestive tract of fish as a result of feeding activity. Prigi Bay is one of the maritime tourism areas in Trenggalek Regency with a capture fisheries sector that is quite potential and competitive in East Java. This research was conducted to know the type and abundance of microplastics in the digestive tract of bullet tuna obtained from the Prigi Bay area. Determination of fish sampling locations using purposive sampling method at three stations, namely station one (Prigi Estuary), station two (Damas Beach), and station three (Entrance of Prigi Bay). The research was conducted in two repetitions. Fish samples were prepared by adding 20 ml of 30% H₂O₂ solution and five drops of 0.05 M Fe(II), then a flotation process was carried out with 0.9% NaCl and identified using a 40x magnification stereo microscope. The results of the identification of the samples showed the potential for microplastic contamination obtained from Prigi Bay with the types of fragments, films, and fibers. The total abundance of microplastics tested on 90 digestion samples had a value of 35.16 particles/ind, and Muara Prigi (station one) was the station with the highest abundance of microplastics, namely 14.33 particles/ind. Types of plastic polymers in the digestive tract samples of bullet tuna tested using FTIR included High-Density Polyethylene (HDPE), Polyvinyl chloride (PVC), nylon (polyamide, Polyethylene Terephthalate (PET), Polypropylene (PP), and Polystyrene (PS).

Keywords: FTIR, abundance, microplastics, digestive tract, type

تعيين أنواع ميكروبلستيك ووفرتة على الجهاز الهضمي لتونة ليسونج (*Auxis rochei*) في خليج فريكي، بمقاطعة ترينغالك، جاوى الشرقية

نينديا سوكما تريفانتيرا، فطرية، مجاهدين أحمد

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

ملخص البحث

يعد تلوث ميكروبلستيك مشكلة بيئية حظيت باهتمام كبير في السنوات الأخيرة. ميكروبلستيك عبارة عن جزيئات بلاستيكية أصغر من 5 mm. يسبب صغر حجمها مخاوف من أن تبتلع العوالق الحيوانية اللدائن الدقيقة إلى مستوى تغذوي أعلى وتعطيل شبكات الغذاء. الأسماك هي واحدة من الكائنات الحية التي يمكن أن تبتلع اللدائن الدقيقة. يتضح هذا من خلال وجود العديد من الدراسات التي أجريت على الجهاز الهضمي للأسماك نتيجة لنشاط التغذية. خليج فريكي هي واحدة من مناطق السياحة البحرية في بمقاطعة ترينغالك مع قطاع مصايد الأسماك الطبيعية التي تتمتع بإمكانيات كبيرة وتنافسية في جاوى الشرقية. تم إجراء هذا البحث بهدف معرفة أنواع ميكروبلستيك ووفرتة في الجهاز الهضمي لتونة ليسونج المحسولة من منطقة خليج فريكي. تحديد مواقع أخذ عينات الأسماك باستخدام طريقة *purposive sampling* في ثلاث محطات وهي المحطة الأولى (مصب فريكي) والمحطة الثانية (شاطئ البحر داماس) والمحطة الثالثة (مدخل خليج فريكي). تم إجراء البحث على مرتين. تحضير عينات الأسماك يعمل بإضافة 20 م ل من محلول H_2O_2 بتركيز 30% وخمس قطرات من $0,05 M Fe (II)$ ، إجراء التعويم باستخدام $NaCl$ بتركيز 0,9%. وتم التعرف عليه باستخدام مجهر ستريو بالتكبير 40x. أظهرت النتائج أنّ في عينات الجهاز الهضمي المحصول من خليج فريكي، ميكروبلستيك بنوع *film, fragmen* و *fiber*. أما وفرة ميكروبلستيك التي قد وُجِدَ في 90 عينات تبلغ إلى 35,16 جسيمًا، حيث كانت مصب فريكي (المحطة الأولى) هي المحطة التي تحتوي على أعلى وفرة من جسيمات ميكروبلستيك، أي 14,33 جسيمًا. تشمل أنواع البوليمرات البلاستيكية في عينات الجهاز الهضمي من تونة ليسونج التي تم اختبارها باستخدام FTIR منها HDPE, PVC, النيلون, PET, PP, و PS.

الكلمات الأساسية: FTIR، الوفرة، ميكروبلستيك، الجهاز الهضمي، النوع

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan hikmah dan nikmat-Nya, hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek Jawa Timur”. Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan tulisan tidak lepas dari bimbingan dan arahan berbagai pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin MA. selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, 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. Fitriyah, M.Si dan Mujahidin Ahmad, M.Sc selaku Dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing dan memberi arahan selama penyusunan skripsi.
5. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku Dosen wali yang telah membimbing dan memberi masukan pada penulis.
6. Dr. Kiptiyah, M.Si dan Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si selaku Dosen penguji yang telah bersedia memberikan masukan dan saran yang membangun kepada penulis.
7. Seluruh dosen, staf, dan laboran di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu dalam melancarkan penulisan skripsi.
8. Orang tua, kakak, dan dua keponakan penulis yang telah memberikan segala macam bentuk dukungan dan doa.
9. Teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam proses penyusunan skripsi.

10. Semua pihak dan teman-teman yang telah membantu baik secara materi, fisik dan moral dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulisan skripsi ini dilakukan dengan cermat dan berhati-hati, akan tetapi apabila terdapat kekurangan, penulis mengharapkan dan menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Wassalamualaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Malang, 05 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ملخص البحث.....	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian.....	10
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
1.5 Batasan Masalah.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Permasalahan Lingkungan Menurut Perspektif Islam.....	13
2.2 Plastik dan Potensi Cemarannya.....	18
2.2.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Plastik.....	18
2.2.2 Potensi Cemaran Plastik.....	24
2.3 Mikroplastik	26
2.3.1 Pengertian, Sumber dan Tipe Mikroplastik.....	26
2.3.2 Proses Degradasi dan Dampak Mikroplastik	35
2.4 Ikan Tongkol Lisong (<i>Auxis rochei</i>).....	40
2.4.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	40
2.4.2 Habitat dan Distribusi.....	42
2.5 Spektroskopi FTIR	44
2.6 Kondisi Umum dan Potensi Perikanan Teluk Prigi.....	46
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	49
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	49
3.3 Alat dan Bahan	49
3.3.1 Alat	49
3.3.2 Bahan.....	50
3.4 Prosedur Penelitian.....	50

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel.....	50
3.4.2 Pengambilan Sampel	53
3.4.3 Pengujian Sampel Mikroplastik	54
3.5 Identifikasi Mikroplastik	55
3.6 Analisis Data	55
3.7 Analisis Spektroskopi FTIR	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Identifikasi Ikan Tongkol Lisong (<i>Auxis rochei</i>)	57
4.2 Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek.....	59
4.3 Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek	65
4.4 Jenis Polimer Plastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek	71
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Kategori mikroplastik berdasarkan bentuknya.....	34
2.2. Ringkasan morfologi <i>Auxis rochei</i> dan <i>Auxis thazard</i>	44
3.1 Titik koordinat dan keterangan lokasi pengambilan sampel.....	53
4.1 Jumlah mikroplastik di seluruh stasiun pengambilan sampel.....	66
4.2 Jenis polimer pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Ringkasan tujuh jenis plastik	23
2.2. Sumber mikroplastik	27
2.3. Mikroplastik tipe fiber	30
2.4. Mikroplastik tipe fragmen.....	31
2.5. Mikroplastik tipe film	32
2.6. Mikroplastik tipe granul.....	33
2.7. Mikroplastik tipe foam.....	34
2.8. Proses Degradasi Plastik	35
2.9. Alur masuknya mikroplastik ke organisme	38
2.10. Ikan tongkol lisong.....	41
2.11. Ikan tongkol krai (atas) dan ikan tongkol lisong (bawah).....	43
2.12. Wilayah spektrum Mid Infrared (MIR).....	46
3.1. Peta Provinsi Jawa Timur	51
3.2. Peta Kabupaten Trenggalek	51
3.3. Peta pengambilan sampel tiap stasiun.....	52
3.4. Foto lokasi pengambilan sampel tiap stasiun.....	52
4.1. Ikan tongkol lisong (<i>Auxis rochei</i>).....	58
4.2. Tipe mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong	60
4.3. Mikroplastik tipe fragmen.....	61
4.4. Mikroplastik tipe film	62
4.5. Mikroplastik tipe fiber	63
4.6. Persentase tipe mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong ..	66
4.7. Jumlah mikroplastik tiap stasiun.....	66
4.8. Kelimpahan mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong di Teluk Prigi	69
4.9. Hasil uji FTIR sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong	73

DAFTAR LAMPIRAN

1. Data Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (<i>Auxis rochei</i>) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek.....	97
2. Data Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi.....	100
3. Gambar Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi.....	101
4. Dokumentasi Penelitian	103
5. Hasil Uji FTIR	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan istilah luas yang digunakan untuk menggambarkan polimer sintetik (makromolekul organik yang terdiri dari beberapa unit monomer) yang terbentuk melalui polimerisasi. Berdasarkan ukurannya, plastik dikategorikan menjadi beberapa bentuk, yakni nanopartikel, mikroplastik, mesoplastik, dan makroplastik atau megaplastik (Oladejo, 2017). Setelah Perang Dunia II, produksi plastik dan pembuatan barang-barang berbahan dasar plastik mengalami peningkatan pesat karena popularitasnya sebagai polimer yang lentur dan mudah dibentuk dapat menggantikan hasil alam seperti kayu, logam, tulang, batu, gading, dan tanduk (Hamid *et al.*, 2018). Plastik sampai saat ini masih menjadi bahan penting dalam kehidupan sehari-hari karena eksistensinya di berbagai tempat. Sebagian besar barang yang ada di sekitar manusia menggunakan plastik sebagai bahan bakunya, seperti perlengkapan rumah tangga, peralatan elektronik, dan peralatan kantor (Kamsiati *et al.*, 2017). Plastik juga berkontribusi sebagai alat pengemasan dalam industri pangan dan alat aseptik medis sekali pakai yang menjamin tingginya tingkat higienisan, sehingga lazim jika plastik dibutuhkan dalam jumlah besar (Almroth & Eggert, 2019).

Ketergantungan pada polimer plastik sangat sulit dihindari karena plastik telah meringankan berbagai aktivitas manusia. Pembuatan plastik yang relatif murah dan harganya yang terjangkau mengakibatkan plastik ditemukan dalam beraneka ragam sifat dan bentuk yang berbeda di pasaran. Beberapa keuntungan yang diperoleh dari adanya plastik menyebabkan industri memproduksi material

ini secara besar-besaran. Akan tetapi, penggunaan plastik secara berlebihan dapat menimbulkan resiko setelah habis masa pakainya. Fakta bahwa plastik bersifat kuat dan tahan lama menyebabkan material ini tetap berada di lingkungan selama beberapa dekade (Portolés, 2020). Kondisi ini jelas mencemari bumi dan menyebabkan banyak kerusakan pada ekosistem karena plastik memerlukan waktu yang lama untuk terurai.

Akibat dari produksi dan penggunaan plastik yang semakin meningkat dari tahun ke tahun mengakibatkan jumlah sampah yang dihasilkan mencemari daratan, sungai, pantai dan lautan. Sampah plastik yang masuk ke wilayah lautan dalam data yang dikemukakan Jambeck *et al.*, (2015) berjumlah 4,8 sampai 12,7 juta ton, dimana Indonesia menjadi penyumbang pencemaran plastik pada posisi ke-2 setelah China dari 192 negara di dunia. Sampah ini banyak berasal dari kegiatan manusia di daratan dan terus diperkirakan akan mengalami peningkatan sebesar 50 – 250 ton pada 2025. Data publikasi Dinas Kebersihan Kota menunjukkan bahwa sampah anorganik (termasuk plastik) yang dihasilkan Indonesia mencapai 12.831,9 ton pada 2020 (Badan Pusat Statistik, 2021). Rahmayani & Aminah (2021) juga mengemukakan bahwa sekitar 322 juta ton sampah plastik telah ditemukan mencemari laut Indonesia.

Sampah plastik menjadi salah satu sumber bahaya bagi kelestarian ekosistem. Sekitar lebih dari 690 organisme di berbagai tingkat trofik rantai makanan yang ada di perairan, saluran pencernaannya sudah terkontaminasi oleh sampah plastik mulai dari ukuran makro sampai nano (Mardiyana & Kristiningsih, 2020). Ramadan & Sembiring (2020) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa jenis polimer plastik yang banyak ditemukan

mengontaminasi perairan adalah PP (*Polypropylene*) dan PE (*Polyethylene*). Dua jenis polimer ini juga ditemukan mendominasi permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote sebagai indikasi bahwa kantong plastik dan kemasan makanan banyak diproduksi hingga terakumulasi di perairan (Hiwari *et al.*, 2019). Banyak metode analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi komposisi polimer sampah plastik, termasuk diantaranya adalah metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*). FTIR merupakan teknik spektroskopi getaran yang digunakan untuk mengkarakterisasi berbagai jenis polimer. Metode ini banyak dimanfaatkan peneliti untuk mengidentifikasi semua gugus molekul dan fungsional yang ada dalam polimer plastik (Käppler *et al.*, 2016; Mecozzi *et al.*, 2016).

Sampah plastik baik dalam kondisi terapung maupun tenggelam di dasar sedimen dapat mengalami proses degradasi menjadi partikel-partikel berukuran kecil. Degradasi plastik ini mengakibatkan munculnya salah satu masalah baru bagi lingkungan yang dikenal dengan istilah mikroplastik (Lestari *et al.*, 2021). Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran lebih kecil dari 5 mm. Mikroplastik ditemukan dalam tipe, warna, dan ukuran yang bervariasi. Tipe mikroplastik meliputi *fiber*, *fragmen*, *film*, *foam*, dan *granul* (Harahap, 2021). Berdasarkan proses pembentukannya, mikroplastik berasal dari dua sumber, yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer diproduksi sebagai partikel kecil yang digunakan dalam industri kosmetik (berbentuk *microbeads*), serat-serat kain, atau industri kimia sebagai bahan untuk produk plastik lainnya. Sementara mikroplastik sekunder berasal dari degradasi makroplastik yang berada di

lingkungan karena proses fisik, kimia dan biologis seperti cahaya, oksigen, arus air dan organisme (Issac & Kandasubramanian, 2021; Viršek *et al.*, 2016).

Keberadaan mikroplastik tidak bisa diabaikan karena dapat menimbulkan potensi ancaman bagi lingkungan dan organisme yang hidup di perairan. Ukurannya yang kecil memungkinkan mikroplastik ditelan oleh zooplankton hingga ke trofik yang lebih tinggi dan menyebabkan terganggunya jaring-jaring makanan (*food web*) (Viršek *et al.*, 2016; Suryono, 2019). Partikel plastik yang tidak sengaja ditelan ini dapat mengakibatkan kerusakan fisik dan menghalangi sistem pencernaan organisme. Mikroplastik juga menimbulkan efek toksikologi karena adanya zat yang melekat pada plastik seperti zat penstabil, pewarna, *plasticizer*, *Persistent Organic Pollutant* (POPs) dan *Polychlorinated Biphenyls* (PCB). Kandungan plastik ini akan bermigrasi ke tubuh organisme dan meningkatkan paparan kontaminasi kimia hingga beresiko terhadap keamanan pangan (Baztan *et al.*, 2017). Setelah dicerna, mikroplastik dapat bertahan dalam jaringan organisme atau keluar melalui proses defekasi (Browne *et al.*, 2008). Kontaminasi mikroplastik yang terjadi secara terus menerus dikhawatirkan akan meningkatkan angka kematian organisme di perairan (Wijaya & Trihadiningrum, 2019).

Pencemaran mikroplastik menjadi topik bahasan ilmiah yang akhir-akhir ini sering mendapat perhatian. Meningkatnya akumulasi mikroplastik dalam beberapa penelitian mulai dari air laut, sedimen, air sungai, udara hingga organisme dikhawatirkan akan menimbulkan kerusakan yang lebih besar pada lingkungan (Alam & Rachmawati, 2020). Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an Surat ar-Rum ayat 41 bahwa kerusakan di muka bumi telah terjadi akibat ulah manusia dan

meskipun belum terlihat secara jelas, manusia akan mengetahui dan merasakan dampaknya (Eriyanto, 2019). Firman Allah SWT dalam Surat ar-Rum ayat 41 tersebut berbunyi:

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



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

Kerusakan di muka bumi baik di darat maupun perairan sudah banyak terlihat. Sebenarnya Allah SWT memberi kedudukan kepada manusia untuk menjalankan perannya sebagai khalifah yang *mushlih* (gemar memperindah dan memperbaiki). Akan tetapi seiring berjalannya waktu, kerusakan mulai banyak terjadi karena perbuatan yang diakibatkan oleh manusia sendiri (Hamka, 1989). Menurut Az-Zuhaili (2003a), kata الفساد diartikan sebagai kondisi yang kacau dan rusak sehingga menyebabkan banyaknya bencana alam. Kata البر artinya adalah bagian bumi yang kering, yaitu daratan. Sedangkan البحر artinya bagian bumi yang berair atau perairan. Ayat ini menunjukkan bahwa kerusakan dan kekacauan telah terjadi di daratan dan perairan akibat kezaliman dan pelanggaran terhadap sesuatu yang melanggar hak. Allah SWT membalas perbuatan manusia agar manusia insaf dan menyadari kesalahannya, lalu meninggalkan kesalahan tersebut.

Atha al-Khurasaniy memaknai البر dan البحر sebagai daratan dan lautan. Daratan adalah kota dan negeri-negeri, sedangkan lautan adalah pulau-pulau yang ada di air. Kedua hal ini adalah bagian penting penyusun bumi. Abu al-Aliyah dalam Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa perbuatan zalim di muka bumi sama halnya dengan berbuat kerusakan. Semakin meluasnya kezaliman dan kerusakan,

maka keberkahan dan kebaikan yang akan manusia dapat dari muka bumi ini semakin berkurang. Allah SWT menurunkan bencana sebagai bentuk peringatan kepada manusia agar lebih berhati-hati terhadap sesuatu yang dapat menyebabkan kerusakan. Melalui surat ar-Rum, hendaknya manusia sadar dan melakukan pertimbangan secara matang sebelum bertindak. Hal ini dikarenakan apapun bentuk kerusakan yang terjadi di bumi akan merusak keseimbangan yang terjadi di dalamnya (Al-Khalidi, 2017).

Sampah plastik dapat menjadi ancaman bagi kesehatan dan kelestarian lingkungan. Pemakaian plastik secara berlebihan termasuk salah satu pencemaran yang tanpa sadar sering dilakukan manusia. Kurangnya kesadaran terkait pengurangan penggunaan plastik akan menimbulkan kerusakan lingkungan, ditambah adanya salah satu partikel plastik dalam bentuk mikro dikhawatirkan akan membahayakan organisme. Cemaran mikroplastik diketahui telah tersebar di ekosistem terestrial dan akuatik. Tidak hanya muncul di dua ekosistem tersebut, mikroplastik juga ditemukan dalam tubuh organisme, salah satunya ikan (Rijal *et al.*, 2021).

Ikan menjadi salah satu dari sekian banyak bahan pangan yang sering dikonsumsi oleh manusia. Penelitian mikroplastik pada ikan telah dilakukan di beberapa perairan baik sungai, pantai maupun lautan. Adanya cemaran mikroplastik yang ditemukan dalam tubuh ikan mendorong peneliti di berbagai negara melakukan penelitian untuk memantau persebaran cemaran mikroplastik di perairan (Rijal *et al.*, 2021). Contoh beberapa penelitian pada ikan yang telah tercemar mikroplastik meliputi ikan swanggi (*Priacanthus tayenus*) di Perairan Pesisir Brondong Lamongan (Labibah & Triajie, 2020), ikan kembung

(*Rastrelliger* sp.) dan ikan selar (*Selaroides eptolepis*) di TPI Tambak Lorok Semarang dan TPI Tawang Rowosari Kendal (Senduk *et al.*, 2021), ikan bawis (*Siganus canaliculatus*) dan ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) di Perairan Bontang (Adisaputra *et al.*, 2019), ikan pindang di Bogor (Gunawan *et al.*, 2021) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) di Pelabuhan Perikanan Pulau Baai Kota Bengkulu (Purnama *et al.*, 2021).

Proses masuknya mikroplastik ke dalam tubuh ikan dapat terjadi melalui aktivitas makan. Ikan secara tidak sengaja menelan mikroplastik karena kesalahan dalam mengenali mangsa atau karena organisme yang dimangsanya sudah terpapar mikroplastik. Menurut pendapat Critchell & Hoogenboom (2018), ikan kesulitan untuk membedakan mikroplastik dengan mangsa normalnya, hal ini mengakibatkan mikroplastik lebih mudah dicerna oleh ikan daripada makroplastik. Ukuran mikroplastik yang kecil akan masuk bersamaan dengan makanan dan terakumulasi dalam organ ikan, termasuk diantaranya adalah saluran pencernaan dan insang. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran pencernaan ikan lebih banyak diteliti daripada insang. Hal ini dikarenakan saluran pencernaan menjadi tempat menumpuknya mikroplastik sebagai bagian dari aktivitas makan ikan (La Dia *et al.*, 2021; Yona *et al.*, 2020). Menurut pendapat Amelia *et al.* (2021), mikroplastik yang ada dalam saluran pencernaan dapat berpindah ke organ tubuh lain, seperti insang atau paru-paru, kemudian masuk ke sistem peredaran darah, hati, dan ginjal. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan struktural, komplikasi nutrisi atau pertumbuhan, dan stres fisiologis.

Teluk Prigi merupakan kawasan perikanan tangkap yang terletak di pantai selatan Pulau Jawa dilengkapi sebuah pelabuhan perikanan terbesar di Kabupaten

Trenggalek yang dikenal sebagai Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi. Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (PPN Prigi) termasuk salah satu wilayah dengan sektor perikanan tangkap yang cukup potensial dan memiliki daya saing di Jawa Timur (Sutjipto, 2018). Pelabuhan ini terletak di area Teluk Prigi yang berfungsi sebagai *fishing base* bagi nelayan setempat dilengkapi dengan dua Tempat Pendaratan Ikan (TPI) sebagai sarana prasarana penunjang kegiatan perikanan (Hariyanto, 2014). Hasil tangkapan nelayan Prigi yang banyak dikonsumsi dan didistribusikan kepada masyarakat baik dalam keadaan segar maupun hasil olahan didominasi oleh kelompok ikan pelagis (Enydasari, 2020).

Jenis-jenis ikan pelagis yang termasuk dalam hasil tangkapan antara lain tongkol como, tuna mata besar, tuna madidihang, marlin, cakalang, tongkol lisong, lemuru, kembung, alu-alu, dan banyak jenis lainnya. Selain itu, tidak sedikit pula ditemukan ikan demersal seperti kakap kuning, layur, swanggi, peperek, dan jenis demersal lain di Teluk Prigi. (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2021b). Berdasarkan publikasi sementara salah satu *website* PPN Prigi, ikan tongkol lisong atau *bullet tuna (Auxis rochei)* termasuk kelompok ikan pelagis dengan hasil tangkapan paling banyak dibandingkan dengan ikan lain, yaitu sebesar 71.359 kg pada 2022. Melimpahnya hasil tangkapan mengakibatkan ikan ini banyak dikonsumsi masyarakat dibandingkan dengan ikan lain. (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2021a, 2021b).

Teluk Prigi terletak berdekatan dengan pantai yang berfungsi sebagai wisata bahari. Beragamnya aktivitas yang dilakukan di pantai, PPN Prigi, tempat pendaratan ikan, dan pasar ikan dapat menimbulkan sumber pencemar yang signifikan di kawasan perairan (Suci *et al.*, 2020). Ditambah cakupan pelayanan

sampah yang diangkut ke Tempat Pembuangan Sampah (TPS) hanya sebesar 40%, masyarakat melakukan penimbunan juga pembuangan sampah ke sungai yang akhirnya mengalir dan bermuara di lautan (Widjajanti *et al.*, 2018). Menteri Kelautan dan Perikanan RI ketujuh yaitu Susi Pudjiastuti bersama ratusan masyarakat dan berbagai komunitas pecinta lingkungan melakukan pembersihan sampah di sekitar Teluk Prigi yang didominasi oleh plastik sebagai upaya untuk mengurangi pencemaran (Berita Jurnal, 2021). Kegiatan serupa dilakukan kembali pada September 2021 oleh Dinas Perikanan Kabupaten Trenggalek bersama Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur (Abidin, 2021). Akan tetapi dampak positif dari kegiatan ini tidak bertahan lama, plastik ditemukan kembali mencemari kawasan pesisir dan tidak sedikit yang mengapung di perairan. Pencemaran plastik ini dapat menjadi alasan melimpahnya keberadaan mikroplastik.

Kristanti (2020) telah melakukan penelitian mengenai kelimpahan mikroplastik pada sepuluh ekor ikan *Sardinella lemuru* di Perairan Prigi. Hasil dari penelitian ini adalah ditemukannya cemaran mikroplastik berupa fiber, *film* dan fragmen dengan kelimpahan sebesar 18,6 partikel/gr pada insang dan 12,46 partikel/gr pada lambung ikan. Kelimpahan mikroplastik pada perairan Prigi berasal dari banyaknya aliran sungai yang membawa bahan pencemar sisa aktivitas rumah tangga, aktivitas nelayan, juga plastik kemasan makanan dan botol minuman yang mengapung di perairan. Kontaminasi mikroplastik yang teridentifikasi pada ikan *Sardinella lemuru* memunculkan probabilitas kontaminasi pada ikan tangkapan lainnya. Didasari data tingginya tingkat tangkapan dan permintaan pasar terhadap ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*),

maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui tipe dan kelimpahan mikroplastik dalam saluran pencernaan ikan tongkol lisong yang didapatkan dari Teluk Prigi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Apa saja tipe mikroplastik yang ditemukan pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diperoleh dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek?
2. Berapa nilai kelimpahan mikroplastik pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diperoleh dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek?
3. Apa saja jenis polimer plastik yang terdapat dalam sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diperoleh dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mengetahui tipe mikroplastik yang ditemukan pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diperoleh dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek.
2. Mengetahui nilai kelimpahan mikroplastik pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diperoleh dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek.

3. Mengetahui jenis polimer plastik yang terdapat dalam sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diperoleh dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagi mahasiswa, yaitu dapat dijadikan sebagai sumber pengetahuan mengenai pencemaran mikroplastik.
2. Bagi peneliti, yaitu dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan untuk melakukan penelitian dengan tema mikroplastik, khususnya pada wilayah Perairan Prigi Kabupaten Trenggalek.
3. Bagi masyarakat, yaitu dapat dijadikan sebagai informasi terkait mikroplastik yang terkandung dalam ikan konsumsi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Sampel yang diamati berupa saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*).
2. Ikan yang diambil berukuran 20-30 cm. Ukuran ikan ini menyesuaikan dengan banyaknya ukuran ikan tongkol lisong hasil tangkapan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, berdasarkan pada data yang tertulis di Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (2021b).
3. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga stasiun yaitu muara Prigi, Pantai Damas, dan pintu masuk Teluk Prigi dengan dua kali pengulangan.

