



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Studi Mikroplastik Pada Tanah Mangrove di Pantai Baros DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang

Ellyantika Setianingsih
21513030

Dosen Pembimbing:
Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

**A Study of Microplastics in Mangrove Soil at Baros Beach,
Yogyakarta Special Region, and the Northern Coastal Zone of
Kubro, Semarang**

Ellyantika Setianingsih

20513030

Supervisor:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**Studi Mikroplastik Pada Tanah Mangrove di Pantai Baros DIY dan
Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

**Ellyantika Setianingsih
20513030**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal Juli 2025 dan disetujui oleh:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

(Pembimbing 1)

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D.

(Penguji 1)

Ikrom Mustofa, S.Si., M.Sc.

(Penguji 2)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Juli 2025
Yang membuat pernyataan,



Ellyantika Setianingsih
20513030

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Mikroplastik pada Tanah Mangrove di Pantai Baros DIY dan Pantai Utara di Kubro Semarang”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Lingkungan.

Dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, penulis tidak lupa mengucapkan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing dan arahan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan tugas akhir dengan baik.
2. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu dalam memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak Khodir dan Ibu Sumiyati, yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis sehingga penulis bisa sampai ke tahap ini.
4. Kaka penulis yaitu Anggita Eka Fatimah dan saudara-saudara penulis lainnya, yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis untuk terus berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini.
5. Teman penulis Resko Yulwahmi yang senantiasa memberi semangat dan doa pada setiap bimbingan.
6. Teman-teman penulis yaitu Ummi Nurul, Meysa, Alya, Nida,

Intan Nuraeni, dan teman-teman satu bimbingan tugas akhir yang senantiasa bertukar ilmu selama masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir.

7. Sahabat penulis yaitu Clarissa, Dyah Elma, Sevia, Nawang, Yanuartika Via, Mas Heri, dan teman teman dari Purbalingga yang selalu memberi semangat kepada penulis agar cepat menyelesaikan tulisannya dan memberi pesan untuk menyelesaikan apa yang sudah di mulai.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun guna menjadi laporan ini lebih baik. Penulis berharap, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagaimana mestinya dan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sleman, 7 Juli 2025

Ellyantika Setianingsih

Studi Mikroplastik Pada Tanah Mangrove di Pantai Baros DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang

Mahasiswa : Ellyantika Setianingsih
NIM : 20513030
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Abstrak

Mikroplastik merupakan salah satu pencemar utama di lingkungan pesisir yang dapat terakumulasi dalam ekosistem mangrove melalui proses alami dan aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mikroplastik berdasarkan bentuk, warna, dan jenis polimer dalam sedimen mangrove di dua lokasi berbeda, yaitu Pantai Baros, DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro, Semarang. Metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel sedimen secara purposive, analisis morfologi mikroplastik menggunakan mikroskop stereoskop, identifikasi senyawa kimia dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), serta analisis permukaan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik lebih banyak ditemukan di lokasi Kubro dengan jumlah 1.149 partikel (22,98 partikel/gram), dibandingkan Baros yang hanya 22 partikel (0,44 partikel/gram). Jenis mikroplastik yang dominan adalah fragmen dan pellet, dengan warna hitam, coklat, dan transparan sebagai warna terbanyak. Berdasarkan hasil FTIR, jenis polimer yang teridentifikasi antara lain Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Polyethylene (PE), Polyethylene Terephthalate (PET), Polyamide (PA), dan Polycarbonate (PC). Selain itu, usia mangrove turut memengaruhi kemampuan ekosistem dalam menangkap mikroplastik, di mana mangrove yang lebih tua cenderung mengakumulasi lebih banyak mikroplastik. Studi ini menegaskan bahwa ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam penyaringan mikroplastik di lingkungan pesisir. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam upaya pengelolaan limbah plastik serta konservasi ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

Kata kunci: Mikroplastik, Mangrove, FTIR, SEM, Polimer

***A Study of Microplastics in Mangrove Soil at Baros Beach,
Yogyakarta Special Region, and the Northern Coastal Zone of
Kubro, Semarang***

Student : Ellyantika Setianingsih
Student Number : 20513030
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Abstract

Microplastics are among the primary pollutants in coastal environments and can accumulate in mangrove ecosystems through natural processes and human activities. This study aims to identify the presence of microplastics based on their shape, color, and polymer type in mangrove sediments at two distinct locations: Baros Beach, Yogyakarta Special Region (DIY), and the northern coastal area of Kubro, Semarang. The methods employed included purposive sediment sampling, morphological analysis using a stereomicroscope, chemical compound identification through Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and surface analysis using a Scanning Electron Microscope (SEM). The results showed that microplastics were more abundant at the Kubro site, with a total of 1,149 particles (22.98 particles/gram), compared to only 22 particles (0.44 particles/gram) found in Baros. The dominant types of microplastics were fragments and pellets, with black, brown, and transparent being the most common colors. FTIR analysis identified several polymer types, including Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Polyethylene (PE), Polyethylene Terephthalate (PET), Polyamide (PA), and Polycarbonate (PC). Additionally, the age of the mangrove was found to influence the ecosystem's ability to capture microplastics, with older mangroves tending to accumulate more particles. This study highlights the important role of mangrove ecosystems in filtering microplastics in coastal environments. The findings are expected to provide a scientific foundation for plastic waste management and the sustainable conservation of mangrove ecosystems.

