

**ANALISIS MIKROPLASTIK PADA AIR, SEDIMEN DAN BIOTA LAUT
DARI TIGA EKOSISTEM DI KAWASAN PANTAI SARI RINGGUNG
KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Tesis

Oleh

**INDRA WIJAYA
NPM 2320041006**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**ANALISIS MIKROPLASTIK PADA AIR, SEDIMEN DAN BIOTA LAUT
DARI TIGA EKOSISTEM DI KAWASAN PANTAI SARI RINGGUNG
KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

INDRA WIJAYA

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut
Fakultas Pascasarjana**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISIS MIKROPLASTIK PADA AIR, SEDIMEN DAN BIOTA LAUT DARI TIGA EKOSISTEM DI KAWASAN PANTAI SARI RINGGUNG KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG

Oleh

INDRA WIJAYA

Sampah plastik yang mencemari lautan akan mengalami proses degradasi hingga menjadi partikel kecil berukuran < 5 mm yang disebut mikroplastik. Sifat daya tahan dan mikroskopis mikroplastik dapat memberikan dampak buruk bagi ekosistem mangrove, padang lamun, maupun terumbu karang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik dan kelimpahan mikroplastik yang terdapat pada air, sedimen, dan biota dari tiga ekosistem tersebut, serta menganalisis pengaruh kedalaman air dari setiap ekosistem terhadap kelimpahan mikroplastik. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2024 di Pantai Sari Ringgung, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Sampel air, sedimen, dan biota diambil dari tiga stasiun yang mewakili tiga ekosistem. Hasil penelitian menunjukkan kontaminasi mikroplastik yang ditemukan berbentuk fiber, film dan fragmen. Ukuran mikroplastik didominasi ukuran kecil (< 1 mm), kecuali pada sedimen di ekosistem mangrove yang kebanyakan berukuran besar (1-5 mm). Mikroplastik yang ditemukan didominasi warna hitam, biru, merah, dan coklat. Hasil analisis FTIR menunjukkan polimer kontaminan berasal dari jenis nilon, polipropilena serta polietilena termasuk PET, HDPE dan LDPE. Kelimpahan mikroplastik pada air yang tertinggi dari ekosistem mangrove sejumlah 410 partikel/m³. Kelimpahan mikroplastik tertinggi pada sedimen dari ekosistem mangrove sejumlah 466,67 partikel/kg. Kelimpahan mikroplastik di biota tertinggi pada Ikan Belanak dari ekosistem padang lamun sejumlah 28 partikel/individu. Pengaruh perbedaan kedalaman air dari tiga ekosistem dengan kelimpahan mikroplastik hanya terdapat pada sampel sedimen dan biota. Data dan informasi terkait karakteristik mikroplastik yang mencemari Pantai Sari Ringgung dibutuhkan agar dapat dikelola lebih optimal dan berkelanjutan.

Kata Kunci: mikroplastik, ekosistem, mangrove, padang lamun, terumbu karang

ABSTRACT

MICROPLASTIC ANALYSIS OF WATER, SEDIMENT AND MARINE BIOTA FROM THREE ECOSYSTEMS IN THE SARI RINGGUNG COASTAL AREA, PESAWARAN DISTRICT, LAMPUNG PROVINCE

By

INDRA WIJAYA

Plastic waste that pollutes the ocean will lead a degradation process until it becomes small particles measuring < 5 mm called microplastics. The durability and microscopic properties of microplastics can have a negative impact on mangrove ecosystems, seagrass beds, and coral reefs. The purpose of this study was to analyze the characteristics and abundance of microplastics found in water, sediment, and biota from the three ecosystems, then analyze the effect of water depth from each ecosystem on the abundance of microplastics. The study was conducted in August 2024 at Sari Ringgung Beach, Pesawaran Regency, Lampung Province. Water, sediment, and biota samples were taken from three stations representing three ecosystems. The results of the study showed that the microplastic contamination found was in the form of fibers, films and fragments. The size of microplastics was dominated by small sizes (<1 mm), except in sediments in the mangrove ecosystem which were mostly large (1-5 mm). The microplastics found were dominated by black, blue, red and brown colors. The results of the FTIR analysis showed that the contaminant polymers came from nylon, polypropylene and polyethylene types including PET, HDPE and LDPE. The highest abundance of microplastics in water from the mangrove ecosystem was 410 particles/m³. The highest abundance of microplastics in sediment from the mangrove ecosystem was 466.67 particles/kg. The highest abundance of microplastics in biota was in Belanak Fish from the seagrass ecosystem at 28 particles/individual. The effect of differences in water depth from the three ecosystems on the abundance of microplastics was only on sediment and biota samples. Data and information related to the characteristics of microplastics that pollute Sari Ringgung Beach are needed so that they can be managed more optimally and sustainably.

Keywords: microplastics, ecosystems, mangrove, seagrass, coral reefs

Judul Tesis : **ANALISIS MIKROPLASTIK PADA AIR,
SEDIMEN DAN BIOTA LAUT DARI TIGA
EKOSISTEM DI KAWASAN PANTAI SARI
RINGGUNG KABUPATEN PESAWARAN,
PROVINSI LAMPUNG**

Nama : **Indra Wijaya**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2320041006**

Program Studi : **Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut**

Fakultas : **Pascasarjana Multidisiplin**



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'E.L. Widiastuti'.

Prof. Dra. E.L. Widiastuti, M.Sc., Ph.D. **Prof. Dr. I.G. Febryano, S.Hut., M.Si.**
NIP 19610611 198603 2 001 NIP 19740222 200312 1 001

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'I.G. Febryano'.

2. Ketua Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut

Universitas Lampung

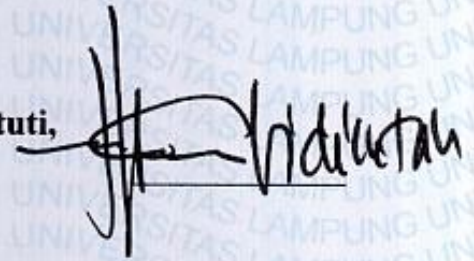
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Nur Efendi'.

Dr. Nur Efendi, S.Sos., M.Si.
NIP 19691012 199512 1 001

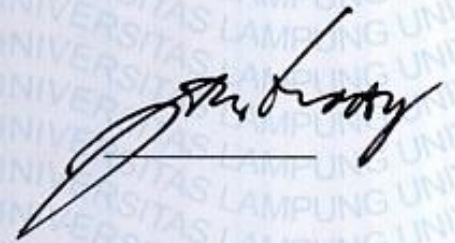
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

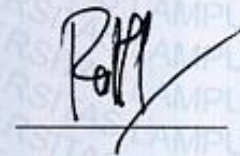
**Ketua : Prof. Dra. Endang Linirin Widiastuti,
M.Sc., Ph.D.**



**Sekretaris : Prof. Dr. Indra Gumay Febryano,
S.Hut., M.Si.**



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.**



**Anggota : Prof. Dr. Gregorius Nugroho Susanto,
M.Sc.**



2. Direktur Pasca Sarjana Universitas Lampung



**Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 196403261989021001**

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 12 Desember 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“ANALISIS MIKROPLASTIK PADA AIR, SEDIMEN DAN BIOTA LAUT DARI TIGA EKOSISTEM DI KAWASAN PANTAI SARI RINGGUNG KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau mengutip atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung. Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2024
Yang membuat pernyataan,



Indra Wijaya
NPM 2320041006

RIWAYAT HIDUP



Indra Wijaya lahir di Kota Metro, Provinsi Lampung pada tanggal 01 Desember 1984 dari Ayah bernama Zainal Arifin dan Ibu Rismiyati. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Kota Metro pada tahun 1996, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SMPN 1 Kota Metro pada tahun 1999, dilanjutkan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Kota Metro pada tahun 2002. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan tingkat perguruan tinggi (S1) di Program Studi Manajemen Bisnis dan Ekonomi Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor (IPB) hingga lulus pada tahun 2007 dengan judul skripsi “Nilai Ekonomi Pemanfaatan Waduk Jatiluhur untuk Perikanan dan Wisata Tirta di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat”. Pada tahun 2023 penulis melanjutkan pendidikan Magister (S2) pada Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, Universitas Lampung. Pada tahun 2024 untuk mencapai gelar Magister Sains (M.Si), penulis menyelesaikan tesis dengan judul **“Analisis Mikroplastik pada Air, Sedimen, dan Biota Laut dari Tiga Ekosistem pada Kawasan Pantai Sari Ringgung, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung”**.

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur, tesis ini saya persembahkan kepada:

Orang Tua Tercinta

Terima kasih atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti sepanjang perjalanan ini. Tanpa kalian, aku tidak akan pernah sampai sejauh ini

Dosen Pembimbing

Atas bimbingan, ilmu, dan kesabaran dalam memberikan arahan serta kritik yang membangun, yang telah membantu menyempurnakan karya ini

Teman-Teman Seperjuangan

Terima kasih atas kerjasama, motivasi, dan kebersamaan dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses penelitian

Pihak yang Berkontribusi

Kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tesis ini

Almamater Tercinta

Sebagai wujud bakti dan penghargaan kepada lembaga pendidikan yang telah memberi saya kesempatan untuk menimba ilmu dan berkembang

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan.

Tesis dengan judul “ANALISIS MIKROPLASTIK PADA AIR, SEDIMEN DAN BIOTA LAUT DARI TIGA EKOSISTEM DI KAWASAN PANTAI SARI RINGGUNG KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut di Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir Murhadi, M.Si selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Nur Efendi, S.Sos., M.Si. selaku Ketua Prodi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut;
3. Ibu Prof. Dra. Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing utama atas kesediaannya untuk memberikan bantuan, bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis;
4. Bapak Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan dorongan, bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis;
5. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si. selaku penguji utama pada rangkaian penyelesaian tesis. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada proses penulisan tesis;

6. Bapak Prof. Dr. Gregorius Nugroho Susanto, M.Sc. selaku pembimbing akademik dan penguji kedua atas masukan dan saran-saran untuk penulis menyelesaikan tesis;
7. Bapak Dr. Supono, S.Pi., M.Si. *Rahimahullahu ta'ala* selaku mantan Ketua Prodi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut;
8. Seluruh Dosen Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan telah mendidik penulis;
9. Bapak dan Ibu staf administrasi Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung, Laboratorium Perikanan, dan Laboratorium Proteksi Tanaman;
10. Keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, doa dan dukungan dalam menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung;
11. Keluarga Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut angkatan 2023 yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis;
12. Kepada Nurmaya dan Like yang membantu dalam proses penelitian dan penyelesaian tesis ini.

Bandar Lampung, Desember 2024

Indra Wijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan	7
1.3 Kerangka Pemikiran.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Mikroplastik.....	10
2.2 Mangrove	13
2.3 Padang lamun.....	15
2.4 Terumbu Karang	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Metode Penelitian dan Penentuan Titik Lokasi	21
3.4 Pengambilan Data Parameter Lingkungan	21
3.5 Pengambilan dan Analisis Sampel Air Laut	21
3.6 Pengambilan dan Analisis Sampel Sedimen.....	22
3.7 Pengambilan dan Analisis Sampel Biota	23
3.8 Analisis Data.....	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	26
4.2. Karakteristik Mikroplastik pada Air, Sedimen, dan Biota.....	29
4.2.1. Karakteristik Mikroplastik di Air Berdasarkan Bentuk	29
4.2.2. Karakteristik Mikroplastik di Air Berdasarkan Ukuran.....	31
4.2.3. Karakteristik Mikroplastik di Air Berdasarkan Warna	33
4.2.4. Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Berdasarkan Bentuk .	34
4.2.5. Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Berdasarkan Ukuran .	36
4.2.6. Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Berdasarkan Warna ..	37
4.2.7. Karakteristik Mikroplastik di Biota Berdasarkan Bentuk.....	38
4.2.8. Karakteristik Mikroplastik di Biota Berdasarkan Ukuran	41
4.2.9. Karakteristik Mikroplastik di Biota Berdasarkan Warna.....	43
4.2.10. Karakteristik Mikroplastik Berdasarkan Polimer penyusun .	44
4.3. Kelimpahan Mikroplastik dari Tiga Ekosistem.....	51
4.3.1. Kelimpahan Mikroplastik di Air dari Tiga Ekosistem.....	51
4.3.2. Kelimpahan Mikroplastik di Sedimen dari Tiga Ekosistem ...	53
4.3.3. Kelimpahan Mikroplastik di Biota dari Tiga Ekosistem.....	55
4.4. Pengaruh Kedalaman Air terhadap Kelimpahan Mikroplastik dari Tiga Ekosistem.....	57
4.5. Pengelolaan Sampah Plastik pada Wilayah Pesisir dan Laut.....	62
V. SIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Polimer plastik yang sering ditemukan pada sampah laut	12
2. Titik lokasi pengambilan sampel	21
3. Jenis biota dari setiap titik pengambilan sampel.....	38
4. Tingkat risiko pencemaran jenis polimer mikroplastik di laut	50
5. Variabel kelimpahan mikroplastik dari tiga ekosistem.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian	9
2. Peta lokasi penelitian.....	27
3. Bentuk mikroplastik pada air di Pantai Sari Ringgung	29
4. Karakteristik mikroplastik pada air berdasarkan bentuknya	30
5. Karakteristik mikroplastik pada air berdasarkan ukurannya.....	31
6. Kelimpahan mikroplastik pada air berdasarkan ukurannya	32
7. Karakteristik mikroplastik di air berdasarkan warnanya.....	33
8. Bentuk mikroplastik yang ditemukan pada sampel sedimen	34
9. Karakteristik mikroplastik di sedimen berdasarkan bentuknya ...	35
10. Karakteristik mikroplastik di sedimen berdasarkan ukurannya ...	36
11. Karakteristik mikroplastik di sedimen berdasarkan warnanya.....	36
12. Bentuk mikroplastik yang ditemukan pada biota laut	39
13. Karakteristik mikroplastik di biota berdasarkan bentuknya.....	40
14. Karakteristik mikroplastik di biota berdasarkan ukurannya.....	42
15. Karakteristik mikroplastik di biota berdasarkan warnanya.....	43
16. Uji FTIR pada ekosistem mangrove.....	45
17. Uji FTIR pada ekosistem padang lamun	46
18. Uji FTIR pada ekosistem terumbu karang	47
19. Kelimpahan mikroplastik pada air dari tiga ekosistem	51
20. Kelimpahan mikroplastik di sedimen dari tiga ekosistem.....	53
21. Kelimpahan mikroplastik di biota dari tiga ekosistem	55
22. Pengaruh kedalaman air pada kelimpahan mikroplastik di sedimen	58
23. Pengaruh kedalaman air pada kelimpahan mikroplastik di air.....	60
24. Pengaruh kedalaman air pada kelimpahan mikroplastik di biota.	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Pencemaran laut yang diakibatkan dari buangan sampah plastik telah menjadi fenomena global yang membutuhkan tindakan segera. Sebanyak 79 % dari 6.300 juta ton sampah plastik yang dihasilkan secara terus-menerus selama 65 tahun terakhir masuk ke tempat pembuangan sampah dan lepas ke lingkungan alami (Geyer *et al.*, 2017). Sampah plastik yang mencemari lautan jumlahnya semakin bertambah setiap tahunnya, bahkan hingga mencapai jutaan ton. Tanpa disadari penggunaan bahan plastik untuk berbagai tujuan telah menyebabkan penumpukan sampah yang dapat berakibat buruk jika tidak dikelola dengan baik (Jambeck *et al.*, 2015). Meningkatnya pencemaran plastik di laut menimbulkan kekhawatiran mengenai dampak buruknya terhadap dinamika ekosistem yang mencakup perubahan siklus karbon di lautan dan kerusakan toksikologi pada organisme (Miller *et al.*, 2021)