4. Identifikasi tipe mikroplastik dilakukan melalui pengamatan secara langsung di mikroskop stereo dan analisis jenis polimer plastik menggunakan metode spektroskopi FTIR.
5. Tipe mikroplastik yang diamati adalah fiber, fragmen, *film*, *foam*, dan granul mengacu pada Crawford & Quinn (2017).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permasalahan Lingkungan Menurut Perspektif Islam

Air merupakan unsur penting dalam kehidupan. Manusia, hewan, dan tumbuhan memerlukan air sebagai sumber energi, media pengangkut zat-zat makanan, dan alat untuk memenuhi kebutuhan lainnya (Sasongko *et al.*, 2014). Surat al-Anbiya' ayat 30 menjelaskan bahwa air menjadi asal-usul kehidupan semua makhluk hidup (adanya kehidupan diawali dari air dan dalam kelangsungan kehidupan juga bergantung pada air) (Kementerian Agama, 2015). Berikut bunyi firman Allah SWT dalam surat al-Anbiya' ayat 30:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ۖ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ۚ
أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: “Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?” (Q.S. Al-Anbiya' [21]: 30).

Firman Allah SWT yang berbunyi *وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ* mengandung arti “dan dari air kami jadikan segala sesuatu hidup” dipahami bahwa segala sesuatu yang hidup pasti berasal dari air dan membutuhkan air. Kelompok pengarang tafsir al-Muntakhab berpendapat bahwa kebenaran ayat ini telah dibuktikan berdasarkan penemuan lebih dari satu cabang ilmu pengetahuan. Ilmu tentang susunan dan fungsi sel (sitologi) menyatakan bahwa air merupakan komponen penting dalam pembentukan sel dan menjadi satu kesatuan pada makhluk hidup, baik hewan maupun tumbuhan. Kemudian ilmu biokimia menyatakan bahwa air adalah unsur penting yang berpengaruh terhadap interaksi dan perubahan dalam

tubuh makhluk hidup. Sementara itu, dalam fisiologi dinyatakan bahwa masing-masing organ membutuhkan air agar fungsi yang dihasilkan dapat berjalan dengan baik (Shihab, 2002b).

Sesuai dengan pendapat Al-Qurthubi (2007a), penggalan surat al-Anbiya' ayat 30 yang berbunyi *وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ*, maksudnya adalah Allah SWT menciptakan segala sesuatu dari air, tetapi Allah SWT juga memelihara kehidupan dengan air. Abu Hurairah berkata: "*Beritahulah aku tentang segala sesuatu*", maksudnya adalah segala sesuatu yang diciptakan dari air. Bukti kebenaran maksud ini adalah jawaban Rasulullah SAW, yaitu *كل شيء خلق من الماء* yang artinya segala sesuatu diciptakan dari air, walaupun tidak berupa makhluk (bernyawa).

Laut termasuk bagian alam yang dipenuhi oleh air. Laut menyediakan dan mendukung kehidupan bagi makhluk hidup, mulai dari yang berukuran kecil seperti plankton sampai hewan berukuran besar yang pernah ditemukan hidup di laut (Vinata, 2017). Laut juga memiliki manfaat bagi keberlangsungan hidup manusia, tingginya keanekaragaman hayati yang ditemukan di laut dapat memberikan peluang usaha dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Indonesia terkenal sebagai negara kepulauan dimana 2/3 luas wilayahnya berupa lautan dengan garis pantai sepanjang 95.000 km². Laut Indonesia menyimpan potensi pada sektor perikanan dan menyumbang sekitar 10 persen kebutuhan perikanan secara global (Sukamto, 2017).

Ikan merupakan kelompok hewan vertebrata yang hidup di perairan. Ikan yang ditemukan baik di air tawar maupun air laut menjadi sumber daya penting dalam memenuhi kebutuhan pangan (Kementerian Agama, 2012). Allah SWT

beberapa kali menyebut ikan dalam firman-Nya, salah satunya terdapat dalam Surat an-Nahl ayat 14, yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ
مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِيَبْتَلُوا مِنْ فَضْلِهِ ۗ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾

Artinya: “Dan Dialah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan daripadanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur” (Q.S. An-Nahl [16]: 14).

Ayat di atas menyebutkan bahwa lautan menyimpan daging segar. Zamakhsyari berpendapat bahwa daging segar yang dimaksud adalah ikan, disebut segar karena daging ikan tidak dapat bertahan dalam waktu yang lama (cepat rusak) (Departemen Agama, 2009). Az-Zuhaili (2003b) menafsirkan ayat di atas sebagai rezeki dan fasilitas yang disediakan Allah SWT untuk manusia. Manusia dapat berniaga membelah lautan dari satu negeri ke negeri lain serta memanfaatkan keberadaan daging segar (ikan) yang terdapat dalam lautan dan mengonsumsinya sesegera mungkin sebelum membusuk.

An-Nahl ayat 14 menunjukkan kuasa Allah SWT dengan ditundukkannya laut sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia (Thobroni, 2005). Allah SWT telah membuktikan bahwa manusia dalam menjalankan aktivitasnya telah diberikan sumber daya yang sangat melimpah. Akan tetapi tidak sedikit manusia yang memanfaatkan nikmat ini tanpa mempertimbangkan resiko, hingga akhirnya menimbulkan sifat zalim bahkan kerusakan (Kementerian Agama, 2012).

﴿يَبْقَىٰءَادَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ﴾ (٣١)

Artinya: “*Hai anak Adam, pakailah pakaianmu yang indah di setiap (memasuki) mesjid, makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan*” (Q.S. Al-A’raf [7]: 31).

Al-Qur’an surat al-A’raf ayat 31 dalam penggalan ayatnya menyebutkan bahwa manusia hendaknya tidak bersikap berlebih terhadap suatu hal, seperti pada kasus penggunaan plastik (Al-Qurthubi, 2007b). Penggunaan plastik secara berlebih hingga menimbulkan pencemaran termasuk perbuatan yang tidak digemari oleh Allah. Sampah plastik menurut pandangan Islam dianggap sebagai *mudharat* (ancaman) yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan. Mencemari lingkungan dengan sampah plastik dihukumi haram karena akan menyengsarakan diri sendiri, orang lain, dan lingkungan. Plastik tidak hanya dapat tercemar sesuai dengan bentuk aslinya, tetapi juga dalam bentuk dan ukuran yang berbeda. Mikroplastik termasuk salah satu bentuk dari pencemaran plastik yang belakangan ini sering mendapat perhatian dari para peneliti. Mikroplastik sudah ditemukan mencemari sungai, laut, air, dan organisme, (Tim LBM dan LPBI PBNU, 2020). Apapun bentuk pencemaran dan kerusakan yang telah dilakukan manusia, Allah SWT berfirman dalam surat al-A’raf ayat 56 dengan membuat larangan untuk tidak membuat segala bentuk kerusakan di muka bumi ini. Ayat tersebut berbunyi:

﴿وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ﴾ (٥٦)

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

Penggalan firman dalam surat ini menegaskan bahwa Allah melarang manusia berbuat kerusakan, baik sedikit maupun banyak bahkan setelah Allah melakukan perbaikan terhadapnya. Menurut Ibnu Athiyah, ayat ini bermaksud

mengatakan bahwa telah terjadi banyak kerusakan di bumi setelah dilakukan perbaikan secara besar-besaran. Allah sangat tidak menyukai perilaku seperti ini, sebagaimana yang tertuang dalam al-Qasas [28] ayat 7 bahwasanya “*dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan*” (Kementerian Agama, 2010).

Abu Hurairah RA menyampaikan bahwa “*Menyingkirkan gangguan dari jalan merupakan sedekah*”, hadis ini dapat diterapkan untuk mengurangi pencemaran yang ditimbulkan dari penggunaan plastik agar tidak menimbulkan pencemaran lain seperti mikroplastik. Upaya menangani sampah plastik menurut Islam dapat diawali dengan memahami bahaya plastik, dilanjutkan dengan menjalankan pola hidup yang baik dan bersih karena Allah SWT mencintai kebaikan dan kebersihan, serta menghindari ancaman-ancaman dari penggunaan plastik secara berlebihan (Tim LBM dan LPBI PBNU, 2020). Salah satu kaidah *fiqh* dalam Fatwa Majelis Ulama Indonesia menyebutkan bahwa “*Segala mudharat (bahaya) harus dihindarkan sedapat mungkin*”. Mengelola dan mendaur ulang sampah menjadi sesuatu yang kembali berguna termasuk cara untuk mencegah kemudharatan dan kerusakan lingkungan (Majelis Ulama Indonesia, 2014).

Manusia sebagai khalifah sudah sepantasnya melaksanakan tugas dan ketentuan yang ditetapkan Allah, salah satunya adalah menjaga dan memelihara, serta menghindari hal buruk yang dapat merusak lingkungan. Apabila perintah ini dijalankan dengan baik, maka manfaat yang diperoleh akan kembali kepada diri manusia sendiri sebagai pedoman melangsungkan kehidupan dari generasi saat ini ke generasi mendatang (Kementerian Agama, 2010).

2.2 Plastik dan Potensi Cemarannya

2.2.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Plastik

Plastik adalah suatu bahan yang mudah dibentuk menjadi beraneka ragam benda dengan berbagai ukuran. Secara umum, plastik merupakan istilah bagi polimer yang dibuat dengan metode polimerisasi (menyusun serta membentuk bahan-bahan dasar plastik/monomer secara sambung-menyambung) (Shah *et al.*, 2008). Popularitas plastik sering dikaitkan dengan karakteristik uniknya, yakni memiliki bobot ringan dan daya tahan lama sehingga menimbulkan rasa nyaman serta serbaguna untuk berbagai aplikasi di beragam industri (Klein, 2015). Asal-usul plastik ditelusuri kembali pada awal abad kesembilan belas dengan ditemukannya proses vulkanisasi oleh Charles Goodyear, dimana belerang diterapkan pada karet alam untuk dimodifikasi menjadi bahan yang lebih fleksibel dan bersifat keras (Espinoza, 2019).

Leo Hendrik Baekeland pada 1909 menjadi orang pertama yang menggunakan istilah “bahan plastik” untuk menggambarkan produk yang terbuat dari makromolekul (resin, elastomer, dan serat buatan). Sebuah tonggak sejarah untuk zaman modern plastik terjadi pada tahun 1907 ketika Leo Hendrix Baekeland menemukan plastik sintetik pertama yang dikenal sebagai *bakelite* (tersusun dari fenol dan formaldehid). Akan tetapi faktanya, plastik telah ditemukan jauh sebelum itu. Henri Braconnot seorang ahli kimia dari Prancis pada 1833 mulai memproduksi nitroselulosa yang kemudian diproduksi oleh Hyatt bersaudara untuk membuat bola bilyar tahun 1868 di Amerika Serikat. Melalui hal ini, plastik memulai karir panjangnya sebagai tiruan untuk menggantikan bahan

alam seperti gading pada saat itu. Akan tetapi karena terbuat dari selulosa, plastik belum dianggap berada di ranah sintetis (Chalmin, 2019).

Penemuan plastik semakin meningkat dimulai dari Perang Dunia II. Pada 1912 ditemukan *polyvinyl chloride* (PVC) dan tahun 1913 Edwin Bradenberger mulai menggunakan *cellophane* sebagai kemasan makanan transparan. Tahun 1933 secara tidak sengaja diciptakan plastik jenis *polyethylene* (PET) karena kebocoran dalam wadah eksperimental. Hal ini menyebabkan sejumlah kecil oksigen bereaksi dengan etilen di bawah tekanan tinggi. Ketika para ilmuwan mulai mengembangkan penelitian mengenai proses sintetis, banyak tercipta bahan plastik seperti *nylon* (1938), *polystyrene* (1944), dan *polypropylene* (1954) (Chalmin, 2019).

Produksi dan penggunaan plastik dalam skala besar baru dimulai sekitar tahun 1950. Meskipun plastik sintetis pertama yaitu *bakelite* muncul pada awal abad ke-20, penggunaan plastik secara luas di luar militer terjadi setelah Perang Dunia II. Produksi plastik mengalami pertumbuhan pesat dan melampaui sebagian besar bahan buatan manusia lainnya. Sebagian besar monomer yang digunakan untuk membuat plastik seperti etilen dan propilen berasal dari hidrokarbon dan minyak bumi (Geyer *et al.*, 2017). Plastik dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah padatan pada suhu kamar yang dapat dicairkan, dikeraskan, dan dibentuk kembali berulang kali. Kelompok termoplastik yang sering digunakan adalah *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, *polyvinyl chloride*, dan *polyamid*. Sementara termoset berbentuk padatan atau cairan pada suhu kamar yang tidak dapat dicairkan dan

dibentuk kembali. Contoh termoset adalah poliuretan (PUR), silikon, akrilik, dan resin epoksi (Espinoza, 2019).

Plastik terdiri dari tujuh jenis meliputi *polyethylene terephthalate* (PET), *high-density polyethylene* (HDPE), *low-density polyethylene* (LDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS) yang ditandai dengan angka 1 sampai 6 di setiap jenisnya. Ada satu lagi jenis resin plastik tambahan dan ditandai dengan kode angka tujuh yang disebut *other* (O). Apabila dua atau beberapa jenis resin plastik dicampur, maka akan menimbulkan dampak negatif. Contohnya adalah percampuran PVC dan PET akan menghasilkan gas hidroklorida yang dapat menyebabkan kulit terbakar dan melepuh (Yani *et al.*, 2020). Fungsi pengkodean resin yang berbentuk segitiga arah panah menurut *American Society of Plastic Industry* adalah sebagai penanda daur ulang (*recycle*) produk plastik (Widiyatmoko *et al.*, 2014). Tujuh jenis plastik yang sering dijumpai dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari meliputi (Oladejo, 2017):

1. *Polyethylene terephthalate* (PET)

Polyethylene terephthalate adalah resin *polyester* yang mudah dibentuk dengan adanya panas. PET memiliki sifat ringan, tahan lama, dan kuat dengan massa jenis mencapai 1,35 – 1,38 gr/cm³. Rumus molekul PET adalah (-CO-C₆H₅-CO-O-CH₂-CH₂-O-)n. Berdasarkan bahan aditif yang digunakan, jenis ini dapat ditemukan dalam keadaan berwarna dan tidak berwarna (transparan). Produk yang menggunakan PET meliputi botol minuman *soft drink*, botol minyak goreng, botol soda, dan kemasan makanan yang tahan terhadap *microwave* (Widiyatmoko *et al.*, 2014).

2. *High-density polyethylene* (HDPE)

High-density polyethylene merupakan bahan plastik yang dibuat dari polimer *ethylene* dan bahan aditif lain. HDPE memiliki sifat kuat dan kaku, dibentuk dengan temperatur tinggi yang berasal dari minyak bumi. Suhu leleh HDPE berkisar antara 130 – 137°C sehingga tahan terhadap air, asam, basa, dan pelarut lain yang memiliki suhu di bawah 60°C. Rumus molekul HDPE adalah $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ dan massa jenisnya sebesar 0,97 gr/cm³. Produk yang tersusun dari bahan ini meliputi botol deterjen, botol sampo, botol sabun cair, botol oli, botol susu, dan lain-lain (Oladejo, 2017; Widiyatmoko *et al.*, 2014).

3. *Low-density polyethylene* (LDPE)

Low-density polyethylene memiliki rumus molekul $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ dan massa jenis sebesar 0,92 gr/cm³. LDPE merupakan resin yang bersifat kuat, keras, dan resisten terhadap zat kimia. Plastik dengan bahan LDPE ini memiliki mutu yang tinggi, fleksibel, permukaannya sedikit berlemak, dan sulit dihancurkan (tetapi tetap dapat di daur ulang). Umumnya LDPE dapat ditemukan pada kantong makanan, plastik kemasan, botol minuman, mainan, perangkat komputer, dan lain-lain (Oladejo, 2017; Widiyatmoko *et al.*, 2014).

4. *Polyvinyl chloride* (PVC)

Polyvinyl chloride merupakan plastik dengan sifat fisik yang kuat dan tahan terhadap bahan kimia. Plastik dengan massa jenis 1,40 gr/cm³ ini sulit didaur ulang dan banyak dijumpai pada pipa konstruksi, mainan, suku cadang otomotif, serta kusen jendela dan pintu. Rumus molekul PVC adalah $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ dan jika dibakar, bahan ini akan mengeluarkan racun. *Polyvinyl chloride* tidak disarankan sebagai tempat atau kemasan makanan karena berpotensi

menimbulkan bahaya bagi ginjal dan hati (Isangedighi *et al.*, 2018; Purwaningrum, 2016; Widiyatmoko *et al.*, 2014).

5. *Polypropylene* (PP)

Polypropylene merupakan plastik yang tahan terhadap bahan kimia (kecuali klorin), lemak, bahan bakar dan *xylene*. Selain itu, *polypropylene* juga tahan terhadap sterilisasi uap panas dan air mendidih. Plastik dengan massa jenis 0,90 gr/cm³ ini bersifat fleksibel dan keras dengan rumus molekul $(-CHCH_3-CH_2-)_n$. Plastik jenis PP menjadi pilihan terbaik sebagai wadah makanan dan minuman. Produk lain yang dibuat dari PP meliputi *tube* margarin, tutup botol, plastik kemasan, peralatan laboratorium, dan sedotan (Purwaningrum, 2016; Rocha-Santos & Duarte, Armando, 2017; Widiyatmoko *et al.*, 2014).

6. *Polystyrene* (PS)

Polystyrene memiliki sifat yang kaku, ringan dan mudah rapuh. Plastik ini biasanya digunakan sebagai wadah makanan (*styrofoam*), gelas sekali pakai, busa kemasan, CD, karton telur, peralatan makan plastik, dan bahan isolasi di industri bangunan. *Polystyrene* mengandung *benzene* dan mengeluarkan aroma berupa *styrene* ketika bersentuhan dengan makanan. Rumus molekul *polystyrene* adalah $(-CHC_6H_5-CH_2-)_n$ dan memerlukan waktu serta proses yang lama untuk terurai. Jenis plastik dengan massa jenis 1,05 gr/cm³ ini lebih baik dihindari sebagai wadah makanan matang karena berbahaya bagi sistem syaraf, kesehatan otak, dan dapat mengganggu hormon estrogen pada wanita (Isangedighi *et al.*, 2018; Purwaningrum, 2016; Rocha-Santos & Duarte, Armando, 2017; Widiyatmoko *et al.*, 2014).

7. Other (O)

Jenis plastik *other* dibuat dengan resin selain dari 6 bahan yang disebutkan di atas atau merupakan kombinasi. Plastik berbahan dasar *other* ini dapat ditemukan pada lensa kaca, botol minum olahraga, botol bayi, suku cadang mobil, peralatan rumah tangga dan plastik kemasan (Oladejo, 2017). Contoh kelompok plastik selain dari enam jenis di atas yaitu ABS (*Acrylonitrile butadiene styrene*), SAN (*Styrene acrylonitrile*), PC (*Polycarbonate*), dan *nylon*. Ritchie (2022) menyajikan ringkasan ketujuh jenis plastik yang tersedia dalam Gambar 2.1.

Symbol	Polymer	Common Uses	Properties	Recyclable?
 PETE	Polyethylene terephthalate	 Plastic bottles (water, soft drinks, cooking oil)	Clear, strong and lightweight	Yes; widely recycled
 HDPE	High-density polyethylene	 Milk containers, cleaning agents, shampoo bottles, bleach bottles	Stiff and hardwearing; hard to breakdown in sunlight	Yes; widely recycled
 PVC	Polyvinyl chloride	 Plastic piping, vinyl flooring, cabling insulation, roof sheeting	Can be rigid or soft via plasticizers; used in construction, healthcare, electronics	Often not recyclable due to chemical properties; check local recycling
 LDPE	Low-density polyethylene	 Plastic bags, food wrapping (e.g. bread, fruit, vegetables)	Lightweight, low-cost, versatile; falls under mechanical and thermal stress	No; failure under stress makes it hard to recycle
 PP	Polypropylene	 Bottle lids, food tubs, furniture, houseware, medical, rope, automobile parts	Tough and resistant; effective barrier against water and chemicals	Often not recyclable; available in some locations; check local recycling
 PS	Polystyrene	 Food takeaway containers, plastic cutlery, egg tray	Lightweight; structurally weak; easily dispersed	No; rarely recycled but check local recycling
 OTHER	Other plastics (e.g. acrylic, polycarbonate, polyactic fibres)	 Water cooler bottles, baby cups, fiberglass	Diverse in nature with various properties	No; diversity of materials risks contamination of recycling

Gambar 2.1. Ringkasan tujuh jenis plastik

Sumber: Ritchie (2022)

2.2.2 Potensi Cemar Plastik

Pencemaran didefinisikan sebagai masuk dan/atau dimasukkannya sesuatu atau zat-zat yang berbahaya bagi manusia dan organisme lain ke dalam lingkungan. Pencemaran dapat berbentuk benda padat, cair, atau gas berbahaya yang diproduksi dalam konsentrasi yang dapat mengurangi kualitas lingkungan (Manisolidis *et al.*, 2020). Pencemaran lingkungan akibat sampah plastik telah menyebar di seluruh dunia dan menjadi isu global saat ini. Polimer plastik termasuk bahan yang bersifat sangat stabil, sehingga akan tetap ada dan tidak rusak dalam jangka waktu yang lama. Jadi, plastik yang masuk ke lingkungan sebagai sampah tidak akan terurai dalam waktu dekat (Sulistyo *et al.*, 2020). Indonesia termasuk Negara yang berkontribusi menghasilkan sampah plastik terbanyak kedua di dunia. Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) memaparkan data terkait sampah plastik yang dihasilkan Indonesia adalah sebesar 64 juta ton per tahun dan sekitar 3,2 juta tonnya dibuang ke lautan (Krisyanti *et al.*, 2020).

Plastik merupakan salah satu masalah lingkungan yang perlu mendapat perhatian dari masyarakat. Keuntungan sifat plastik yang fleksibel, ringan, serbaguna, dan murah dinilai dapat mempermudah dalam mengiringi kebutuhan sehari-hari. Akibat kemudahan ini, sektor industri memiliki dorongan untuk memproduksi lebih banyak produk plastik. Meskipun penggunaan plastik dianggap praktis dan ekonomis, plastik dapat membahayakan lingkungan beserta komponen di dalamnya. Plastik merupakan sampah yang sangat kompleks dan membutuhkan waktu sekitar 1.000 tahun untuk terurai sepenuhnya di tanah.

Proses penguraian partikel plastik di tanah tetap akan mencemari air tanah, dan menimbulkan polusi jika dibiarkan (Krisyanti *et al.*, 2020).

Plastik adalah bagian integral dari kehidupan. Pengemasan (150 juta ton) masih menjadi *outlet* utama pemanfaatan plastik diikuti oleh bangunan dan konstruksi (60 juta ton), tekstil (55 juta ton), barang konsumsi, sektor otomotif, dan elektronik. Sebuah laporan PBB menunjukkan bahwa 500 miliar kantong plastik digunakan setiap tahunnya. Kantong plastik termasuk dalam bidang pengemasan dengan masa pakai yang sangat singkat, umumnya hanya digunakan sekali dan kemudian dibuang. Roland Geyer di *University of California* melakukan kalkulasi bahwa lebih dari 8,3 miliar ton plastik yang diproduksi sejak 1950, 500.000 ton berhasil didaur ulang, 700 ton dibakar, 5,8 miliar masuk ke lingkungan, dan 4,6 miliar terakumulasi di lautan (Chalmin, 2019). Data ini mendukung pernyataan yang tertulis dalam PlasticEurope (2017) bahwa terdapat lebih dari 10 juta ton sampah plastik yang mencemari laut setiap tahunnya.

Sebagian besar plastik yang masuk ke laut bersumber dari aktivitas masyarakat yang ada di darat. Sampah plastik di wilayah pesisir yang tidak dikelola secara efektif juga akan menimbulkan peluang untuk masuk dan terapung di lautan. Meningkatnya perkembangan teknologi dan standar hidup mengakibatkan masyarakat menghasilkan sampah plastik terutama plastik sekali pakai lebih sering daripada sebelumnya, padahal infrastruktur untuk pengelolaan dan pembuangan sampah plastik belum berjalan secara optimal (Sur *et al.*, 2018). Plastik yang mencemari lautan menimbulkan dampak negatif bagi semua tingkat trofik rantai makanan. Dampak yang telah diketahui meliputi kontaminasi kimia, konsumsi plastik atau partikelnya, penyebaran spesies invasif, dan pelepasan zat

beracun. Belakangan ini partikel mikroskopis yang tidak mencolok, yaitu mikroplastik telah teridentifikasi sebagai pencemar yang terakumulasi di permukaan air laut hingga menyebar ke kedalaman lebih dari 1000 meter (Phelan *et al.*, 2020).

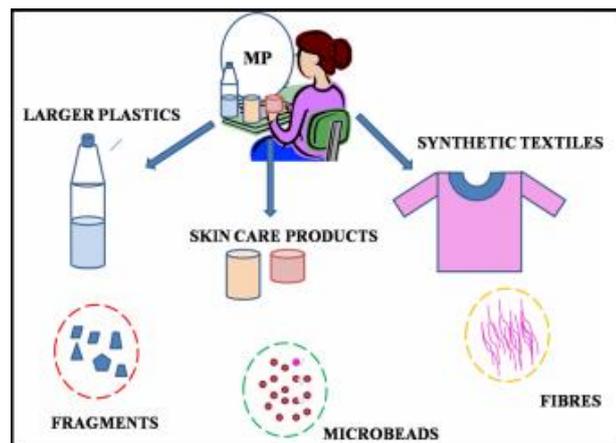
2.3 Mikroplastik

2.3.1 Pengertian, Sumber dan Tipe Mikroplastik

Istilah mikroplastik pertama kali didefinisikan oleh komunitas ilmiah *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dalam lokakarya “*Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*” pada tahun 2008 sebagai partikel berukuran lebih kecil dari 5 mm (Koelmans *et al.*, 2015). Batas ukuran 5 mm untuk mikroplastik sudah diterima secara luas dan menjadi batas resmi sebagai dukungan yang diberikan oleh NOAA, meskipun beberapa ilmuwan menggunakan definisi lain seperti partikel yang lebih kecil dari 1 mm (Wright *et al.*, 2013). Definisi normal untuk batas ukuran bawah mikroplastik belum ditetapkan secara pasti, tetapi banyak peneliti membatasi objek yang diteliti dengan ukuran minimal 300 μm (Tankovic *et al.*, 2015 dalam Mirad *et al.*, 2020). Mikroplastik dapat mengalami fragmentasi menjadi puing-puing kecil yang disebut nanoplastik. Oleh karenanya, tidak sedikit yang menyebut mikroplastik sebagai keadaan transisi antara makrodebris dan nanomaterial (Hale *et al.*, 2020).