Key words: Microplastics, Mangrove sediment, Polymer Types, FTIR, SEM

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Mikroplastik	6
2.2 Distribusi Mikroplastik	7
2.3 Ekosistem Mangrove.....	8
2.4 Tanah Mangrove	9
2.5 Dampak Mikroplastik terhadap Ekosistem	9
2.6 Penelitian Terdahulu	10
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Lokasi Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	27
3.3 Prosedur Analisis Data	27
3.4 Metode Pengambilan Sampel.....	28
3.5 Pengujian Laboratorium.....	29
3.6 Analisis Data	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Bentuk dan Warna	37
4.1.1 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah	37
4.1.2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	39
4.1.3 Mikroplastik Berdasarkan Warna	43
4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis Polimer	46
4.3 Hasil Identifikasi Scanning Electron Microscope (SEM)	54
4.4 Banyaknya Mikroplastik Terhadap Usia Sedimen Mangrove	55
4.5 Dampak Mikroplastik terhadap Mangrove	57
BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	69
RIWAYAT HIDUP.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Mikroplastik.....	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 3. 1 Koordinat lokasi titik pengambilan sampel.....	18
Tabel 4. 1 Jumlah dan Kelimpahan Mikroplastik pada Baros dan Kubro	37
Tabel 4. 2 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	40
Tabel 4. 3 Hasil identifikasi warna mikroplastik.....	43
Tabel 4. 4 Hasil Analisis FT-IR pada Setiap Sampel	50
Tabel 4. 5 Perbandingan kondisi mangrove pada Kubro (Pantai Utara) dan Baros (Pantai Selatan)	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Mangrove Baros.....	15
Gambar 3. 2 Peta Wilayah Mangrove Baros	16
Gambar 3. 3 Peta Pesisir Kubro.....	16
Gambar 3. 4 Peta Wilayah Pesisir Kubro	17
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3. 6 Peta Ukur Pengambilan sampel 20x20 meter	29
Gambar 3. 7 Prosedur Preparasi Mikroplastik.....	30
Gambar 3. 8 Tahapan Analisis Data	36
Gambar 4. 1 Grafik Kelimpahan Mikroplastik di Sampel Baros dan Kuro.....	37
Gambar 4. 2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	39
Gambar 4. 3 Mikroplastik Berdasarkan Warna	44
Gambar 4. 4 Grafik hasil analisis FTIR (a) Kubro 1; (b) Kubro 2; (c) Kubro 3; (d) Baros 1; (e) Baros 2; (f) Baros 3	49
Gambar 4. 5 Bentuk morfologi (a) Baros 1: fragment; (b) Baros 2: pellet; (c) Kubro: pellet; (d) Kubro: fiber.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik	69
Lampiran 2. Proses Pengambilan Sampel.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ekosistem mangrove menyimpan banyak karbon organik di dalam tanah. Hal ini dikarenakan produksi primernya yang tinggi dan tingkat dekomposisi dan penggantian karbon tanah yang rendah. Letak mangrove yang berada di zona pesisir sehingga mikroplastik tertahan di dalamnya. Penerimaan mikroplastik berasal dari daratan dan laut. Struktur vegetasi mangrove yang padat dan unik, seperti akar udara dan jaringan cabang, memfasilitasi penjebakan mikroplastik di dalam ekosistem. Tingkat sedimentasi yang lebih tinggi dan sedimen berbasis lempung pada ekosistem mangrove memudahkan adhesi dan penguburan mikroplastik dan kelimpahan mikroplastik yang tertahan cenderung meningkat selama pelapukan. Diperkirakan pencemaran sedimen mangrove akan menjadi masalah yang semakin serius. Dalam rehabilitasi dan pengelolaan mangrove, habitat memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangbiakan. Poedjirahardjo (2011) menyatakan bahwa faktor habitat sangat berpengaruh terhadap komposisi penyusun ekosistem mangrove. Bahkan perubahan yang signifikan dalam kualitas habitat dapat menyebabkan pergeseran jenis vegetasi penyusunnya. Dikhawatirkan bahwa jenis vegetasi yang mampu beradaptasi dengan kondisi.

Hutan mangrove adalah komunitas tropis yang sebagian besar terdiri dari spesies pohon yang tumbuh dan berkembang di daerah pasang surut pantai berlumpur (Isoni et al. 2019; Hasan et al. 2022). Keberadaan ekosistem mangrove membantu menyediakan produk kayu, makanan, pariwisata dan desalinasi lahan di sekitarnya untuk budidaya tanaman yang menguntungkan (Hasan et al. 2019; Freiss et al. 2020; Hasan et al. 2021; Nugroho et al. 2022). Hutan mangrove juga berfungsi untuk melindungi wilayah pesisir dari badai dan banjir karena melindunginya dari erosi, angin kencang, dan pasang surut (Hilmi et al. 2022; Utama et al. 2022). Hutan mangrove adalah hutan yang tumbuh di daerah perairan air payau dan dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut serta kondisi tanah yang anaerobik. Hutan mangrove banyak ditemukan di daerah pantai yang penuh lumpur dan akumulasi bahan organik. Definisi mangrove adalah suatu bentuk vegetasi hutan yang tumbuh dan terletak diantara garis pasang surut sehingga hutan mangrove dapat disebut juga hutan pasang. Akan tetapi, faktor ekonomi dan kurangnya pemahaman masyarakat tentang pentingnya hutan mangrove telah menyebabkan eksploitasi berlebihan dan degradasi (Chatarina et al. 2011; Nugroho et al. 2022; Palupi et al. 2022; Sari et al. 2022).

Mangrove yang berada di daerah Pantai Selatan dengan muara Sungai Opak, tumbuhan ini tumbuh dengan baik di dusun Baros dan Pesisir Pantai Kulon Progo. Kawasan konservasi pesisir adalah wilayah dengan ciri khas tertentu yang dianggap sebagai ekosistem yang dilindungi, dilestarikan, dan atau dimanfaatkan secara berkelanjutan untuk mencapai pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Dengan meningkatnya jumlah orang yang tinggal di Dusun Baros, terjadi peningkatan aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka, seperti mengubah fungsi lahan pertanian. Kerugian alam di Pantai Baros mulai terlihat sebagai akibat dari penggunaan lahan yang berlebihan. Dampak yang timbul akibat aktivitas masyarakat antara lain banjir rob, abrasi, pergeseran muara sungai (hilir) dan berkurangnya habitat hewan. Kabupaten Semarang adalah salah satu wilayah pesisir di Indonesia yang memiliki potensi untuk hutan mangrove. Namun, sebagian besar hutan mangrove di pesisir telah rusak. Pada tahun 2011, sekitar 8% ekosistem mangrove di Kabupaten Semarang dalam kondisi rusak, menurut data yang dikumpulkan oleh Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Semarang. Luas ekosistem mangrove rusak meningkat sekitar 13,86% pada tahun 2012. Rusaknya hutan mangrove juga menyebabkan daratan di sekitar pesisir Kabupaten Semarang menjadi kurang tahan terhadap peristiwa alam yang datang dari laut, seperti arus, gelombang, pasang surut, dan angin (Fathurrohman, 2015). Nurrohman (2016) menyatakan bahwa keanekaragaman hayati dirusak oleh erosi pantai dan genang pasang air laut, yang juga mengancam kehidupan dan kehidupan masyarakat pesisir Kabupaten Semarang.