Sampah plastik di perairan akan mengalami proses pelapukan yang berlangsung lama melalui paparan sinar UV dari matahari, abrasi mekanis, biodegradasi bahkan konsumsi biologis sehingga menjadi potongan yang jauh lebih kecil (Kim *et al.*, 2015). Sebagaimana yang dikemukakan Iwasaki *et al.* (2017) sampah plastik yang menjadi cemaran baik di darat maupun perairan berdasarkan ukuran terbagi menjadi beberapa kategori, antara lain makroplastik yang memiliki ukuran > 25 mm, mesoplastik dengan ukuran 5 - 25 mm, dan kategori mikroplastik yang berukuran < 5 mm. Mikroplastik berpotensi membawa kontaminan kimia,

polutan organik, dan logam berat dikarenakan sifat daya tahan, serta mikroskopis dan hidrofobisitas yang dimilikinya (Godoy *et al.*, 2018).

Mikroplastik dianggap tersedia secara hayati bagi organisme laut di seluruh jaringan makanan, akibatnya mikroplastik dapat masuk ke dalam rangkaian rantai makanan sehingga mendorong biomagnifikasi (Teuten *et al.*, 2009). Mikroplastik yang tertelan oleh biota laut yang kerap dikonsumsi manusia mulai menimbulkan kekhawatiran atas potensi risiko terhadap keamanan pangan dan kesehatan manusia (Rochman *et al.*, 2015). Masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia melalui jaring makanan sangat mungkin terjadi akibat dari konsumsi makanan laut yang terkontaminasi plastik (Devriese *et al.*, 2015).

Menurut Yona (2021) partikel sampah plastik yang lebih kecil atau mikroplastik lebih mudah terbawa arus sehingga menumpuk di badan air dan mengendap pada sedimen pantai bahkan laut dalam. Permukaan mikroplastik yang ditutupi oleh biofilm akibat dari aktivitas mikroorganisme akan cenderung membuat partikel mikroplastik saling menempel dan berkumpul (Michels *et al.*, 2018). Hal ini menyebabkan turunnya daya apung mikroplastik yang mengakibatkan pengendapan dan akumulasi di sedimen dasar laut. Mikroplastik yang berada di dasar laut akan tertutup sedimen dan mengendap. Pada beberapa keadaan lain partikel mikroplastik dapat terangkut lebih lanjut dan terendapkan kembali oleh mekanisme pasang surut dan arus laut (Kane *et al.*, 2020).

Mikroplastik yang bertahan lama dan mengandung senyawa kimia toksik memiliki sifat karsinogenik. Hal ini merupakan ancaman bagi makhluk hidup secara keseluruhan karena berbagai efek negatifnya terhadap ekosistem dan manusia (Layn *et al.*, 2020). Eksistensi mikroplastik telah terbukti dapat menyebabkan kerusakan pada perairan pesisir, termasuk habitat di dalamnya baik pada ekosistem mangrove, padang lamun, dan terumbu karang. Mekanisme utama masuknya kontaminan ke dalam habitat berharga ini adalah melalui daya apungnya (Yuan *et al.*, 2023). Arti penting ketiga ekosistem tersebut sangat signifikan sebagai filter arus laut menuju daratan serta fungsinya sebagai habitat

bagi berbagai spesies ikan dan biota laut lainnya. Ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang sangat rentan terhadap degradasi lingkungan karena dapat menjadi reservoir utama dalam akumulasi mikroplastik (Chen, 2022).

Indonesia dikenal memiliki ekosistem mangrove yang signifikan, dengan luasan sekitar 20-25 % dari porsi ekosistem mangrove di dunia (Rahadian *et al.*, 2019). Luas hamparan areal mangrove Indonesia diperkirakan sekitar 3.364.076 ha (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2021). Sampah plastik yang dihasilkan dari faktor antropogenik telah menimbulkan ancaman yang cukup besar terhadap ekosistem berharga ini. Asal muasal sampah plastik dapat disebabkan dari sumber domestik berupa aktivitas manusia di sekitar hutan mangrove (Cordova *et al.*, 2021). Meskipun demikian mekanisme daya apung juga berkontribusi pada distribusi mikroplastik ke berbagai penjuru kolom air melalui arus laut (Iskandar *et al.*, 2021). Transformasi fisik dan kimia yang dihasilkan dari proses pelapukan, fragmentasi, interaktivitas biologis, agregasi dengan zat lain, dan pembentukan biofilm dapat mendorong pengendapan mikroplastik ke dalam sedimen (Chubarenko *et al.*, 2018)

Berdasarkan publikasi Watters *et al.* (2010) karakter dari jenis sedimen yang lunak seperti pada ekosistem mangrove umumnya lebih banyak membuat partikel mikroplastik terjebak dibandingkan dengan sedimen berpasir atau kerikil seperti yang terdapat pada ekosistem padang lamun atau terumbu karang. Paparan aditif mikroplastik di perairan juga dapat meningkatkan risiko cemaran yang berbahaya bagi biota laut karena membawa senyawa toksik (Labibah dan Triajie, 2020). Menurut Garces-Ordonez *et al.* (2019) ekosistem mangrove yang berada lebih dekat ke daratan dan struktur akarnya yang rapat memiliki potensi untuk menahan aliran sampah yang masuk dan mengendap, sehingga paling rentan terhadap pencemaran mikroplastik. Peningkatan akumulasi mikroplastik dari ekosistem mangrove dapat disebabkan oleh pengaruh air laut yang masuk ke dalam ekosistem ini melalui mekanisme pasang surut (Zhang *et al.*, 2020).

Meningkatnya akumulasi mikroplastik pada ekosistem mangrove dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman mangrove. Hal ini diakibatkan adanya penyerapan mikroplastik ke dalam sel tanaman (Rohini dan Jayadev, 2023). Mikroplastik dapat terakumulasi dalam tanaman mangrove melalui serapan daun dan akar sehingga berdampak pada metabolisme, fisiologi, dan morfologi tanaman. Partikel kecil dari mikroplastik dapat mengganggu jalur metabolisme dan proses yang berhubungan dengan fitohormon (Roy *et al.*, 2023). Secara fisik mikroplastik juga memberikan dampak buruk pada akar dan cabang bibit mangrove, bahkan menghambat proses fotosintesis dan proses penyerapan unsur hara bagi tanaman (Lian *et al.*, 2020).

Ekosistem mangrove merupakan habitat berbagai jenis biota laut, baik biota benthik dengan pergerakan terbatas seperti kerang, maupun biota dengan pergerakan bebas seperti ikan (Martin *et al.*, 2019). Beberapa penelitian telah menemukan mikroplastik pada biota yang berada pada ekosistem mangrove termasuk ikan, kerang, dan kepiting (Li *et al.*, 2020). Menurut Zuo *et al.* (2020) mikroplastik dapat saja tertelan oleh biota laut karena ukurannya mirip dengan organisme plankton. Tidak hanya menjadi polutan, mikroplastik juga berperan sebagai vektor transportasi patogen di lautan hingga masuk ke dalam rantai makanan. Mikroplastik juga memiliki potensi untuk masuk dan menetap di jaringan tubuh manusia.

Keberadaan mikroplastik pada perairan dangkal seperti padang lamun dapat menjadi ancaman yang serius. Hal ini disebabkan karena ekosistem padang lamun memiliki karakteristik air yang mudah tercampur sehingga besar kemungkinan mikroplastik tertelan oleh biota benthik maupun ikan (Lestari *et al.*, 2021). Pada penelitian Nerland *et al.* (2014) dijelaskan bahwa telah terdapat beberapa biota benthik di ekosistem padang lamun yang mengonsumsi mikroplastik. Beberapa jenis biota laut yang hidup di sekitar terumbu karang dan ekosistem padang lamun diketahui telah terkontaminasi mikroplastik (Ardiannanto *et al.*, 2014). Tidak hanya mengganggu fungsi ekosistem padang

lamun saja, bahkan beberapa jenis biota padang lamun seperti teripang telah ditemukan mengonsumsi mikroplastik (Wright *et al.*, 2013).

Kontaminasi mikroplastik diduga memengaruhi proses biogeokimia dan mikroba, serta dapat mengubah sifat tanah pada tanah terestrial (Rillig *et al.*, 2019). Dikarenakan padang lamun dan tanaman terestrial memiliki fisiologi yang serupa, efek tersebut memungkinkan berlaku pada sedimen di ekosistem padang lamun juga. Sehingga keberadaan mikroplastik secara signifikan dapat memengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman padang lamun. Mikroplastik tidak hanya ditemukan di sedimen padang lamun tetapi juga menempel pada daun lamun (Datu *et al.*, 2019). Pada akhirnya daun lamun akan dimakan organisme herbivora (misalnya ikan dan krustasea), yang dapat menjadi jalur lain bagi mikroplastik untuk memasuki jaring makanan (Goss *et al.*, 2018)

Selain pada ekosistem padang lamun, secara langsung maupun tidak langsung kelimpahan mikroplastik juga berisiko terhadap pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang (Reichert *et al.*, 2018). Pada kenyataannya terumbu karang hanya menutupi sebagian kecil dari permukaan laut, meskipun demikian ditemukan $48,3 \pm 13,98$ partikel mikroplastik dari satu kilogram sampel pada sedimen yang berada di ekosistem terumbu karang Indonesia (Cordova *et al.*, 2019). Hasil dari penelitian Riska *et al.* (2022) menyatakan bahwa di kawasan pesisir Pulau Bokori ekosistem terumbu karangnya telah tercemar mikroplastik yang terdiri dari jenis fiber, fragmen, film, dan *foam*.

Mikroplastik dapat memengaruhi kesehatan dan pertumbuhan karang melalui perilaku makan, kinerja fotosintesis, kalsifikasi rangka dan pemutihan jaringan akibat dari konsumsi aktif mikroplastik dan adhesi permukaan pasif (Lanctôt *et al.*, 2020). Terumbu karang adalah organisme stasioner yang memungkinkan untuk menelan mikroplastik karena tertarik pada warna atau rasanya, hal ini mungkin disebabkan oleh adanya zat aditif kimia pada mikroplastik (Zhang *et al.*, 2023). Menurut Huang *et al.* (2020) ada kemungkinan bahwa terumbu karang yang mengonsumsi mikroplastik dapat mengakibatkan penyumbatan saluran

pencernaan dari terumbu karang sehingga mencegah pencernaan makanan yang semestinya dikonsumsi.

Ancaman lain menyebutkan dampak secara tidak langsung mikroplastik pada terumbu karang yang terjadi melalui substrat yang dihasilkan oleh kolonisasi organisme invasif pada permukaan plastik. Partikel mikroplastik dapat menempel pada jaringan karang dan dapat mengurangi kemampuan menangkap mangsa yang menyebabkan hilangnya energi karena kebutuhan untuk menghilangkan mikroplastik dari permukaannya (Martin *et al.*, 2019). Butiran mikroplastik juga menyebabkan kerusakan fisik pada jaringan terumbu karang. Hal ini dapat merugikan akibat dari peningkatan serangan patogen atau menghabiskan energi untuk fungsi sistem kekebalan tubuh selama masa pemulihan terumbu karang (Huang *et al.*, 2020).