Hampir 400 juta ton plastik di berbagai dunia diproduksi setiap tahunnya, sehingga jumlah yang diproyeksikan pada tahun 2050 bisa menjadi lebih dari dua kali lipat dibandingkan saat ini. Seandainya semua produksi plastik diberhentikan secara mendadak, plastik yang sudah ada di tempat pembuangan sampah dan lingkungan (massanya diperkirakan sekitar 5 miliar ton) akan terus berlanjut

terdegradasi menjadi partikel kecil. Hasil degradasi plastik dinilai semakin sulit untuk dikumpulkan dan dibersihkan sehingga akan mempengaruhi kelimpahan mikroplastik. Koelmans (2020) dalam Lim (2021) menyebut hal ini sebagai “bom waktu plastik”. Mikroplastik dapat ditemukan di berbagai tempat seperti lautan, di Kutub Utara dan Antartika, dalam tubuh organisme, air minum, dan melayang di udara. Partikel mikro ini dapat menghabiskan waktu puluhan tahun untuk kembali terurai. Terlebih karena lamanya waktu penguraian, Galloway berpendapat bahwa semua organisme pasti akan mengalami paparan mikroplastik meskipun hanya dalam jumlah yang sedikit (Lim, 2021).



Gambar 2.2. Sumber mikroplastik

Sumber: Issac & Kandasubramanian (2021)

Mikroplastik memiliki variasi pada tipe, warna, komposisi, dan densitas polimernya. Berdasarkan sumber dan penggunaannya, mikroplastik dikategorikan sebagai mikroplastik primer dan sekunder yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. (Issac & Kandasubramanian, 2021). Mikroplastik primer merupakan partikel plastik yang dilepaskan ke lingkungan dalam bentuk partikulat kecil. Mikroplastik ini ditambahkan ke dalam produk baik untuk sifat langsungnya (seperti sifat

korosif dalam produk pembersih) maupun untuk meningkatkan sifat bahan lain (misalnya kekuatan pada beton dan elastisitas pada tekstil) (Komyakova *et al.*, 2020). Mikroplastik primer berasal dari abrasi tekstil sintetis selama pencucian, produk kecantikan dan perawatan pribadi, produk pembersih, bahan bangunan, dan keausan ban (Boucher & Friot, 2017).

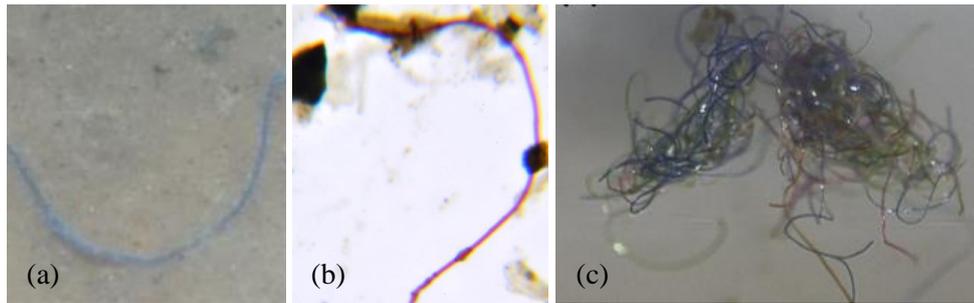
Mikroplastik sekunder adalah bagian dari hasil fragmentasi plastik berukuran besar menjadi serasah plastik. Proses fragmentasi plastik merupakan dampak yang ditimbulkan dari berbagai proses fisik, kimia, dan biologis seperti aksi mekanis gelombang, fotodegradasi, dan biodegradasi (Rhodes, 2018). Proses mekanis yang terjadi di air seperti abrasi gelombang dapat mempengaruhi fragmentasi plastik. Proses lain yang tidak kalah penting yaitu fotodegradasi akibat sinar UV. Radiasi ultraviolet dari matahari berkontribusi terhadap proses oksidasi polimer yang mengakibatkan struktur kimia plastik menjadi rusak. Proses degradasi plastik di daerah pesisir lebih cepat daripada di perairan yang dingin dikarenakan ketersediaan oksigen dan intensitas matahari yang tinggi dapat mempercepat rusaknya gugus molekul dari plastik (Anggraini *et al.*, 2020). Sementara itu, kasus biodegradasi plastik telah terjadi di perairan yang dilakukan oleh tiga bakteri dengan hasil penurunan massa jenis polimer *polyethylene* sekitar 1 – 7% (J. Wang *et al.*, 2018).

Beragamnya sumber mengakibatkan ditemukan berbagai macam mikroplastik dengan bentuk, ukuran, dan asal yang berbeda. Karakteristik mikroplastik dapat digunakan sebagai penentu distribusi dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Misalnya, partikel plastik padat atau keras menghabiskan lebih banyak waktu terkait kontak dengan partikel sedimen abrasif

daripada plastik yang memiliki massa jenis ringan. Perbedaan ini dianggap penting karena mempengaruhi laju degradasi, karakteristik permukaan, dan partikel mikroplastik (Hidalgo-ruz *et al.*, 2012). Menurut tipenya, mikroplastik dikategorikan sebagai fiber/serat, *film*, fragmen, granul/pelet, dan *foam* (busa). Morfologi tipe mikroplastik juga dapat berfungsi menunjukkan asal muasal partikel mikro tersebut, contohnya adalah fiber yang berasal dari pakaian, tekstil atau alat pancing dan film yang berasal dari tas atau kantong plastik (MERI, 2015; Wu *et al.*, 2018).

1. Mikroplastik Tipe Fiber

Mikroplastik fiber atau serat dicirikan dengan bentuk yang panjang dan secara signifikan panjang lebih mendominasi daripada lebarnya (Lusher *et al.*, 2020). Sesuai pengamatan yang dilakukan secara mikroskopis, fiber disebut sebagai bahan tipis atau berserat yang memiliki ketebalan sama di seluruh panjang bahannya (Cesa *et al.*, 2017). Zubris & Richards (2005) menyebutkan bahwa fiber cenderung berukuran panjang dan terkadang kusut. Menurut Jemec *et al.* (2016), fiber sangat menarik karena keseragaman ketebalan serat yang memanjang, fleksibel, dan asimetris. Fiber berdasarkan pendapat Talley *et al.* (2020) adalah mikroplastik yang memiliki permukaan halus dan ketebalannya homogen. Selain itu, Free *et al.* (2014) menyebutkan bahwa fiber merupakan partikel plastik yang tampilannya hanya lurus, bentuknya tipis atau menyerupai serat, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Mikroplastik tipe fiber

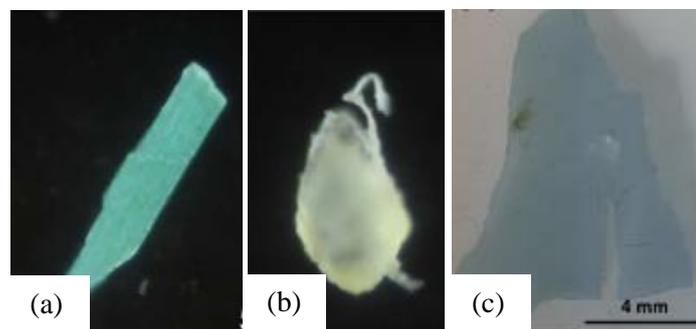
Sumber: (a) Lusher *et al.* (2020), (b) Talley *et al.* (2020), dan (c) Free *et al.* (2014)

Serat plastik atau fiber umumnya memiliki permukaan yang halus, akan tetapi karena metode produksi tekstil yang terkadang menyebabkan fibrilasi (pembentukan serat yang lebih kecil) pada permukaannya, maka timbul struktur yang tidak rata. Mikroplastik fiber dapat menyatu dengan beberapa serat lain dan melilit bersama membentuk formasi seperti simpul. Jika menghadapi situasi seperti ini, bundel serat harus dipisahkan dan dihitung sebagai serat individu (Lusher *et al.*, 2020). Kelimpahan mikroplastik fiber disebabkan oleh serat pakaian, aktivitas nelayan, bongkar muat kapal, dan aktivitas rumah tangga (Amin *et al.*, 2020).

2. Mikroplastik Tipe Fragmen

Fragmen menjadi partikel plastik yang paling banyak ditemukan di lingkungan. Mikroplastik fragmen dihasilkan dari degradasi plastik yang lebih besar seperti botol minuman, mika map, serpihan galon, dan toples bekas. Tipe mikroplastik ini tergantung pada proses dan waktu fragmentasi. Tepi tajam dan potongan yang besar dapat dijadikan sebagai indikasi bahwa plastik belum terlalu lama terpecah di perairan, sedangkan tepi halus sering dikaitkan dengan fragmentasi plastik yang terjadi secara terus-menerus (Amin *et al.*, 2020; Eriksson & Burton, 2003).

Mikroplastik fragmen memiliki berbagai fitur permukaan, seperti tepi tajam dengan retakan, bentuk bulat dengan permukaan halus, atau permukaan kasar akibat hasil dari degradasi (Tanaka & Takada, 2016). Gambar 2.4. (a) dan (b) merupakan contoh dari mikroplastik fragmen berdasarkan pendapat Tanaka & Takada (2016). Free *et al.* (2014) mendefinisikan fragmen sebagai partikel plastik yang keras dan bergerigi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4. (c). Mikroplastik fragmen termasuk partikel plastik padat dan keras yang diperkirakan berasal dari plastik keras melalui proses fragmentasi (Shim *et al.*, 2018). Didukung oleh pendapat Rosal (2021) bahwa fragmen umumnya dikenal sebagai partikel plastik dengan bentuk dan tepi yang tidak beraturan. Bentuk yang tidak beraturan menunjukkan asal dari fragmentasi plastik yang lebih besar.



Gambar 2.4. Mikroplastik tipe fragmen

Sumber: (a), (b) Tanaka & Takada (2016) dan (c) Free *et al.* (2014)

3. Mikroplastik Tipe *Film*

Mikroplastik *film* adalah mikroplastik dengan bidang atau permukaan tipis yang berasal dari plastik tipis (Free *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2021). Mikroplastik tipe ini umumnya berasal dari kantong plastik dan bahan pengemasan atau plastik kemasan (Shim *et al.*, 2018). Mikroplastik *film* memiliki bentuk yang tidak beraturan, tetapi lebih tipis dan lebih fleksibel dibandingkan mikroplastik fragmen

(Rosal, 2021). Menurut Zeferino *et al.* (2020), *film* dibedakan dari fragmen yang kaku berdasarkan fleksibilitasnya. Sesuai dengan pendapat Wang *et al.* (2019), bahwa mikroplastik film mempunyai bentuk yang tipis, sehingga lebih fleksibel. Didukung pendapat Hidalgo-ruz *et al.* (2012), *film* merupakan partikel plastik yang berasal dari puing-puing kantong atau kemasan plastik yang memiliki kerapatan atau massa jenis rendah. *Film* memiliki sifat dan tekstur yang lebih fleksibel dan tipis dibandingkan fragmen yang cenderung keras. *Low-density polyethylene* (LDPE) dan *high-density polyethylene* (HDPE) merupakan contoh dari polimer mikroplastik *film*. Mikroplastik tipe *film* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Mikroplastik tipe *film*

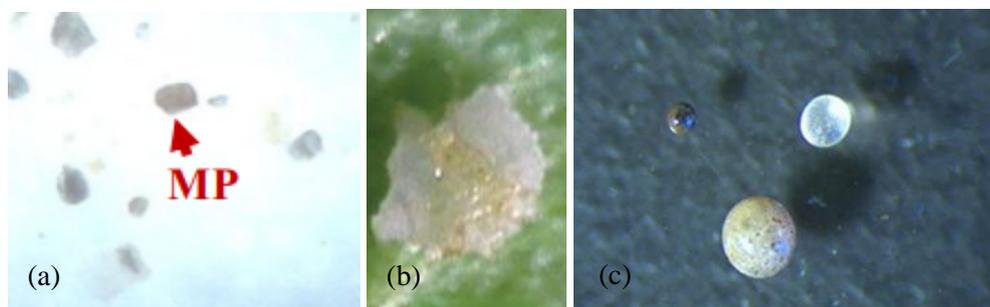
Sumber: (a) Singh *et al.* (2021), (b) Zeferino *et al.* (2020), dan (c) Wang *et al.* (2019)

4. Mikroplastik Tipe Granul

Granul didefinisikan sebagai partikel plastik yang memiliki bentuk bulat menyerupai biji-bijian. Saat di lingkungan, tipe ini terkadang ditemukan dalam bentuk masih utuh atau sudah terdegradasi. Granul merupakan kelompok mikroplastik primer yang secara khusus diproduksi menjadi berukuran kecil atau mikro. Ada berbagai bentuk struktural granul, diantaranya adalah pelet resin pra-produksi (*nurdles*) yang menyerupai butiran bulat telur atau silinder; manik-manik

mikro (*microbeads*) dalam produk perawatan pribadi yang tampak seperti butiran bulat kasar; dan manik-manik berbentuk bulat yang digunakan dalam proses pengolahan air (Lusher *et al.*, 2020).

Mikroplastik granul atau yang biasa disebut sebagai pelet memiliki bentuk yang terlihat tidak beraturan (Susanti *et al.*, 2021). Pelet/manik-manik/granul didefinisikan sebagai plastik bulat yang berasal dari plastik praproduksi dan barang perawatan pribadi. Mikroplastik tipe ini dapat ditemukan dalam bentuk pipih, bulat telur, atau cakram (Acharya *et al.*, 2021). Menurut pendapat Blair *et al.* (2019), granul termasuk mikroplastik primer yang diproduksi dalam bentuk bulat kecil dan penggunaannya dapat ditemukan dalam produk kosmetik seperti *scrub* dan bahan eksfoliasi. Mikroplastik granul atau pelet dapat dilihat pada Gambar 2.6.



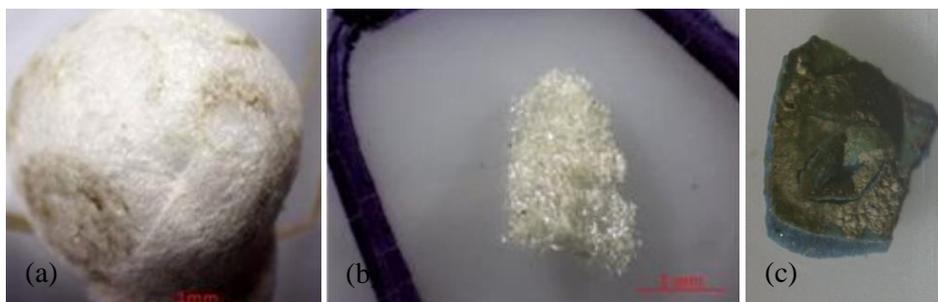
Gambar 2.6. Mikroplastik tipe granul

Sumber: (a) Susanti *et al.* (2021), (b) Acharya *et al.* (2021), dan (c) Blair *et al.* (2019)

5. Mikroplastik Tipe *Foam*

Foam atau busa merupakan tipe mikroplastik yang memiliki kepadatan rendah dan mudah mengapung di permukaan air. *Foam* memiliki sejumlah besar mikropori gas sehingga dapat dengan mudah menyerap zat di lingkungan sekitarnya. Penyerapan zat secara kontinu akan mengakibatkan busa menjadi

lebih padat dan membesar hingga meresap ke dalam sedimen (Gela & Aragaw, 2022). Menurut Lusher *et al.* (2020), *foam* adalah mikroplastik yang memiliki permukaan halus dengan tepian bersudut. Sementara definisi *foam* menurut Free *et al.* (2014) adalah partikel plastik yang memiliki massa ringan dan bentuknya seperti spons, misalnya pelampung busa dan styrofoam. Contoh dari mikroplastik tipe ini adalah polistirena yang diperluas (*expanded polystyrene/EPStyrene*) dan polivinil klorida yang diperluas (*expanded polyvinyl chloride/EPVC*). Mikroplastik tipe *foam* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Mikroplastik tipe *foam*

Sumber: (a), (b) Lusher *et al.*, (2020) dan (c) Free *et al.* (2014)

Berikut terdapat beberapa kategori mikroplastik berdasarkan bentuknya menurut (Crawford & Quinn, 2017):

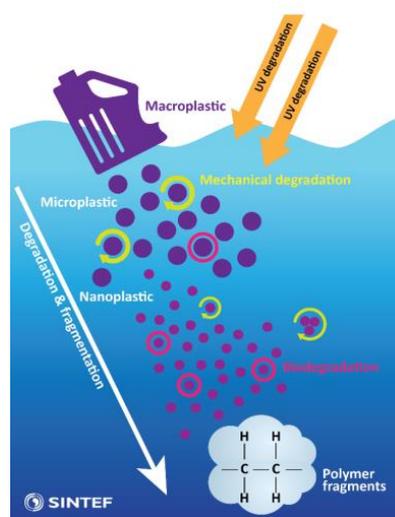
Tabel 2.1 Kategori mikroplastik berdasarkan bentuknya

Tipe	Definisi
Fiber	Untaian atau serat berukuran kurang dari 5 mm
<i>Film</i>	Lembaran tipis atau potongan plastik berukuran kurang dari 5 mm
Fragmen	Potongan plastik dengan bentuk yang tidak beraturan dengan ukuran kurang dari 5 mm
Granul	Potongan plastik berbentuk bulat kecil dengan diameter

	kurang dari 5 mm
Foam	Potongan spons, busa, atau bahan plastik dari busa, <i>styrofoam</i> dengan ukuran kurang dari 5 mm

2.3.2 Proses Degradasi dan Dampak Mikroplastik

Degradasi adalah proses ireversibel yang menyebabkan perubahan signifikan terhadap struktur material, biasanya ditandai dengan perubahan sifat (massa atau struktur molekul dan kekuatan mekanik) dan/atau fragmentasi, yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Degradasi plastik sangat dipengaruhi oleh komposisi polimer dan adanya zat aditif, dapat berlangsung baik melalui jalur abiotik maupun biotik. Secara umum, proses degradasi abiotik berlangsung lebih dahulu dibandingkan degradasi biotik (biodegradasi), dimulai secara hidrolitik (air) oleh sinar ultraviolet (sinar matahari) di lingkungan. Laju degradasi polimer plastik di lingkungan bergantung pada sinar UV, konsentrasi oksigen, kimia air, suhu, dan komunitas mikroorganisme pendegradasi (Booth *et al.*, 2017).



Gambar 2.8. Proses Degradasi Plastik

Sumber: (Booth *et al.*, 2017)

Gambar 2.8. mengilustrasikan proses degradasi plastik di lingkungan perairan atau laut. Sebagian besar plastik terdegradasi pertama kali pada permukaan polimernya, yang terpapar sinar UV, serangan kimia, dan enzimatik. Proses ini dikenal sebagai erosi permukaan. Selama proses degradasi, makroplastik akan hancur menjadi potongan-potongan yang kecil, yaitu meso-, mikro-, dan nanoplastik, hingga akhirnya membentuk fragmen polimer. Fragmentasi makroplastik menjadi potongan-potongan yang semakin kecil merupakan bagian tidak terpisahkan dari proses degradasi, yang lama-kelamaan menyebabkan plastik menjadi rapuh. Sampai saat ini, masih belum disebutkan secara tepat seberapa cepat makroplastik berubah menjadi mikroplastik melalui proses degradasi (Booth *et al.*, 2017).

Biodegradasi merupakan salah satu proses degradasi plastik yang dilakukan oleh organisme hidup, seperti mikroba dan jamur. Plastik yang masuk ke lingkungan laut dengan cepat dijajah oleh mikroorganisme sehingga menimbulkan *biofouling* (penempelan organisme pada substrat) dan biodegradasi material. Fotooksidasi dapat menurun digantikan dengan *biofouling*, karena adanya *biofilm* yang terbentuk melindungi bahan dari sinar ultraviolet. Selain itu, degradasi mekanis juga dapat dipengaruhi oleh *biofouling*, misalnya melalui organisme yang merumput di permukaan substrat atau bahan plastik dan mengeluarkan bahan kimia yang mempengaruhi stabilitas bahan, sehingga membuat plastik menjadi lebih rapuh. Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi proses degradasi makroplastik menjadi mikroplastik. Suhu yang rendah, oksigen dan cahaya yang sedikit, dan mikroorganisme yang sedikit pula akan memperlambat proses

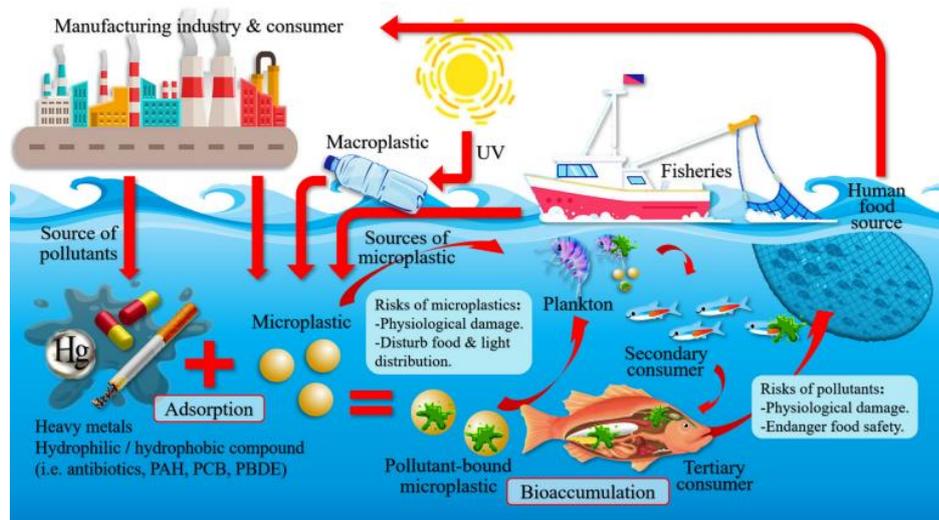
degradasi. Oleh karena itu, proses degradasi plastik menjadi hal yang kompleks dan sulit diprediksi (Andrady, 2011; Krueger *et al.*, 2015).

Sesaat setelah dilepaskan ke lingkungan, plastik akan berpindah ke perairan. Beban plastik di perairan terus bergerak menuju hilir dan memasuki lautan. Plastik di perairan secara berkala akan terdegradasi menjadi mikroplastik. Mikroplastik yang mengapung dan terus-menerus berada di perairan mengakibatkan partikel ini menjadi kontaminan melalui arus air, dan bertindak sebagai pembawa transfer polutan ke organisme. Mikroplastik banyak terdapat di lingkungan perairan mulai kutub hingga khatulistiwa, dari permukaan sampai laut dalam (Issac & Kandasubramanian, 2021).

Sebagian besar mikroplastik di perairan berasal dari aktivitas yang terjadi di darat, contohnya adalah pembuangan limbah plastik. Begitu masuk ke air, mikroplastik akan tenggelam atau tetap mengapung sesuai dengan kepadatan partikelnya. Transportasi dan distribusi mikroplastik erat kaitannya dengan kondisi arus air, angin, dan cahaya matahari (Jiang *et al.*, 2020). Menurut Gago *et al.*, (2016), mikroplastik dapat masuk ke lingkungan air secara langsung sebagai mikroplastik primer, misalnya pelet (butiran pra-produksi yang digunakan sebagai abrasif dalam produk pembersih) dan secara tidak langsung sebagai mikroplastik sekunder, yaitu hasil fragmentasi secara berkala yang berasal dari item plastik berukuran besar. Ancaman terbesar dari eksistensi mikroplastik di perairan adalah berpotensi dikonsumsi oleh biota air, mulai dari produsen utama rantai makanan seperti zooplankton, sampai invertebrata makro, ikan, dan mamalia.

Masuknya mikroplastik ke perairan menurut Wright *et al.*, (2013) akan mempengaruhi siklus jaring-jaring makanan organisme. Kontaminasi mikroplastik

pada organisme perairan dapat mengakibatkan kerusakan fungsi organ dan gangguan pernafasan karena sumbatan pada insang. Organisme juga akan mengalami mal nutrisi karena mikroplastik tidak dapat dicerna oleh tubuh (Crawford & Quinn, 2017). Potensi ancaman mikroplastik tidak hanya berdampak pada biota air, tetapi juga manusia. Mikroplastik dapat masuk ke tubuh manusia melewati sistem pencernaan. Mikroplastik juga mengandung senyawa yang berbahaya jika terakumulasi di tubuh manusia seperti PCBs, logam, dan PBDEs (Hafiz, 2020).



Gambar 2.9. Alur masuknya mikroplastik ke organisme
 Sumber: (Amelia *et al.*, 2021)

Mikroplastik tidak hanya ditemukan berada pada air, tetapi juga di berbagai organisme perairan, salah satunya ikan. Mengingat bahwa Indonesia merupakan negara maritim, penemuan mikroplastik dalam tubuh ikan dapat menjadi ancaman bagi keamanan pangan. Penelitian pada ikan pernah dilakukan oleh Boerger dkk., (2010) dalam Widianarko & Hantoro (2018), dimana mikroplastik yang dideteksi dalam saluran pencernaan ikan memiliki rata-rata 2,1 partikel dalam tiap spesies.

Rochman dkk., (2015) dalam Widianarko & Hantoro (2018) juga menemukan adanya kontaminasi mikroplastik pada ikan yang terdapat di pasar California dan Makassar. Mikroplastik diprediksi dapat masuk ke dalam tubuh ikan karena bentuknya menyerupai makanan. Bagi ikan karnivora, terdapat kemungkinan bahwa mangsanya sudah memakan mikroplastik, sehingga partikel tersebut ikut masuk saat ikan karnivora memakan mangsanya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.9. Apabila partikel plastik terakumulasi dalam jumlah yang banyak di tubuh ikan hingga menutup saluran pencernaan, penumpukan ini dapat memunculkan rasa kenyang palsu. Hal seperti ini akan menyebabkan ikan mengalami kekurangan nafsu makan (Rahmadhani, 2019).

Gregory (2009) berpendapat bahwa biota air akan berhenti makan karena timbulnya rasa kenyang yang salah akibat banyaknya mikroplastik yang tidak dapat dicerna di dalam lambung, sehingga rasa kenyang yang kontinyu ini menyebabkan biota air mati kelaparan. Mikroplastik di lingkungan perairan dapat menimbulkan gangguan fisik atau gizi apabila dikonsumsi oleh organisme yang hidup di air. Keadaan ini diperburuk dengan adanya *plasticizer* yang menempel pada partikel plastik bergabung dengan polutan beracun lain. Dampak yang ditimbulkan bergantung pada ukuran mikroplastik, jika partikelnya lebih kecil maka efek pada organisme di tingkat sel akan lebih besar (Rochman *et al.*, 2015).

Menurut Amelia *et al.* (2021), mikroplastik dapat menyebabkan bahaya bagi ekosistem dan organisme melalui beberapa pendekatan. Dalam ekosistem laut, mikroplastik bertindak seperti vektor pembawa patogen yang mengakumulasi kontaminan kimia, mengangkutnya dalam jarak jauh dan menyebarkan polutan kepada organisme saat mikroplastik dikonsumsi. Mikroplastik dapat menimbulkan

dampak negatif bagi organisme, diantaranya adalah translokasi partikel, stres fisiologis, metabolisme abnormal, respon imun, perubahan perilaku, kesuburan, dan kerusakan usus yang parah.