Sejak awal produksi plastik pada tahun 1950 hingga saat ini, plastik telah menjadi satu jenis kemasan yang digunakan oleh masyarakat (O'Donovan et al., 2018). Hal ini disebabkan oleh plastik yang ringan, kuat, tidak mudah pecah dan murah. Namun, kebiasaan orang menggunakan kemasan plastik ternyata dapat membahayakan lingkungan (Muharrami, 2013). Dengan kebutuhan yang meningkat menjadi 0,2 juta ton per tahun, Indonesia menjadi salah satu negara yang menghasilkan sampah plastik terbesar di dunia (Pradiptaadi & Fallahian, 2022). Dengan 22,5 juta ton sampah per tahun, Indonesia adalah negara asia tenggara terbanyak yang menyumbang sampah plastik (Ng et al., 2023). Mikroplastik dapat dibedakan dari mikroplastik yang dibuat secara sengaja untuk digunakan dalam produk kosmetik atau medis serta mikroplastik yang berasal dari fragmentasi atau degradasi sampah plastik melalui proses fisika, kimia, biologi atau alami (Akdogan & Guven, 2019).

Salah satu ekosistem yang paling terpengaruh oleh pencemaran mikroplastik adalah hutan mangrove. Wilayah ini menerima limbah mikroplastik dari aliran sungai dan aktivitas manusia di sekitarnya, dan kemudian mengendap pada sedimen selama proses sedimentasi di daerah tersebut (Simamora et al., 2020). Selain faktor sungai, aktivitas hidro-oseanografi seperti arus dan pasang surut,

keadaan topografi dan perakaran ekosistem mangrove juga mempengaruhi penyebaran mikroplastik di daerah mangrove. Kondisi perairan yang tenang dengan arus lemah menyebabkan partikel mikroplastik dengan densitas tinggi mengendap, sedangkan partikel mikroplastik dengan densitas lebih rendah mengendap karena partikel sedimen yang menimbun. Terdapat kemungkinan mikroplastik akan kembali ke perairan karena permukaan sistem akar tidak dapat menyerapnya (Li et al., 2023).

Karena mangrove memiliki banyak fungsi ekologis, ekonomi, dan sosial, serta berfungsi sebagai pelindung pantai, penyerapan karbon dan habitat bagi berbagai spesies biota laut, maka penelitian mengenai mikroplastik pada sedimen mangrove sangat penting. Namun, mikroplastik merusak struktur sedimen tempat hidup organisme kecil seperti cacing, moluska dan mikroorganisme. Hal ini juga mengganggu rantai makanan karena organisme kecil ini dapat dikonsumsi oleh organisme lain yang menjadi makanan bagi spesies lainnya. Selain itu, mangrove sering menjadi tempat akumulasi limbah plastik karena berada di area transisi antara laut dan daratan. Penelitian mikroplastik dalam sedimen mangrove dapat membantu mengidentifikasi sumber dan distribusi pencemaran plastik, serta memahami tingkat degradasi plastik dan bagaimana hal itu berdampak pada kualitas lingkungan. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan memberikan informasi ilmiah yang mendukung upaya untuk mengurangi pencemaran mikroplastik serta membantu dalam pembuatan rencana pengelolaan dan perlindungan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

Secara umum, ekosistem mangrove bertanggung jawab atas pengumpulan polutan mikroplastik, terutama terjadi pada mangrove dewasa di daratan (Shi et al, 2022). Saat terkikis secara biologis, partikel plastik kecil mengalami perubahan daya apung yang cepat. Partikel dapat dengan mudah mengendap di seimen dasar laut, terutama di habitat mangrove. Pada penemuan sebelumnya menunjukkan bahwa partikel plastik berukuran kurang dari 0,5 mm mendominasi sedimen mangrove (Martin J et al, 2020).

Penelitian tentang mikroplastik di tanah mangrove di Pantai Utara Semarang dan Baros sangat penting karena ekosistem mangrove di kedua lokasi berbeda dari segi umur, yang dapat memengaruhi akumulasi dan distribusi mikroplastik. Perbedaan ini dapat memengaruhi kemampuan masing-masing wilayah untuk menangkap dan mengakumulasi mikroplastik melalui sistem perakaran dan kestabilan substrat tanah. Studi ini penting dilakukan untuk mengevaluasi apakah umur mangrove berpengaruh terhadap tingkat pencemaran mikroplastik, dan untuk memberikan rekomendasi ilmiah tentang pengelolaan dan restorasi mangrove di wilayah pesisir yang rentan terhadap limbah plastik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kandungan mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis dan warna yang ada pada sedimen mangrove Pantai Baros DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang?
2. Bagaimana kelimpahan mikroplastik pada sampel sedimen mangrove Pantai Baros DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)?
3. Bagaimana hubungan antara umur mangrove dengan kemampuan akumulasi mikroplastik pada sedimen mangrove?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memenuhi rumusan masalah yang akan dicapai dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Investigasi kandungan mikroplastik pada wilayah mangrove Pantai Baros DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang?
2. Investigasi jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam sedimen mangrove dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).
3. Investigasi faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi mikroplastik di Pantai Baros DIY dan Pesisir Utara di Kubro Semarang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan data awal mengenai mikroplastik yang terkandung pada sedimen mangrove di Pantai Baros DIY dan Pesisir Utara di Kubro Semarang.
2. Menjadi bahan evaluasi pemerintah dalam pengelolaan sampah plastik di Pantai Baros DIY dan Pesisir Utara di Kubro Semarang.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat umum terkait mikroplastik yang beredar di lingkungan perairan.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi agar nantinya dapat dilaksanakan dengan baik dan fokus pada tujuan penelitian. Batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- titik pengambilan sampel berada di Pantai Baros, DIY dan Pesisir Utara di Kubro Semarang.
- Objek penelitian yang digunakan hanya sedimen tanah mangrove di Pantai Baros, DIY dan Pesisir Utara di Kubro Semarang.
- Identifikasi mikroplastik yang diteliti berdasarkan bentuk, ukuran, warna dan polimer mikroplastik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA.

2.1 Mikroplastik

Mikroplastik dapat terakumulasi dalam jumlah besar pada air laut dan sedimen. Mikroplastik merupakan fragment plastik yang terdegradasi dengan ukuran partikel kurang dari 5 milimeter (Hidalgo-Cruz et al., 2012). Ukurannya yang sangat kecil dengan jumlah yang banyak di lautan membuat sifatnya ubiquitous dan bioavailability bagi organisme akuatik tinggi. Hal ini dapat menyebabkan biota laut mengonsumsi mikroplastik (Li et al., 2016). Pada dasarnya, mikroplastik memiliki banyak bentuk dan jenis yang berbeda. Variasi yang dimiliki dalam beberapa hal, antara lain warna, ukuran, massa jenis, bentuk, komposisi dan faktor lainnya (Browne, 2015).