Salah satu kawasan pesisir dengan ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang yang saling berdampingan adalah pesisir Pantai Sari Ringgung. Kawasan pesisir yang berkedudukan di Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran ini merupakan salah satu destinasi tujuan wisata di Provinsi Lampung. Pencemaran sampah plastik sangat rentan terjadi pada kawasan tersebut, salah satu penyebab dominannya adalah aktivitas wisatawan dan kegiatan perikanan baik penangkapan maupun budidaya ikan. Sampah plastik yang mencemari lingkungan akan terakumulasi di perairan dan sulit untuk dihilangkan sehingga berpotensi merusak ekosistem. Aktivitas dan sumber pencemarannya juga dapat memengaruhi banyaknya kelimpahan mikroplastik (Ayuningtyas *et al.*, 2019).

Akumulasi kelimpahan mikroplastik di laut akan mengancam kelestarian lingkungan baik pada ekosistem mangrove, padang lamun, maupun terumbu karang. Mikroplastik akan mencemari air dan tersedimentasi sehingga menumpuk di sedimen dari ketiga ekosistem tersebut. Penumpukan mikroplastik juga akan menyebabkan gangguan metabolisme pada sebagian biota laut hingga masuk ke dalam rantai makanan. Mikroplastik akan berpotensi mengganggu berbagai organisme pada tingkatan tropik yang lebih rendah sehingga terjadi

biomagnifikasi yang mengancam organisme pada tingkatan tropik lebih tinggi (Dewi *et al.*, 2015). Oleh karena itu penelitian harus dilakukan untuk menganalisis karakteristik mikroplastik berdasarkan bentuk, ukuran, warna, dan polimer bahan pembentuknya, serta hubungan kelimpahannya pada ekosistem mangrove, padang lamun, maupun terumbu karang yang terdapat di kawasan pesisir Pantai Sari Ringgung.

Berdasarkan kepada latar belakang di atas maka penulis memuat beberapa permasalahan untuk dikaji, antara lain adalah:

1. Bagaimana karakteristik mikroplastik yang terkandung pada air, sedimen dan biota dari ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang di kawasan pesisir Pantai Sari Ringgung.
2. Jumlah kelimpahan mikroplastik yang terkandung pada air, sedimen dan biota yang terdapat pada tiga ekosistem tersebut.
3. Bagaimana pengaruh perbedaan kedalaman air dari tiga ekosistem terhadap kelimpahan mikroplastik yang terdapat di air, sedimen, dan biota pada Pantai Sari Ringgung.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini agar dapat memberikan data dan informasi terkait karakteristik dan kelimpahan mikroplastik yang mencemari kawasan pesisir Pantai Sari Ringgung, sehingga kawasan pesisir tersebut dapat dikelola lebih optimal dan berkelanjutan.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, antara lain:

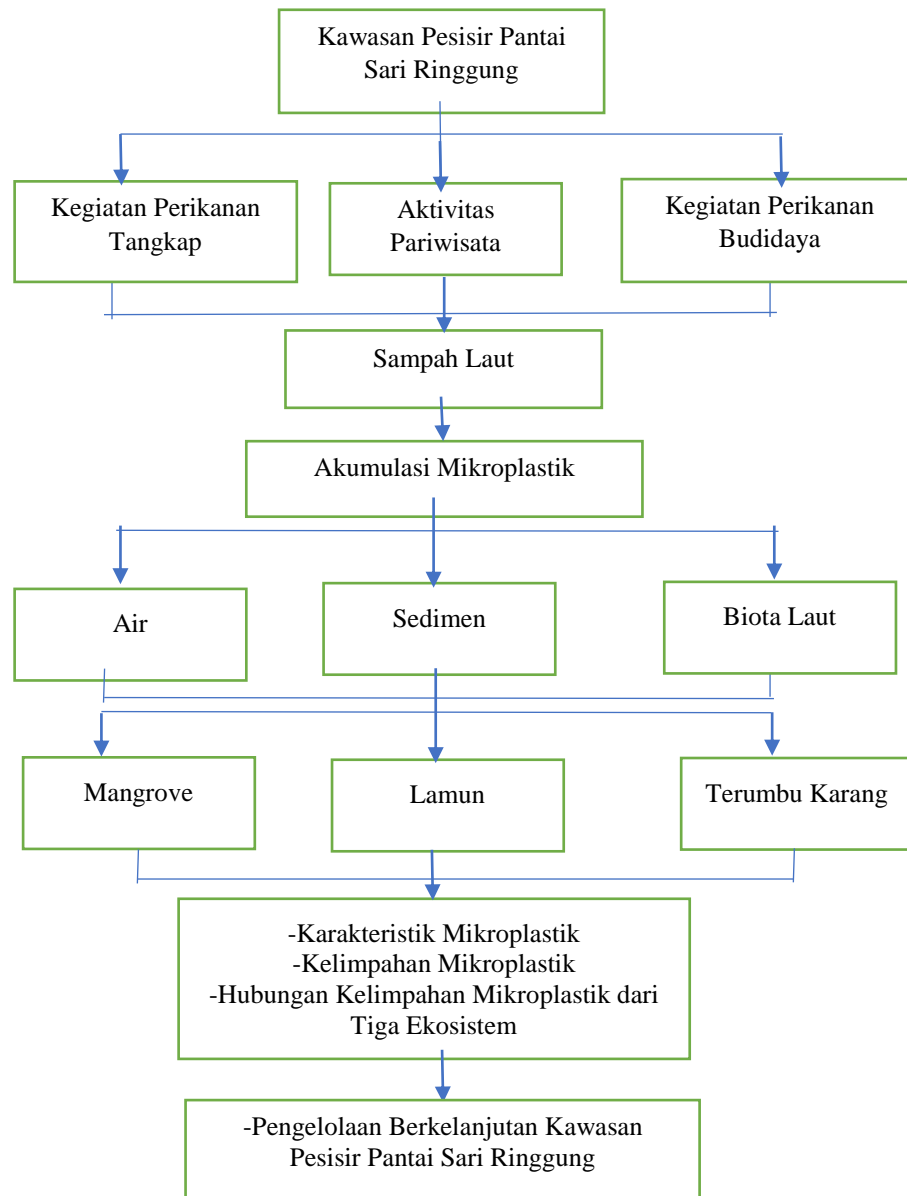
1. Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik berdasarkan bentuk, ukuran, warna dan polimer penyusunnya yang terkandung pada air, sedimen dan biota dari ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang di Pantai Sari Ringgung.

2. Menganalisis jumlah kelimpahan mikroplastik yang terkandung pada air, sedimen dan biota dari tiga ekosistem yang berada pada kawasan Pantai Sari Ringgung.
3. Menganalisis pengaruh perbedaan kedalaman air dari tiga ekosistem terhadap kelimpahan mikroplastik yang terdapat di air, sedimen, dan biota pada Pantai Sari Ringgung.

1.3. Kerangka Pemikiran

Pantai Sari Ringgung yang terletak di Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran merupakan kawasan pesisir yang terdapat kegiatan perikanan baik tangkap maupun budidaya serta aktivitas pariwisata. Selain sampah laut yang masuk akibat terbawa arus dari luar, dua kegiatan ekonomi tersebut berpotensi memberikan dampak buruk berupa meningkatnya sampah laut terutama sampah plastik yang sulit terurai. Sampah plastik di lautan akan mengalami pelapukan menjadi partikel kecil, diantaranya berukuran < 5 mm yang disebut mikroplastik. Akumulasi mikroplastik akan mencemari perairan, terbawa arus dan pasang surut hingga mengendap di sedimen.

Karakteristik air pada ekosistem perairan dangkal mudah tercampur, sehingga mikroplastik berpotensi besar untuk dapat tertelan oleh biota laut. Keberadaan mikroplastik selain menjadi cemaran di air dan sedimen dapat juga mengganggu pertumbuhan organisme yang terdapat pada ekosistem tersebut. Terdapat tiga ekosistem perairan dangkal di pesisir Pantai Sari Ringgung, antara lain adalah ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang yang memiliki kedalaman yang berbeda. Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang karakteristik mikroplastik, kelimpahan mikroplastik, dan pengaruh kedalaman air pada tiga ekosistem tersebut terhadap kelimpahannya.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikroplastik

Sampah plastik di perairan menurut ukurannya dapat disebut mikroplastik apabila memiliki diameter kurang dari 5 mm. Mikroplastik menurut sumbernya terbagi menjadi dua kategori yaitu, mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah mikroplastik yang diproduksi langsung berukuran mikro digunakan untuk bahan pembuatan kosmetik atau produk kebersihan, sedangkan mikroplastik sekunder berasal dari sampah plastik yang terfragmentasi menjadi ukuran mikro (Azizah *et al.*, 2020). Faktor biologis, kimia, dan fisika memengaruhi degradasi plastik menjadi partikel yang lebih kecil. Bakteri, jamur, predator, dan organisme tingkat tinggi adalah contoh faktor biologis yang berpengaruh dalam memecah ukuran plastik. Hidrolisis dan oksidasi berkontribusi dalam proses degradasi plastik melalui faktor kimia. Faktor fisika atau mekanis seperti pengadukan, paparan sinar ultraviolet, perubahan cuaca, dan tekanan mekanis juga berdampak pada proses degradasi plastik (Mulyasari *et al.*, 2023).

Kebanyakan plastik biasa tidak akan rusak di laut dalam jangka waktu yang cukup lama. Jika plastik terkena radiasi ultraviolet maka akan terfragmentasi, menyebabkan permukaannya rapuh dan menyebabkan abrasi fisik. Hal ini dapat terjadi di garis pantai yang terbuka atau permukaan laut (GESAMP, 2015). Plastik kemungkinan besar akan tetap utuh selama bertahun-tahun jika terkubur dalam sedimen atau mengendap di dasar laut. Sifat struktural fragmen plastik akan mirip dengan benda yang lebih besar dari polimer yang sama. Namun

melalui intervensi dari mikroorganisme dimungkinkan polimer mikroplastik dapat terurai (Rusman dan Hidayati, 2022).

Pada umumnya mikroplastik adalah partikel plastik yang diameternya kurang dari 5 mm. Menurut Eriksen *et al.* (2014) mikroplastik dibagi lagi ke dalam dua kategori ukuran yaitu besar (1-5 mm) dan kecil (1 - 0,33 mm). Definisi ukuran mikroplastik dapat diambil dari efektivitas dari penarikan sampel yang dipengaruhi dari ukuran mata jaring (*plankton net*) yang biasa digunakan. Ukuran mikroplastik sendiri akan berpengaruh pada perilaku sampah di lingkungan, termasuk degradasi lebih lanjut, pola distribusi, dan tingkat serta sifat dampaknya. Sedangkan berdasarkan bentuknya mikroplastik dapat dikategorikan menjadi berbagai bentuk seperti fiber, fragmen, *pellet*, *foam*, dan film.

Mikroplastik memiliki berbagai bentuk, warna, dan ukuran. Faktor utama yang menentukan jangkauan dampak mikroplastik pada organisme adalah ukurannya. Menurut Widianarko dan Hantoro (2018), mikroplastik memiliki kapasitas untuk melepaskan bahan kimia yang terkandung dengan cepat karena luas permukaannya yang besar dibandingkan dengan rasio volumenya. Mikroplastik biasanya berwarna biru, coklat, hijau, hitam, kuning, merah, putih, dan sebagainya. Masing-masing tipe mikroplastik memiliki fitur unik yang berbeda-beda tergantung pada bentuknya. Contohnya potongan fragmen yang memiliki polimer sintesis yang kuat berasal dari produk plastik seperti botol minuman, sisa toples, dan galon (Hidalgo *et al.*, 2012). Mikroplastik sebagai kontaminan yang beragam dan kompleks telah menimbulkan kekhawatiran luas tentang potensi efek toksiknya pada berbagai organisme dan ekosistem. Hal ini dikarenakan sifat persistensi, keberadaannya di mana-mana, dan keragaman polimer plastik, jenis, ukuran, morfologi, warna, zat aditif, serta penyerapan bahan kimia ke lingkungan, dan biofilm permukaan (Rochman *et al.*, 2019).

Menurut Mulyasari *et al.* (2023) tidak semua penelitian jurnal penelitian mikroplastik di Indonesia melakukan analisis jenis polimer. Hanya sebanyak 16% penelitian dengan tujuan menganalisis jenis polimer plastik pada tahun 2022, sementara 84% penelitian hanya mengidentifikasi jumlah, bentuk, dan warna

mikroplastik. Terdapat beberapa polimer plastik seperti *poliethylen* (PE), *low-density poliethylen* (LDPE), *poliethylen terephthalate* (PET), *polyethersulfone* (PES), *Polystyrene* (PS), *polypropilene* (PP), *polyvinil klorida* (PVC), PA, PC, *polytetrafluoroetilena* (PTFE), *polyvinil alkohol* (PVA), PVDF, PPS, nilon, nitrit, *polybutad*, plastik, dan bakelit. Polimer nilon, PE, PET, PP, PVC, PS, LDPE, dan HDPE adalah polimer penyusun mikroplastik yang umum ditemukan dalam sampel penelitian.