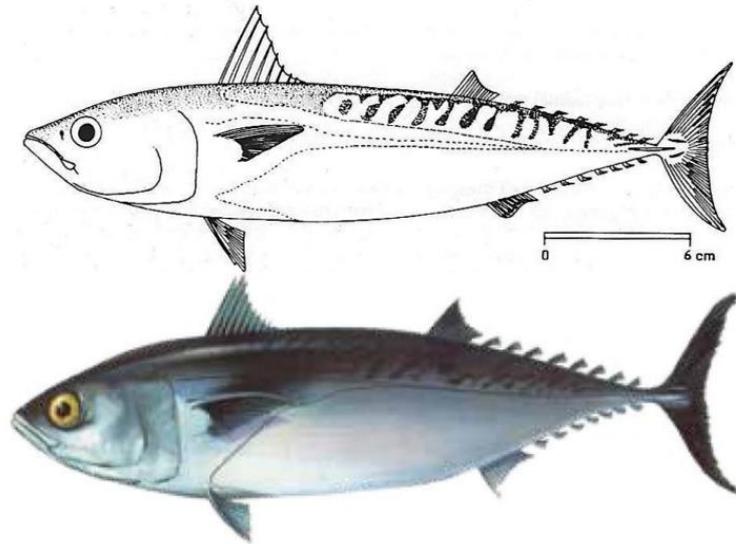
Translokasi mikroplastik dapat terjadi dalam tubuh organisme. Pergerakan mikroplastik melalui membran biologis dapat memiliki dampak yang berbeda-beda tergantung pada spesies dan lokasi translokasi mikroplastik. Rute translokasi dapat dimulai dari menelan mikroplastik hingga masuk dalam saluran pencernaan. Mikroplastik yang ada dalam saluran pencernaan dapat berpindah ke organ tubuh lain, seperti insang atau paru-paru, kemudian masuk ke sistem peredaran darah, hati, dan ginjal. Selain itu, mikroplastik juga menjadi penyebab penyumbatan gastrointestinal hingga mengakibatkan berkurangnya nafsu makan atau kenyang palsu (Amelia *et al.*, 2021).

2.4 Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*)

2.4.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi tongkol lisong menurut Uchida (1981) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Chordata
Class	: Actinopterygii
Order	: Perciformes
Family	: Scombridae
Genus	: <i>Auxis</i>
Species	: <i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)



Gambar 2.10. Ikan tongkol lisong
Sumber: Uchida (1981)

Ikan tongkol lisong seperti dalam Gambar 2.10. memiliki karakteristik tubuh yang kokoh, bulat, memanjang, dan ujung moncong meruncing. Panjang total (*Total length/TL*) tongkol lisong yang banyak ditemukan rata-rata berukuran 20-30 cm. Tubuh ikan ini membulat dengan punggung yang lebar berwarna biru kehitaman dilengkapi pola seperti batik di atas gurat sisinya (Dahlan *et al.*, 2019). Tongkol lisong memiliki gigi kecil yang meruncing dan tulang ekor yang kuat karena didukung adanya dua tulang bercabang di bagian sirip ekornya (Bramana *et al.*, 2021). Bagian bawah ikan cenderung lebih terang dan mengkilat dibandingkan bagian punggung. Sirip punggung pertama berbentuk segitiga dengan 10 duri dimana duri depan merupakan duri terpanjang, dan punggung kedua memiliki duri yang lebih kecil. Sirip punggung belakang berukuran kecil berjumlah 8. (Uchida, 1981).

Edwards (1990) mengemukakan bahwa *bullet tuna (Auxis rochei)* memiliki jari sirip punggung pertama berjumlah 10-12 yang memiliki tekstur keras seperti

duri dan jari sirip punggung kedua berjumlah 10-11. Kedua sirip punggung ini dipisahkan oleh celah lebar yang bagian belakangnya diikuti 8 buah sirip-sirip kecil, atau disebut *finlets*. Sirip anal memiliki jumlah 13-15 diikuti dengan 7 buah *finlets*. Sirip dada berukuran pendek dan letaknya hampir sejajar dengan batas anterior area tanpa sisik di atas *corselet*. Tongkol lisong juga memiliki tonjolan (*flaps*) yang terletak di antara kedua sirip perut.

2.4.2 Habitat dan Distribusi

Genus *Auxis* menyebar di perairan tropis dan subtropis seluruh dunia. Tongkol lisong (*bullet tuna*) termasuk genus *Auxis* dalam keluarga Scombridae yang hidupnya di area epipelagis atau mesopelagis dan digolongkan sebagai ikan tuna neritik. Tuna neritik merupakan ikan tuna yang memiliki habitat di perairan dangkal dengan kedalaman kurang dari 200 meter. Persebaran ikan tongkol lisong dipengaruhi oleh suhu perairan (berkisar 21,6 – 30,5°C) dan ketersediaan makanan (Fitriah, 2018). Jenis makanan yang dikonsumsi *bullet tuna* meliputi Crustacea, Mollusca, Annelida, Antyphyta, dan beberapa ikan pelagis kecil serta zooplankton lainnya. Jenis makanan ini menunjukkan bahwa ikan tongkol lisong tidak tergolong selektif dalam mencari makanan. Sifat tidak pemilih ikan tongkol dapat mengakibatkan menurunnya ketersediaan makanan. Penurunan ini akan menimbulkan pergerakan dan perpindahan ikan tongkol sehingga menyebabkan perubahan populasi pada lokasi tertentu (Kantun *et al.*, 2018).



Gambar 2.11. Ikan tongkol krai (atas) dan ikan tongkol lisong (bawah)
Sumber: Zedta & Setyadji (2019)

Selain ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*), terdapat hasil tangkapan ikan tongkol lain dengan genus yang sama, yaitu ikan tongkol krai (*Auxis thazard*) seperti pada Gambar 2.11. Tongkol krai atau *frigate tuna* merupakan ikan ekonomis yang dapat ditemukan hampir di semua perairan tropis dan subtropis. Tongkol krai termasuk dalam tuna neritik dengan habitat di permukaan laut sampai dengan kedalaman 50 meter. Pola migrasi bersifat lokal dengan suhu optimum berkisar antara 27 – 29°C (Hartaty & Setyadji, 2016). Tongkol krai merupakan ikan yang memiliki tubuh kokoh, bulat, dan lempeng. Ikan ini mempunyai dua sirip punggung. Sirip punggung pertama berjumlah 10-12. Sirip punggung kedua diikuti oleh 8 sirip punggung kecil. Dua sirip punggung dipisahkan oleh celah yang lebar. Bagian punggung *A. thazard* berwarna kebiruan, berubah menjadi ungu tua atau hampir hitam di kepala. Pola seperti batik di bagian punggung *A. thazard* memiliki tampilan yang berbeda dengan *A. rochei*.

Pola *A. thazard* berupa 15 garis miring horizontal, menyambung, dan bergelombang, sementara pada *A. rochei* cenderung berpisah-pisah (Joshi *et al.*, 2012). Tabel 2.2 merupakan ringkasan morfologi *Auxis rochei* dan *Auxis thazard* menurut pendapat Uchida, (1981):

Tabel 2.2. Ringkasan morfologi *Auxis rochei* dan *Auxis thazard*

<i>Auxis rochei</i>	<i>Auxis thazard</i>
Terdapat 15 atau lebih garis gelap yang lebar dan hampir vertical pada area kosong di setiap sisi punggung	Terdapat 15 atau lebih garis bergelombang gelap miring atau hampir horizontal di area kosong di setiap sisi punggung
<i>Corselet</i> (kumpulan sisik) dengan lebih dari 6 baris sisik yang lewat di bawah punggung kedua	<i>Corselet</i> (kumpulan sisik) yang beruas-ruas di sepanjang gurat sisi, paling banyak terdiri dari 3 baris yang lewat di bawah punggung kedua
Sirip dada hampir mencapai vertikal di bawah ujung anterior	Sirip dada memanjang melampaui garis vertikal dari tepi anterior area berpola di punggung
Tubuh lebih bulat dan kokoh	Tubuh dikompresi dari sisi ke sisi (panjang dan lebar tubuh bagian atas dan bawah cenderung sama)
Bentuk rongga perut bagian dorsal terkompresi	Bentuk rongga perut lebih lonjong
Perut pendek dengan ujung distal tidak mencapai lubang anus	Perut memanjang sedikit sampai belakang lubang anus

2.5 Spektroskopi FTIR

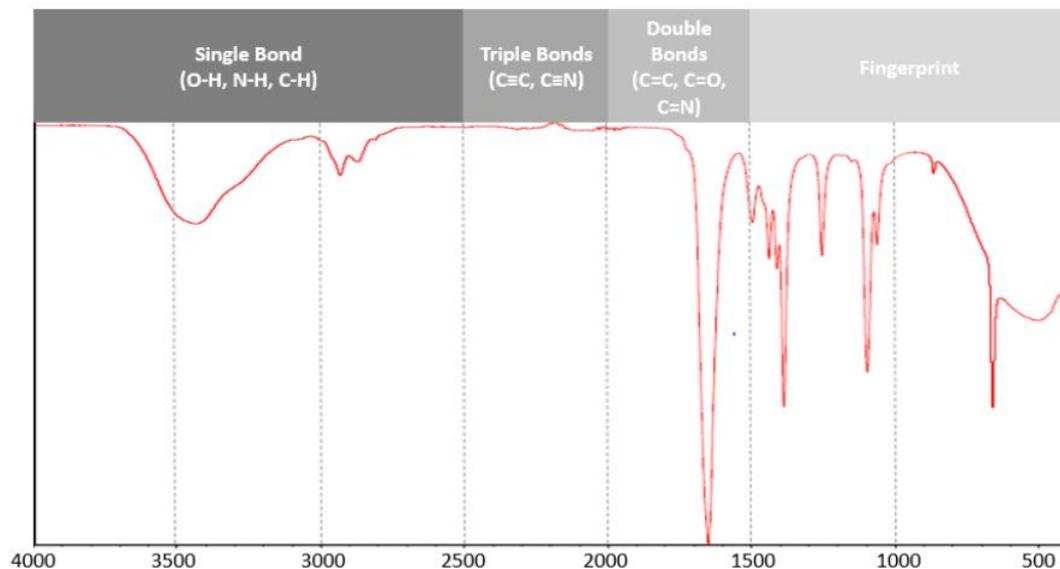
Fourier transform infrared (FTIR) merupakan salah satu teknik analisis menggunakan spektroskopi inframerah yang cukup populer karena dinilai cepat

dan memiliki akurasi yang baik. Spektroskopi inframerah berfungsi mengidentifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang kompleks disusun oleh banyak puncak. Prinsip kerja dari FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh setiap senyawa dapat dibedakan berdasarkan daerah serapannya (Sjahfirdi *et al.*, 2015). *Fourier transform infrared* banyak digunakan untuk identifikasi partikel polimer plastik berdasarkan karakteristik spektrum inframerah yang dihasilkan. Polimer plastik yang diuji akan memunculkan spektrum inframerah yang spesifik dengan pola gelombang berbeda tiap polimer (Putra, 2019). Jenis metode ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sampel dalam bentuk padat dan cair (Nandiyanto *et al.*, 2019).

Spektroskopi FTIR berkaitan dengan pengukuran radiasi inframerah (IR/*infrared*) yang diserap oleh sampel mikroplastik. Spektrum inframerah mewakili sidik jari sampel mikroplastik dengan puncak serapan sesuai frekuensi getaran antara ikatan atom penyusun material. Jenis polimer plastik dapat ditentukan menggunakan FTIR. Setiap polimer merupakan kombinasi atom yang unik, oleh karenanya tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum atau serapan inframerah yang persis sama. Akan tetapi jika puncak spektrum inframerah kedua senyawa tepat sama, maka senyawa tersebut identik dalam banyak hal (Noorhidayah *et al.*, 2021; Veerasingam *et al.*, 2021).

Wilayah inframerah dari spektrum elektromagnetik dibagi menjadi tiga wilayah yaitu: (1) wilayah energi tingkat tinggi atau *near infrared* (NIR) dengan rentang gelombang $14.000 - 4.000 \text{ cm}^{-1}$ (panjang gelombang $0,78 - 2,5 \text{ mm}$) yang sensitif terhadap nada dan kombinasi dari getaran, (2) wilayah inframerah tengah

atau *mid infrared* (MIR) dengan bilangan gelombang $4000 - 500 \text{ cm}^{-1}$ (panjang gelombang $2,5 - 30 \text{ mm}$) untuk mempelajari getaran dasar, dan (3) wilayah inframerah jauh atau *far infrared* (FIR) dengan rentang bilangan gelombang $500 - 100 \text{ cm}^{-1}$ (panjang gelombang $30 - 1000 \text{ mm}$) untuk mempelajari rotasi. *Mid infrared* (MIR) merupakan wilayah spektral yang umum digunakan dalam karakterisasi polimer mikroplastik. Spektrum FTIR mikroplastik atau MIR dibagi menjadi empat kelompok yang dapat dilihat pada Gambar 2.12. yaitu wilayah ikatan tunggal ($2500 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) wilayah ikatan rangkap tiga ($2000 - 2500 \text{ cm}^{-1}$) wilayah ikatan rangkap dua ($1500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$) dan wilayah ikatan sidik jari ($500 - 1500 \text{ cm}^{-1}$) (Nandiyanto *et al.*, 2019; Veerasingam *et al.*, 2021).



Gambar 2.12. Wilayah spektrum *Mid Infrared* (MIR)

Sumber: Nandiyanto *et al.*, (2019)

2.6 Kondisi Umum dan Potensi Perikanan Teluk Prigi

Teluk Prigi terletak di Desa Tasikmadu Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek dengan titik koordinat $111^{\circ}71'64''$ BT – $8^{\circ}26'47''$ LS. Perairan ini

termasuk dalam wilayah pengelolaan perikanan Republik Indonesia (WPP R1 573) di Selatan Pulau Jawa yang berbatasan dengan Samudera Hindia. Teluk Prigi memiliki kedalaman sekitar 30 meter yang membentuk tebing curam dengan kedalaman berkisar 70–100 meter di bagian luar teluk hingga jarak 2 mil dari Pantai Prigi. Sifat perairan di selatan Pulau Jawa dipengaruhi oleh musim angin. Pergerakan arus mengalir dari barat ke timur dan puncak kekuatannya sekitar 75 cm/detik yang terjadi pada bulan Mei (BPS Kabupaten Trenggalek, 2021; Wudji & Suwarso, 2014).

Teluk Prigi memiliki pelabuhan ikan yang cukup besar di Trenggalek yaitu Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi. Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi bertugas melaksanakan pengelolaan dan pelayanan pemanfaatan sumber daya ikan, serta keselamatan operasional kapal perikanan yang bergerak di bawah naungan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Pelabuhan perikanan didominasi oleh nelayan skala kecil yang melakukan penangkapan ikan menggunakan alat tangkap berupa jaring insang, pukat cincin dan pancing (Kamilah, 2020). Hasil tangkapan nelayan yang didaratkan di pelabuhan perikanan prigi terdiri dari ikan pelagis dan ikan demersal (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2021a).

Jumlah tangkapan ikan pelagis lebih mendominasi dibandingkan ikan demersal. Jenis ikan pelagis meliputi tongkol como (*Euthynnus affinis*), marlin (*Makaira indica*), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), tuna mata besar (*Thunnus obesus*), albakor (*Thunnus alalunga*), tongkol lisong (*Auxis rochei*), tuna madidihang (*Thunnus albacores*), kenyar (*Sarda orientalis*), tongkol krai (*Auxis thazard*), lemuru (*Sardinella lemuru*), alu-alu (*Sphyraena barracuda*), layang biru (*Decapterus macarellus*), layang anggur (*Decapterus kurroides*), kembung laki-

laki (*Rastrelliger kanagurta*), dan beberapa jenis lain. Jenis ikan demersal yang banyak ditemukan adalah kwee (*Caranx spp.*), kekek jawa (*Mene maculata*), dan layur (*Trichiurus lepturus*) (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2021b). Berdasarkan publikasi sementara salah satu *website* PPN Prigi, ikan tongkol lisong atau *bullet tuna* (*Auxis rochei*) termasuk kelompok ikan pelagis dengan hasil tangkapan paling banyak dibandingkan dengan ikan lain, yaitu sebesar 71.359 kg pada 2022. Melimpahnya hasil tangkapan mengakibatkan ikan ini banyak dikonsumsi dibandingkan dengan ikan lain (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2021a, 2021b).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksploratif. Metode deskriptif kuantitatif bertujuan untuk menggambarkan identitas dari mikroplastik yang ada pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong melalui proses identifikasi didukung dengan data kuantitatif penelitian berupa kelimpahan mikroplastik. Pendekatan eksploratif dalam penelitian ini dilakukan melalui pengumpulan data dan pengambilan sampel secara langsung dari lokasi penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2022. Lokasi penelitian berada di area Teluk Prigi yang terletak pada posisi koordinat 111°71'64" BT – 8°26'47" LS, Desa Tasikmadu Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek Jawa Timur. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Ekologi dan pengamatan tipe mikroplastik di Laboratorium Optik Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian spektroskopi FTIR dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi GPS *essentials*, penggaris, alat tulis, kamera *smartphone*, alat bedah (pisau), kertas label, plastik klip, kain saring nilon ukuran mesh 300 μm , wadah *stainless steel*, mikroskop

stereo, botol sampel, cawan petri, gelas kimia, pipet tetes, corong kaca, alat pengaduk, alat penangas air (kompor), jarum ose, tisu, sarung tangan lateks, masker dan jas laboratorium.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong, aquades, alkohol 70%, larutan H₂O₂ konsentrasi 30%, NaCl konsentrasi 0,9%, dan Fe(II) 0,05 M.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Provinsi Jawa Timur memiliki 38 wilayah (29 kabupaten dan 9 kota) seperti pada Gambar 3.1. dengan karakteristik geografis dan sumber daya yang sangat beragam. Trenggalek termasuk salah satu kabupaten yang ada di Jawa Timur dengan letak astronomis 111°24' sampai 112°11' BT dan 7°63' sampai 8°34' LS. Kabupaten Trenggalek pada Gambar 3.2. memiliki 14 kecamatan dan 12 desa yang topografinya didominasi oleh pegunungan dan pantai (BPS Kabupaten Trenggalek, 2021; Yordani & Sugiarto, 2016).

Penelitian ini terletak di Teluk Prigi, Desa Tasikmadu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur menggunakan metode *purposive sampling*. Metode ini dilakukan dengan menentukan daerah yang dianggap dapat mewakili lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan di tiga stasiun yaitu muara Prigi, Pantai Damas, dan pintu masuk Teluk Prigi. Muara Prigi merupakan tempat pertemuan antara sungai yang terletak di sekitar kawasan penduduk dengan laut. Stasiun kedua adalah Pantai Damas yang masih aktif dijadikan sebagai wisata, dimana letaknya menjorok dan berbentuk seperti cekungan. Pintu

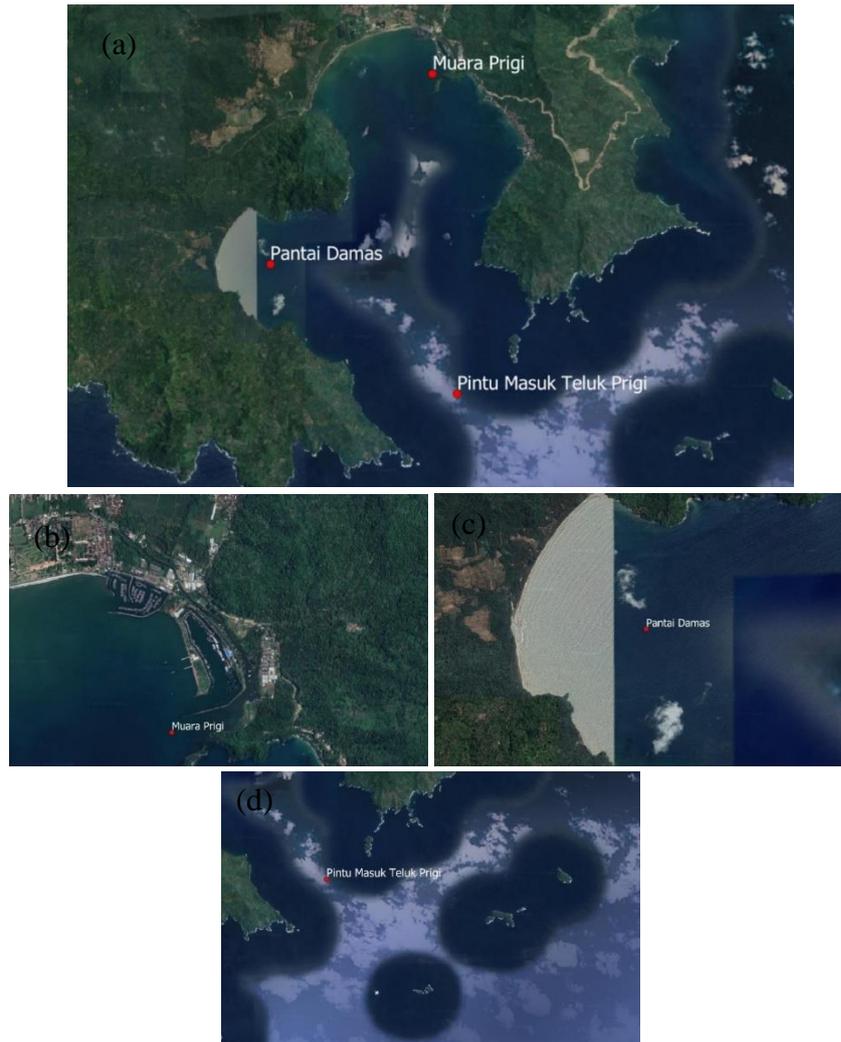
masuk Teluk Prigi menjadi stasiun ketiga yang berfungsi sebagai jalan keluar atau masuk arus air, organisme perairan, dan kapal-kapal nelayan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3. dan 3.4. beserta titik koordinatnya dalam Tabel 3.1. Peta wilayah dibuat menggunakan *software* komputer QGIS versi 3.10.



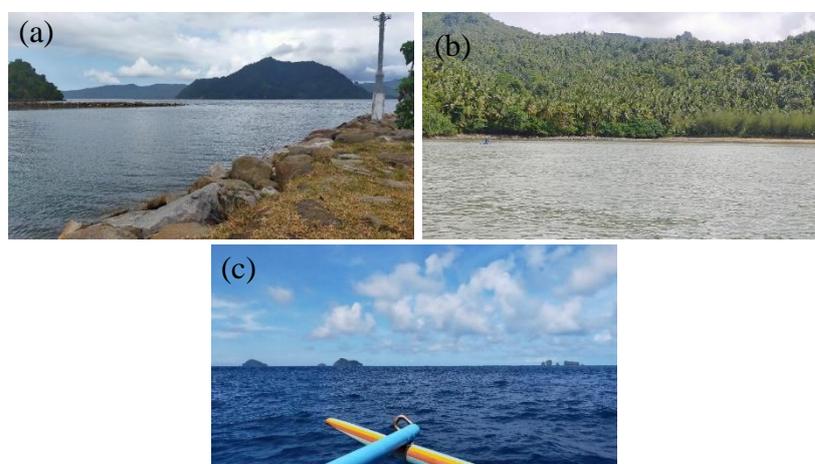
Gambar 3.1. Peta Provinsi Jawa Timur



Gambar 3.2. Peta Kabupaten Trenggalek



Gambar 3.3. Peta pengambilan sampel tiap stasiun. (a) seluruh stasiun, (b) stasiun satu, (c) stasiun dua, (d) stasiun tiga



Gambar 3.4. Foto lokasi pengambilan sampel tiap stasiun. (a) stasiun satu, (b) stasiun dua, (c) stasiun tiga

Tabel 3.1 Titik koordinat dan keterangan lokasi pengambilan sampel

Stasiun	Lokasi	Titik Koordinat
I Muara Prigi	Muara Prigi letaknya berdekatan dengan tempat pendaratan kapal kecil.	08°17'45.0" LS 111°43'50.3" BT
II Pantai Damas	Pantai Damas letaknya berbentuk cekungan dan lokasinya berdekatan dengan kotak penerangan.	08°19'57.8" LS 111°41'57.7" BT
III Pintu masuk Teluk Prigi	Stasiun ini ditandai dengan adanya tiga pulau kecil (secara berturut-turut dari kiri yaitu Pulau Sari, Pulau Boyolangu, dan Pulau Solimo) yang berhadapan dengan pintu masuk.	08°21'28.2" LS 111°44'07.3" BT

3.4.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ikan tongkol lisong di semua stasiun dilakukan menggunakan jaring. Ikan yang diambil memiliki panjang berukuran 20-30 cm. Pengambilan ikan dilakukan sebanyak dua kali pengulangan dengan jumlah 15 ekor tiap stasiun dalam satu kali ulangan, jadi total keseluruhan ikan yang diambil berjumlah 90 ekor. Menurut Binsasi (2020), pengambilan sampel ikan adalah sebanyak 10% dari hasil tangkapan nelayan. Didukung pendapat Puskara (1997) dalam Tim SKPIM Batam (2019), pengambilan jumlah sampel ikan menurut *standard* yang telah dibakukan yaitu tiap jenis ikan dan tiap lokasi diambil 5-10% dari populasi. Apabila tidak memungkinkan, maka dapat disesuaikan dengan jumlah minimal, yaitu berkisar antara 5-10 ekor.

Rentang waktu pengulangan pengambilan sampel adalah tiga minggu. Penentuan rentang waktu ini mengikuti kebiasaan nelayan Prigi yang tidak

melakukan kegiatan menangkap ikan ketika kondisi bulan terang. Berdasarkan pendapat Sihotang (2018), hari bulan dapat mempengaruhi bobot berat tangkapan ikan. Pada saat bulan terang, terjadi pasang naik yang sangat tinggi dan pasang surut yang sangat rendah, mengakibatkan air laut mengembang dan penangkapan ikan dinilai kurang efektif karena kurangnya pembiasan cahaya. Cahaya bagi kegiatan penangkapan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kedatangan ikan. Intensitas cahaya bulan setiap harinya berbeda-beda akibat pergeseran kemunculan bulan selama satu bulan (± 30 hari) karena pergerakan rotasi dan revolusi bulan terhadap bumi.

Sampel ikan yang telah didapatkan terlebih dahulu diukur panjang totalnya (*Total Length*/TL) menggunakan penggaris. Pembedahan ikan tongkol lisong dilakukan dengan alat bedah berupa pisau untuk diambil saluran pencernaannya, mulai lambung sampai usus. Saluran pencernaan ikan dibersihkan menggunakan air, kemudian dimasukkan dalam plastik klip yang sudah diberi alkohol 70% secukupnya untuk dilakukan pengujian mikroplastik.

3.4.3 Pengujian Sampel Mikroplastik

Pengujian sampel dilakukan berdasarkan metode NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan modifikasi pada jumlah sampel dan penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) (Gunawan *et al.*, 2021). Sampel saluran pencernaan dipindahkan ke dalam botol sampel untuk diberi penambahan larutan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml dan Fe(II) 0,05 M sebanyak 5 tetes, diaduk dengan pengaduk dan kemudian ditutup. Sampel diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah diinkubasi, sampel dipanaskan selama ± 30 menit di atas alat penangas air menggunakan sistem *steam bath*. Sampel yang selesai dipanaskan,

didiamkan hingga dingin kemudian disaring dengan kain saring nilon ukuran mesh 300 μm ke dalam cawan petri. Substrat sampel mikroplastik yang menempel di kain saring dapat dibilas menggunakan larutan NaCl 0,9% sampai kain bersih. Haji *et al.*, (2021) menjelaskan bahwa larutan hidrogen peroksida berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik, Fe(II) digunakan untuk mengkatalisis reaksi, dan NaCl berguna untuk memisahkan polimer mikroplastik dengan material lain yang memiliki kerapatan lebih kecil.