Karakteristik morfologi mikroplastik biasanya dibagi menjadi tiga kategori yaitu ukuran, warna dan jenis. Pengaruh mikroplastik pada organisme bergantung pada ukurannya. Mikroplastik dapat terlepas dengan cepat jika memiliki permukaan yang lebih luas dan memiliki volume rasio yang lebih besar daripada partikel kecil (Lusher & Peter, 2017). Menurut Joao Frias et al. (2018), mikroplastik memiliki berbagai jenis termasuk pele, fragment, serat, fil, filament dan foam. Warnanya dapat hitam, biru, putih, transparan, merah, dan berwarna-warni. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 di bawah.

Tabel 2. 1 Jenis Mikroplastik

Jenis Mikroplastik	Keterangan
Fragmen	Bentuk bulu, partikel tidak beraturan, bubuk, kristal, potongan, serpihan, granula
Serat	Benang, helaian, microfiber, filamen
Busa	Polistirena
Manik-manik	Bulatan mikro, bulatan manik kecil, biji
Butiran	Nurdies, nib, butiran resinat

Sumber: Widianarko & Hantoro (2018)

Jenis mikroplastik yang disebut fragmen terbentuk setelah mikroplastik dipecahkan melalui proses fotolisis, fisik, degradasi, teroksidasi dan termo- degradasi (Andrade et al., 2011). Mikroplastik fragmen terbentuk dari produk plastik yang memiliki polimer yang sangat kuat, yang sangat diminati

untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Produk plastik ini biasanya besar, sehingga jika terjadi perubahan melalui fotolisis, fisik atau termo-oksidasi, mereka dapat menghasilkan mikroplastik dalam jumlah besar. Hal ini dapat menjelaskan mengapa jumlah mikroplastik fragmen yang lebih banyak daripada jenis lainnya.

Salah satu jenis mikroplastik adalah film, yang memiliki bentuk seperti lembaran dan memiliki sifat fleksibel (Virsek et al., 2016). Mikroplastik sekunder berasal dari fragmentasi plastik besar, seperti bungkus merek untuk makanan dan minuman (Lassen et al., 2015). Jenis film memiliki densitas yang lebih rendah daripada pelet dan fragmen. Hal ini membuat mikroplastik film lebih mudah terangkut melalui media air (Hastuti et al., 2014). Granul adalah salah satu jenis mikroplastik yang diklasifikasikan sebagai mikroplastik primer. Bahan plastik yang dibuat dengan ukuran kecil atau mikro, seperti microbeads, digunakan dalam produk kosmetik, perawatan dan pembersihan (Zhang et al., 2017). Jenis mikroplastik yang disebut fiber dan filamen dapat berasal dari alat nelayan dan pemancing, seperti pancing atau jaring, tali temali dan serat pakaian (Nor & Obbard, 2014). Mereka juga dapat berasal dari proses degradasi plastik transparan di perairan (Lassen et al., 2015). Salah satu jenis mikroplastik, pelet, banyak ditemukan di dasar sedimen dan aliran air sungai (Cordova & A'an, 2016). Densitas pelet bervariasi dari 0,8 g/cm³ hingga 1,1 g/cm³ (Li et al., 2016).

2.2 Distribusi Mikroplastik

Mikroplastik pertama kali ditemukan pada tahun 1970 dan telah terdeteksi di berbagai lingkungan seperti udara, tanah, air tawar, dan laut. Dilaut mikroplastik dapat ditemukan di banyak tempat, seperti di pantai, perairan dangkal dan perairan dalam. Seiring dengan peningkatan produksi polimer plastik sejak abad ke-20, plastik ini secara bertahap mengalami penurunan kualitas ketika dibuang ke lingkungan. Selain itu, industri telah mulai memproduksi plastik dalam bentuk mikro dan nano, yang menambah masalah lingkungan (Harahap, 2021).

Meskipun masih banyak yang belum diketahui tentang bagaimana mikroplastik menyebar di lautan, beberapa faktor eksternal telah diketahui mempengaruhi pergerakannya. Metode kuantitatif dan pemodelan telah menunjukkan bahwa dorongan fisik memainkan peran penting dalam mempengaruhi penyebaran partikel-partikel ini dalam berbagai skala ruang. Sementara sirkulasi geostropik mempengaruhi pola penyebaran mikroplastik pada skala yang lebih besar, angin biasanya menjadi faktor utama yang mengarahkan aliran permukaan laut. Pada tingkat yang lebih kecil, angin dapat menciptakan turbulensi yang mempengaruhi posisi vertikal partikel mikroplastik di permukaan air. Hal ini ditunjukkan oleh model bahwa aliran turbulen yang disebabkan oleh gelombang atau ombak yang

dapat mengakibatkan partikel mikroplastik berada di atas permukaan air.

Dorongan dari luar yang menyebabkan penyebaran berinteraksi dengan karakteristik dasar partikel tersebut, seperti tingkat kepadatan, bentuk, dimensi, dan berbagai sifat lingkungan lainnya, seperti kepadatan air laut, struktur dasar laut dan tekanan. Kepadatan partikel dapat menjadi faktor yang mempengaruhi pergerakan dan penyebaran dalam penelitian kelautan. Distribusi plastik dengan kepadatan rendah terjadi di permukaan air dan ekosistem neustonik, sedangkan plastik dengan kepadatan tinggi cenderung ditemukan di lapisan dasar laut (Hastuti et al., 2014).

2.3 Ekosistem Mangrove

Hutan pasang surut yang juga dikenal sebagai hutan payau atau hutan mangrove adalah jenis vegetasi yang tumbuh di wilayah yang dipengaruhi oleh tingkat garam dan aliran air tawar dari sungai. Secara umum, hutan mangrove dapat ditemukan di muara sungai dan sepanjang pantai yang terlindungi dari ombak dan pasang surut laut. Vegetasi mangrove tumbuh di tanah berlumpur aluvial di sekitar garis pantai dan muara sungai yang mengalami perubahan pasang surut. Beberapa jenis atau spesies yang umumnya terdapat dalam hutan mangrove meliputi *Avicennia* sp., *Sonneratia* sp., *Rhizophora* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops* sp., *Lumnitzera* sp., *Excoecaria* sp., *Xylocarpus* sp., *Aegiceras* sp., *Scyphiphora* sp dan *Nypa* sp.