Tabel 1. Polimer plastik yang sering ditemukan pada sampah laut

Polimer Plastik	Kode	Densitas	Asal Produk
<i>Low-density Poliethylen</i>	LDPE	0,91 – 0,93	Kantong plastik, sedotan, botol, jaring
<i>High-density Poliethylen</i>	HDPE	0,94	Kemasan susu dan Jus
<i>Polypropylene</i>	PP	0,83 - 0,85	Tali, Tutup botol, jaring
<i>Polystyrene</i>	PS	1,05	Cangkir styrofoam, Pelampung umpan
<i>nilon</i>	PA 6,6	1,02 - 1,15	Jaring, perangkap ikan, senar
<i>poliethylen terephthalate</i>	PET	1,37	Botol minuman plastik
<i>Polyvinyl chloride</i>	PVC	1,38	Pipa plastik, botol, gelas plastik

Sumber: Andrady, 2011

Mikroplastik memberikan berbagai macam dampak buruk pada habitat dan biota yang terdapat dalam ekosistem perairan. Pada beberapa penelitian menyebutkan pengaruh mikroplastik pada terganggunya pencernaan plankton hingga terakumulasi pada organisme tingkat tinggi (Dewi *et al.*, 2015), penyebab ketidakseimbangan pada ekosistem laut (Anggiani, 2020), mengganggu kinerja fisiologis dan fekunditas (Mardiyana dan Kristingsih, 2020), memicu kerusakan pada terumbu karang (Hiwari *et al.*, 2019), menghambat produksi enzim dan kadar hormon (Layn *et al.*, 2020), serta mengganggu sistem pencernaan yang mengakibatkan malnutrisi pada organisme laut (Anggiani, 2020). Beberapa penelitian juga menyebutkan dampak tidak langsung dari kelimpahan mikroplastik pada ekosistem perairan baik di laut, danau maupun sungai.

2.2. Mangrove

Mangrove merupakan tumbuhan berkayu yang terletak di wilayah tropis dan subtropis, hidup di lingkungan antara laut dan daratan yang dicirikan oleh konsentrasi salinitas tinggi, suhu tinggi, angin kencang, pasang surut, sedimen berlumpur, dan tanah anaerobik (Kathiresan, 2001). Tumbuhan mangrove toleran terhadap kadar garam yang tinggi dan memiliki mekanisme untuk menyerap air meskipun mempunyai potensi osmotik yang kuat. Beberapa juga menyerap garam, tetapi mengeluarkannya melalui kelenjar khusus yang terdapat di daun. Mangrove dapat memindahkan kadar garam ke daun tua atau menyimpannya di kulit kayu atau kayu. Spesialisasi morfologi mencakup akar lateral yang melimpah yang menambatkan pohon di sedimen lepas, akar udara terbuka untuk pertukaran gas, dan propagul vivipar yang tersebar di air.

Hidup di perbatasan antara darat dan laut, mangrove dapat beradaptasi dengan baik dalam menghadapi pemicu stres alami (misalnya suhu, salinitas, anoksia, sinar UV). Mangrove sangat sensitif terhadap gangguan seperti yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Berikut beberapa jenis mangrove yang ada, antara lain: *Avicenniaceae*, *Bignoniaceae*, *Bombacaceae*, *Caesalpiniceae*, *Combretaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lythraceae*, *Meliaceae*, *Myrsinaceae*, *Myrtaceae*, *Pellicieraceae*, *Plumbaginaceae*, *Rhizophoraceae*, *Rubiaceae*, *Sonneratiaceae*, dan *Sterculiaceae*.

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memiliki nilai lingkungan dan ekonomi yang tinggi bagi banyak negara tropis dan subtropis (Hochard, 2019). Peran hutan mangrove meliputi perlindungan terhadap badai dan tsunami, pengaturan tata air, penyediaan habitat bagi berbagai jenis ikan dan hewan lainnya, serta sumber keanekaragaman hayati dan hasil hutan kayu dan bukan kayu (Duke, 2007). Hutan mangrove merupakan ekosistem yang paling produktif untuk menghasilkan karbon organik dan memberikan kontribusi signifikan terhadap siklus karbon global. Ekstrak dari hutan mangrove dan spesies yang bergantung padanya terbukti memiliki aktivitas melawan patogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan (Kathiresan, 2001).

Sebaran mangrove dalam wilayah jelajahnya sangat dipengaruhi oleh suhu (Duke, 1992) dan kelembaban (Saenger dan Snedaker, 1993). Arus berskala besar juga dapat memengaruhi distribusi dengan mencegah penyebaran benih mencapai beberapa wilayah (De Lange dan De Lange, 1994). Masing-masing spesies mangrove berbeda-beda dalam hal jangka waktu kelangsungan hidup propagulnya, keberhasilan pertumbuhannya, laju pertumbuhannya, dan batas toleransinya. Faktor-faktor ini yang tampak cukup konsisten di seluruh dunia dan berinteraksi untuk menghasilkan rentang distribusi yang khas bagi sebagian besar spesies (Duke *et al.*, 1998).

Mangrove menyediakan berbagai fungsi ekologi dan layanan ekosistem. Sekitar 75% ikan dan udang yang ditangkap secara komersial, bersama dengan berbagai spesies kepiting, moluska, burung, reptil, mamalia, amfibi, dan serangga bergantung pada habitat mangrove (Duke *et al.*, 1998) Ekosistem ini juga digunakan sebagai tempat pemijahan, tempat pembibitan, dan tempat mencari makan bagi banyak fauna laut (Duke *et al.*, 1998). Nilai ekonomi hutan mangrove setidaknya US\$ 1,6 miliar per tahun (Costanza *et al.*, 1998). Mangrove menyediakan banyak layanan ekosistem termasuk penyaringan limpasan, penyimpanan karbon, penangkapan dan penstabilan sedimen, daur ulang nutrisi, dan perlindungan pantai

Mangrove berfungsi sebagai benteng alam yang melindungi garis pantai dari kekuatan angin, ombak, arus air, dan bencana alam lainnya. Adaptasi morfologi, biologis, ekologi, dan fisiologisnya yang luar biasa terhadap kondisi yang menantang membedakannya dari tanaman lain. Ciri-ciri mangrove seperti batang yang kuat, akar penyangga, akar penopang, akar pernafasan yang terbuka, daun yang mampu mengeluarkan garam, dan propagul vivipar yang tersebar di air, yang semuanya memungkinkan mereka tumbuh subur di lingkungan pesisir. Adaptasi tumbuhan ini bervariasi tergantung pada karakteristik fisika-kimia habitatnya dan keanekaragaman taksonominya. Daun mangrove tidak memiliki selubung urat dan memiliki tekstur hampir kasar dengan urat daun tersembunyi (Kathiresan, 2001) .

Kutikula yang tebal, halus, dan tidak berbulu memberikan tampilan mengkilap pada tanaman. Beberapa spesies tumbuhan yang hanya ditemukan di ekosistem mangrove mempunyai keunikan di wilayah atau benuanya masing-masing. Ekosistem mangrove yang sehat memberikan banyak manfaat bagi ekosistem di sekitarnya dan juga bagi umat manusia. Pemanfaatan mangrove berdasarkan penelitian dapat digunakan sebagai obat tradisional meliputi pengobatan maag, infeksi bakteri dan virus, tekanan darah, asma, kusta, dan gigitan ular. Kelompok spesies *Bruguiera gymnorhiza* digunakan untuk pengobatan diare, *Rizhopora mucronata* untuk tekanan darah, dan *Acanthus ilicifolius* untuk asma, kusta, dan rematik (Sandilyan *et al.*, 2010).

Ekosistem mangrove menghadapi ancaman yang sangat besar. Sekitar 40% mangrove Indonesia mengalami deforestasi atau degradasi. Dalam beberapa dekade terakhir, laju deforestasi mangrove adalah 1–3% per tahun dan laju penebangan liar adalah 14%. Deforestasi dan degradasi mangrove menyebabkan hilangnya habitat dan menurunnya layanan ekosistemnya. Beberapa pemicu deforestasi dan degradasi mangrove seperti pengembangan akuakultur, agrikultur, dan penebangan liar (Murdiyarso *et al.*, 2015). Degradasi mangrove mengancam hilangnya ketersediaan pakan hayati bagi berbagai jenis biota ekonomis serta terganggunya lokasi pemijahan dan perkembangbiakan ikan secara alami, sehingga berdampak pada ekonomi masyarakat pesisir (Febryano *et al.*, 2015).

2.3. Padang lamun

Padang Lamun adalah tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang hidup terendam dalam kolom air dan berkembang dengan baik di perairan laut dangkal dan estuari. Tumbuhan lamun terdiri dari daun, batang menjalar yang biasanya disebut rimpang (*rhizome*), dan akar yang tumbuh pada bagian rimpang. Hingga saat ini Indonesia memiliki 13 spesies lamun, antara lain: *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila decipiens*, *Halophila minor*, *Halophila ovalis*, *Halophila*

spinulosa, *Halophila sulawessi*, *Syringidium isoetifolium*, *Thalasia hemprichii*, *Thalassodendrom ciliatum*.

Padang lamun merupakan tumbuhan yang tumbuh di lingkungan payau atau laut dekat pantai. Mereka tumbuh di sedimen dasar laut dengan daun tegak dan memanjang serta struktur (rimpang) seperti akar yang terkubur. Rimpang merambat di sepanjang bagian bawah, dan menghasilkan tunas tegak. Rimpang dan akarnya mengikat tanaman ke dasar lunak dan menyerap nutrisi. Daunnya umumnya panjang dan berbentuk tali tetapi bisa juga berbentuk dayung. Ekosistem padang lamun adalah salah satu ekosistem yang penting di laut, berfungsi sebagai pendukung dan penunjang kehidupan biota laut. Spesifikasi vegetasi berikut yang membuat ekosistem ini berfungsi dalam menyaring dan memerangkap partikel organik dan anorganik dengan mengurangi kecepatan air dan gelombang pada tajuknya, sehingga partikel dapat mengendap di sedimen. Fungsi ekosistem ini juga akan menyebabkan penjebakan dan pengendapan plastik yang mengakibatkan akumulasi mikroplastik di sedimen padang lamun (Huang *et al.*, 2020)

Padang lamun umumnya memerlukan tingkat cahaya yang tinggi untuk tumbuh dan bertahan hidup, tumbuhan ini memerlukan 10-20% radiasi permukaan rata-rata harian untuk bertahan hidup (Fourqurean dan Zieman, 1991). Sehingga kematian tanaman lamun sering dikaitkan dengan penurunan kualitas air dan peningkatan kekeruhan sehingga menurunkan penetrasi cahaya (Giesen *et al.*, 1990; Larkum dan West, 1990). Kumpulan padang lamun terkaya terdapat di daerah dangkal dengan cahaya tinggi dan campuran substrat keras dan lunak. Keanekaragaman akan jauh lebih rendah jika cahaya rendah dan substratnya berupa lumpur lepas atau pasir homogen berbutir kasar (Kuenen dan Debrot, 1995).

Padang lamun sangat erat kaitannya dengan habitat mangrove di banyak belahan dunia. Di Laut Andaman, terdapat tiga jenis tanaman lamun yang berasosiasi dengan mangrove, yaitu *Halophila ovalis*, *Enhalus acoroides*, dan *Thalassia hemprichii* (Poovachiranon dan Chansang, 1994). Mangrove dan padang lamun

memiliki fungsi paralel di habitat yang mereka tinggali. Keduanya memerangkap sedimen dan membantu menangkap unsur-unsur kimia, termasuk jejak logam (Lacerda, 1998). Keduanya juga membantu mendukung populasi ikan dengan berperan sebagai makanan bagi ikan dan sebagai habitat penting bagi ikan. Sejumlah spesies ikan mungkin memanfaatkan habitat padang lamun atau mangrove sebagai daerah pemijahan.

Ekosistem padang lamun secara eksplisit ditargetkan sebagai daerah penangkapan ikan karena tingginya kelimpahan ikan dan invertebrata serta aksesibilitasnya terhadap habitat ini (Nordlund *et al.*, 2018). Ekosistem padang lamun menyediakan area pemijahan bagi ikan muda dan udang, tempat mencari makan ikan karang di malam hari, dan tempat berlindung hewan invertebrata pada saat air surut (McKenzie *et al.*, 2021). Padang lamun penting untuk fungsi ekologisnya dan jasa ekosistem seperti perannya dalam dinamika jaring makanan, interaksi bentang laut dan potensi ketahanan ekologi (Duarte, 2002). Pentingnya hasil sumberdaya perikanan dari ekosistem padang lamun tampaknya kurang terdokumentasi dan diukur di seluruh Pasifik (Nordlund *et al.*, 2018), karena penyebutan dari hasil perikanan pada ekosistem ini sering digabungkan dengan hasil perikanan terumbu karang, perikanan dekat pantai, perikanan pesisir, atau perikanan bakau (Waycott *et al.*, 2011).

Tanaman lamun spesies *Posidonia oceanica* merupakan tumbuhan endemik di Laut Mediterania, yang membentuk padang rumput yang luas di daerah pesisir yang dangkal, berpotensi dengan endapan setebal beberapa meter di bawahnya, yang dikenal sebagai *matte* dan memiliki karakteristik yang mirip dengan tanah daratan (Pineiro-Juncal *et al.*, 2020). Karena meningkatnya tekanan antropogenik di zona pesisir, termasuk meningkatnya beban nutrisi melalui limpasan, polusi, dan sedimentasi berlebihan, spesies ini terus menurun selama beberapa dekade terakhir (de los Santos *et al.*, 2019). Padang lamun mungkin berpotensi berfungsi sebagai tempat penampungan jangka panjang bagi partikel plastik. Karena organisme pemakan detritus bentik (seperti krustasea, bivalvia, dan ekinodermata) dapat menelan partikel plastik ini (Wang *et al.*, 2017). Peningkatan beban

mikroplastik dapat berdampak negatif pada fauna ekosistem ini menyebabkan kerusakan fisik langsung, atau memasukkan kontaminan, seperti logam berat dan polutan organik, yang terserap ke partikel plastik (Tahir *et al.*, 2019).