3.5 Identifikasi Mikroplastik

Sampel saluran pencernaan ikan diamati menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 40 \times dan 100 \times . Partikel mikroplastik diidentifikasi dan dikelompokkan ke dalam lima tipe yaitu fiber, fragmen, *film*, granula dan *foam* yang mengacu pada Crawford & Quinn (2017). Sampel mikroplastik diambil menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke dalam botol sampel untuk dilakukan uji FTIR. MERI (2015) menyatakan bahwa mikroplastik memiliki sifat yang fleksibel dan tidak mudah pecah jika terpentak. Oleh karenanya, saat mengambil mikroplastik menggunakan jarum dan mengenai partikel lain hingga rusak, maka partikel tersebut tidak dikelompokkan sebagai mikroplastik. Hasil identifikasi tipe mikroplastik dikelompokkan ke dalam tabel atau diagram di tiap masing-masing lokasi pengambilan sampel.

3.6 Analisis Data

Hasil identifikasi mikroplastik yang terdapat pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong juga ditampilkan dalam bentuk foto hasil mikroskopi. Penerapan metode kuantitatif dilakukan dengan mencatat jumlah partikel mikroplastik untuk dilakukan perhitungan kelimpahan kemudian diolah menjadi narasi (Gunawan *et*

al., 2021). Kelimpahan mikroplastik menurut Purnama *et al.*, (2021) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan}}{\text{Jumlah ikan}}$$

3.7 Analisis Spektroskopi FTIR

Jenis polimer mikroplastik dianalisis menggunakan uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Noorhidayah *et al.*, (2021) berpendapat bahwa uji FTIR mempunyai rentang bilangan gelombang berkisar antara 4.000 cm⁻¹ sampai 500 cm⁻¹. Uji FTIR diperlukan untuk mengonfirmasi polimer sintetik mikroplastik dengan bergantung pada transmisi dan panjang gelombang cahaya. Uji FTIR saluran pencernaan ikan tongkol lisong ini dilakukan oleh laboran Laboratorium Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS dengan mengirimkan sampel yang telah diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*)

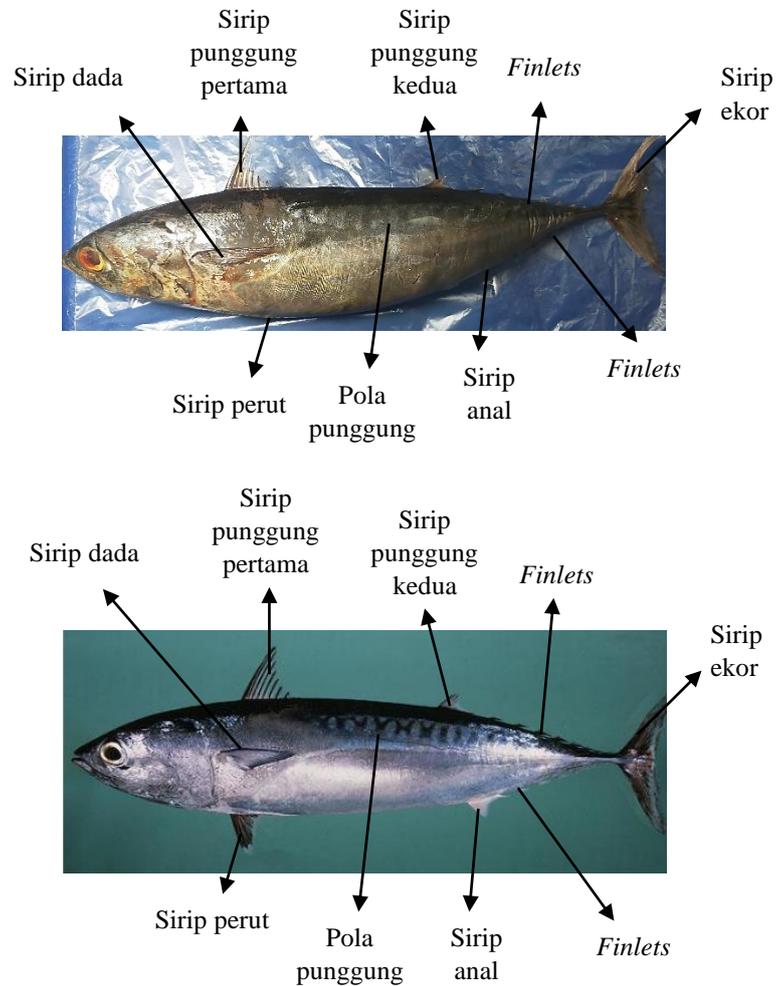
Penelitian mengenai tipe dan kelimpahan mikroplastik menggunakan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) dengan panjang 20-30 cm. *Auxis rochei* (Risso, 1810), dikenal secara populer sebagai tuna peluru atau *bullet tuna*. Spesies ini adalah spesies paling kecil di antara semua spesies tuna di dunia. Ikan dari genus *Auxis* bersifat epi/mesopelagis, tersebar di seluruh perairan tropis dan subtropis dengan sebaran musim di daerah sedang dan tropis (Jasmine *et al.*, 2013).

Klasifikasi ikan tongkol lisong menurut Uchida (1981) adalah:

Kingdom : Animalia
Phylum : Chordata
Class : Actinopterygii
Order : Perciformes
Family : Scombridae
Genus : *Auxis*
Species : *Auxis rochei* (Risso, 1810)

Tongkol lisong pada Gambar 4.1. memiliki bentuk tubuh yang memanjang dan membulat (tidak pipih) dengan sirip punggung pertama dan kedua yang dipisahkan oleh celah lebar. Jumlah duri pada sirip punggung pertama adalah 11 duri dan pada sirip punggung kedua terdapat 10 duri. Sirip dada bagian luar berwarna keunguan, tetapi bagian dalamnya berwarna kehitaman. Tulang ekor tongkol lisong kuat dan keras, dilengkapi dengan dua tulang bercabang pada sirip ekornya. *Auxis rochei* memiliki pola batik yang khas berbeda dengan *A. thazard*. Pola yang terdapat di punggung berjumlah kurang lebih 15 garis dan tidak saling

menyambung. Bagian bawah ikan lebih terang daripada bagian atasnya. Tongkol lisong memiliki sirip kecil di bagian belakang pada bagian atas dan bawah.



Gambar 4.1. Ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*). (a) sampel penelitian dan (b) literatur (Bachri, 2016)

Auxis rochei merupakan ikan yang memiliki *corselet* lebar. Perpanjangan *corselet* mengikuti gurat sisi posterior. Tubuh tongkol lisong atau *Auxis rochei* terlihat tegap, panjang membulat, dan penampang hampir bundar. Garis punggung melengkung sedang dan rata, sementara garis perut melengkung rata. Mulut *A. rochei* berukuran sedang, meruncing, dan miring. Ujung rahang atas mencapai vertikal dari tepi anterior mata. Sementara rahang bawah menonjol hampir

melebihi rahang atas. Giginya kecil dan runcing dalam satu baris di kedua rahang, karena tidak ada langit-langit. Penyapu insang panjang dan ramping. Spesies ini memiliki dua sirip punggung yang dipisahkan oleh celah. Sirip punggung pertama kira-kira berbentuk segitiga dengan 10-12 duri, dimana duri depan merupakan duri terpanjang. Sirip punggung kedua kecil, dengan 10-11 duri. Sirip dubur atau sirip anal berbentuk kecil dengan 2 duri dan 11 jari, diikuti 7 buah sirip kecil (*finlets*). Bagian dada *Auxis rochei* hampir berbentuk segitiga. Ciri khas dari *A. rochei* adalah gurat sisi atau pola yang terdapat di bagian punggung. Gurat sisinya agak bergelombang, memisah dan memiliki lengkungan yang tidak beraturan (Collette *et al.*, 2001; Uchida, 1981).

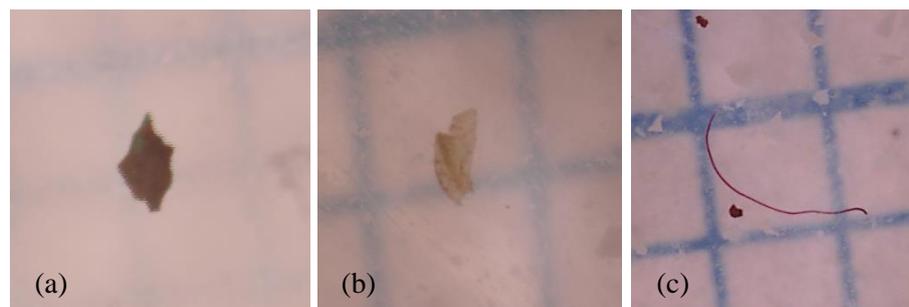
4.2 Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek

Penelitian pada 90 sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang diambil dari teluk Prigi Kabupaten Trenggalek menunjukkan adanya mikroplastik dalam tiap sampel yang diteliti. Berdasarkan hasil pengamatan dari kelima bentuk mikroplastik, yang ditemukan pada sampel saluran pencernaan adalah tipe fragmen, fiber, dan film. Pada penelitian yang dilakukan Free *et al.* (2014), mikroplastik fragmen, film, dan fiber atau garis mendominasi komposisi mikroplastik di Danau Hovsgol, Mongolia. Kemungkinan besar penemuan tiga tipe mikroplastik ini disebabkan adanya fragmentasi dan degradasi limbah domestik seperti kantong plastik, botol, abrasi serat pakaian dan alat tangkap. Mikroplastik dari sumber pencemar yang berbeda ini kemudian tidak sengaja ditelan oleh ikan dan organisme perairan lain.

Mikroplastik ditemukan tersebar di lingkungan terestrial dan akuatik. Kontaminasi mikroplastik banyak berasal dari limbah domestik yang masuk ke

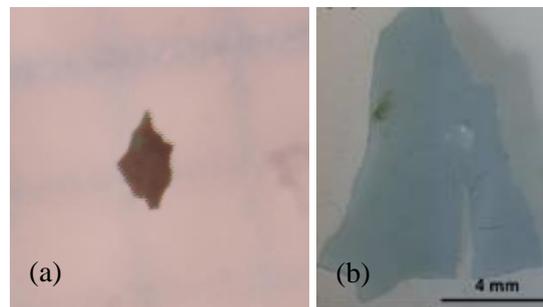
lingkungan laut melalui sungai, juga dari kegiatan lepas pantai, seperti hilangnya jaring ikan dan sampah kegiatan pariwisata (Pizzurro *et al.*, 2022). Mikroplastik dalam sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong menunjukkan adanya potensi pencemaran di Teluk Prigi. Courtene-Jones *et al.* (2017) melakukan penelitian mengenai cemaran mikroplastik di air laut dalam dan komunitas invertebrata bentik di Palung Rockall, Atlantik Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebaran polusi mikroplastik antropogenik bahkan telah ditemukan di air laut dengan kedalaman >2200 m.

Tiga tipe mikroplastik yang ditemukan dalam sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong memiliki bentuk yang berbeda. Gambar 4.2. menyajikan bentuk dari ketiga tipe mikroplastik hasil pengamatan yang diamati menggunakan mikroskop stereo. Secara berurutan dari sebelah kiri merupakan mikroplastik fragmen, bagian tengah ada mikroplastik film, dan gambar di sebelah kanan adalah bentuk mikroplastik fiber.



Gambar 4.2. Tipe mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong.
(a) tipe fragmen, (b) tipe film dan (c) tipe fiber

1. Mikroplastik Fragmen



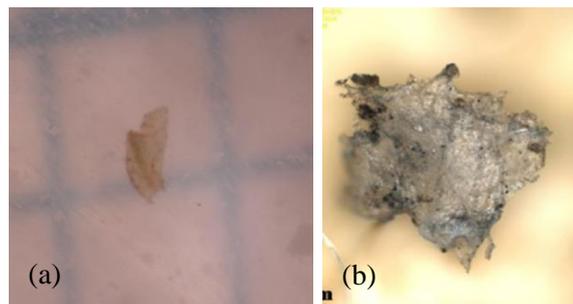
Gambar 4.3. Mikroplastik tipe fragmen. (a) hasil pengamatan dan (b) literatur (Free et al., 2014)

Mikroplastik fragmen pada Gambar 4.3. hasil pengamatan memiliki warna coklat kehitaman dengan bentuk yang tepiannya tidak beraturan. Tepian yang tidak beraturan pada mikroplastik fragmen menunjukkan tepi bergerigi dengan lengkungan yang tidak sama. Bagian atas terlihat melengkung tajam atau runcing, sedangkan bagian bawah melengkung agak tumpul atau rata. Gambar rujukan di sebelah kanan yang diambil dari penelitian Free *et al.* (2014) menunjukkan mikroplastik fragmen yang berwarna biru. Tepian mikroplastik tersebut terlihat bergerigi dan tidak beraturan di beberapa bagiannya, seperti bagian kiri bawah dan tengah kanan. Didukung pendapat Free *et al.* (2014) bahwa fragmen didefinisikan sebagai partikel plastik yang keras dan bergerigi.

Fragmen didefinisikan oleh Rosal (2021) sebagai partikel plastik dengan bentuk dan tepi yang tidak beraturan. Bentuk yang tidak beraturan menunjukkan asal dari fragmentasi plastik yang lebih besar. Menurut pendapat Tanaka & Takada (2016), fragmen memiliki berbagai karakter permukaan, seperti tepi tajam dengan retakan, bentuk bulat dengan permukaan halus, atau permukaan kasar akibat hasil dari degradasi. Kemunculan fragmen dihubungkan dengan asal-usul atau sejarah degradasi plastik di lingkungan. Identifikasi untuk sumber

mikroplastik fragmen perlu dikaji lebih dalam, karena secara umum hanya disebutkan bahwa partikel ini merupakan hasil dari fragmentasi bahan plastik yang ukurannya lebih besar. Pada beberapa penelitian, fragmen telah dilaporkan mencemari beberapa spesies dan fase rantai makanan di laut. Secara khusus, plastik yang bersifat keras dan plastik pembungkus kemasan luar (*outer packaging*) seperti plastik mika dapat menjadi sumber fragmen (Marrone *et al.*, 2021). Pertiwi *et al.* (2022) menyebutkan bahwa contoh sumber mikroplastik fragmen adalah toples, serpihan galon, ember, botol plastik, dan potongan pipa irigasi.

2. Mikroplastik Film



Gambar 4.4. Mikroplastik tipe film. (a) hasil pengamatan dan (b) literatur (Wang *et al.*, 2019)

Gambar 4.4. (a) merupakan mikroplastik film hasil pengamatan yang mempunyai warna kuning kecoklatan. Mikroplastik ini memiliki bentuk tepian yang tidak beraturan, di sebelah kiri melengkung dan tepiannya terlihat rata. Sementara sebelah kanan, atas, dan bawah tampak bergerigi dengan lengkungan tidak rata seperti sobekan daun. Mikroplastik film pada gambar hasil pengamatan juga terlihat lebih transparan dan tipis jika dibandingkan dengan fragmen. Gambar rujukan yang diambil dari penelitian Wang *et al.* (2019) menunjukkan mikroplastik film dengan warna campuran hitam dan putih yang memudar.

Terlihat sangat jelas bahwa bentuk tepi mikroplastik film tidak beraturan. Menurut pendapat Wang *et al.* (2019), mikroplastik film mempunyai bentuk yang tipis, sehingga lebih transparan dan fleksibel dibandingkan mikroplastik fragmen.

Menurut Bashir & Hashmi (2022), serupa dengan fragmen, film adalah bentuk mikroplastik yang berasal dari pelapukan sampah plastik berukuran besar. Kantong plastik atau bahan lain yang terbuat dari plastik sekali pakai diduga sebagai penyebab utama munculnya tipe ini. Yoswaty *et al.* (2021) mendukung pernyataan Bashir & Hashmi (2022) bahwa film umumnya berasal dari kemasan makanan. Begitu berada di lingkungan, bahan plastik kemasan makanan mengalami proses fragmentasi fisiokimia yang mengarah pada disintegrasi. Rosal (2021) menambahkan bahwa mikroplastik tipe film juga memiliki bentuk yang tidak teratur seperti fragmen, tetapi lebih tipis dan fleksibel.

3. Mikroplastik Fiber



Gambar 4.5. Mikroplastik tipe fiber. (a) Hasil pengamatan dan (b) literatur (Free *et al.*, 2014)

Tipe mikroplastik ketiga yang ditemukan dalam sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong adalah mikroplastik fiber. Mikroplastik tipe ini ditunjukkan pada Gambar 4.5. sebelah kiri dengan warna merah. Mikroplastik fiber memiliki bentuk yang tipis seperti serat atau benang. Gambar hasil pengamatan menunjukkan adanya satu partikel mikroplastik fiber. Gambar rujukan sebelah

kanan yang diambil dari penelitian Free *et al.* (2014) adalah kumpulan fiber yang memiliki warna biru, kuning, merah, hitam, dan lain-lain. Mikroplastik fiber menurut Free *et al.* (2014) sendiri merupakan partikel plastik yang tampilannya hanya lurus dan bentuknya tipis atau menyerupai serat.

Menurut Constant *et al.* (2022), fiber atau serat adalah salah satu tipe mikroplastik yang paling melimpah di lautan dan pantai. Sebagian besar fiber berasal dari tekstil dan jaring ikan (serat polipropilen). Selain itu, mikroplastik fiber juga berasal dari rafia, karpet, dan karung plastik (Pertiwi *et al.*, 2022). Tiap jenis mikroplastik memiliki bentuk khas tersendiri, seperti fiber yang terlihat menyerupai potongan serat tipis atau serabut memanjang (Prasetyo, 2020). Dominansi kemunculan mikroplastik fiber di Teluk Prigi kemungkinan besar berasal dari kegiatan perikanan seperti terlepasnya serat jaring tangkap ikan yang mulai rusak dan limbah cucian yang mengandung potongan serat pakaian, yang dibuang ke sungai hingga terakumulasi di pantai dan laut. Browne *et al.* (2011) berpendapat bahwa mikroplastik tipe fiber dapat bersumber dari limbah pakaian. Hal ini dibuktikan dari lepasnya sekitar 1900 serat dari kegiatan mencuci satu potong pakaian yang kemudian mengalir ke tempat pembuangan.

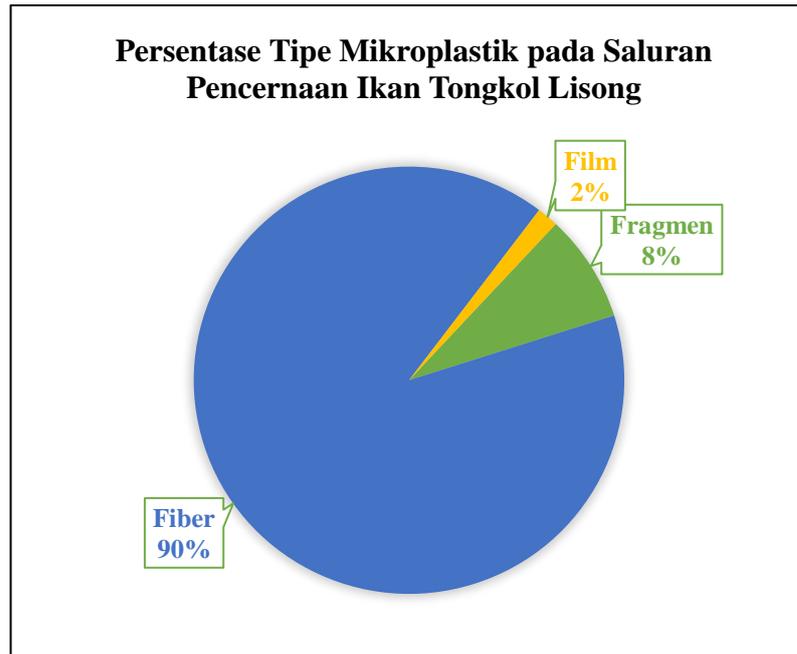
Tiga tipe mikroplastik yang ditemukan dalam saluran pencernaan ikan tongkol lisong mempunyai warna yang berbeda. Menurut Sulistyono *et al.* (2020), beberapa warna mikroplastik yang sering dijumpai adalah merah, biru, hijau, hitam, dan transparan. Perbedaan warna pada mikroplastik kemungkinan berasal dari sumber pencemar yang berbeda, misalnya warna transparan, dan hitam adalah kantong plastik yang memang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Marrone *et al.* (2021) menyatakan bahwa beberapa mikroplastik dapat kehilangan warna aslinya ketika masuk ke permukaan air. Beberapa plastik berwarna dapat

berubah menjadi kuning pucat bahkan transparan karena paparan lingkungan dalam jangka waktu yang lama.

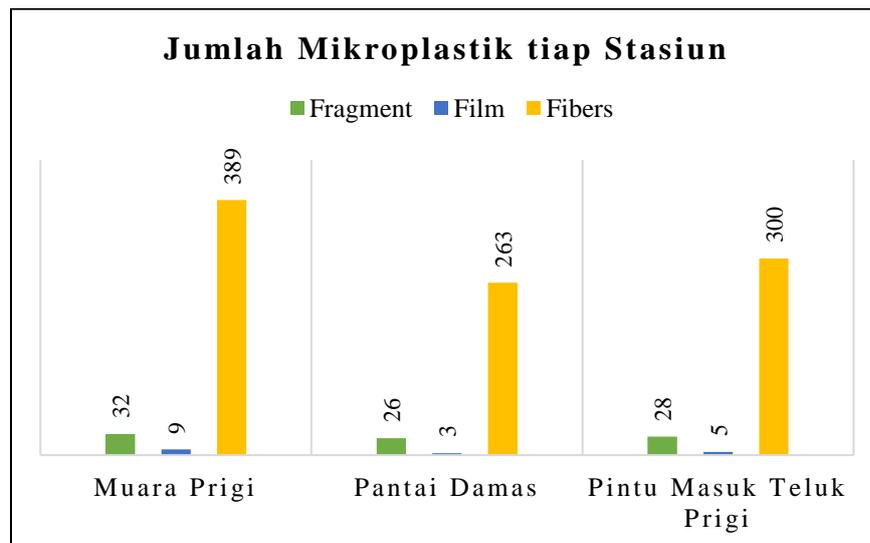
Yoswaty *et al.* (2021) berpendapat bahwa tipe mikroplastik yang umum ditemukan di perairan antara lain: fragmen, serat/fiber, dan film. Pernyataan ini dibuktikan dengan ditemukannya tiga tipe mikroplastik tersebut pada air laut dan sedimen di Perairan Kota Dumai, Provinsi Riau. Konsentrasi mikroplastik tertinggi dalam penelitian tersebut ditemukan pada sedimen daripada permukaan air. Keberadaan mikroplastik di dasar sedimen dipengaruhi oleh densitas plastik yang lebih tinggi dibandingkan densitas air, sehingga menyebabkan partikel plastik tenggelam dan terakumulasi dalam sedimen. Tipe mikroplastik yang mendominasi baik di perairan maupun sedimen adalah fiber.

4.3 Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek

Persentase tipe mikroplastik yang ditemukan pada sampel saluran pencernaan disajikan pada Gambar 4.6. Mikroplastik fiber menjadi tipe yang mendominasi saluran pencernaan ikan tongkol lisong sebanyak 90%, disusul fragmen sebanyak 8%, dan film hanya ditemukan sebanyak 2%. Jumlah mikroplastik pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 4.7. dan Tabel 4.1, dimana fragmen berjumlah 86 partikel, fiber dengan 952 partikel, dan film berjumlah 17 partikel. Salah satu alasan penyebab perbedaan jumlah ditemukannya mikroplastik dapat disebabkan oleh adanya aktivitas yang dilakukan di sekitar stasiun penelitian.



Gambar 4.6. Persentase tipe mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong



Gambar 4.7. Jumlah mikroplastik tiap stasiun

Tabel 4.1 Jumlah mikroplastik di seluruh stasiun pengambilan sampel

Tipe Mikroplastik	Jumlah
Fragmen	86
Film	17
Fiber	952

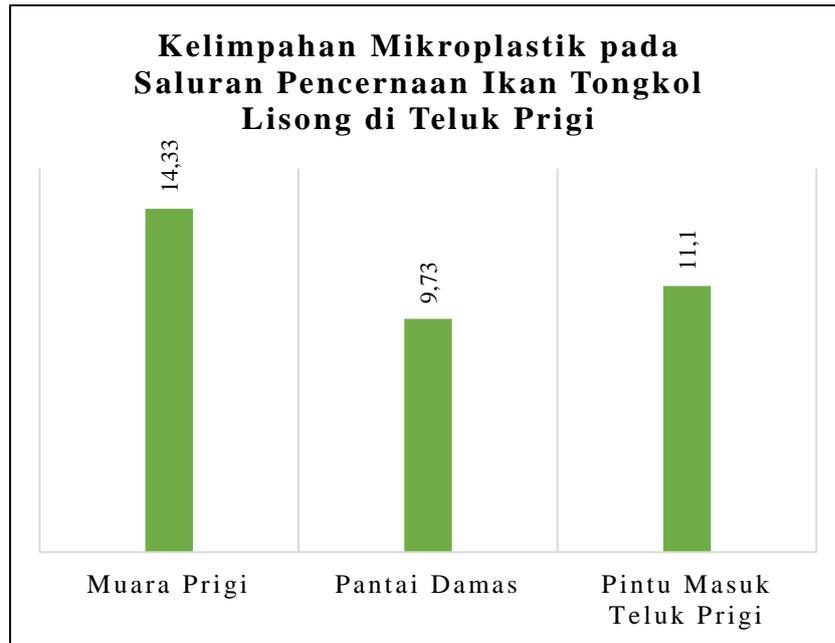
Fiber menjadi mikroplastik yang mendominasi di tiga stasiun. Total mikroplastik fiber adalah sebesar 952 partikel. Stasiun satu menjadi stasiun dengan jumlah mikroplastik fiber paling banyak yaitu 389 partikel, disusul stasiun tiga sebanyak 300 partikel, dan stasiun dua sebanyak 263 partikel. Acharya *et al.* (2021) berpendapat bahwa fiber memiliki panjang berkisar antara 100 μm dan 5 μm , serta lebar minimal 1,5 kali lipat lebih pendek. Fiber berasal dari serat tekstil dan serat jaring ikan. Mikroplastik fiber atau dapat disebut mikrofiber diproduksi dari fragmentasi plastik besar di lingkungan atau fragmentasi plastik sebelum masuk ke lingkungan, seperti saat mencuci pakaian. Pada beberapa penelitian disebutkan bahwa fiber dominan ditemukan di ekosistem laut dan ekosistem air tawar. Pencucian tekstil menjadi salah satu kontributor adanya mikroplastik fiber, terutama di lingkungan perkotaan. Selain tekstil, mikroplastik fiber juga dapat disebabkan karena aktivitas nelayan, bongkar muat kapal, pencucian karpet, dan limbah domestik (Amin *et al.*, 2020).