Dalam kondisi penggenangan, air permukaan terus mengalir untuk pertukaran dan pergerakan sedimen, sehingga membuat tanaman mangrove dapat bertumbuh dengan cepat. Aliran air yang berkelanjutan ini dapat meningkatkan pasokan oksigen dan nutrisi yang diperlukan untuk fotosintesis dan respirasi. Selain itu, sirkulasi air dapat menghilangkan garam dan bahan alkalin, membantu menetralkan tingkat keasaman tanah. Hal ini terjadi ketika konsentrasi salinitas berubah. Oleh karena itu, berbagai jenis substrat dapat mempengaruhi kapasitas pertumbuhan mangrove, yang bergantung pada proses pertukaran air untuk mendukung pertumbuhannya.

Ekosistem mangrove menyimpan banyak karbon organik di dalam tanah karena produksi primernya yang tinggi dan tingkat dekomposisi dan penggantian karbon tanah yang rendah. Ekosistem mangrove adalah tempat penampungan utama mikroplastik. Karena berada di zona pesisir, sehingga memungkinkan menerima plastik/mikroplastik dari daratan dan laut. Struktur vegetasinya yang padat dan unik, seperti akar udara dan jaringan cabang memfasilitasi penjebakan mikroplastik di dalam ekosistemnya. Tingkat sedimentasi yang lebih tinggi dan berbasis lempung yang ditemukan, memfasilitasi adhesi dan penguburan mikroplastik. Kelimpahan mikroplastik diperkirakan akan menjadi masalah yang semakin serius. Akibatnya, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui

bagaimana mikroplastik mempengaruhi sedimen mangrove.

Habitat utama mangrove berada di daerah pesisir, karena kaya akan ekosistem dan memiliki banyak jenis hewan yang hidup bersama. Dampak dari aktivitas manusia biasanya menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, terutama ekosistem mangrove, sehingga wilayah pesisir lebih rentan berdampak. Di Indonesia, terutama di wilayah pantai yang iklimnya tropis dan memiliki curah hujan yang tinggi, ada banyak lumpur atau sedimen yang cocok untuk pertumbuhan mangrove. Berbagai spesies tumbuhan dalam komunitas mangrove telah berubah agar dapat beradaptasi dalam kondisi alam seperti perubahan salinitas, pasang surut, arus dan gelombang (Dou et al., 2021).

2.4 Tanah Mangrove

Tanah mangrove mempunyai kandungan garam dan kadar air yang tinggi, asam sulfida yang melimpah, kandungan oksigen yang rendah serta bahan kasar lainnya yang berasal dari hancuran organisme laut. Tanah hutan mangrove di Indonesia umumnya terdiri dari lumpur yang tebal dan terdiri dari tanah liat, liat berlempung, liat berdebu, dan lempung. Tanah ini terletak di tepi sungai, muara, parit dan hamparan lumpur. Tanah hutan mangrove biasanya kaya akan bahan organik. Tanah aluvial hidromorf, atau tanah liat laut adalah jenis tanah muda yang termasuk dalam regosol atau entisol.

Mangrove tumbuh di pantai karena sifat fisika dan kimianya yang beragam. Beberapa jenis mangrove hanya dapat di jenis tanah tertentu, misalnya tanjang (*Bruguiera gymnorrhiza*) tumbuh di bagian dalam hutan di tanah berstruktur lempung yang pejal. *Kandelia candel* (linggoyong) adalah jenis mangrove dan hutan gambut atau rawa air tawar. *Rhizophora stylosa*, juga dikenal sebagai bakau minyak, adalah jenis mangrove yang menyukai tanah berpasir, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Sonneratia* spp. (pedada), dan *Avicennia* spp., tumbuh dengan baik di tanah berlumpur lunak.

2.5 Dampak Mikroplastik terhadap Ekosistem

Plastik merupakan masalah yang semakin meningkat di seluruh dunia, 300 juta ton plastik diproduksi setiap tahun, dan diperkirakan sekitar 150 juta ton plastik saat ini telah mencemari lautan dengan jumlah total yang dibuang ke lautan diperkirakan antara 1,5 juta dan 2,5 juta ton per tahun (Tyllianakis & Ferrini, 2021). Hampir semua sektor ekonomi menghasilkan limbah padat. beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat limbah padat termasuk pertumbuhan penduduk, ekonomi, pendidikan, pekerjaan dan pola konsumsi (Lestari & Trihadiningrum, 2019). Selain itu, mikroplastik memiliki dampak yang signifikan terhadap biota laut karena ukurannya yang sangat kecil dengan jumlah yang banyak sehingga mudah diakses oleh organisme akuatik. Akibatnya, mikroplastik dapat

dimakan oleh biota laut seperti ikan dan bivalvia, dan kemudian masuk ke dalam sistem rantai makanan laut, yang juga dikenal sebagai rantai makanan air. Polutan plastik ini dapat membahayakan keamanan makanan yang dikonsumsi manusia (Supusepa et al., 2023). Hal ini terkait dengan Wright et al. (2013) yang menyatakan bahwa makhluk laut seperti ikan, burung laut dan mamalia laut dapat secara tidak sengaja memakan mikroplastik karena menganggapnya sebagai makanan. Mikroplastik juga dapat menyerap zat kimia berbahaya dan polutan, yang dapat menyebabkan organisme laut keracunan.

Mikroplastik dapat menyebabkan kerusakan fisik, memutihkan karang dan mengganggu organisme yang hidup di dalamnya. Adapun dampak mikroplastik di hutan mangrove yaitu dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan menurunkan kualitas sedimen. Mikroplastik dapat terakumulasi di lapisan tanah dalam ekosistem mangrove, menghalangi aliran air dan nutrisi ke akar tanaman serta mengganggu pertumbuhan dan reproduksi mangrove. Karena mangrove memiliki peran penting dalam mengurangi abrasi pantai dan mempertahankan keseimbangan ekosistem pesisir.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi dan pembandingan terhadap penelitian yang akan dilakukan. Daftar penelitian yang digunakan sebagai referensi dan pembandingan diberikan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1.	Olivia et al., 2023	Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Pesisir Pantai Manggar Kota Balikpapan Kalimantan Timur	<p>Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen di pesisir pantai Manggar di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Dalam pengambilan sampel, lima jalur berjarak 20 m dibuat dan digunakan untuk membuat kotak sub-transek berukuran 5x5 m. Tiap kotak sub-transek dibagi menjadi 25 kotak sub-transek berukuran 1x1 m, dan metode sampel acak digunakan untuk memilih sebanyak 5 kotak sub-transek dari tiap sub-transek. Untuk mendapatkan supernatan sempurna, sampel sedimen kering ditambahkan natrium klorida dan kemudian dicampur dengan larutan H₂O₂ dan FeSO₄ untuk menghilangkan bahan organik dan metal.</p> <p>Kemudian, sampel disaring dan diidentifikasi menggunakan mikroskop. Fiber, fragmen, dan film adalah jenis mikroplastik yang ditemukan di pesisir pantai Manggar, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur.</p>