2.4. Terumbu Karang

Terumbu karang adalah suatu ekosistem yang tumbuh di dasar laut yang terbentuk dari bahan sejenis kapur yang terdapat polip-polip keras. Ekosistem ini memiliki kekayaan aneka ragam hayati sehingga menjadikan salah satu ekosistem yang paling produktif. Terumbu karang adalah *hotspot* keanekaragaman hayati dengan kepentingan sosial-ekonomi yang tinggi karena menyediakan layanan ekosistem seperti perikanan, pariwisata, dan perlindungan pesisir bagi jutaan orang di seluruh dunia (Fezzi *et al.*, 2023). Meskipun terumbu karang memiliki kepentingan ekologi dan sosial-ekonomi yang tinggi, terumbu karang mengalami penurunan yang serius di seluruh dunia, dengan estimasi terbaru menunjukkan hilangnya tutupan karang sekitar 50% selama 40 tahun terakhir (Tebbet *et al.*, 2023).

Terumbu karang dapat menjadi identitas suatu kawasan dengan ciri khas yang dapat dijadikan sumber kearifan lokal bagi wilayah tersebut. Terumbu karang berperan sebagai pelindung pantai dari kuatnya gelombang dan arus, habitat spesies hewan laut, penyedia nutrisi, tempat pemijahan dan pengasuhan berbagai jenis biota, serta jasa lingkungan khususnya pariwisata (Obura *et al.*, 2021). Perbedaan jumlah dan keanekaragaman biota pada terumbu karang menjadi salah satu indikator dari pencemaran laut. Ekosistem terumbu karang memerlukan kondisi air laut dengan salinitas dan suhu air yang optimal (hangat) serta tingkat pencahayaan sinar matahari yang tinggi (Davis *et al.*, 2021). Menurut kesimpulan Komyakova (2013) terdapat hubungan positif antara persentase tutupan karang dengan indeks keanekaragaman jenis organisme yang bergantung pada faktor fisik dan faktor biologi perairan tersebut.

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem dengan keanekaragaman hayati terbesar namun terancam oleh degradasi lingkungan (Hughes *et al.*, 2018).

Perubahan iklim dan dampak manusia setempat telah mengurangi populasi karang, yang mengakibatkan hilangnya tutupan karang yang belum pernah terjadi sebelumnya (Fabricius *et al.*, 2011). Beberapa upaya dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan terumbu karang lebih lanjut. Misalnya dengan meminimalisir gangguan manusia terhadap terumbu karang kecuali untuk kepentingan ilmu pengetahuan atau konservasi. Kontak fisik biasa terjadi pada kegiatan wisatawan antara lain memegang karang, menendang karang, menginjak karang, memungut karang, peralatan wisata menyelam yang menyentuh karang, dan menambatkan kapal di atas karang. Termasuk mencegah terjadinya pencemaran sampah plastik yang semakin tinggi memungkinkan untuk menjaga perairan laut dari penurunan kualitas lingkungan sebagai salah satu penyebab kerusakan terumbu karang.

Terumbu karang mempunyai dampak ekologis dan nilai ekonomi yang sangat besar ketika dikelola dengan baik dan berkelanjutan. Terumbu karang memiliki berbagai peran ekologis yang krusial, termasuk sebagai penghalang abrasi pantai, tempat pembibitan, tempat mencari makan, dan habitat bagi organisme eksotis lainnya (Samuel *et al.*, 2021). Tutupan terumbu karang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti sinar matahari langsung dan alat tangkap yang merusak atau penggunaan bahan peledak akan merusak terumbu karang sebagai habitat ikan karang. Kondisi tutupan karang dan biota yang masuk kategori sedang dipengaruhi oleh musim kemarau panjang yang menyebabkan terjadinya pemutihan karang. Pemutihan karang terjadi akibat hilangnya populasi alga simbiosis dan *Symbiodinium* yang menyebabkan kematian karang (Nugraha *et al.*, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan di kawasan pesisir Pantai Sari Ringgung, Kabupaten Pesawaran pada bulan Agustus 2024. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengambil sampel air, sedimen, dan biota laut. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *purposive sampling* sebanyak tiga stasiun yang mewakili tiga ekosistem (mangrove, padang lamun, terumbu karang) yang terdapat di pesisir Pantai Sari Ringgung. Setiap stasiun terdiri dari tiga titik pengambilan sampel yang ditentukan secara acak dengan jarak antar titik masing-masing 10 meter. Hasil sampel air, sedimen dan biota selanjutnya dibawa ke Laboratorium Perikanan dan UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung untuk dilakukan analisis FT-IR pada sampel mikroplastik agar dapat diketahui jenis polimer mikroplastik yang terdapat di Pantai Sari Ringgung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS, *plankton net*, *cool box*, alat tulis, label, *ziplock bag*, *aluminium foil*, alat gelas laboratorium, botol kaca, oven/inkubator, spatula besi, timbangan analitik 0.1, *vacuum pump*, *sieve shaker*, kertas saring *Whatman* No. 42 ukuran pori 2,5 μm , mikroskop stereo, *hot plate stirrer* dan alat FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) tipe Agilent Carry 630.

Bahan yang digunakan berupa sampel air, sampel sedimen, sampel biota, es batu (*dry ice*), akuades, H₂O₂ 30% , Kalium Hidroksida (KOH) 10%, Natrium Klorida (NaCl).

3.3. Metode Penelitian dan Penentuan Titik Lokasi

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian analisis kelimpahan mikroplastik pada air, sedimen, dan biota laut dari tiga ekosistem di kawasan Pantai Sari Ringgung ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif adalah suatu metode yang digunakan untuk menggambarkan kondisi situasi pada saat itu. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel terdiri dari tiga stasiun yang mewakili atau representasi dari tiga ekosistem. Adapun setiap stasiun akan diadakan tiga kali titik ulangan dalam pengambilan sampelnya. Masing masing titik akan berjarak 10 meter, hal ini berguna untuk meningkatkan ketelitian percobaan dan mengurangi kesalahan data. Titik koordinat stasiun pengambilan material sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Titik lokasi stasiun pengambilan sampel

Stasiun	Lokasi	Titik Koordinat
1	Ekosistem mangrove	5°33'5,079"S 105°15'12,201"E
2	Ekosistem padang lamun	5°33'7,748"S 105°15'17,675"E
3	Ekosistem terumbu karang	5°33'4,856"S 105°15'19,831"E

3.4. Pengambilan Data Parameter Lingkungan

Menurut Sianturi *et al.* (2021) pengambilan data parameter lingkungan dilakukan secara *in situ* untuk mendukung analisis hasil kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada setiap stasiun pengamatan. Data parameter lingkungan yang diambil berupa data parameter fisik kualitas air yaitu kecepatan arus, kedalaman air, dan suhu air pada setiap stasiun pengamatan (Seprandita *et al.*, 2022). Sedangkan parameter kimia dari kualitas lingkungan yang diambil antara lain salinitas dan pH air (Ahechti *et al.*, 2020).

3.5. Pengambilan dan Analisis Sampel Air Laut

Pengambilan sampel mikroplastik pada air dilakukan dengan metode statis menggunakan *plankton net*. Pengambilan sampel dilakukan pada permukaan air laut secara vertikal dengan 3 titik pengulangan (Zhang *et al.*, 2017) dengan tujuan untuk mengurangi bias pada hasil analisisnya. Air laut diambil sebanyak 100 liter per titiknya menggunakan ember, kemudian disaring menggunakan *plankton net* berukuran diameter 30 cm (Song *et al.*, 2018). Air laut yang telah tersaring dijadikan sampel sebanyak 200 ml dimasukkan ke dalam botol kaca, diberi label dan disimpan dalam *cool box* kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Metode analisis identifikasi mikroplastik pada sampel air dilakukan dengan beberapa tahapan antara lain; persiapan sampel air, degradasi bahan organik yang terkandung, pemisahan densitas sampel, pemilahan mikroplastik, pengamatan menggunakan mikroskop. Kegiatan persiapan sampel meliputi penyaringan awal sampel memakai kertas Whatman No. 42 dengan kerapatan pori 2,5 μm . Tahap berikutnya adalah degradasi bahan organik yang dilakukan dengan metode degradasi oksidatif menggunakan larutan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml yang dicampurkan dengan sampel di dalam *beaker glass* (Yona, 2021). Sampel yang sudah berisi larutan kemudian diletakkan di atas *hotplate stirrer* pada suhu 60 – 75 °C selama 15 menit (Masura *et al.*, 2015).

Setelah degradasi bahan organik selanjutnya pemisahan densitas mikroplastik dengan menggunakan NaCl 6 gram per 20 ml larutan sampel. Setelah diberi NaCl kemudian diaduk selama 2 menit (Masura *et al.*, 2015). Sampel yang berada dalam *beaker glass* ditutup dengan menggunakan aluminium *foil* dan didiamkan selama 2 jam agar mikroplastik mengapung dan partikel lainnya mengendap. Selanjutnya pemilahan mikroplastik dilakukan dengan cara penyaringan sampel kembali menggunakan kertas saring Whatman No. 42 untuk mendapatkan sampel mikroplastik yang akan diamati. Kemudian kertas saring diletakkan pada cawan untuk dilakukan pengamatan pada mikroskop stereo.

3.6. Pengambilan dan Analisis Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan sebanyak tiga titik ulangan dengan menggunakan *eikman grab* atau dengan menggunakan *core sampler/tubes* pada kedalaman sedimen 10 cm (Zhang *et al.*, 2017). Menurut Dewi *et al.* (2015) perbedaan kedalaman sampel sedimen tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah kelimpahan dari mikroplastik pada ekosistem tersebut. Sampel sedimen diambil sebanyak ± 200 gram kemudian dibungkus alumunium foil dan dimasukkan ke dalam *ziplock bag* lalu disimpan di dalam *cool box* untuk dianalisis di laboratorium.

Sampel sedimen dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam hingga mengering (Peng *et al.*, 2017). Jika terjadi penggumpalan pada sampel maka dapat dilakukan penggilingan menggunakan mortar. Untuk pemisahan ukuran sedimen dilakukan penyaringan menggunakan saringan bertingkat (*sieve shaker*) yang berukuran 2 mm, 1 mm, 0,6 mm dan 0,45 mm (Loughlin *et al.*, 2021; Le *et al.*, 2022). Untuk pemisahan densitas, sampel sebanyak 50 gr yang telah diambil berdasarkan ukuran ditambahkan larutan NaCl jenuh menggunakan perbandingan 3:1 serta diaduk rata sekitar 2 menit lalu didiamkan selama 2 jam (Tsering *et al.*, 2022).

Sampel yang terpisah pada bagian atas permukaan difiltrasi menggunakan kertas saring *whatman* no. 42 ukuran pori 2,5 μm . Sampel tersaring kemudian ditambahkan 20 ml H₂O₂ 30% dan ditampung ke dalam *beaker glass* lalu media ditutup menggunakan alumunium foil dan diletakkan pada oven selama 24 jam pada suhu 60°C (Strady *et al.*, 2021; Tsering *et al.*, 2022). Kemudian sampel disaring menggunakan *whatman* No. 42, lalu kertas saring diletakkan pada cawan kemudian dikeringkan. Setelah sampel kering dapat dilakukan pengamatan menggunakan Mikroskop Stereo.

3.7. Pengambilan dan Analisis Sampel Biota

Sampel biota didapat dengan menangkap moluska atau ikan yang habitat nya terdapat pada ekosistem mangrove, padang lamun, dan terumbu karang pada sekitar titik lokasi penelitian. Sampel biota kemudian disimpan di dalam wadah

dan diberi label, kemudian dimasukkan ke *cool box* yang berisi *dry ice* dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut.

Analisis sampel yang digunakan pada biota menggunakan organ yang bervariasi tergantung pada biota yang dijadikan sampel. Pada jenis makro zoobentos, mikroplastik dapat diuji dari seluruh organ lunaknya kecuali bagian kepala (Daniel *et al.*, 2020). Beberapa penelitian mikroplastik pada ikan, peneliti mengambil organ pencernaannya saja, insang, atau keduanya (Guven *et al.*, 2017). Organ yang sudah dipisahkan dimasukkan ke dalam tabung *Erlenmeyer* ukuran 250 ml dengan penambahan larutan KOH 10 % sebanyak 3:1 bobot sampel organ untuk menghancurkan materi organik pada biota (Dehaut *et al.*, 2016). Selanjutnya jaringan pada sampel biota difiltrasi menggunakan kertas saring *whatman* dengan pori 2,5 μm . Material pada kertas saring kemudian dibiarkan mengering atau untuk mempercepat pengeringan dapat diinkubasi selama 24 jam pada suhu 60°C (Rochman *et al.*, 2015). Setelah kering sampel mikroplastik dipindahkan ke cawan untuk dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop stereo.