Fragmen merupakan tipe mikroplastik terbanyak kedua setelah fiber yang ditemukan pada tiga stasiun. Secara berurutan, jumlah fragmen paling banyak ditemukan di stasiun satu (32 partikel), lalu stasiun tiga (26 partikel), dan stasiun dua (28 partikel). Jadi, total keseluruhan fragmen pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong adalah 86 partikel. Menurut Mauludy *et al.* (2019), fragmen merupakan mikroplastik yang berasal dari potongan produk plastik dengan polimer sintesis yang kuat. Kelimpahan tipe fragmen berasal dari patahan plastik yang lebih besar. Sumber pencemaran mikroplastik fragmen paling banyak berasal dari kegiatan antropogenik yang memiliki densitas lebih padat, seperti pipa paralon, tutup botol, ember, mika map, dan lain-lain. Tingginya aktivitas

masyarakat di daerah pesisir pantai mendukung juga dapat menjadi penyebab kehadiran mikroplastik fragmen.

Film adalah mikroplastik yang sedikit ditemukan pada sampel saluran pencernaan yang diteliti. Total mikroplastik film yang ditemukan adalah sebanyak 17 partikel. Stasiun satu ada 9 partikel, stasiun dua ada 3 partikel, dan stasiun tiga ada 5 partikel. Mikroplastik film banyak berasal dari kantong plastik dan bahan pengemasan atau plastik kemasan (Shim *et al.*, 2018). Mikroplastik *film* memiliki bentuk yang tidak beraturan, tetapi lebih tipis dan lebih fleksibel dibandingkan mikroplastik fragmen (Rosal, 2021). Film memiliki densitas yang rendah dibandingkan mikroplastik lain, sehingga bentuknya cenderung transparan dan mudah mengapung, dapat dilihat dari lapisannya yang tipis menyerupai lembaran (Harahap, 2021).

Kelimpahan total mikroplastik pada 90 sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong memiliki nilai sebesar 35,16 partikel/individu. Perhitungan kelimpahan ini dilakukan dengan membagi keseluruhan partikel mikroplastik yang ditemukan di setiap stasiun (fragmen, film, dan fiber) dengan jumlah ikan per stasiun, yakni 30 sampel. Sesuai Gambar 4.8. dibawah ini, stasiun satu yakni Muara Prigi menjadi lokasi pengambilan sampel yang mikroplastiknya paling banyak daripada dua lokasi lain. Secara berurutan, stasiun satu (Muara Prigi) memiliki kelimpahan sebesar 14,33 partikel/individu, stasiun dua (Pantai Damas) dengan nilai kelimpahan paling sedikit yaitu 9,73 partikel/individu, dan kelimpahan pada stasiun tiga (Pintu masuk Teluk Prigi) yang bernilai 11,1 partikel/individu.



Gambar 4.8. Kelimpahan mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong di Teluk Prigi

Muara Prigi menjadi stasiun penelitian yang memiliki kelimpahan mikroplastik paling besar daripada dua stasiun lainnya. Letak muara yang masih berdekatan dengan pariwisata, pemukiman penduduk, tempat bersandarnya kapal nelayan dan kegiatan perikanan dapat menjadi sumber kemunculan mikroplastik. Wagner *et al.* (2014) berasumsi bahwa puing-puing plastik berasal dari pembuangan limbah yang dilakukan oleh manusia ke lingkungan perairan. Menurut Rodrigues *et al.* (2019), muara adalah ekosistem peralihan antara laut dan sungai yang diakui sebagai habitat penting secara ekologis. Selain memainkan peran penting sebagai habitat, muara juga berfungsi sebagai perlindungan dan sumber makanan, serta rute migrasi bagi spesies laut. Akan tetapi, muara rentan terkena berbagai gangguan antropogenik, diantaranya adalah dijadikan sebagai pembuangan sejumlah besar plastik dan limbah domestik. Peningkatan gangguan pada muara akan membahayakan fungsi ekologis dan kualitas lingkungan perairan di sekitarnya.

Stasiun kedua yakni Pantai Damas menjadi stasiun yang kelimpahan mikroplastiknya paling sedikit. Pantai Damas juga dijadikan sebagai muara dengan sungai yang berukuran sempit, tidak seluas seperti Muara Prigi. Stasiun ini juga lebih sepi pengunjung daripada stasiun satu yang letaknya berdekatan dengan Pantai Prigi. Selain dari aktivitas penduduk dan kegiatan nelayan, limbah plastik di tepian pantai berasal dari plastik di lautan yang terbawa arus. Menurut Saputro (2014), Pantai Damas merupakan salah satu pantai yang letaknya ada di Teluk Prigi dilengkapi dengan hutan pantai, ekosistem mangrove, dan muara di kedua sisi pantainya. Sirait *et al.* (2021) menambahkan bahwa sektor pariwisata di Pantai Damas tidak seramai pantai di Kabupaten Trenggalek lainnya. Hal ini disebabkan oleh akses menuju lokasi tersebut yang masih sedikit sulit dijangkau karena proses pembangunan Jalur Lintas Selatan (JLS). Akan tetapi, di Pantai Damas tidak sedikit ditemukan plastik yang kemungkinan besar berasal dari laut serta serat jaring ikan nelayan yang tersangkut di terumbu karang hingga menyebabkan patahan karang.

Kelimpahan mikroplastik pada stasiun tiga yaitu Pintu Masuk Teluk Prigi memiliki nilai 11,1 partikel/individu. Stasiun ini sering digunakan sebagai jalur transportasi kapal-kapal besar dari Pelabuhan Prigi untuk mencari ikan di luar teluk. Saat gelombang laut tidak sedang tinggi, stasiun ini masih dapat dijangkau kapal-kapal kecil. Selain sering dilewati kapal nelayan, stasiun ini juga banyak dilewati sampah yang mengapung terbawa arus di permukaan dan badan air. Menurut Widiastuti *et al.* (2021), polutan mikroplastik di perairan banyak berasal dari aktivitas antropogenik, seperti limbah rumah tangga, aktivitas pariwisata yang masuk ke perairan, dan aktivitas kuliner.

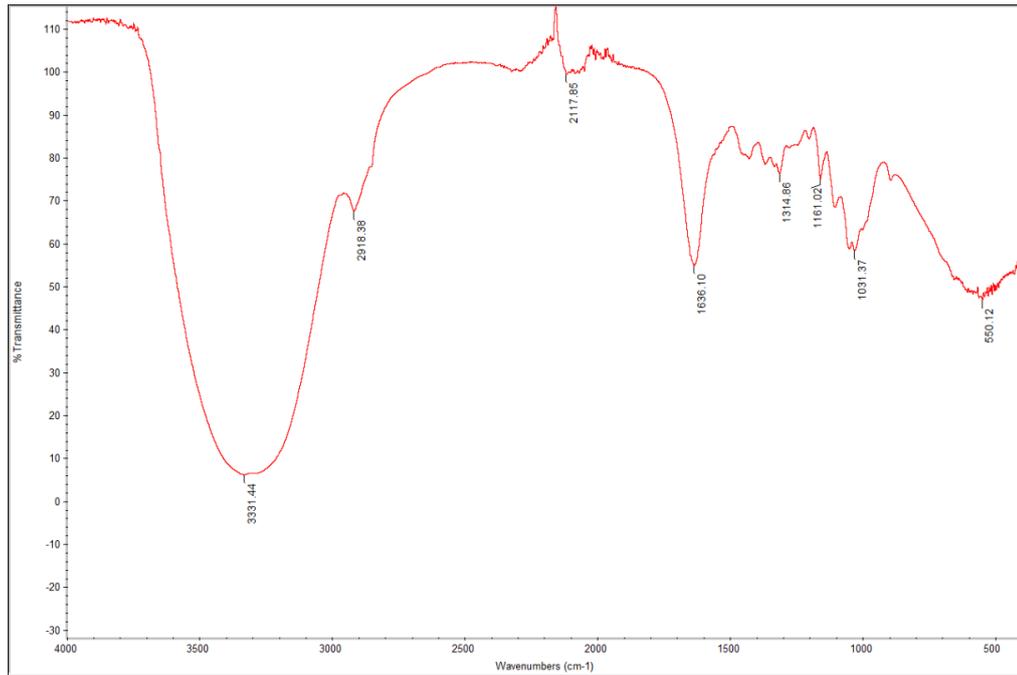
Variasi dalam tipe, polimer, dan ukuran mikroplastik kemungkinan mencerminkan sumber dan strategi pengelolaan limbah di lokasi pengambilan sampel. Tingkat konsumsi yang berbeda tiap spesies juga mempengaruhi melimpahnya mikroplastik. Puing-puing plastik yang ditemukan di saluran pencernaan organisme dapat disebabkan oleh transfer trofik spesies yang lebih kecil menjadi mangsa organisme trofik yang lebih tinggi (Karbalaie *et al.*, 2019). Mikroplastik tertelan oleh ikan yang mengira partikel plastik sebagai makanan karena ukuran dan tampilannya yang mirip dengan plankton. *Filter feeder* juga dapat secara tidak sengaja memakan mikroplastik karena menyaring air yang mengandung bahan makanan tersuspensi beserta partikel plastiknya (Pizzurro *et al.*, 2022).

4.4 Jenis Polimer Plastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek

FTIR merupakan salah satu teknik dalam analisis polimer plastik yang dilakukan dengan memberi informasi mengenai ikatan plastik tersebut. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) juga dapat digunakan sebagai konfirmasi polimer plastik. Saat ini, FTIR menjadi teknik analisis yang banyak digunakan untuk analisis mikroplastik. Mikroplastik yang masih dapat dilihat biasanya diidentifikasi dengan alat FTIR konvensional, sementara partikel yang lebih kecil membutuhkan penggunaan microFTIR (m-FTIR) yang dilengkapi dengan mikroskop. Mikroplastik yang memiliki diameter kurang dari 10 mm dapat dideteksi dengan m-FTIR. Pencitraan m-FTIR dilengkapi detektor *focal plane array* (FPA) memfasilitasi pembuatan peta mikroplastik yang jauh lebih cepat dengan merekam beberapa ribu spektrum secara bersamaan (Chen *et al.*, 2020).

Guna mendeteksi partikel mikroplastik dalam sampel, algoritma otomatis diterapkan, dimana semua spektrum referensi dibandingkan dengan semua spektrum yang ada dalam peta (Olesen *et al.*, 2017). FTIR untuk analisis mikroplastik memiliki tiga mode, yaitu transmisi, reflektansi, dan refleksi total yang dilemahkan (*attenuated total reflection*/ATR). Partikel yang dianalisis dalam mode transmisi harus memiliki bentuk yang tipis (<100 mm) untuk menghindari penyerapan total dalam spektrum FTIR. Sampel dengan ketebalan kurang dari 5 mm seperti film atau serat memiliki masalah sensitivitas deteksi dalam mode transmisi. Berbeda dengan mode transmisi, mode reflektansi dan ATR tidak membedakan ketebalan sampel mikroplastik. Reflektansi m-FTIR paling cocok untuk permukaan bidang atau rata karena kesalahan bias yang dihasilkan akan rendah, sementara pengukuran material yang bentuknya tidak beraturan, harus memperhitungkan kesalahan bias. Sebaliknya, pada spektroskopi ATR-FTIR, permukaan yang tidak beraturan akan menghasilkan spektrum yang stabil (Käppler *et al.*, 2018; Shim *et al.*, 2016).

Pengujian FTIR dilakukan dengan menyerahkan sampel mikroplastik saluran pencernaan ikan tongkol lisong yang telah diidentifikasi untuk diujikan di laboratorium Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya. Hasil uji FTIR disusun oleh beberapa puncak atau pita serapan yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Total serapan pada bilangan gelombang 4000 – 500 cm^{-1} adalah delapan gelombang. Wilayah serapan gelombang dimulai dari pita di posisi 3331.44 cm^{-1} dan diakhiri dengan pita serapan pada posisi 550.12 cm^{-1} .



Gambar 4.9. Hasil uji FTIR sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong

Wilayah serapan $4000 - 2500 \text{ cm}^{-1}$ berupa ikatan tunggal O-H, N-H, C-H yang diisi dengan dua pita, yaitu 3331.44 cm^{-1} dan 2918.38 cm^{-1} . Wilayah serapan $2500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ memiliki satu pita serapan yang terletak pada posisi 2117.85 cm^{-1} . Wilayah ini merupakan wilayah ikatan rangkap tiga $\text{C}\equiv\text{C}$ atau $\text{C}\equiv\text{N}$. Serapan gelombang $2000 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ merupakan wilayah ikatan rangkap dua $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}=\text{O}$, atau $\text{C}=\text{N}$. Wilayah ini hanya diisi dengan satu pita serapan, yaitu 1636.10 cm^{-1} . Wilayah serapan gelombang $1500 - 500 \text{ cm}^{-1}$ atau disebut *fingerprint area* memiliki empat pita serapan yang terletak pada posisi 1314.86 cm^{-1} , 1161.02 cm^{-1} , 1031.37 cm^{-1} , dan 550.12 cm^{-1} .

Tabel 4.2 Jenis polimer pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong

No.	Serapan Gelombang (cm^{-1})	Referensi Gelombang	Gugus Fungsi	Jenis Polimer	Literatur
1.	3331.44	3331	O-H stretch	Kelompok alkohol	(Hospodarova <i>et al.</i> , 2018)
2.	2918.38	2918.38, 2918	Aliphatic C-H	HDPE	(Bhuvanawari, 2013; Erbeta <i>et</i>

			stretch		<i>al.</i> , 2014)
3.	2117.85	2100-2260, 2120	Alkyne C–C stretch	PVC	(Earla <i>et al.</i> , 2016)
4.	1636.10	1634	C=O stretch	<i>Nylon</i> (<i>polyamide</i>)	(Jung <i>et al.</i> , 2018)
5.	1314.86	1314, 1315	C–O stretch	PET	(Asyana <i>et al.</i> , 2016)
6.	1161.02	1161, 1166	C–H stretch	PP	(da Silva & Wiebeck, 2021; Pourfarzad <i>et</i> <i>al.</i> , 2015)
7.	1031.37	1032	C–H bend	PS	(Muthuselvi <i>et</i> <i>al.</i> , 2018)
8.	550.12	550	C–H bend	HDPE	(Charles & Ramkumaar, 2009)

Pita serapan pada Gambar 4.9. dibandingkan dengan literatur terdahulu dengan cara mencocokkan angka yang paling mendekati untuk mengetahui gugus fungsi dan jenis polimer plastik tiap posisinya. Tabel 4.2 merupakan hasil analisis jenis polimer yang ditemukan pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong. Total dari delapan polimer, tujuh diantaranya merupakan polimer penyusun plastik. Lima pita serapan memiliki polimer plastik yang berbeda dan dua lainnya disusun oleh polimer yang sama. Menurut Hospodarova *et al.* (2018), puncak lebar yang terdapat pada 3331 cm^{-1} merupakan karakteristik vibrasi ulur gugus hidroksil dalam polisakarida. Puncak ini juga mencakup getaran ikatan hidrogen antar dan intra-molekul dalam selulosa. Pita serapan 3331 cm^{-1} ditetapkan menjadi kelompok O-H. Lauridsen *et al.* (2017) juga berpendapat bahwa pita serapan yang terbentang di sekitar 3270 cm^{-1} menunjukkan adanya alkohol dengan rantai panjang. Polimer plastik mulai disebutkan pada pita serapan 2918.38 cm^{-1} . Beberapa jenis polimer plastik pada sampel saluran pencernaan adalah sebagai berikut:

1. *High Density Polyethylene* (HDPE)

High density polyethylene terdeteksi dalam sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong pada pita serapan 2918.38 cm^{-1} dan 550.12 cm^{-1} . Pita serapan 2918.38 cm^{-1} menunjukkan adanya peregangan ikatan C-H dan pada serapan 550.12 cm^{-1} menunjukkan pembengkokan (*bending*) ikatan C-C. Wani *et al.* (2020) berpendapat bahwa HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang mampu mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik dengan makanan atau minuman yang dikemas. HDPE termasuk kelas polietilen yang dikenal sangat kaku dan fleksibilitasnya paling sedikit. HDPE memiliki sifat material yang kuat, keras, dan tahan terhadap suhu rendah.

High density polyethylene memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap dampak kerusakan pada suhu kamar, kondisi didinginkan, dan pada suhu makanan beku. Ikatan C-C dan C-H dalam struktur HDPE menyebabkan plastik ini tahan terhadap sebagian besar serangan kimia, kecuali asam pengoksidasi yang kuat. HDPE biasa digunakan sebagai botol susu, botol shampoo, botol minyak, botol deterjen cair, botol pelembut pakaian, botol produk farmasi, serta ember dan drum plastik. HDPE merupakan kemasan yang tidak cocok untuk produk makanan dan minuman yang peka terhadap oksigen, karena tidak memberikan penghalang yang cukup baik untuk transfer oksigen. Selain itu, HDPE memiliki stabilitas panas yang terbatas. Pada suhu leleh $130 - 137^{\circ}\text{C}$ jika dimasukkan dalam wadah dengan suhu $60 - 90^{\circ}\text{C}$, produk bahan plastik ini tidak memiliki kekakuan untuk tetap utuh (Selke & Hernandez, 2001).

2. *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Polyvinyl chloride terdeteksi mengalami peregangan ikatan alkuna C=C pada pita serapan 2117.85 cm^{-1} . *Polyvinyl chloride* merupakan salah satu polimer

termoplastik tertua. PVC banyak digunakan sebagai pipa air, kusen jendela, pintu, insulasi kabel, lembaran atap (kanopi), talang, dan pelapis lantai. Jenis plastik ini terdegradasi pada suhu yang relatif rendah dengan adanya cahaya untuk melepaskan hidrogen klorida. PVC tidak hanya memiliki ketahanan kimia yang tinggi, tetapi juga ketahanan terhadap air dan berbagai kondisi cuaca. Selain terkenal akan ketahanannya, PVC adalah bahan yang mudah terbakar. Hal ini merupakan konsekuensi dari bahan penyusun klorin yang tinggi ($\pm 67\%$). Pengaplikasian PVC yang tersebar luas mengakibatkan timbulnya limbah yang harus dikelola dengan aman (Doble & Kumar, 2005; Jannis, 2020; Lewandowski & Skórczewska, 2022).

3. *Nylon (Polyamide)*

Pita serapan pada 1636.10 cm^{-1} yang mengalami peregangan ikatan C=O diketahui sebagai plastik jenis *nylon*. Menurut Vojdani & Giti (2015), *nylon* adalah nama umum untuk jenis polimer termoplastik yang termasuk dalam kelas poliamida. Poliamida (PA) sendiri dikenal sebagai bahan pembentuk serat yang ditemukan oleh Wallace Carothers pada tahun 1935 sebagai serat sintesis pertama di dunia. Pengaplikasian poliamida di tahun tersebut bertujuan sebagai pengganti sutera alam. *Nylon* merupakan istilah alternatif untuk poliamida dan turunan serta kopolimernya, tetapi penyebutan poliamida lebih banyak digunakan oleh peneliti. Poliamida lainnya telah dikembangkan sebagai bahan plastik dan serat (Pouzada, 2021). Semua jenis poliamida memiliki kesamaan gugus $(-\text{C}(=\text{O})\text{N}=\text{})$ pada rantai *backbone*. Poliamida banyak digunakan dalam sektor otomotif, perkakas listrik, dan elektronik. Serat poliamida juga digunakan sebagai tekstil, tali pancing, dan karpet (Kausar, 2017).

4. *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Polyethylene terephthalate (PET) diketahui terletak pada pita serapan 1314.86 cm^{-1} yang ditandai dengan peregangan ikatan C–O. Lanaro *et al.* (2018) menyatakan bahwa *polyethylene terephthalate* umumnya disebut sebagai *polyester*. PET adalah polimer semiaromatik yang disintesis dari etilen glikol dan asam tereftalat. Sesuai dengan pernyataan sebelumnya, McKeen (2020) juga berpendapat bahwa PET adalah kelompok *polyester* termoplastik yang sering disebut sebagai *polyester*. PET ada sebagai bahan termoplastik amorf (transparan) dan semikristalin (buram dan putih). PET amorf memiliki keuletan yang lebih baik, tetapi kekakuan dan kekerasannya lebih sedikit. PET semikristalin memiliki keuletan, kekakuan, dan kekerasan yang lebih baik daripada PET amorf. *Polyethylene terephthalate* menjadi salah satu termoplastik yang paling banyak diproduksi. PET digunakan secara luas dalam industri makanan dan minuman, contohnya seperti kemasan makanan. Tingginya produksi PET menyebabkan limbah yang dihasilkannya juga tinggi, sehingga pembuangan limbah PET masih menjadi masalah di lingkungan selama bertahun-tahun (Şimşek *et al.*, 2019; Zulkifley *et al.*, 2014).

5. *Polypropylene* (PP)

Polypropylene ditemukan pada pita serapan 1161.02 cm^{-1} , ditandai dengan peregangan ikatan C–H. Menurut Maddah (2016), *polypropylene* merupakan produk petrokimia yang berasal dari monomer olefin, yaitu propilena. *Polypropylene* pertama kali ditemukan dan diidentifikasi pada tahun 1954. Popularitas plastik PP berkembang dan dengan cepat digunakan karena adanya fakta bahwa PP memiliki kerapatan terendah di antara komoditas plastik lainnya. Sebagai salah satu kelompok termoplastik, *polypropylene* dianggap sangat

berguna di banyak industri karena dapat dipanaskan, didinginkan, dan dipanaskan kembali tanpa menyebabkan degradasi yang signifikan pada komposisi dasarnya.

Alsabri *et al.* (2022) menambahkan pendapat Maddah (2016) bahwa *polypropylene* tahan terhadap suhu tinggi sehingga sangat cocok digunakan untuk barang-barang seperti baki, corong, ember, botol, dan peralatan yang harus sering disterilkan. Selain itu, jenis plastik ini juga memiliki ketahanan kimia yang sangat baik. *Polypropylene* termasuk polimer vinil dimana setiap atom karbon terikat pada gugus metil. *Polypropylene* merupakan bahan dengan sifat yang sangat baik dan dinilai lebih baik dari pada *polyethylene*.

6. *Polystyrene* (PS)

Pita serapan 1031.37 cm^{-1} menunjukkan keberadaan *polystyrene* yang ditandai dengan pembengkokan ikatan C–H. Begum *et al.* (2020) berpendapat bahwa *polystyrene* adalah polimer hidrokarbon aromatik sintetik yang terbuat dari monomer *styrene* (stirena). Stirena dihasilkan dari etilena dan benzena. Ketika etilen berpindah ke benzena dengan adanya katalis aluminium triklorida, etilbenzena dihasilkan melewati katalis seperti besi oksida atau magnesium oksida pada suhu tinggi yang diubah menjadi stirena dan hidrogen. PS banyak digunakan dalam pembuatan barang-barang seperti tutup, toples, botol, mainan, plastik busa, wadah makanan (*packaging foam*), gelas sekali pakai, kotak kaset, *compact disk* dan barang-barang rumah tangga lainnya.

Polystyrene adalah polimer aromatic sintetik dengan formula $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$ yang terbuat dari monomer *styrene*. Seperti plastik lainnya, *polystyrene* (PS) banyak digunakan karena sifat mekaniknya yang baik dan biaya yang dibutuhkan relatif rendah. Biodegradasi plastik PS di alam terjadi sangat lambat, dan oleh karena itu PS bertahan untuk waktu yang lama sebagai limbah padat. Sebuah penelitian pada

tanah budidaya yang mengandung berbagai macam mikroba, jamur, dan invertebrate, degradasi PS yang terjadi kurang dari 1% setelah 90 hari dengan tidak ada peningkatan laju degradasi yang signifikan setelah waktu tersebut (Ho *et al.*, 2018).

Keenam polimer plastik yang ditemukan pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong merupakan polimer yang menjadi bahan penyusun mikroplastik tipe fragmen, film, dan fiber. Bajt (2021) berpendapat bahwa salah satu bentuk atau tipe mikroplastik bisa disusun oleh beberapa jenis polimer plastik, misalnya polimer penyusun fiber diantaranya ada PA dan PET. Akan tetapi dalam data lain, ada pula fiber yang disusun dari polimer PET, PA, dan PP. Begitupun fragmen, tipe ini dapat dibentuk dari polimer PET, PP, PVC, dan PS. Mikroplastik tipe film juga dapat disusun dari polimer plastik PET dan *cellophane*. Contoh lainnya dapat dilihat pada botol, karena memiliki kemiripan pada tampilannya, botol merupakan produk yang dapat dibentuk dari polimer plastik HDPE dan PET.

Menurut pendapat Andrady & Neal (2009), keberhasilan plastik sebagai material sangat besar, plastik terbukti serbaguna untuk digunakan dalam berbagai jenis dan bentuk, termasuk polimer alami, polimer alami yang dimodifikasi, plastik termoset, hingga plastik yang dapat didaur ulang (*biodegradable plastic*). Konsumsi plastik untuk aplikasi pengemasan seperti wadah, kemasan dan kantong plastik lebih banyak daripada plastik untuk aplikasi otomotif dan pembuatan mainan atau mebel. Konsumsi plastik lainnya dapat ditemukan dalam produk bangunan seperti pipa dan juga peralatan rumah tangga.

Meskipun pada awalnya plastik dibuat untuk memenuhi kebutuhan manusia, namun pembuangan plastik ke lingkungan selama bertahun-tahun telah

menyebabkan beragam masalah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan plastik sudah mengalami pemborosan karena pemakaiannya dapat menjadi beban lingkungan (Okunola *et al.*, 2019). Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-'Alaq ayat 6 dan 7 yang menyinggung mengenai perbuatan melampaui batas oleh manusia. Ayat tersebut berbunyi:

كَلَّا إِنَّ الْإِنْسَانَ لِرَبِّهِ لَكَنَّاظٍ ﴿٦﴾ أَنْ رَأَاهُ اسْتَعْجَلًا ﴿٧﴾

Artinya: “Ketahuilah! Sesungguhnya manusia benar-benar melampaui batas, karena dia melihat dirinya serba cukup” (Al-'Alaq [96]: 6-7).

Menurut Shihab (2002) dalam tafsir Al-Mishbah, kata *كَلَّا* pada ayat enam disebutkan sebanyak 33 kali dalam Al-Qur'an dengan makna yaitu ancaman, menyangkal kandungan pembicaraan sebelumnya, membenarkan kandungan pembicaraan sebelumnya, dan sebagai pembuka pembicaraan (berlaku apabila hal-hal yang disebutkan pada urutan kesatu sampai ketiga tidak ditemukan). Namun Abu Hayyan dan al-Alusi berpendapat bahwa penggalan kata di atas memiliki kandungan tersirat berupa ancaman bagi manusia yang melampaui batas. Kata *لِيَطَّعَى* diambil dari kata (*طغى*) *thagha* yang dirangkai dengan lam dan berfungsi mengukuhkan. Pada awal mulanya, kata *thagha* berarti meluapnya air sehingga memunculkan bahaya, kemudian makna ini berkembang dan digunakan dalam arti yang lebih luas yaitu segala sesuatu yang melampaui batas, seperti kekufuran, pelanggaran, dan sikap sewenang-wenang.