2	Chinda et al., 2019	Identifikasi dan kepadatan Mikroplastik pada Sedimen Mempawah Mangrove Park (MMP)	Penelitian dilakukan dari bulan Januari hingga Maret 2019 di Mempawah Mangrove Park (MMP), Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. Partikel mikroplastik (0,045–5 mm) dari sedimen mangrove dipisahkan dalam lima langkah, yaitu pengeringan, pengurangan volume, pemisahan densitas, penyaringan, dan pemisahan visual. Hasil dari penelitian didapat empat jenis mikroplastik, yaitu fiber, fragmen, film, dan microbead. Jenis mikroplastik yang paling umum ditemukan pada sedimen di kawasan Mempawah Mangrove Park (MMP) adalah fiber, yang memiliki kadar mikroplastik tertinggi pada stasiun I dan pada kedalaman 10 cm.
3.	Shagufta et al., 2024	Preliminary assessment of microplastic in rhizosphere and non-rhizosphere region of mangrove at four location along Karachi coast, Pakistan	Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan distribusi MP dalam sedimen mangrove di daerah rizosfer (R) dan non-rizosfer (NR). Partikel MP sebanyak 14.960 ditemukan dari daerah aliran sungai Sandspit (SS-1 & SS-2) dan daerah sungai (PQ & KC). Khususnya, jumlah MP NR lebih banyak (7848) daripada daerah R. Variasi dalam jenis MP ditunjukkan dalam analisis, dengan film, serat, dan fragmen paling banyak di R dan NR. Penelitian mendalam pertama tentang MP dalam sedimen mangrove dan penelitian terbatas lainnya dari Pakistan ini menunjukkan bahwa MP tersebar luas di daerah pesisir, memberikan dasar untuk penelitian lebih lanjut.

4.	Santiago Mendes et al., 2024	Comprehensive risk assessment of microplastics in tidal channel sediments in amazonian mangroves (northern Brazil)	<p>Lokasi penelitian berada di tepi benua khatulistiwa Brasil, yang berada 300 km di tenggara muara Sungai Amazon dan 200 km di timur Belem, ibu kota negara bagian Para. Fokus penelitian ini adalah Semenanjung Ajuruteua, terutama tiga saluran pasang surut yang melintasi semenanjung (SE-NW) dari daratan. Hasilnya menunjukkan bahwa anggota parlemen hadir di setiap satu dari sembilan stasiun pengambilan sampel yang ada di Semenanjung Ajuruteua. Karena pola pengendapan sedimen dan partikel yang melekat padanya ditentukan oleh sirkulasi, proses hidrodinamika muara dan saluran pasang surut menjelaskan konsentrasi yang ditemukan.</p> <p>Sebagian besar MP yang diambil dan fragmen terdiri dari PE-PP, CPE, LDPE, AV, RD dan HB. Ini menunjukkan bahwa mereka berasal dari fragmen plastik yang lebih besar dan menunjukkan bahwa sumbernya berasal dari sekunder.</p>
5.	Shafira et al., 2022	Analisis Bentuk Mikroplastik pada Sedimen Pantai Mangrove di Kalimantan Barat	<p>Studi ini dilakukan di sedimen Pantai Gosong di Kecamatan Sungai raya Kepulauan, Kabupaten bengkayang, Kalimantan Barat, pada bulan Juli 2022. Hasilnya dianalisis di Laboratorium Terpadu Universitas Tanjungpura. Jenis mikroplastik yang ditemukan adalah bentuk fiber, fragmen, pellet, foam dan film. Partikel mikroplastik terbanyak ditemukan di titik C1, C2, dan C3 masing-masing 85 fragmen, 67 fiber dan 133 fragmen. pada titik C1, C2, dan C3, jumlah fragmen tertinggi ditemukan di titik 42 fiber, 76 fragmen dan 82 partikel fragmen. banyak sumber pencemar alami, manusia dan lingkungan dapat menyebabkan perbedaan jumlah partikel di setiap titik.</p>

Ekologi mangrove memainkan peran penting dalam penyimpanan dan transportasi mikroplastik, tetapi sebagian besar penelitian saat ini lebih berkonsentrasi pada perairan terbuka. Ekosistem mangrove menjadi peran penting dalam menyaring dan menangkap polutan seperti mikroplastik melalui proses sedimentasi dan interaksi dengan akar vegetasi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami dampak jangka panjang polusi mikroplastik terhadap ekosistem pesisir dan bagaimana mangrove dapat menangani polusi tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

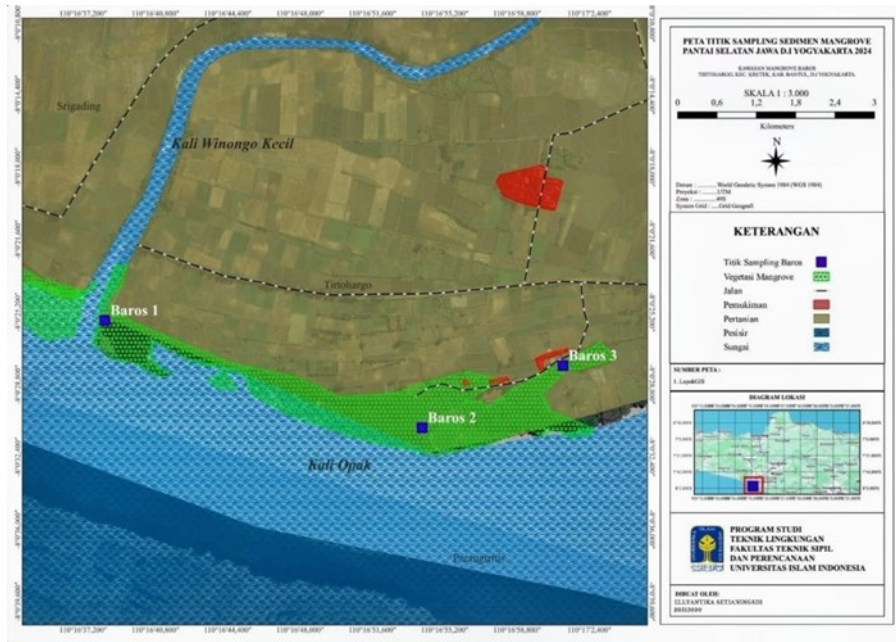
3.1 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan pengambilan sampel kali ini adalah di mangrove Pantai Baros DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian dimulai pada bulan Mei 2024. Lokasi pertama adalah mangrove Baros di Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi kedua adalah mangrove di pesisir Pasar Kubro di Kecamatan Genuk, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Peta lokasi sampling dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