3.8. Analisis Data

Data yang didapat selanjutnya akan dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Identifikasi mikroplastik dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo dengan per besaran 8-12 kali. Hasil identifikasi karakteristik mikroplastik dalam air, sedimen dan biota ditampilkan dalam bentuk foto hasil mikroskop. Data jumlah dan jenis (bentuk) mikroplastik disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil identifikasi jenis polimer penyusun mikroplastik yang menggunakan alat FT-IR akan ditampilkan dalam bentuk diagram bilangan puncak gelombang yang terserap oleh sampel mikroplastik dengan jenis polimer tertentu (Veerasingam *et al.*, 2020)

Kepadatan mikroplastik dapat dihitung dengan membandingkan jumlah partikel yang di temukan dengan volume air yang tersaring (Masura *et al.*, 2015). Identifikasi bentuk mikroplastik yang ditemukan dibedakan berdasarkan bentuk,

ukuran, dan warnanya. Mikroplastik yang terdapat pada sampel air yang telah diidentifikasi bentuk, ukuran dan warnanya kemudian dihitung kelimpahannya. Untuk menghitung kelimpahan mikroplastik pada sampel air dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kelimpahan mikroplastik (Partikel/m}^3\text{)} = \frac{\text{Jumlah mikroplastik (partikel)}}{\text{Volume air yang disaring (l)}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

Pada pengambilan sampel secara statis untuk volume air yang tersaring diperoleh dengan mengalikan volume air yang diambil menggunakan ember dengan jumlah pengambilannya. Adapun volume air yang diambil untuk disaring menggunakan *plankton net* adalah 100 liter air laut.

Sampel sedimen kering yang digunakan sebanyak 50 g, sehingga setiap satuan sampel dikonversi menjadi 1 kg dengan satuan kelimpahan partikel/kg sedimen kering (Pasaribu *et al.*, 2021). Kelimpahan mikroplastik dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Octarianita *et al.*, 2022):

$$\text{Kelimpahan mikroplastik (partikel/kg)} = \frac{\text{Jumlah mikroplastik (partikel)}}{\text{Bobot sampel (gram)}} \times \frac{1000 \text{ gram}}{1 \text{ kg}}$$

Perhitungan kelimpahan mikroplastik pada biota dapat dihitung dengan menghitung perbandingan antara jumlah partikel mikroplastik dengan jumlah biota. Rumus kelimpahan mikroplastik berdasarkan Boerger *et al.*, (2010) pada biota (partikel/individu) disajikan sebagai berikut.

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah mikroplastik (partikel)}}{\text{Jumlah individu (ind)}}$$

Data diolah menggunakan Microsoft Excel dan ditampilkan dalam bentuk tabel serta gambar yang dianalisis secara deskriptif. Analisis mencakup karakteristik mikroplastik antara tiga ekosistem berdasarkan kelimpahan pada sampel air, sedimen dan biota di setiap stasiun. Kemudian untuk membandingkan apakah terdapat pengaruh yang signifikan antara kelimpahan mikroplastik dengan tingkat kedalaman air yang berbeda dari setiap ekosistem.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis mikroplastik pada sampel air, sedimen dan biota dari tiga ekosistem di kawasan pesisir Pantai Sari Ringgung yang telah dilakukan, maka disimpulkan bahwa:

1. Kawasan pesisir Pantai Sari Ringgung baik pada air, sedimen dan biota telah tercemar mikroplastik dengan jenis fiber, film dan fragment. Karakter ukuran mikroplastik yang banyak ditemukan adalah partikel berukuran kecil (< 1 mm) dengan dominasi warna hitam, biru, merah, dan coklat. Berdasarkan analisis FTIR disimpulkan bahan polimer mikroplastik yang mencemari tiga ekosistem di pesisir Pantai Sari Ringgung berjenis nilon, polipropilena, serta polietilena baik yang termasuk *low-density polyethylen* (LDPE), *high-density polyethylen* (HDPE), dan *polyethylen terephthalate* (PET).
- 2.
3. Kelimpahan mikroplastik tertinggi pada air didapatkan dari ekosistem mangrove yaitu sejumlah 410 partikel/m³, kemudian terumbu karang sejumlah 283,33 partikel/m³, dan padang lamun sejumlah 203,33 partikel/m³. Kelimpahan mikroplastik pada sedimen tertinggi dari ekosistem mangrove yaitu 466,67 partikel/kg, kemudian padang lamun 360 partikel/kg, dan terumbu karang 160 partikel/kg. Kelimpahan mikroplastik pada biota yang ditemukan antara lain dari ekosistem padang lamun dalam pencernaan Ikan Belanak (*Valamugil buchanani*) sejumlah 15,67 partikel/individu dan dari insangnya sejumlah 12,33 partikel/individu, kemudian dari ekosistem mangrove pada biota *Nerita albicilla* dan *Ranella sp.* sejumlah 16 partikel/individu, dan pada biota *Conus sp.* dari ekosistem terumbu karang sejumlah 20,67 partikel/individu.

4. Terdapat pengaruh antara perbedaan kedalaman air dari tiga ekosistem terhadap kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan biota. Kelimpahan mikroplastik pada air tidak menunjukkan adanya pengaruh dari perbedaan kedalaman air, hal ini dikarenakan kelimpahan mikroplastik pada air lebih dinamis akibat pengaruh oseanografi.

5.2. Saran

Penting untuk diingat bahwa mengatasi masalah pencemaran mikroplastik membutuhkan waktu yang lama dan upaya yang berkelanjutan. Setiap pihak memiliki peran penting dalam menjaga kelestarian wilayah pesisir. Berikut saran yang dapat disampaikan pada penelitian ini:

1. Kerjasama dengan pihak swasta dalam hal pengelolaan sampah terpadu melalui penambahan fasilitas umum yang terkait pencegahan masuknya sampah di kawasan pesisir, antara lain dengan pemanfaatan program *Corporate Social Responsibility (CSR)*.
2. Melibatkan masyarakat dan LSM dalam hal kampanye guna perubahan sikap masyarakat terhadap bahayanya sampah plastik serta himbauan larangan pembuangan sampah plastik ke laut.
3. Pengadaan dan penegakan regulasi tentang pembatasan aktivitas ekonomi sektor perikanan melalui penangkapan ikan dan budidaya ikan yang terukur serta ramah lingkungan pada kawasan pesisir agar berkelanjutan
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap efektivitas mikroorganisme yang secara alami dapat mengurai cemaran mikroplastik di wilayah pesisir.
5. Diperlukan inovasi dan teknologi terbaru yang dapat menggantikan produk berbahan plastik dengan produk yang lebih ramah lingkungan namun tetap ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adika, S. A., Mahu, E., Crane, R., Marchant, R., Montford, J., Folorunsho, R., Gordon, C. 2020. Microplastic ingestion by pelagic and demersal fish species from the Eastern Central Atlantic Ocean, off the Coast of Ghana. *Marine Pollution Bulletin*. 153: 110998. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.1109
- Ahechti M., Benomar, M., Alami, M.E., Mendiguchia, C. 2020. Metal adsorption by microplastics in aquatic environments under controlled conditions: exposure time, pH and salinity. *Environmental Analytical Chemistry*. 1029-0397. doi: [10.1080/03067319.2020.1733546A](https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1733546A)
- Allen, S., Allen, D., Karbalaei, S., Maselli, V., Walker, T.R. 2022. Micro (nano) plastics sources, fate, and effects: what we know after ten years of research. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 6: 100057. doi: [10.1016/j.hazadv.2022.100057](https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100057).
- Anbumani, S., Kakkar, P. 2018. Ecotoxicological effects of microplastics on biota: a review. *Environment Sciences Pollution Research* 25: 14373-14396. doi: 10.1007/s11356-018-1999-x.
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 62: 1596-1605. doi: [10.1016/j.marpolbul.2011.05.030](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030)
- Anggiani, M. 2020. Potensi Mikroorganisme Sebagai Agen Bioremediasi Mikroplastik di Laut. *Oseana*. 45(2): 40–49.
- Ardiannanto, R., Sulardiono, B., Purnomo, P.W. 2014. Studi kelimpahan Teripang (*Holothuriidae*) pada ekosistem lamun dan ekosistem karang Pulau Panjang Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*. 3(2): 66-73.
- Ayuningtyas, W.C., Yona, D., Julianda, S.H., Iranawati, F. 2019. Kelimpahan mikroplastik pada perairan di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR- Journal of Fisheries and Marine Research*. 3(1): 4145.
- Azizah, P., Ridlo, A., Suryono, C.A. 2020. Mikroplastik pada sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*. 9(3): 326-332. doi: [10.14710/jmr.v9i3.28197](https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.28197)

- Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L., Moore, C.J. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*. 60: 2275-2278.
- Budhiraja, V., Urh, A., Horvat, P., Krzan, A. 2022. Synergistic adsorption of organic pollutants on weathered polyethylene microplastics. *Polymers*. 14: 2674.
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J.H., Abu-Omar, M., Scott, S.L., Suh, S. 2020. Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 8: 3494-3511
- Chen, Q.Q., Zhang, H.B., Allgeier, A., Zhou, Q., Ouellet, J.D., Crawford, S.E., Luo, Y.M., Yang, Y., Shi, H.H., Hollert, H. 2019. Marine microplastics bound dioxin-like chemicals: model explanation and risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*. 364: 82–90.
- Chen, B. 2022. Current status and trends of research on microplastic fugacity characteristics and pollution levels in mangrove wetlands. *Frontiers in Environmental Science*. 10. doi: [10.3389/fenvs.2022.1021274](https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1021274)
- Chubarenko, I., Esiukova, E., Bagaev, A., Isachenko, I., Demchenko, N., Zobkov, M., Efimova, I., Bagaeva, M., Khatmullina, L. 2018. Behavior of microplastics in coastal zones. *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*. 6: 175-223 doi: [10.1016/B978-0-12-813747-5.00006-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00006-0)
- Cordova, M.R., Purwiyanto, A.I.S., Suteja, Y. 2019. Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 142:183–188.
- Cordova, M.R., Ulumuddin, Y.I., Purbonegoro, T., Shiimoto, A. 2021b. Characterization of microplastics in mangrove sediment of Muara Angke Wildlife Reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 163: 112012. doi: [10.1016/j.marpolbul.2021.112012](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112012)
- De Haan, W.P., Sanchez-V, A., Canals, M. 2019. Floating microplastics and aggregate formation in the Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 140: 523–535. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.053
- De Lange, W.P., De Lange, P.J. 1994. An appraisal of factors controlling the latitudinal distribution of mangrove (*Avicennia marina* var. *resinifera*) in New Zealand. *Journal of Coastal Research*. 10(3): 539-548.

- De los Santos, C.B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marba, N., Duarte, C.M., van Katwijk, M.M., Perez, M., Romero, J., SPerez-Lloranchez-Lizaso, J.L., Roca, G., Jankowska, E., ens, J.L., Fournier, J., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Moy, F.E., Trayter, G.M.-R., Arano, X.S., de Jong, D.J., Fernandez-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J., Santos, R., 2019. Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications*. 10: 33. doi: [10.1038/s41467-019-11340-4](https://doi.org/10.1038/s41467-019-11340-4).
- Daniel, D.B., Ashraf, P. M., Thomas, S. N. 2020. Abundance, characteristics and seasonal variation of microplastics in Indian White Shrimps (*Fenneropenaeus indicus*) from coastal waters Off Chochin, Kerala, India. *Science of the Total Environment*. 737: 139839.
- Datu, S.S., Supriadi, S., Tahir, A. 2019. Microplastic in *Cymodocea rotundata* seagrass blades. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*. 4: 1758-1761. doi: [10.22161/ijeab.46.21](https://doi.org/10.22161/ijeab.46.21)
- Davis, K.L., Colefax, A.P., Tucker, J.P., Kelaher, B.P., Santos, I.R. 2021. Global coral reef ecosystems exhibit declining calcification and increasing primary productivity. *Communications Earth & Environment*. 2:105. doi: [10.1038/s43247-021-00168-w](https://doi.org/10.1038/s43247-021-00168-w)
- Dehaut, A., Cassone. A. L., Frere, L., Hermabissere, L., Humber, C., Rinnert, E., Paul-Pont, I. 2016. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*. 215: 223-233.
- Desforges, Jean-Pierre, W., Galbraith, Moira, Ross, Peter S. 2015. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*. 69: 320–330
- Dewi, I.S., Budiarsa, A.A, Ritonga, I.R. 2015. Distribution of microplastic at sediment in the Muara Badak Subdistrict, Kutai Kartanegara Regency. *Depik*. 5(3): 121-131. doi: [10.13170/DEPIK.4.3.2888](https://doi.org/10.13170/DEPIK.4.3.2888)
- Devriese, L.I., van der Meulen, M.D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I. 2015. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin*. 98:179–187.
- Di, M., Wang, J. 2018. Microplastics in surface water and sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*. 616-617: 1620-1627.
- Duan, J., Han, J., Cheung, S.G., Chong, R.K.Y., Lo, C.M., Lee, F.W.F. Zhou, H.C. How mangrove plants affect microplastic distribution in sediments of coastal wetlands: Case study in Shenzhen Bay, South China. *Science of the Total Environment*. 767:144695.