Ayat ketujuh mengandung kata *أَسْتَعْجَلًا* yang diambil dari kata (*غنى*) *ghaniya* yang berarti tidak butuh, memiliki kelapangan hati, atau memiliki harta yang banyak. Ulama menetapkan penggalan ayat ini sebagai kepemilikan harta. Arti *ghaniya* secara umum yaitu merasa cukup hingga timbul rasa tidak membutuhkan

apapun, baik materi, ilmu pengetahuan, kedudukan, dan sebagainya. Kenyataan membuktikan bahwa sikap sewenang-wenang dapat terjadi walau dari seseorang yang tidak memiliki kekayaan materi, tetapi merasa dirinya tidak membutuhkan orang lain. Sikap ini dinilai bertentangan dengan nilai kemanusiaan, oleh karena itu, Al-Qur'an menganggap hal itu sebagai potensi negatif manusia (Shihab, 2002a).

Muhammad Baqir ash-Shadr mengemukakan bahwa ayat 6 dan 7 Surat Al-'Alaq menjelaskan mengenai salah satu hukum kemasyarakatan, yaitu pengaruh hubungan manusia dengan alam dan hubungan manusia dengan sesamanya. Sejalan dengan perkembangan kemampuan manusia dalam mengelola alam dan bertambahnya kekayaan serta kekuasaan terhadap alat-alat produksi, maka berkembang dan bertambah pula potensi manusia untuk berlaku sewenang-wenang atau mengeksploitasi sesuatu bahkan dengan sesamanya karena bentuk godaan dan keinginan (Shihab, 2002a).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Tipe mikroplastik yang telah diidentifikasi pada saluran pencernaan ikan tongkol lisong adalah fragmen, film, dan fiber. Fiber menjadi tipe yang mendominasi di setiap stasiun dengan nilai sebesar 952 partikel, disusul fragmen sebesar 86 partikel, dan film sebesar 17 partikel. Mikroplastik fragmen menunjukkan tepi bergerigi dan bentuknya tidak beraturan. Mikroplastik film mirip dengan mikroplastik fragmen, tetapi cenderung lebih transparan. Sementara itu, mikroplastik fiber memiliki bentuk yang tipis menyerupai benang atau serat.
2. Kelimpahan mikroplastik yang dilakukan dengan menghitung partikel mikroplastik dibagi jumlah ikan per stasiun menghasilkan nilai sebesar 35,16 partikel/individu. Penelitian yang dilakukan di tiga stasiun menunjukkan nilai kelimpahan yang berbeda. Stasiun satu (Muara Prigi) memiliki nilai paling besar daripada dua stasiun lainnya, yaitu 14,33 partikel/individu, disusul stasiun tiga (pintu masuk Teluk Prigi) dengan nilai 11,1 partikel/individu, dan yang terakhir adalah stasiun dua (Pantai Damas) dengan nilai kelimpahan 9,73 partikel/individu.
3. Jenis polimer plastik pada sampel saluran pencernaan ikan tongkol lisong yang diuji menggunakan FTIR berjumlah enam polimer. Polimer plastik tersebut diantaranya adalah *High Density Polyethylene* (HDPE) pada pita serapan 2918.38 cm^{-1} dan 550.12 cm^{-1} , *Polyvinyl chloride* (PVC) pada 2117.85 cm^{-1} , *nylon* (*poliamide*) pada 1636.10 cm^{-1} , *Polyethylene*

Terephthalate (PET) pada 1314.86 cm^{-1} , *Polypropylene* (PP) pada 1161.02 cm^{-1} , dan *Polystyrene* (PS) pada pita serapan 1031.37 cm^{-1} .

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah pengambilan sampel perlu diperhatikan agar tipe yang ditemukan juga lebih bervariasi.
2. Jika terdapat penelitian serupa di kawasan Prigi, dapat menggunakan objek lain seperti sedimen di dasar perairan agar data yang diperoleh lebih beragam dan dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain.
3. Dikarenakan adanya dominansi mikroplastik fiber, maka perlu memperhatikan sumber-sumber yang menyebabkan melimpahnya tipe ini, salah satunya dilakukan dengan mengganti jaring ikan jika sudah dalam kondisi rusak parah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. 2021. *Beach Cleanup, Momentum Merawat Pantai di Teluk Prigi Trenggalek dari Sampah*. Dikutip tanggal 27 September 2021 melalui <https://surabaya.tribunnews.com/2021/09/27/beach-cleanup-momentum-merawat-pantai-di-teluk-prigi-trenggalek-dari-sampah>.
- Acharya, S., Rumi, S. S., Hu, Y., & Abidi, N. 2021. Microfibers From Synthetic Textiles as a Major Source of Microplastics in the Environment: A Review. *Textile Research Journal*. 0(0): 1–21.
- Adisaputra, M. W., Masitah, & Purwati, S. 2019. Kandungan Mikroplastik pada Ikan Bawis (*Siganus canaliculatus*) dan Ikan Kembung (*Rastrelliger kanagurta*) di Perairan Bontang. *Jurnal Ilmiah Biosmart (JIBS)*. 1(1): 1–11.
- Al-Khalidi, Shalah 'Abdul Fattah. 2017. *Mudah Tafsir Ibnu Katsir*. Jilid 5. Edisi Pertama. Terjemahan E. Kosasih, A. Suyadi, A. As-Siddiq, Y. Junaidi, I. Sujoko, Nasrullah, M. Iqbal, Mujibburrahman, S. Hadi, dan Syaifuddin. Jakarta: Maghfirah Pustaka.
- Al-Qurthubi, I. 2007a. *Tafsir Al-Qurthubi*. Jilid 11. Edisi Ketujuh. Terjemahan M. I. Al-Hifnawi & M. H. Utsman. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Al-Qurthubi, I. 2007b. *Tafsir Al Qurthubi*. Jilid 18. Edisi Ketujuh. Terjemahan M. I. Al-Hifnawi & M. H. Utsman. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Alam, F. C., & Rachmawati, M. 2020. Perkembangan Penelitian Mikroplastik di Indonesia. *Jurnal Presipitasi*. 17(3): 344–352.
- Almroth, B. C., & Eggert, H. 2019. Marine Plastic Pollution: Sources, Impacts, and Policy Issues. *Review of Environmental Economics and Policy*. 13(2): 317–326.
- Alsabri, A., Tahir, F., & Al-ghamdi, S. G. 2022. Environmental Impacts of Polypropylene (PP) Production and Prospects of its Recycling in the GCC Region. *Materials Today: Proceedings*. 56: 2245–2251.
- Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. A. W. M., Ong, M. C., Shao, Y. T., Pan, H. J., & Bhubalan, K. 2021. Marine Microplastics as Vectors of Major Ocean Pollutants and its Hazards to the Marine Ecosystem and Humans. *Progress in Earth and Planetary Science*. 8(12): 1–26.
- 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.
- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*. 62(8): 1596–1605.
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. 2009. Applications and Societal Benefits of Plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1526): 1977–1984.
- Anggraini, R. R., Risjani, Y., & Yanuhar, U. 2020. Plastic Litter as Pollutant in the Aquatic Environment: A mini-review. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*. 12(1): 167–180.
- Asyana, V., Haryanto, F., Fitri, L. A., Ridwan, T., Anwary, F., & Soekersi, H. 2016. Analysis of Urinary Stone Based on a Spectrum Absorption FTIR-ATR. *Journal of Physics: Conference Series*. 694(1): 1–5.
- Az-Zuhaili, W. 2003a. *Tafsir Al-Munir: Aqidah, Syari'ah, Manhaj*. Jilid 11. Edisi Kedua. Jakarta: Gema Insani.

- Az-Zuhaili, W. 2003b. *Tafsir Al-Munir (Aqidah, Syariah, Manhaj)*. Jilid 7. Edisi Kedua. Jakarta: Gema Insani.
- Bachri, S. 2016. Analisis Bioekonomi Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dengan Alat Tangkap Payang di PPN Pelabuhan Ratu Jawa Barat. *Skripsi*. Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021: Energi dan Lingkungan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Lingkungan Hidup.
- Bajt, O. 2021. From Plastics to Microplastics and Organisms. *FEBS Open Bio*. 11(4): 954–966.
- Bashir, A., & Hashmi, I. 2022. Detection in Influx Sources and Estimation of Microplastics Abundance in Surface Waters of Rawal Lake, Pakistan. *Heliyon*. 8(3): 1–9.
- Baztan, J., Jorgensen, B., Pahl, S., Thompson, R. C., & Vanderlinen, J.-P. 2017. *MICRO 2016: Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems*. United Kingdom: Elsevier Inc.
- Begum, S. A., Rane, A. V., & Kanny, K. 2020. Applications of Compatibilized Polymer Blends in Automobile Industry. Dalam Buku *Compatibilization of Polymer Blends*. United Kingdom: Elsevier Inc.
- Berita Jurnal. 2021. *Ke Pantai Prigi, Menteri Susi Berburu Sampah Non Organik*. Dikutip tanggal 5 Februari 2019 melalui <http://beritajurnal.com/ke-pantai-prigi-menteri-susi-berburu-sampah-non-organik/>.
- Bhuvanawari, K. 2013. Isolation of Mangiferin from Leaves of *Mangifera indica* L. var Alphonso. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 6(2): 173–174.
- Binsasi, A. 2020. Preferensi Pakan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) di Perairan Pantai Utara Timor Tengah Utara. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*. 5(1): 46–55.
- Blair, R. M., Waldron, S., Phoenix, V. R., & Gauchotte-Lindsay, C. 2019. Microscopy and Elemental Analysis Characterisation of Microplastics in Sediment of a Freshwater Urban River in Scotland, UK. *Environmental Science and Pollution Research*. 26: 12491–12504.
- Booth, A. M., Kubowicz, S., Nordam, T., Landsem, E., & Jahren, S. 2017. Microplastic in Global and Norwegian Marine Environment: Distributions, Degradation Mechanisms and Transport. *SINTEF*. 1–147.
- Boucher, J., & Friot, D. 2017. *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. IUCN.
- BPS Kabupaten Trenggalek. 2021. *Kecamatan Munjungan dalam Angka 2021*. Trenggalek: Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek.
- Bramana, A., Khikmawati, L. T., Satyawan, N. M., & Mukti, A. A. 2021. Distribusi Ukuran Ikan Hasil Tangkapan Purse Seine KM. Bintang Sampurna-B di Wpp 572 dan 573. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*. 11(2): 167–176.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*. 45(21): 9175–9179.
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R.

- C. 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science & Technology*. 42(13): 5026–5031.
- Cesa, F. S., Turra, A., & Ramos, J. B. 2017. Synthetic Fibers as Microplastics in the Marine Environment: A Review from Textile Perspective with a Focus on Domestic Washings. *Science of the Total Environment*. 598: 1116–1129.
- Chalmin, P. 2019. The History of Plastics: from the Capitol to the Tarpeian Rock. *Field Actions Science Reports*. 19: 6–11.
- Charles, J., & Ramkumaar, G. R. 2009. Qualitative Analysis of High Density Polyethylene using FTIR Spectroscopy. *Asian Journal of Chemistry*. 21(6): 4477–4484.
- Chen, Y., Wen, D., Pei, J., Fei, Y., Ouyang, D., Zhang, H., & Luo, Y. 2020. Identification and Quantification of Microplastics using Fourier-Transform Infrared Spectroscopy: Current Status and Future Prospects. *Environmental Science and Health*. 18: 14–19.
- Collette, B. B., Reeb, C., & Block, B. A. 2001. Systematics of the Tunas and Mackerels. *Physiology Ecology and Evolution*. 19(1923): 1–33.
- Constant, M., Reynaud, M., Weiss, L., Ludwig, W., & Kerhervé, P. 2022. Ingested Microplastics in 18 Local Fish Species from the Northwestern Mediterranean Sea. *Microplastics*. 1(1): 186–197.
- Courtene-Jones, W., Quinn, B., Gary, S. F., Mogg, A. O. M., & Narayanaswamy, B. E. 2017. Microplastic Pollution Identified in Deep-sea Water and Ingested by Benthic Invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*. 231: 271–280.
- Crawford, B. C., & Quinn, B. 2017. *Microplastic Pollutants*. United Kingdom: Elsevier Inc.
- Critchell, K., & Hoogenboom, M. O. 2018. Effects of Microplastic Exposure on the Body Condition and Behaviour of Planktivorous Reef Fish (*Acanthochromis polyacanthus*). *PLoS ONE*. 13(3): 1–19.
- Da Silva, D. J., & Wiebeck, H. 2021. ATR-FTIR Spectroscopy Combined with Chemometric Methods for the Classification of Polyethylene Residues Containing Different Contaminants. *Journal of Polymers and the Environment*. 30(7): 1–33.
- Dahlan, M. A., Yunus, B., Umar, M. T., Nur, M., & Jufri, A. 2019. Struktur Ukuran Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei* Risso, 1810) yang Tertangkap di Perairan Majene Sulawesi Barat. *SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science*. 1(1): 32–34.
- Departemen Agama. 2009. *Pelestarian Lingkungan Hidup (Tafsir Al-Qur'an Tematik)*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. 2021a. *Laporan Kinerja Triwulan I, II, III, dan IV*. Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Pelabuhan Perikanan Prigi Trenggalek.
- Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. 2021b. *Laporan Statistik Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi 2020*. Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Pelabuhan Perikanan Prigi Trenggalek.
- Doble, M., & Kumar, A. 2005. Degradation of Polymers. *Biotreatment of Industrial Effluents*. 101–110.

- Earla, A., Li, L., Costanzo, P., & Braslau, R. 2016. Phthalate Plasticizers Covalently Linked to PVC via Copper-free or Copper Catalyzed Azide-alkyne Cycloadditions. *Polymer*. 109(1): 1–12.
- Edwards, A. 1990. *Fish and Fisheries of Saint Helena Island*. University of Newcastle upon Tyne Washington DC.
- Enydasari, A. 2020. Analisa Hasil Tangkap dan Pola Musim Penangkapan Ikan Pelagis Kecil di Perairan Prigi, Jawa Timur. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Erbetta, C. D. C., Manoel, G. F., Oliveira, A. P. L. R., Silva, M. E. S. R. e, Freitas, R. F. S., & Sousa, R. G. 2014. Rheological and Thermal Behavior of High-Density Polyethylene (HDPE) at Different Temperatures. *Materials Sciences and Applications*. 05(13): 923–931.
- Eriksson, C., & Burton, H. 2003. Origins and Biological Accumulation of Small Plastic Particles in Fur Seals from Macquarie Island. *Royal Swedish Academy of Sciences*. 32(6): 380–384.
- Eriyanto, B. 2019. Fasad Al-Ardi dalam Tafsir Al-Sya'rawi. *Skripsi*. Fakultas Ushuluddin Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Espinoza, R. M. B. 2019. Microplastics in Wastewater Treatment Systems and Receiving Waters. *PhD Thesis*. School of Geographical and Earth Sciences College of Science and Engineering University of Glasgow.
- Fitriah, R. T. M. 2018. Aspek Biologi Tongkol Lisong, *Auxis rochei* (Risso, 1810) yang didaratkan pada Unit Pelaksana Teknis Pelabuhan dan Pengelolaan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan Pondokdadap Sendang Biru Kabupaten Malang. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. 2014. High-levels of Microplastic Pollution in a Large, Remote, Mountain Lake. *Marine Pollution Bulletin*. 85(1): 156–163.
- Gago, J., Galgani, F., Maes, T., & Thompson, R. C. 2016. Microplastics in Seawater: Recommendations from the Marine Strategy Framework Directive Implementation Process. *Frontiers in Marine Science*. 3: 1–6.
- Gela, S. M., & Aragaw, T. A. 2022. Abundance and Characterization of Microplastics in Main Urban Ditches Across the Bahir Dar City, Ethiopia. *Frontiers in Environmental Science*. 10: 1–16.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. 2017. Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made. *Science Advance*. 3: 1–5.
- Gregory, M. R. 2009. Environmental Implications of Plastic Debris in Marine Settings-entanglement, Ingestion, Smothering, Hangers-on, Hitch-hiking and Alien Invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1526): 2013–2025.
- Gunawan, Effendi, H., & Warsiki, E. 2021. Cemaran Mikroplastik pada Ikan Pindang dan Potensi Bahayanya Terhadap Kesehatan Manusia, Studi Kasus di Bogor. *JPB Kelautan Dan Perikanan*. 16(2): 105–119.
- Hafiz, A. 2020. Kajian Kandungan Mikroplastik pada Sungai di Kawasan Asia. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang.
- Haji, A. T. S., Rahadi, B., & Firdausi, N. 2021. Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8(2): 74–84.

- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E. Y. 2020. A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 125(1): 1–40.
- Hamid, F. S., 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.
- Hamka. 1989. *Tafsir Al-Azhar*. Jilid Tujuh. Singapura: Pustaka Nasional PTE LTD.
- Harahap, A. R. 2021. Kajian Distribusi dan Pemetaan Mikroplastik pada Air Sungai Sei Babura dan Sungai Sei Sikaming Kota Medan. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Hariyanto, S. 2014. Analisis Pemberdayaan Masyarakat Nelayan di Pantai Prigi Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*. 2(1): 1–16.
- Hartaty, H., & Setyadji, B. 2016. Parameter Populasi Ikan Tongkol Krai (*Auxis thazard*) di Perairan Sibolga dan Sekitarnya. *BAWAL*. 8(3): 183–190.
- 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: 3060–3075.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. 2019. Kondisi Sampah Mikroplastik di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur Condition of Microplastic Garbage in Sea Surface Water at Around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indonesia*. 5(2): 165–171.
- Ho, B. T., Roberts, T. K., & Lucas, S. 2018. An Overview on Biodegradation of Polystyrene and Modified Polystyrene: The Microbial Approach. *Critical Reviews in Biotechnology*. 38(2): 308–320.
- Hospodarova, V., Singovszka, E., & Stevulova, N. 2018. Characterization of Cellulosic Fibers by FTIR Spectroscopy for Their Further Implementation to Building Materials. *American Journal of Analytical Chemistry*. 09(06): 303–310.
- Isangedighi, I. A., David, G. S., & Obot, O. I. 2018. Plastic Waste in the Aquatic Environment : Impacts and Management. *ITS*. 2: 1–31.
- Issac, M. N., & Kandasubramanian, B. 2021. Effect of Microplastics in Water and Aquatic Systems. *Environmental Science and Pollution Research*. 28: 19544–19562.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. 2015. Plastic Waste Inputs from Land Into the Ocean. *Science*. 347(6223): 768–770.
- Jannis, K. 2020. Journal of Polymer Science & Applications Polyvinyl Chloride (PVC) Plastic Uses, Properties, Benefits. *Journal of Polymer Science & Applications*. 4(5): 1.
- Jasmine, S., Rohit, P., Abdussamad, E. M., Koya, K. P. S., Joshi, K. K., Kemparaju, S., Prakasan, D., Elayathu, M. N. K., & Sebastine, M. 2013. Biology and Fishery of the Bullet Tuna, *Auxis rochei* (Risso, 1810) in Indian waters. *Indian Journal of Fisheries*. 60(2): 13–20.
- Jemec, A., Horvat, P., Kunej, U., Bele, M., & Kržan, A. 2016. Uptake and Effects of Microplastic Textile Fibers on Freshwater Crustacean *Daphnia magna*.

- Environmental Pollution*. 219: 201–209.
- Jiang, Y., Zhao, Y., Wang, X., Yang, F., Chen, M., & Wang, J. 2020. Characterization of Microplastics in the Surface Seawater of the South Yellow Sea as Affected by Season. *Science of the Total Environment*. 724: 1–8.
- Joshi, K. K., Abdussamad, E. M., Said Koya, K. P., Rohit, P., Ghosh, S., Sreenath, K. R., Beni, M., Bineesh, K. K., & Akhilesh, K. V. 2012. Taxonomy and Key for the Identification of Tuna Species Exploited from the Indian EEZ. *Indian Journal of Fisheries*. 59(3): 53–60.
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez C., V., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S. J., Hyrenbach, K. D., Jensen, B. A., & 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: 704–716.
- Kamilah, I. 2020. Dinamika Populasi Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei* Risso, 1810) yang Didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. 2017. Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu Di Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*. 36(2): 67.
- Kantun, W., Darris, L., & Arsana, W. S. 2018. Komposisi Jenis dan Ukuran Ikan yang Ditangkap pada Rumpon dengan Pancing Ulur di Selat Makassar. *Marine Fisheries*. 9(2): 157–167.
- Käppler, A., Fischer, D., Oberbeckmann, S., Schernewski, G., Labrenz, M., Eichhorn, K. J., & Voit, B. 2016. Analysis of Environmental Microplastics by Vibrational Microspectroscopy: FTIR, Raman or Both?. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 408(29): 8377–8391.
- Käppler, A., Fischer, M., Scholz-Böttcher, B. M., Oberbeckmann, S., Labrenz, M., Fischer, D., Eichhorn, K. J., & Voit, B. 2018. Comparison of μ -ATR-FTIR Spectroscopy and py-GCMS as Identification Tools for Microplastic Particles and Fibers Isolated from River Sediments. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 410(21): 5313–5327.
- Karbalaei, S., Golieskardi, A., Hamzah, H. B., Abdulwahid, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Karami, A. 2019. Abundance and Characteristics of Microplastics in Commercial Marine Fish from Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*. 148: 5–15.
- Kausar, A. 2017. Physical Properties of Hybrid Polymer/Clay Composites. Dalam Buku *Hybrid Polymer Composite Materials: Properties and Characterisation*. United Kingdom: Elsevier Ltd.
- Kementerian Agama. 2010. *Penciptaan Bumi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains (Tafsir Ilmi)*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kementerian Agama. 2012. *Hewan dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains (Tafsir Ilmi)*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kementerian Agama. 2015. *Eksistensi Kehidupan di Alam Semesta dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains (Tafsir Ilmi)*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Klein, S. 2015. Microplastics in Freshwater Systems: Analysis, Occurrence, and

- Sorption of Organic Contaminants. *Dissertation*. Faculty of Environmental Sciences of the Technische Universität Dresden Germany.
- Koelmans, A. A., Besseling, E., & Shim, W. J. 2015. Nanoplastics in the Aquatic Environment. Critical Review. In *Marine Anthropogenic Litter*. 53(9): 4677. Springer International Publishing AG.
- Komyakova, V., Vince, J., & Haward, M. 2020. *Primary Microplastics in the Marine Environment : Scale of the Issue, Sources, Pathways and Current Policy*. Department of Agriculture, Water and the Environment University of Tasmania.
- Kristanti, F. D. 2020. Analisis Mikroplastik pada Ikan *Sardinella lemuru* di Perairan Selat Bali dan Prigi. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.
- Krisyanti, Vos, I., & Priliantini, A. 2020. Pengaruh Kampanye #PantangPlastik terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram @GreenpeaceID). *Jurnal Komunika*. 9(1): 40–51.
- Krueger, M. C., Harms, H., & Schlosser, D. 2015. Prospects for Microbiological Solutions to Environmental Pollution with Plastics. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99(21): 8857–8874.
- La Dia, W. O. N. A., Kantun, W., & Kabangnga, A. 2021. Analisis Kandungan Mikroplastik pada Usus Ikan Tuna Mata Besar (*Thunnus obesus*) yang Didaratkan di Pelabuhan Ikan Wakatobi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. 13(2): 333–343.
- Labibah, W., & Triajie, H. 2020. Keberadaan Mikroplastik pada Ikan Swanggi (*Priacanthus tayenus*), Sedimen dan Air Laut di Perairan Pesisir Brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil*. 1(3): 351–358.
- Lanaro, M., Booth, L., Powell, S. K., & Woodruff, M. A. 2018. Electrofluidodynamic Technologies for Biomaterials and Medical Devices: Melt Electrospinning. In *Electrofluidodynamic Technologies (EFDTs) for Biomaterials and Medical Devices: Principles and Advances*. United Kingdom: Elsevier Ltd.
- Lauridsen, C. B., Hansen, L. W., Brock-Nannestad, T., Bendix, J., & Simonsen, K. P. 2017. A Study of Stearyl Alcohol Bloom on Dan Hill PVC Dolls and the Influence of Temperature. *Studies in Conservation*. 62(8): 445–455.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Firdaus, M., & Warmadewanthi, I. D. A. 2021. Microplastic pollution in Surabaya River Water and Aquatic Biota, Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1–13.
- Lewandowski, K., & Skórczewska, K. 2022. A Brief Review of Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Recycling. *Polymers*. 14(3035): 1–14.
- Lim, X. Z. 2021. Microplastics are Everywhere - but are They Harmful? *Nature*. 593(7857): 22–25.
- Lusher, A. L., Bråte, I. L. N., Munno, K., Hurley, R. R., & Welden, N. A. 2020. Is it or Isn't it: The Importance of Visual Classification in Microplastic Characterization. *Microplastics*. 74(9): 1-43.
- Maddah, H. A. 2016. Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *American Journal of Polymer Science*. 6(1): 1–11.
- Majelis Ulama Indonesia. 2014. *Fatwa Majelis Ulama Indonesia Nomor 47 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Sampah untuk Mencegah Kerusakan*

- Lingkungan*. Majelis Ulama Indonesia Komisi Fatwa.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. 2020. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*. 8(14): 1–13.
- Mardiyana, & Kristiningsih, A. 2020. Dampak Pencemaran Mikroplastik di Ekosistem Laut terhadap Zooplankton: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*. 2(1): 29–36.
- Marrone, A., La Russa, M. F., Randazzo, L., La Russa, D., Cellini, E., & Pellegrino, D. 2021. Microplastics in the Center of Mediterranean: Comparison of the Two Calabrian Coasts and Distribution from Coastal Areas to the Open Sea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(20): 1–13.
- Mauludy, M. S., Yunanto, A., & Yona, D. 2019. Microplastic Abundances in the Sediment of Coastal Beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. 21(2): 73–78.
- McKeen, L. W. 2020. Effect of Radiation on the Properties of Polyester Polymers. In *The Effect of Radiation on Properties of Polymers*. United Kingdom: Elsevier Ltd.
- Mecozi, M., Pietroletti, M., & Monakhova, Y. B. 2016. FTIR Spectroscopy Supported by Statistical Techniques for the Structural Characterization of Plastic Debris in the Marine Environment: Application to Monitoring Studies. *Marine Pollution Bulletin*. 106(1–2): 155–161.
- MERI. 2015. *Guide to Microplastic Identification*.
- Mirad, A., Yoswaty, D., & Thamrin. 2020. Identification Microplastic Waste in Seawater and the Digestive Organs of Senangin Fish (*E. tetradactylum*) at Dumai City Sea Waters. *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 3(3): 248–259.
- Muthuselvi, C., Pandiaraja, S. S., Ravikumar, B., Athimoolam, S., Srinivasan, N., & Krishnakum, R. V. 2018. FT-IR and FT-Raman Spectroscopic Analyzes of Indeno Quinoxaline Derivative Crystal. *Asian Journal of Applied Sciences*. 11(2): 83–91.
- 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): 97–118.
- Noorhidayah, R., Musthafa, M. B., & Sisno. 2021. Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) Asam Humat dari Kompos Kotoran Ayam dengan Biodekomposer Berbeda. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*. 23(1): 38–43.
- Okunola, A. A., Kehinde, I. O., Oluwaseun, A., & Olufiropo, E. A. 2019. Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review. *Journal of Toxicology and Risk Assessment*. 5(1): 1–13.
- Oladejo, A. 2017. Analysis of Microplastics and Their Removal from Water. *Bachelor's Thesis*. Environmental Engineering Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
- Olesen, K. B., Alst, N. Van, Simon, M., & Vianello, A. 2017. *Analysis of Microplastics using FTIR Imaging: Identifying and Quantifying Microplastics in Wastewater, Sediment and Fauna*. Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark.
- 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): 23–29.
- Phelan, A. A., Ross, H., Setianto, N. A., Fielding, K., & Pradipta, L. 2020. Ocean Plastic Crisis—Mental Models of Plastic Pollution from Remote Indonesian Coastal Communities. *PLoS ONE*. 15(7): 1–29.
- Pizzurro, F., Recchi, S., Nerone, E., Salini, R., & Barile, N. B. 2022. Accumulation Evaluation of Potential Microplastic Particles in *Mytilus galloprovincialis* from the Goro Sacca (Adriatic Sea, Italy). *Microplastics*. 1(2): 303–318.
- PlasticEurope. 2017. *Plastics – The Facts 2017*.
- Portolés, E. P. 2020. Microplastics in Water - Current States and Future Challenge. *Bachelor Thesis*. Wydział Chemiczny Politechnika Gdanska.
- Pourfarzad, A., Habibi Najafi, M. B., Haddad Khodaparast, M. H., & Khayyat, M. H. 2015. Serish Inulin and Wheat Biopolymers Interactions in Model Systems as a Basis for Understanding the Impact of Inulin on Bread Properties: a FTIR Investigation. *Journal of Food Science and Technology*. 52(12): 7964–7973.
- Pouzada, A. S. 2021. *Chapter 4 - Selection of Thermoplastics*. Design and Manufacturing of Plastics Products. William Andrew Publishing.
- Prasetyo, D. 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.
- Purnama, D., Johan, Y., Wilopo, M. D., Renta, P. P., Sinaga, J. M., Yosefa, J. M., & M, H. M. 2021. Analisis Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol (*Euthynnus Affinis*) Hasil Tangkapan Nelayan di Pelabuhan Perikanan Pulau Baai Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*. 6(1): 110–124.
- Purwaningrum, P. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *JTL*. 8(2): 141–147.
- Putra, T. P. 2019. Studi Pencemaran Mikroplastik pada Ikan, Air dan Sedimen di Kepulauan Bala-Balakang, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
- Rahmadhani, F. 2019. Identifikasi dan Analisis Kandungan Mikroplastik pada Ikan Pelagis dan Demersal serta Sedimen dan Air Laut di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Rahmayani, C. A., & Aminah. 2021. Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup Di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*. 3(1): 18–33.
- Ramadan, A. H., & Sembiring, E. 2020. Occurrence of Microplastic in Surface Water of Jatiluhur Reservoir. *E3S Web of Conferences*. 148: 1–4.
- Rhodes, C. J. 2018. Plastic Pollution and Potential Solutions. *Science Progress*. 101(3): 207–260.
- Rijal, M., Annisa, N., & Firda, I. 2021. Kontaminasi Mikroplastik (MPs) pada Ikan di Indonesia. *Prosiding Semnas Biologi Ke-9 Tahun 2021 FMIPA Universitas Negeri Semarang*. 55: 55–66.
- Ritchie, H. 2022. *FAQs on Plastics*. Diakses pada 02 September 2018 melalui <https://ourworldindata.org/faq-on-plastics>.