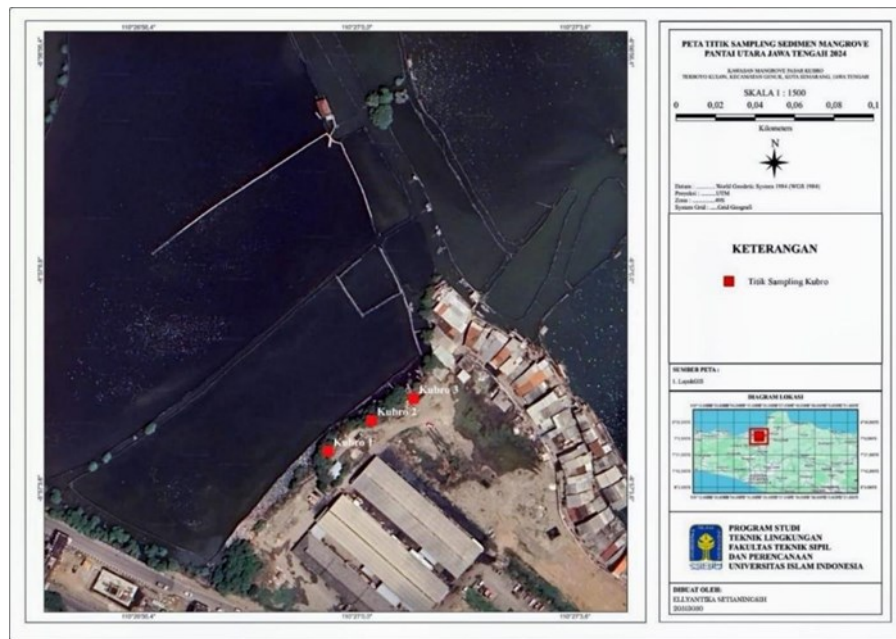


Gambar 3. 1 Peta Mangrove Baros

Sumber: Google Maps 2024



Gambar 3. 2 Peta Wilayah Mangrove Baros
 Sumber: Google Maps



Gambar 3. 3 Peta Pesisir Kubro



Gambar 3. 4 Peta Wilayah Pesisir Kubro
 Sumber: Google Maps

Koordinat lokasi titik pengambilan sampel dilakukan serta kondisi tiap lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Koordinat lokasi titik pengambilan sampel

Lokasi Penelitian	Titik Sampel	Letak Geografis		Wilayah Administrasi	Batas Wilayah	Keterangan	Kondisi Saat Sampling	Kondisi Lingkungan	Jenis Vegetasi
		Bujur	Lintang						
Baros	1	-8.008.747	110.281.476	Desa Tirtohargo. Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.	<ul style="list-style-type: none"> • Utara: Area pertanian dan pemukiman Desa Tirtohargo, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul. • Selatan: Pantai Baros dan Samudra Hindia. • Timur: Aliran 	Berbatasan dengan Muara Sungai Winongo Kecil dan Sungai Opak	Pengambilan Sampel dilakukan pada pukul 10.00 WIB dengan kondisi ekosistem mangrove terlihat surut membuat akar-akar mangrove terlihat di permukaan.	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi mangrove memiliki kerapatan cukup tinggi - Kawasan konservasi sehingga banyak ditanami tanaman baru. - Ekosistem mangrove memiliki aktivitas ekologis yang tinggi seperti interaksi burung kuntul (<i>Egretta Garzett</i>), ikan tembakul 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rhizophora Mucronata</i> • <i>Avicennia Marina</i> • <i>Bruguiera Gymnorhiza</i>

					Sungai Opak, yang bermuara di laut selatan dan melintasi kawasan Baros. • Barat: Lahan pertanian dan Sungai Winongo Kecil.			(Oxudercinae), dll.	
	2	-8.007.157	100.277.406	Desa Tirtohargo. Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.	• Utara: Area pertanian dan pemukiman Desa Tirtohargo, Kecamatan Kretek,	Berbatasan dengan Muara Sungai Opak	Pengambilan Sampel dilakukan pada pukul 10.00 WIB dengan kondisi ekosistem mangrove terlihat surut membuat	- Kondisi mangrove memiliki kerapatan cukup tinggi - Kawasan konservasi sehingga banyak ditanami tanaman baru.	• <i>Rhizopora Mucronata</i> • <i>Avicennia Marina</i> • <i>Bruguiera Gymnorhiza</i>

					Kabupaten Bantul. • Selatan: Pantai Baros dan Samudra Hindia. • Timur: Aliran Sungai Opak, yang bermuara di laut selatan dan melintasi kawasan Baros. • Barat: Lahan pertanian dan Sungai Winongo Kecil.		akar-akar mangrove terlihat di permukaan	- Ekosistem mangrove memiliki aktivitas ekologis yang tinggi seperti interaksi burung kuntul (Egretta Garzett), ikan tembakul (Oxudercinae), dll.	
--	--	--	--	--	---	--	--	---	--

	3	-8.008.098	110.283.080	Desa Tirtohargo. Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.	<ul style="list-style-type: none"> • Utara: Area pertanian dan pemukiman Desa Tirtohargo, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul. • Selatan: Pantai Baros dan Samudra Hindia. • Timur: Aliran Sungai Opak, yang bermuara di laut selatan 	Berbatasan dengan Muara Sungai Opak	Pengambilan Sampel dilakukan pada pukul 10.00 WIB dengan kondisi ekosistem mangrove terlihat surut membuat akar-akar mangrove terlihat di permukaan	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi mangrove memiliki kerapatan cukup tinggi - Kawasan konservasi sehingga banyak ditanami tanaman baru. - Ekosistem mangrove memiliki aktivitas ekologis yang tinggi seperti interaksi burung kuntul (<i>Egretta Garzett</i>), ikan tembakul (<i>Oxudercinae</i>), dll. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rhizophora Mucronata</i> • <i>Avicennia Marina</i> • <i>Bruguiera Gymnorhiza</i>
--	---	------------	-------------	--	---	-------------------------------------	---	--	---

					dan melintasi kawasan Baros. • Barat: Lahan pertanian dan Sungai Winongo Kecil.				
Kubro	1	-6.950.830	110.449.869	Terboyo Kulon, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah.	• Utara: Wilayah Kelurahan Terboyo Wetan dan wilayah pesisir utara Kota Semarang. • Selatan: Wilayah Kelurahan	Berbatasan dengan Pasar dan Tambak	Ekosistem mangrove terlihat tergenang, dengan akar-akar yang terendam	- Kondisi mangrove memiliki kerapatan rendah, dengan lahan yang ditumbuhi vegetasi tidak terlalu luas - Kondisi lahan mangrove dipenuhi banyak sampah	• <i>Avicennia Marina</i>