- Duarte C.M. 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*. 29:192–206.
- Duke, N.C. 1992. Mangrove floristics and biogeography. In: *Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union. Washington DC. USA. hal 63-100.
- Duke, N.C., Ball, M.C. Ellison, J.C. 1998. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and Biogeography Letters*. 7: 27-47.
- Eo, S., Hong, S.H., Song, Y.K., Lee, J., Lee, J., Shim, W.J. 2018. Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than 20 mm in sand beaches of South Korea. *Environment Pollution*. 238: 894–902.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., and Reisser, J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS One*. 9(12): 111913.
- Fabricius, K.E., Langdon, C., Uthicke, S., Humphrey, C., Noonan, S., De'ath, G. 2011. Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Climate Change*. 1: 165-169. doi: [10.1038/nclimate1122](https://doi.org/10.1038/nclimate1122)
- Febryano, I.G., Suharjo, D., Darusman, D., Kusmana, C., Hidayat, A. 2015. Aktor dan relasi kekuasaan dalam pengelolaan mangrove di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 12(2): 125-142.
- Febriyanti, S.V., Utomo, K.P., Sulastri, A. 2024. Analisis bentuk mikroplastik pada sedimen pantai mangrove di Kalimantan Barat. *Journal of Marine Research*, 3(2):231-238. doi: 10.14710/jmr.v13i2.36714
- Feldberg, B. 2018. Macro implications of microplastics: a comparative study of microplastic distribution in Bahía Almirante, Bocas del Toro, Panama. *Independent Study Project (ISP) Collection*. 2943.
- Fezzi, C., Ford, D.J., Oleson, K.L.L. 2022. The economic value of coral reefs: climate change impacts and spatial targeting of restoration measures. *Ecological Economics*. 203: 107628. doi: [10.1016/j.ecolecon.2022.107628](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107628)
- Filella, M. 2015. Questions of size and numbers in environmental research on microplastics: Methodological and conceptual aspects. *Environmental Chemistry*. 12(5):527–538. doi: 10.1071/EN15012.

- Fourqurean, J.W., Zieman, J.C. 1991. Photosynthesis, respiration and the whole plant carbon budget of *Thalassia testudinum*. *Marine Ecology Progress Series*. 69: 161-170.
- Garces-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V.A., Granados-Briceno, A.F., García, L.M.B., Díaz, L.F.E. 2019. Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*. 145: 455–462.
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 3(7): 1700782.
- Giesen, W.B.J.T., Van-Katwijk, M.M. Hartog, C. 1990. Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany*. 37: 71-85.
- Godoy, M. D. P., Meireles, A. J. A., and Lacerda, L. D. 2018. Mangrove response to land use change in estuaries along the semiarid coast of Ceará, Brazil. *Journal Coast. Res.* 34: 524–533. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-16-00138.1
- Goss, H., Jaskiel, J., Rotjan, R. 2018. *Thalassia testudinum* as a potential vector for incorporating microplastics into benthic marine food webs. *Marine Pollution Bulletin*. 135: 1085-1089. doi: [10.1016/j.marpolbul.2018.08.024](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.024).
- Hanif, K.H., Suprijanto, J., Pratikno, I. 2021. Identifikasi mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*. 10(1):1-6.
- Hartono, W., Diantari, R., Maharani, H.W. 2021. Ecological conditions of *Enhalus acoroides* and the influencing factors at Sari Ringgung Beach, Pesawaran District, Lampung. *Aquasains*. 10(01): 995-1004.
- Hassan, H., Hameed, B. 2023. Green hydroxyapatite-zeolite catalyst derived from steel waste as an effective catalyst for the hydrocarbon production via co catalytic pyrolysis of sugarcane bagasse and high-density polyethylene. *Catal. Commun.* 184: 106795.
- 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. *Science Technology*. 46(6): 3060–75.
- Hiwari H., Purba N.P., Ihsan Y.N., Yuliadi L.P.S., Mulyani P.G. 2019. Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 5(2): 165–171. doi: 10.13057/psnmbi/m050204
- Huang, W., Chen, M., Song, B., Deng, J., Shen, M., Chen, Q., Zeng, G., Liang, J. 2020. Microplastics in the coral reefs and their potential impacts on corals:

- A mini-review. *Science of the Total Environment*. 762: 143112. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.143112](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143112)
- Hughes, T.P. 2018. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*. 359 (6371): 80-83. doi: [10.1126/science.aan8048](https://doi.org/10.1126/science.aan8048)
- Hungria, D.B., dos Santos Tavares, C.P., Pereira, L.A., de Assis Teixeira da Silva, U., Ostrensky, A. 2017. Global status of production and commercialization of soft-shell crabs. *Aquac. Int.* 25: 2213–2226. doi: [10.1007/s10499-017-0183-5](https://doi.org/10.1007/s10499-017-0183-5)
- Int-Veen, I., Nogueira, P., Isigkeit, J., Hanel, R., Kammann, U. 2021. Positively buoyant but sinking: polymer identification and composition of marine litter at the seafloor of the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 172. doi: [10.1016/j.marpolbul.2021.112876](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112876).
- Iskandar, M.R., Surinati, D., Cordova, M.R., Siong, K. 2021. Pathways of floating marine debris in Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 169:112511. doi: [10.1016/j.marpolbul.2021.112511](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112511)
- Iwasaki, S., Isobe, A., Kako, S., Uchida, K., Tokai, T. 2017. Fate of microplastics and mesoplastics carried by surface currents and wind waves: A numerical model approach in the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin*. 121(1): 85-96. doi: [10.1016/j.marpolbul.2017.05.057](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.057)
- Isobe, Atsuhiko, Kubo, Kenta, Tamura, Yuka, Kako, Shin'ichio, Nakashima, Etsuko, Fujii, Naoki. 2014. Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*. 89: 324–330.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Rerryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347(6223): 768–771.
- Jung, M., Orski, S., Horgen, D., Rodriguez, V.C., 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 polymer of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*. 127:704-716. doi: [10.1016/j.marpolbul.2017.12.061](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.061)
- Jung, J.W., Park, J.W., Eo, S., Choi, J., Song, Y. K., Cho, Y. 2021. Ecological risk assessment of microplastics in coastal, shelf, and deep sea waters with a consideration of environmentally relevant size and shape. *Environment Pollution*. 270:116217. doi: [10.1016/j.envpol.2020.116217](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116217)

- Kane, I.A., Clare, M.A., Miramontes, E., Wogelius, R., Rothwell, J.J., Garreau, P. 2020. Sea floor microplastic hotspots controlled by deep-sea circulation. *Science*. 368: 1140. doi: [10.1126/science.aba5899](https://doi.org/10.1126/science.aba5899)
- Karpestam, E., Merilaita, S., Forsman, A. 2014. Natural levels of colour polymorphism reduce performance of visual predators searching for camouflaged prey. *Biology Journal Linn. Social London*. 112: 546–555.
- Kathiresan, K., Bingham, B.L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystem. *Advances in Marine Biology*. 40:81-251.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2021. *Peta Mangrove Nasional Tahun 2021*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta. Indonesia.
- Kim, I.K.D.C.S., Choi, S., Woo, S. 2015. Factors influencing the spatial variation of microplastics on high tidal coastal beach in Korea. *Archives of Environmental Contamination and Technology*. 49(10): 6070-6076. doi: [10.1021/Acs.Est5b00492](https://doi.org/10.1021/Acs.Est5b00492)
- Komyakova, V., Munday, P.L. Jones, G.P. 2013. Relative importance of coral cover, habitat complexity and diversity in determining the structure of reef fish communities. *Plos One*. 8(12): e83178. doi: [10.1371/journal.pone.0083178](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083178)
- Kuenen, M.M.C.E. Debrot, A.O. 1995. A quantitative study of the seagrass and algal meadows of the Spaanse Water, Curacao, Netherlands Antilles. *Aquatic Botany*. 51(3): 291-310.
- 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. doi: [10.21107/juvenil.v1i3.8563](https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8563)
- Lacerda, L.D. 1998. Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems. *ISME Mangrove Ecosystems Occasional Papers*. 2: 1-61.
- Lanctôt, C.M., Bednarz, V.N., Melvin, S., Jacob, H., Oberhaensli, F., Swarzenski, P.W. 2020. Physiological stress response of the scleractinian coral *Stylophora pistillata* exposed to polyethylene microplastics. *Environmental Pollution*. 263: 114559.
- Layn, A.A., Emiyarti., Ira. 2020. Distribusi mikroplastik pada sedimen di perairan Teluk Kendari. *Sapa Laut*. 5(2): 115–122. doi: [10.3772/jsl.v5i2.12165](https://doi.org/10.3772/jsl.v5i2.12165)

- Larkum, A.W.D. West, R.J. 1990. Long-term changes of seagrass meadows in Botany Bay, Australia. *Aquatic Botany*. 37(1): 55-70.
- Lestari, K., Haeruddin, Jati, O.E. 2021. Karakteristik Mikroplastik dari sedimen padang lamun, Pulau Panjang, Jepara, dengan FT-IR *Infrared*. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 13(2): 135-154.
- Li, Ruili, Yu, L., Chai, M., Wu, H., Zhu, X. 2020. The distribution, characteristics and ecological risks of microplastics in the mangroves of Southern China. *Sciences Total Environment*. 708: 135025. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135025.
- Li, R., Zhang, S., Zhang, L., Yu, K., Wang, S., Wang, Y. 2020. Field study of the microplastic pollution in sea snails (*Ellobium chinense*) from mangrove forest and their relationships with microplastics in water/sediment located on the north of Beibu Gulf. *Environmental Pollution*. 263: 114368. doi: [10.1016/j.envpol.2020.114368](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114368)
- Li, R., Wei, C., Jiao, M., Wang, Y., Sun, H. 2022. Mangrove leaves: an undeniably important sink of MPs from tidal water and air. *Journal of Hazardous Materials*. 426: 128138.
- Lian, J., Wu, J., Zeb, A., Zheng, S., Ma, T., Peng, F., Liu, W. 2020. Do polystyrene nanoplastics affect the toxicity of cadmium to wheat (*Triticum aestivum L.*). *Environmental Pollution*. 263: 114498.
- Loughlin, C., Mendes, A.R.M., Morrison, L., Morley, A. 2021. The role of oceanographic processes and sedimentological settings on the deposition of microplastics in marine sediment: Icelandic Waters. *Marine Pollution Bulletin*. 164: 111976. doi: [10.1016/j.marpolbul.2021.111976](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.111976)
- Lusher, A. 2015. Microplastics in the marine environment: Distribution, interactions and effects. In: *Marine Anthropogenic Litter*. Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (eds). Springer, Cham. 245–307.
- Lusher, A.L., McHugh, M., Thompson, R.C., 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*. 67: 94-99. doi: [10.1016/j.marpolbul.2012.11.028](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028).
- Manullang, C. Y. 2020. Distribution of plastic debris pollution and its implications on mangrove vegetation. *Marine Pollution Bulletin*. 160: 111642.
- Markic, A., Niemand, C., Bridson, J.H., Mazouni-Gaertner, N., Gaertner, J.-C., Eriksen, M., Bowen, M. 2018. Double trouble in the South Pacific subtropical gyre: increased plastic ingestion by fish in the oceanic accumulation zone. *Marine Pollution Bulletin*. 136: 547–564. doi: [10.1016/j.marpolbul.2018.09.031](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.031).

- Martin, C., Almahasheer, H., Duarte, C.M. 2019. Mangrove forests as traps for marine litter. *Environmental Pollution*. 247: 499–508. doi: [10.1016/j.envpol.2019.01.067](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.067)
- Masura J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C. 2015. *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA Technical Memorandum NOSOR&R-48, Silver Spring. 31 hlm.
- Mauludy, M.S., Yunanto, A., Yona, D. 2019. Microplastic abundance in the sediment of coastal beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gajah Mada*. 21(2): 73.
- McKenzie, L.J., Yoshida, R.L., Aini, J.W., Andréfouet, S., Colin, P.L., Cullen-Unsworth, L.C., Unsworth, R.K.F. 2021. Seagrass ecosystem contributions to people's quality of life in the Pacific Island Countries and Territories. *Marine Pollution Bulletin*. 167: 112307. doi: [10.1016/j.marpolbul.2021.112307](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112307)
- Michels, J., Stippkugel, A., Lenz, M., Wirtz, K., Engel, A. 2018. Rapid aggregation of biofilm-covered microplastics with marine biogenic particles. *Proceedings of the Royal Soc.* 285:1885. doi:10.1098/rspb.2018.1203
- Miller, E., Sedlak, M., Lin, D., Box, C., Holleman, C., Rochman, C.M., Sutton, R. 2021. Recommended best practices for collecting, analyzing, and reporting microplastics in environmental media: lessons learned from comprehensive monitoring of San Francisco Bay. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 409: 124770. doi: [10.1016/j.jhazmat.2020.124770](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124770)
- Müller, A., Becker, R., Dorgerloh, U., Simon, F.G., Braun, U. 2018. The effect of polymer aging on the uptake of fuel aromatics and ethers by microplastics. *Environment Pollution*. 240: 639–646.
- Mulyasari, T.M., Mukono, J., Yudhiakuari, S. 2023. The presence of microplastics in the Indonesian environment and its effects on health. *Journal of Public Health in Africa*. 14(s2): 2565.
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S. A., Dick Vethaak, A. 2017. The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environment Science Pollution Research*. 24(25): 20459–20468. doi: 10.1007/s11356-017-9587-z
- Nordlund, L.M., Unsworth, R.K.F., Gullström, M., Cullen-Unsworth, L.C. 2018. Global significance of seagrass fishery activity. *Fish Fish*. 19: 399–412.