- Rocha-Santos, T. A., & Duarte, Armando, C. 2017. *Characterization and Analysis of Microplastics*. United Kingdom: Elsevier Inc.
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F. C., Werorilangi, S., & Teh, S. J. 2015. Anthropogenic Debris in Seafood: Plastic Debris and Fibers from Textiles in Fish and Bivalves Sold for Human Consumption. *Scientific Reports*. 5: 1–10.
- Rodrigues, S. M., Almeida, C. M. R., Silva, D., Cunha, J., Antunes, C., Freitas, V., & Ramos, S. 2019. Microplastic Contamination in an Urban Estuary: Abundance and Distribution of Microplastics and Fish Larvae in the Douro Estuary. *Science of the Total Environment*. 659: 1071–1081.
- Rosal, R. 2021. Morphological Description of Microplastic Particles for Environmental Fate Studies. *Marine Pollution Bulletin*. 171: 1–15.
- Saputro, F. A. 2014. Analisis Kesesuaian Mangrove di Pantai Damas Desa Karanggandu kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek Jawa Timur Sebagai Tujuan Ekowisata Bahari. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. 2014. Study of Water Quality and Utility of Dug Well to the People around Kaliyasa Rivers Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 12(2): 72–82.
- Selke, S. E., & Hernandez, R. J. 2001. Packaging: Polymers for Containers. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*. 6646–6652.
- Senduk, J. L., Suprijanto, J., & Ridlo, A. 2021. Mikroplastik pada Ikan Kembung (*Rastrelliger* sp.) dan Ikan Selar (*Selaroides eptolepis*) di TPI Tambak Lorok Semarang dan TPI Tawang Rowosari Kendal. *Buletin Oseanografi Marina*. 10(3): 251–258.
- Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. 2008. Biological Degradation of Plastics: A Comprehensive Review. *Biotechnology Advances*. 26: 246–265.
- Shihab, M. Q. 2002a. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jilid 15. Jakarta: Penerbit Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. 2002b. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jilid 8. Jakarta: Penerbit Lentera Hati.
- Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. 2018. Marine Microplastics: Abundance, Distribution, and Composition. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments: An Emerging Matter of Environmental Urgency*. United Kingdom: Elsevier Inc.
- Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. E. 2016. Identification Methods in Microplastic Analysis: A Review. *The Royal Society of Chemistry*. 9(9): 1–8.
- Sihotang, M. Y. 2018. Pengaruh Hari Bulan Terhadap Hasil Tangkapan Kelong Bilis di Desa Malang Rapat Kecamatan Gunung Kijang Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal*. 1–13.
- Şimşek, B., Uygunoğlu, T., Korucu, H., & Kocakerim, M. M. 2019. Performance of Dioctyl Terephthalate Concrete. In *Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete*. United Kingdom: Elsevier Ltd.
- Singh, R., Kumar, R., & Sharma, P. 2021. Microplastic in the Subsurface System: Extraction and Characterization from Sediments of River Ganga Near Patna, Bihar. In *Advances in Remediation Techniques for Polluted Soils and*

- Groundwater*. School of Ecology & Environment Studies, Nalanda University, Rajgir, India.
- Sirait, A. P., Luthfi, O. M., & Isdianto, A. 2021. Karakteristik Fisik Terumbu Buatan (*Artificial Reef*) Pasca Penenggalaman Tahun 2017 di Pantai Damas Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science*. 10(1): 58–67.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., & Astuti, P. 2015. Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genital pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus auratus*) untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 9(2): 156-160.
- Suci, C. W., Wijaya, A. R., Santoso, A., & Kartika, I. 2020. Fe Leaching in the Sludge Sediment of the Prigi beach with Tessier-Microwave Method. *AIP Conference Proceedings*. 2231(040025): 1–6.
- Sukamto. 2017. Pengelolaan Potensi Laut Indonesia dalam Spirit Ekonomi Islam (Studi Terhadap Eksplorasi Potensi Hasil Laut Indonesia). *Mailia: Jurnal Ekonomi Islam*. 9(1): 35–62.
- Sulistyo, N. E., Rahmawati, S., Putri, R. A., Arya, N., & Eryan, Y. A. 2020. Identification of the Existence and Type of Microplastic in Code River Fish, Special Region of Yogyakarta. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*. 1(1): 85–91.
- Sur, C., Abbott, J. M., Ambo-Rappe, R., Asriani, N., Hameed, S. O., Jellison, B. M., Lestari, H. A., Limbong, S. R., Mandasari, M., Ng, G., Satterthwaite, E. V., Syahid, S., Trockel, D., Umar, W., & Williams, S. L. 2018. Marine Debris on Small Islands: Insights from an Educational Outreach Program in the Spermonde Archipelago, Indonesia. *Frontiers in Marine Science*. 5(35): 1–5.
- Suryono, D. D. 2019. Sampah Plastik di Perairan dan Laut: Implikasi kepada Ekosistem Pesisir DKI Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta*. 12(1): 17–23.
- Susanti, R., Yuniastuti, A., & Fibriana, F. 2021. The Evidence of Microplastic Contamination in Central Javanese Local Ducks from Intensive Animal Husbandry. *Water, Air, and Soil Pollution*. 232. 1–10.
- Sutjipto, D. O. 2018. Dinamika Sosial dan Ekologi Perikanan Skala Kecil di Prigi Trenggalek. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 8(2): 114–125.
- Talley, T. S., Venuti, N., & Whelan, R. 2020. Natural History Matters: Plastics in Estuarine Fish and Sediments at the Mouth of an Urban Watershed. *PLoS ONE*. 15(3): 1–19.
- Tanaka, K., & Takada, H. 2016. Microplastic Fragments and Microbeads in Digestive Tracts of Planktivorous Fish from Urban Coastal Waters. *Scientific Reports*. 6(34351): 1–8.
- Thobroni, A. Y. 2005. Fikih Kelautan Perspektif Alquran Tentang Pengelolaan Potensi Laut. *Al-Fikra: Jurnal Ilmiah Keislaman*. 4(2): 130–154.
- Tim LBM dan LPBI PBNU. 2020. *Fiqih Penanggulangan Plastik*. LBM-LPBI PBNU Jakarta.
- Tim SKPIM Batam. 2019. *Laporan Pemantauan PIK 2020: Stasiun Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Batam*. Stasiun Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan keamanan Hasil Perikanan, Batam
- Uchida, R. N. 1981. NOAA Technical Report: Synopsis of Biological Data on Frigate Tuna, *Auxis thazard*, and Bullet Tuna, *A. rochei*. *FAO Fisheries*. 75(124): 1-71.

- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Guganathan, L., Aboobacker, V. M., & Vethamony, P. 2021. Contributions of Fourier Transform Infrared Spectroscopy in Microplastic Pollution Research: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 51(22): 2681–2743.
- Vinata, R. T. 2017. Power of Sharing Sumber Daya Kelautan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Hukum LEGALITY*. 24(2): 213–223.
- Viršek, M. K., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P., & Kržan, A. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of Visualized Experiments*. 118: 1–9.
- Vojdani, M., & Giti, R. 2015. Polyamide as a Denture Base Material: A Literature Review. *J Dent Shiraz Unive Med Sci*. 16(1): 1–9.
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Munoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A. D., Winther-Nielsen, M., & Reifferscheid, G. 2014. Microplastics in Freshwater Ecosystems: What We Know and What We Need to Know. *Environmental Science Europe*. 26(12): 2–9.
- Wang, J., Zheng, L., & Li, J. 2018. A Critical Review on the Sources and Instruments of Marine Microplastics and Prospects on the Relevant Management in China. *Waste Management and Research*. 36(10): 898–911.
- Wang, Z., Qin, Y., Li, W., Yang, W., Meng, Q., & Yang, J. 2019. Microplastic Contamination in Freshwater: First Observation in Lake Ulansuhai, Yellow River Basin, China. *Environmental Chemistry Letters*. 17(4): 1821–1830.
- Wani, T., Pasha, S. A. Q., Poddar, S., & Balaji, H. V. 2020. A Review on the Use of High Density Polyethylene (HDPE) in Concrete Mixture. *International Journal of Engineering Research*. 9(05): 861–864.
- Widianarko, B., & Hantoro, I. 2018. *Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa*. Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Widiastuti, I. M., Serdiati, N., & Tahya, A. M. 2021. Study of Microplastic Sediment Abundance in Palu Bay, Central Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*. 14(5): 2857–2865.
- Widiyatmoko, H., Purwaningrum, P., & P, F. P. A. 2014. Analisis Karakteristik Sampah Plastik di Permukiman Kecamatan Tebet dan Alternatif Pengolahannya. *JTL*. 7(1): 24–33.
- Widjajanti, W. W., Antariksa, Leksono, A. S., & Subadyo, A. T. 2018. Socio-cultural studies to open space in fisherman settlement in Prigi, Trenggalek, East Java. *AIP Conference Proceedings 1977*.
- Wijaya, B. A., & Trihadiningrum, Y. 2019. Pencemaran Meso- dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*. 8(2): 2–7.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. 2013. The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A review. *Environmental Pollution*. 178: 483–492.
- Wu, C., Zhang, K., & Xiong, X. 2018. *Microplastic Pollution in Inland Waters Focusing on Asia*. In *Freshwater Microplastics*. Springer International Publishing AG.

- Wudji, A., & Suwarso. 2014. *Hasil Tangkapan dan Musim Ikan Tongkol di Perairan Prigi*. Simposium Nasional Pengelolaan Perikanan Tuna Berkelanjutan, Bali.
- Yani, I., Rosiliani, D., Khona'ah, B., & Almahdini, F. 2020. Identification and Plastic Type and Classification of PET, HDPE, and PP using RGB Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 857: 1–6.
- Yona, D., Maharani, M. D., Cordova, M. R., Elvania, Y., & Dharmawan, I. W. E. 2020. Analisis Mikroplastik di Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Karang di Tiga Pulau Kecil dan Terluar Papua, Indonesia: Kajian Awal. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(2): 495–506.
- Yordani, R., & Sugiarto. 2016. Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Indikator Pembangunan Berkelanjutan 2012-2013. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*. 24(1): 1–12.
- Yoswaty, D., Feliatra, Amin, B., Nursyirwani, Mardalisa, Zientika, Fatwa, E. B., & Pakpahan, D. 2021. Identification of Microplastic Waste in Sea Water, Sediment in the Sea Waters of Dumai City, Riau Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 674(1): 248-259.
- Zedta, R. R., & Setyadji, B. 2019. Optimalisasi PCR Ikan Tongkol Krai (*Auxis thazard*) dan Lisong (*Auxis rochei*) pada Analisis Keragaman Genetik. *BAWAL*, 11(2), 95–102.
- Zeferino, J. C. A., Salas, A. A. C., Morillas, A. V., & Benitez, S. O. 2020. Method for Quantifying and Characterization of Microplastics in Sand Beaches. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. 36(1): 151–164.
- Zubris, K. A. V., & Richards, B. K. 2005. Synthetic Fibers as an Indicator of Land Application of Sludge. *Environmental Pollution*. 138(2): 201–211.
- Zulkifley, M. A., Mustafa, M. M., Hussain, A., Mustapha, A., & Ramli, S. 2014. Robust Identification of Polyethylene Terephthalate (PET) Plastics Through Bayesian Decision. *PLoS ONE*. 9(12): 1–20.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol

Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek

1.1 Ulangan pertama

1.1.1 Muara Prigi

Spesies ke-	Jenis		
	Fragmen	Film	Fiber
1	7	1	42
2	5	1	35
3	0	0	4
4	0	0	11
5	0	0	9
6	0	0	9
7	0	2	28
8	6	0	27
9	0	0	12
10	0	0	11
11	0	0	15
12	0	0	20
13	1	0	25
14	1	1	45
15	0	0	3

1.1.2 Pantai Damas

Sampel ke-	Jenis		
	Fragmen	Film	Fiber
1	0	0	12
2	0	0	10
3	0	1	5
4	2	0	7
5	1	0	11
6	0	0	8
7	0	0	9
8	0	0	5
9	0	0	8
10	0	0	12
11	0	0	7

12	1	0	11
13	0	0	6
14	0	0	4
15	5	0	7

1.1.3 Pintu Masuk Teluk Prigi

Sampel ke-	Jenis		
	Fragmen	Film	Fiber
1	0	0	5
2	0	0	7
3	0	0	13
4	0	0	12
5	0	3	8
6	1	0	8
7	0	0	10
8	0	0	4
9	3	0	7
10	0	0	3
11	0	0	18
12	0	0	5
13	1	0	15
14	2	0	16
15	0	0	7

1.2 Ulangan kedua

1.2.1 Muara Prigi

Sampel ke-	Jenis		
	Fragmen	Film	Fiber
1	0	0	10
2	0	0	12
3	0	0	8
4	0	0	10
5	0	0	6
6	1	0	10
7	1	0	9
8	3	2	15
9	1	1	16
10	0	0	9
11	0	0	11
12	2	0	15

13	1	1	27
14	2	0	18
15	1	0	27

1.2.2 Pantai Damas

Sampel ke-	Jenis		
	Fragmen	Film	Fiber
1	0	1	11
2	0	0	5
3	0	0	10
4	1	0	10
5	0	1	2
6	3	0	19
7	5	0	2
8	0	0	15
9	0	0	8
10	3	0	22
11	1	0	5
12	2	0	14
13	0	0	6
14	1	0	5
15	1	0	7

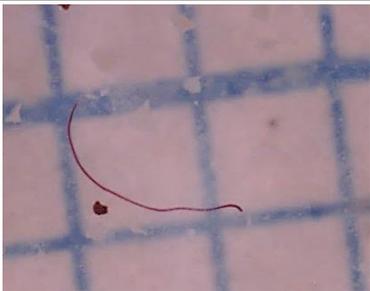
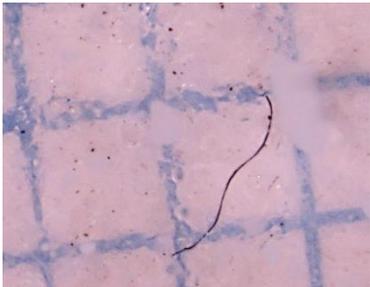
1.2.3 Pintu Masuk Teluk Prigi

Sampel ke-	Jenis		
	Fragmen	Film	Fiber
1	1	0	8
2	2	0	12
3	3	0	19
4	1	0	7
5	0	0	19
6	1	1	6
7	6	0	17
8	0	0	7
9	4	0	21
10	0	0	11
11	2	0	8
12	1	0	8
13	0	0	4
14	0	1	8
15	0	0	7

**Lampiran 2. Data Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan
Tongkol Lisong dari Teluk Prigi**

Lokasi	Jumlah ikan	Fragmen	Film	Fiber	Total	Kelimpahan
Muara Prigi	30	32	9	389	430	14,33
Pantai Damas	30	26	3	263	292	9,73
Pintu Masuk Teluk Prigi	30	28	5	300	333	11,1
Total					1055	35,16

**Lampiran 3. Gambar Tipe Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan
Tongkol Lisong dari Teluk Prigi**

Tipe Mikroplastik	Gambar
Fragmen	
	
	
Fiber	
	

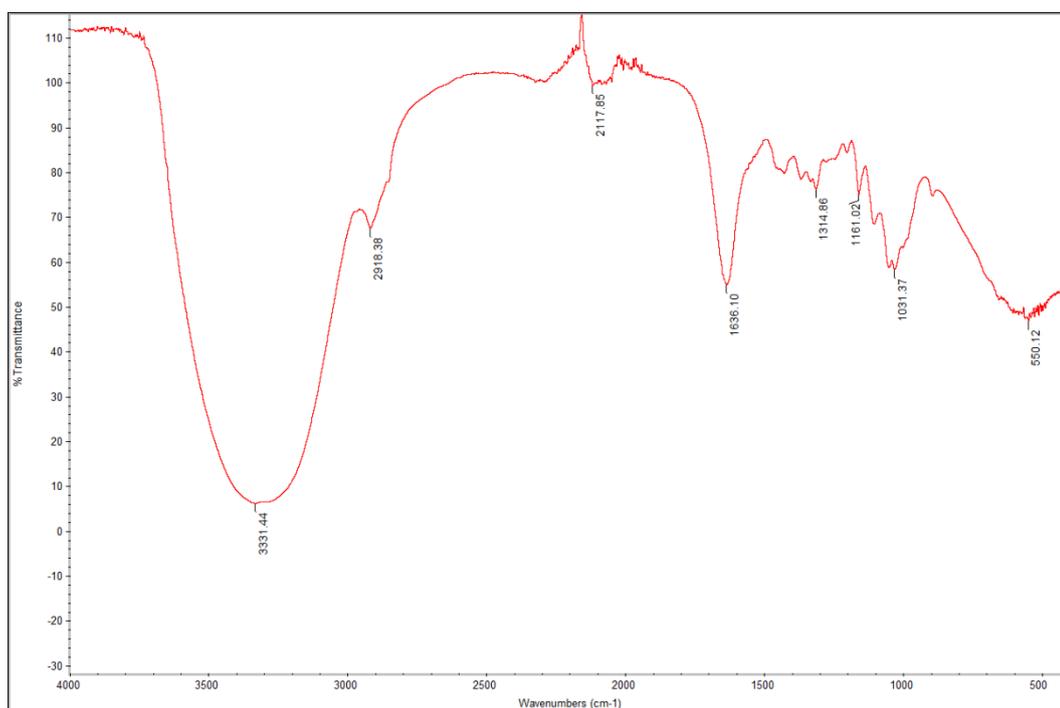
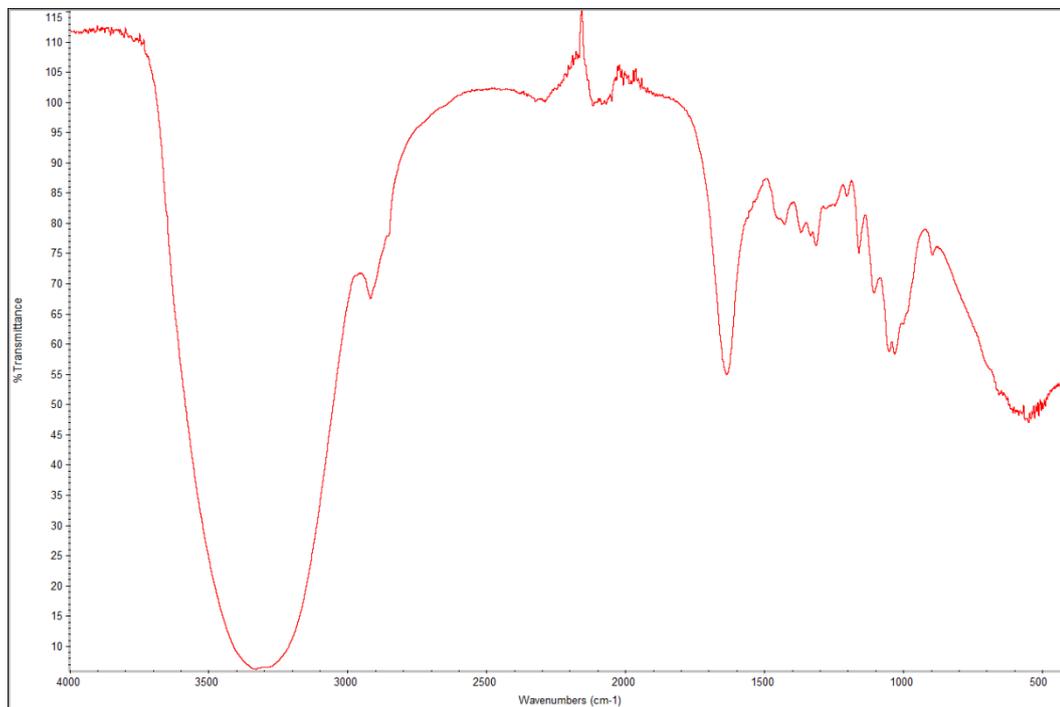
	
Film	
	
	

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

Gambar	Keterangan
	<p>Pengukuran panjang total ikan tongkol lisong</p>
	<p>Pembedahan sekaligus pengambilan saluran pencernaan ikan tongkol lisong menggunakan pisau</p>
	<p>Pengukuran H_2O_2 30%</p>
	<p>Menuang H_2O_2 ke dalam sampel saluran pencernaan</p>
	<p>Meneteskan $Fe(II)$ 0,05 M ke dalam sampel yang telah diberi H_2O_2</p>
	<p>Pemanasan sampel menggunakan kompor</p>

	<p>Sampel disaring menggunakan kain saring nilon dengan mesh berukuran 300 μm</p>
	<p>Substrat sampel dibilas ke dalam cawan petri</p>
	<p>Pengamatan sampel menggunakan mikroskop stereo</p>

Lampiran 5. Hasil Uji FTIR





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nindia Sukma Trivantira
NIM : 18620089
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2022/2023
Pembimbing : Fitriyah, M.Si
Judul Skripsi : Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek Jawa Timur

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	09/09/2021	Konsultasi Judul Penelitian	
2.	30/09/2021	Penyerahan Naskah Proposal Skripsi <i>on-line</i>	
3.	24/11/2021	Konsultasi BAB I, II, dan III	
4.	01/12/2021	Konsultasi dan Revisi BAB I, II, dan III	
5.	10/01/2022	Konsultasi Objek Penelitian	
6.	11/02/2022	Konsultasi dan Revisi BAB I, II, dan III <i>on-line</i>	
7.	28/03/2022	Konsultasi dan Revisi BAB I, II, dan III	
8.	30/03/2022	Konsultasi dan Revisi BAB I, II, dan III	
9.	08/04/2022	Revisi BAB III	
10.	12/04/2022	ACC Proposal Skripsi	
11.	18/10/2022	Konsultasi Hasil Data Penelitian	
12.	10/10/2022	Konsultasi BAB IV	
13.	16/11/2022	Konsultasi BAB I, II, III, IV, dan V	
14.	28/11/2022	Konsultasi dan revisi BAB I, II, III, IV, dan V	
15.	30/11/2022	Konsultasi hasil revisi dan ACC Naskah Skripsi	

Pembimbing Skripsi I

Fitriyah, M.Si
NIP. 19860725 201903 2 013



Malang, 30 November 2022
Ketua Program Studi,

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



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nindia Sukma Trivantira
NIM : 18620089
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2022/2023
Pembimbing : Mujahidin Ahmad, M.Sc
Judul Skripsi : Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek Jawa Timur

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	07/02/2022	Konsultasi Ayat dan Integrasinya	
2.	12/04/2022	Pengumpulan Revisi Ayat dan Integrasinya	
3.	12/04/2022	ACC Proposal Skripsi	
4.	24/11/2022	Konsultasi Integrasi BAB I, II, dan IV	
5.	28/11/2022	Konsultasi dan Revisi Integrasi BAB I, II, dan IV	
6.	30/11/2022	ACC Naskah Skripsi	
7.			
8.			
9.			
10.			

Pembimbing Skripsi II

Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 19860512 201903 1 002

Malang, 30 November 2022
Ketua Program Studi,

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



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 Skripsi

Nama : Nindia Sukma Trivantira
NIM : 18620089
Judul : Identifikasi Tipe dan Kelimpahan Mikroplastik pada Saluran
Pencernaan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) dari Teluk Prigi
Kabupaten Trenggalek Jawa Timur

No	Tim Cek Plagiasi	Tgl Cek	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc			
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc			
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	01/12/2022	22%	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc			

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi,

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