- Nerland, I.L., Halsband, C., Allan, I., Thomas, K.V. 2014. *Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects*. Akvaplan-Niva, Tromsø, Norway. Reports. No. 6754-2014
- Nugraha, B., Banuwa, I. S., Widagdo, S. 2015. Perencanaan lanskap ekowisata hutan mangrove di Pantai Sari Ringgung Desa Sidodadi Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(02): 53-66.
- Nugraha, WA, F. Mubarak., E. Husaini., H. Malam. 2020. Korelasi tutupan dan rugositas terumbu karang dengan kepadatan ikan terumbu karang di Perairan Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 12(1): 131-139.
- Obura, D., Gudka, M., Samoilys, M. 2021. Vulnerability to collapse of coral reef ecosystems in the Western Indian Ocean. *Nature Sustainability*. 5: 104-113. doi: [10.1038/s41893-021-00817-0](https://doi.org/10.1038/s41893-021-00817-0)
- Octarianita, E., Widiastuti, E.L., dan Tugiyono, T. 2022. Analisis mikroplastik pada air dan sedimen di pantai Teluk Lampung dengan metode FT-IR (*Fourier Transform Infrared*). *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 6(2): 1-8. doi: [10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.2.177](https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.2.177)
- Ory, N.C., Sobral, P., Ferreira, J.L., Thiel, M. 2017. Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Science of the Total Environment*. (586): 430–437. doi: [10.1016/j.scitotenv.2017.01.175](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.175).
- Pasaribu, B. S. R., Nedi, S., Elizal. 2021. Analisis mikroplastik pada sedimen di Perairan Selat Panjang Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. *Jurnal Nature Indonesia*. 19(2): 51–56.
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., Li, D. 2017. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*. 225: 283-290. doi: [10.1016/j.envpol.2016.12.064](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064)
- Pineiro-Juncal, N., Leiva-Duenas, C., Serrano, O., Mateo, M.A., Martínez-Cortizas, A., 2020. Pedogenic processes in a *Posidonia oceanica* mat. *Soil Syst*. 4, 1e15. doi: [10.3390/soilsystems4020018](https://doi.org/10.3390/soilsystems4020018).
- Poovachiranon, S. Chansang, H. 1994. Community structure and biomass of seagrass beds in the Andaman Sea. 1. Mangrove - associated seagrass beds. *Research Bulletin of Phuket Marine Biological Centre*. 59: 53-64.
- Rahadian, A., Prasetyo, L.B., Setiawan, Y., Wikantika, K. 2019. A historical review of data and information of Indonesian mangroves area. *Media Konservasi*. 24: 163–178. doi: [10.29244/medkon.24.2.163-178](https://doi.org/10.29244/medkon.24.2.163-178).

- Reichert, J., Schellenberg, J., Schubert, P., Wilke, T. 2018. Responses of reef building corals to microplastic exposure. *Environmental Pollution*, 237,955–960. doi: [10.1016/j.envpol.2017.11.006](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.006)
- Rillig, M.C., Lehmann, A., de Souza Machado, A.A., Yang, G. 2019. Microplastic effects on plants. *New Phytologist*. 223(3): 1066-1070. doi: [10.1111/nph.15794](https://doi.org/10.1111/nph.15794)
- Rios-Fuster, B., Alomar, C., Compa, M., Guijarro, B., Deudero, S. 2019. Anthropogenic particles ingestion in fish species from two areas of the western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 144: 325–333. doi: [10.1016/j.marpolbul.2019.04.064](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.064).
- Riska, R., Tasabaramo, I.A., Lalang, L., Muchtar, M., Asni, A. 2022. Kelimpahan mikroplastik pada ekosistem terumbu karang di Pulau Bokori Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 6(4): 331-342. doi: [10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.4.252](https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.4.252)
- 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. *Sci. Rep.* 5:14340.
- Rohini, P., Jayadev, A., 2023. Impacts of microplastics on mangroves – a review. *International Journal of Research and Review*. 10(10): 22-27. doi: [10.52403/ijrr.20231004](https://doi.org/10.52403/ijrr.20231004)
- Roy, T., Dey, T.K., Jamal, M. 2023. Microplastic/nanoplastic toxicity in plants: An imminent concern. *Environmental Monitoring and Assessment*. 195(1): 27.
- Rusman, A., Hidayati, N.V. 2022. Pemanfaatan mikroorganisme untuk biodegradasi mikroplastik. *Jurnal Maiyah*. 1(1): 64-72. doi: [jos.unsoed.ac.id/index.php/maiyah/index](https://doi.org/jos.unsoed.ac.id/index.php/maiyah/index)
- Saenger, P., Snedaker, S.C. 1993. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litter fall. *Oecologia*. 96: 293-299.
- Sagawa, N., Kawaai, K., Hinata, H. 2018. Abundance and size of microplastics in a coastal area: Comparison among bottom sediment, beach sediment, and surface water. *Marine Pollution Bulletin*. 133(2018): 532-542. doi: [10.1016/j.marpolbul.2018.05.036](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.036)
- Sanchez-Vidal, A., Canals, M., de Haan, W.P., Romero, J. Veny, M. 2021. Seagrasses provide a novel ecosystem service by trapping marine plastics. *Sci. Rep.* 11: 254. doi: [10.1038/s41598-020-79370-3](https://doi.org/10.1038/s41598-020-79370-3)

- Sandilyan, S., Thiyagesan, K., Nagarajan, R., Vencatesan, J. 2010. Salinity rise in Indian mangroves—a looming danger for coastal biodiversity. *Current Science*. 98(6): 754-756.
- Samuel, P. D., Dewi, C. S. U., Azmi, N. F. U., Anam, M. C., P. Imas, Hariani, D. F., Fatmawati, R. 2021. Coral Reefs Health status in the East Java; a case study in Banyuwangi, Situbondo, Probolinggo. *Research Journal of Life Science*. 8(2): 66-74. doi: [10.21776/ub.rjls.2021.008.02.1](https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2021.008.02.1)
- Seprandita, C.W., Suprijanto, J., Ridlo, A. 2022. Kelimpahan mikroplastik di perairan zona pemukiman, zona pariwisata dan zona perlindungan Kepulauan Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*. 11(1): 111-122. doi: [10.14710/buloma.v11i1.30189](https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.30189)
- Sianturi, K.P.T., Amin, B., Galih, M. 2021. Microplastic distribution in sediments in coastel of Pariaman City, West Sumatera Province. *Asian Jurnal Of Aquatic Science*. 4(1): 73-79. doi: [10.31256/ajoas.4.1.73-79](https://doi.org/10.31256/ajoas.4.1.73-79)
- Shafani, R.H., Nuraini, R.A., Enrawati, H. 2022. Identifikasi dan kepadatan mikroplastik di sekitar muara sungai banjir kanal barat dan banjir kanal timur, Kota Semarang Jawa Tengah. 11(2): 245-254.
- Sin, L.T., Tueen, B.S. 2023. *Plastics and sustainability practical approach. Elsevier*. 305.
- Song, Y.K., Hong, S.H., Eo, S., Jang, M., Han, G.M., Isobe, A., Shim, W.J. 2018. Horizontal and vertical distribution of microplastic in Korean Coastal Waters. *Enviromental Sciences and Technology*. 52(21): 12188–12197 doi: [10.1021/acs.est.8b04032](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04032)
- Strady, E., Dang, T.H., Dao, T.D., Dinh, H.N., Do, T.T.D., Duong, T.N., Duong, T.T., Hoang, D.A., Kieu-Le, T.C., Le, T.P.Q. 2021. Baseline assessment of microplastic concentrations in marine and freshwater environments of a developing Southeast Asian Country, Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*. 162: 111870. doi: [10.1016/j.marpolbul.2020.111870](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111870)
- Tahir, A., Samawi, M.F., Sari, K., Hidayat, R., Nimzet, R., Wicaksono, E.A., Asrul, L., Werorilangi, S. 2019. Studies on microplastic contamination in seagrass beds at Spermonde Archipelago of Makassar strait, Indonesia. *J. Phys. Conf. Ser.* 1341. doi: [10.1088/1742-6596/1341/2/022008](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/2/022008).
- Tebbett, S.B., Connolly, S.R., Bellwood, D.R. 2023. Benthic composition changes on coral reefs at global scales. *Natural Ecology*. 7: 71 81. doi: [10.1038/s41559-022-01937-2](https://doi.org/10.1038/s41559-022-01937-2)

- Tsang, Y.Y., Mak, C.W., Liebich, C., Lam, S.W., Sze, E.T.P., Chan, K.M. 2017. Microplastics pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*. 115: 20–28.
- Tsering, T., Sillanpää, M, Viitala, M., dan Reinikainen, S.P. 2022. Variation of microplastics in the shore sediment of highaltitude lakes of the Indian Himalaya using different pretreatment methods. *Science of the Total Environment*. 849:157870. doi: [10.1016/j.scitotenv.2022.157870](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157870)
- Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions Royal Soc. B: Biol. Sci.* 364:2027–2045.
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapaty, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Vethamony, P. 2020. Contributions of FTIR Spectroscopy in microplastics pollution research: A review. *Critical reviews in Environmental Sciences and Technology*. 0(0): 1-63.
- Vriend, P., Hidayat, H., van Leeuwen, J., Cordova, M.R., Purba, N.P., Lohr, A.J., Faizal, I., Ningsih, N.S., Agustina, K., Husrin, S., Suryono, D.D., Hantoro, I., Widianarko, B., Lestari, P., Vermeulen, B., van Emmerik, T. 2021. Plastic pollution research in Indonesia: state of science and future research directions to reduce impacts. *Front. Environ. Sci.* 9: 187. doi: [10.3389/fenvs.2021.692907](https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.692907)
- Wardhana, W. 2003. *Teknik sampling, pengawetan dan analisis plankton*. Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Jakarta.
- Watters, D.L., Yoklavich, M.M., Love, M.S., Schroeder, D.M. 2010. Assessing marine debris in deep seafloor habitats off California. *Marine Pollution Bulletin*. 60: 131-138.
- Waycott, M., McKenzie, L.J., Mellors, J.E., Ellison, J.C., Sheaves, M.T., Collier, C., Schwarz, A.M., Webb, A., Johnson, J., Payri, C.E. 2011. Vulnerability of mangroves, seagrasses and intertidal flats in the tropical Pacific to climate change. In: *Vulnerability of fisheries and aquaculture in the Pacific to climate change*. Bell, J.D., Johnson, J.E., Hobday, A.J. (Eds). New Caledonia, pp. 97–168.
- Widianarko, B., Hantoro, I. 2018. *Mikroplastik dalam seafood di Pantai Utara Jawa*. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.

- 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.
- Wang, J., Peng, J., Tan, Zhiwei, Z.Y.G., Chen, Q., Cai, L. 2017. Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River Littoral Zone: Composition, abundance, surface texture sand interaction with heavy metals. *Journal Chemosphere*. 171: 248258. doi: [10.1016/j.chemosphere.2016.12.074](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.074)
- Yona, D. 2021. *Mikroplastik di perairan: Jenis, metode sampling dan analisis laboratorium*. UB Press. Malang. 166 hal.
- Yuan, D., Corvianawatie, C., Cordova, M.R., Surinati, D., Li, Y., Wang, Z., Li, X., Li, R., Wang, J., He, L., Yuan, A.N., Dirhamsyah, D., Arifin, Z., Sun, X., Isobe, A. 2023. Microplastics in the tropical Northwestern Pacific Ocean and the Indonesian Seas. *Journal of Sea Research*. 194: 102406 doi: [10.1016/j.seares.2023.102406](https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102406)
- Yuan, Z., Nag, R., Cummins, E. 2022. Ranking of potential hazards from microplastics polymers in the marine environment. *Journal of Hazardous Materials*. 429: 128399
- H. Zhang. 2017. Transport of microplastics in coastal seas, estuarine, coastal and shelf science. *Academic Press*. 19: 74–86. doi: [10.1016/j.ecss.2017.09.032](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.032).
- Zhang, L., Zhang, S., Guo, J., Yu, K., Wang, Y., Li, R. 2020. Dynamic distribution of microplastics in mangrove sediments in Beibu Gulf, South China: Implications of tidal current velocity and tidal range. *Journal of Hazardous Materials*. 399:122849. doi: [10.1016/j.jhazmat.2020.122849](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122849)
- Zhang, W., Ok, Y.S., Bank, M.S., Sonne, C. 2023. Macro- and microplastics as complex threats to coral reef ecosystems. *Environment Internasional*. 174: 107914. doi: [10.1016/j.envint.2023.107914](https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107914)
- Zhang, X., Yin, Z., Xiang, S., Yan, H., Tian, H. 2024. Degradation of polymer materials in the environment and its impact on the health of experimental animals. *Polymers*. 16: 2807. doi:10.3390/polym16192807
- Zhou, Q., Tu, C., Fu, C., Li, Y., Zhang, H., Xiong, K., Zhao, X., Li, L., Waniek, J.J., Luo, Y. 2020. Characteristics and distribution of microplastics in the coastal mangrove sediments of China. *Science of the Total Environment*. 703: 134807. doi: [10.1016/j.scitotenv.2019.134807](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134807).
- Zuo, L., Sun, Y., Li, H., Hu, Y., Lin, L., Peng, J., Xu, X. 2020. Microplastics in mangrove sediments of the Pearl River Estuary, South China: Correlation with halogenated flame retardants' levels. *Science of the Total Environment*. 725: 138344. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.138344](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138344)