					<p>Genuksari dan beberapa kawasan industri di sekitar Genuk.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Timur: Area Tambakrejo dan beberapa kawasan industri lainnya. • Barat: Kelurahan Muktiharjo Kidul dan wilayah Tambaklorok. 				
	2	-6.950.690	110.450.068	Terboyo Kulon, Kecamatan Genuk, Kota	<ul style="list-style-type: none"> • Utara: Wilayah Kelurahan 	Berbatasan dengan Pasar dan Tambak	Ekosistem mangrove terlihat tergenang,	- Kondisi mangrove memiliki	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Avicennia Marina</i>

				Semarang, Jawa Tengah.	Terboyo Wetan dan wilayah pesisir utara Kota Semaran g. • Selatan: Wilayah Keluraha n Genuksa ri dan beberapa kawasan industri di sekitar Genuk. • Timur: Area Tambakr ejo dan beberapa kawasan industri lainnya.		dengan akar- akar yang terendam	kerapatan rendah, dengan lahan yang ditumbuhi vegetasi tidak terlalu luas - Kondisi lahan mangrove dipenuhi banyak sampah	
--	--	--	--	---------------------------	--	--	---------------------------------------	---	--

					<ul style="list-style-type: none"> • Barat: Kelurahan Muktiharjo Kidul dan wilayah Tambaklorok. 				
	3	-6.950.589	110.450.260	Terboyo Kulon, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah.	<ul style="list-style-type: none"> • Utara: Wilayah Kelurahan Terboyo Wetan dan wilayah pesisir utara Kota Semarang. • Selatan: Wilayah Kelurahan Genuksari dan 	Berbatasan dengan Pasar dan Tambak	Ekosistem mangrove terlihat tergenang, dengan akar-akar yang terendam	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi mangrove memiliki kerapatan rendah, dengan lahan yang ditumbuhi vegetasi tidak terlalu luas - Kondisi lahan mangrove dipenuhi banyak sampah 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Avicennia Marina</i>

					beberapa kawasan industri di sekitar Genuk. • Timur: Area Tambakrejo dan beberapa kawasan industri lainnya. • Barat: Kelurahan Muktiharjo Kidul dan wilayah Tambaklorok.				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3.2 Alat dan Bahan

Sebagian hasil dari survei lokasi pengambilan data dan penelitian dibagi menjadi beberapa stasiun pengamatan berdasarkan sebaran mangrove, kondisi mangrove dan kondisi lingkungan sekitarnya. Setiap stasiun pengamatan memiliki 3 plot bertingkat atau disesuaikan dengan panjang mangrove sejajar dengan garis pantai dan jarak antar plot 20 meter ukuran plot 20x20 meter. Bentuk plot berupa persegi sebagai data dasar lapangan yang digunakan untuk pembuatan informasi spasial.

Penelitian ini memerlukan penggunaan alat dan bahan untuk mendukung penelitian. Alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

a. Alat

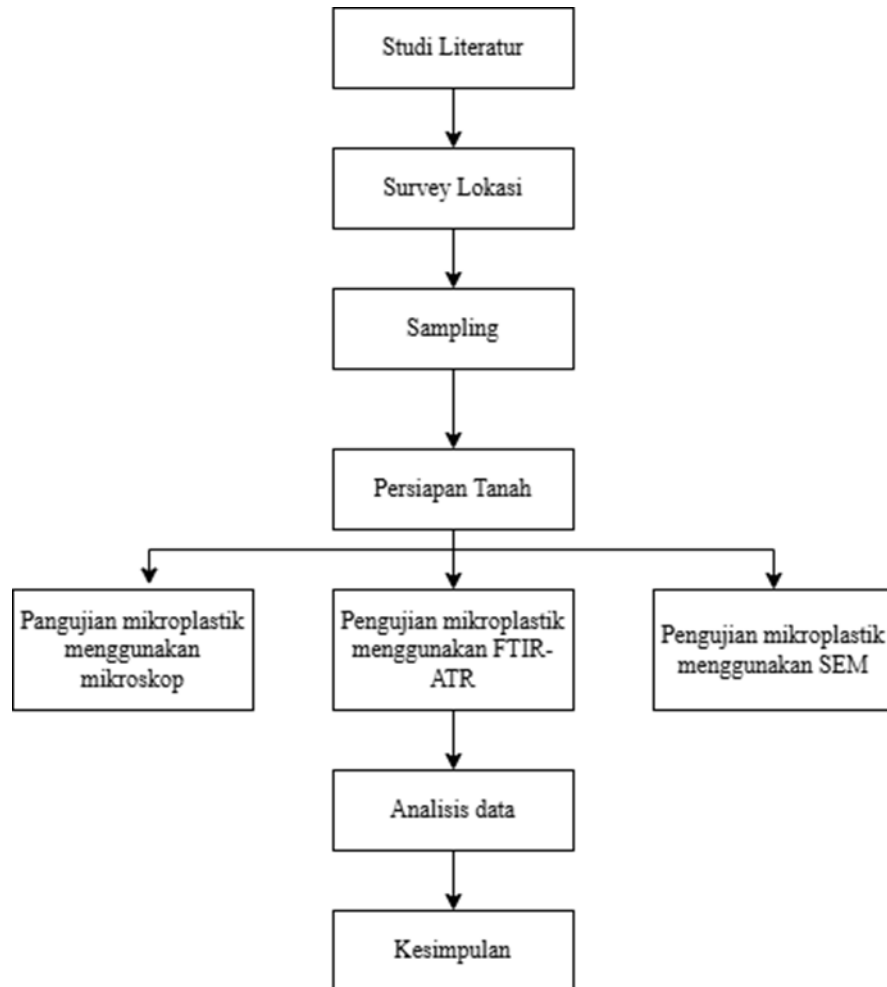
Kantong sampel, GPS, cetok, roll meter, kertas albel, spidol permanen, erlenmeyer 250 ml, cawan petri, kertas saring Whatman, pipa volume, spatula lab stainless, ayakan, magnetic stirrer, pinset, pompa vacum, aluminium foil, hot plate magnetic stirrer, oven, mikroskop, spektrofotometri FT-IR, dan SEM.

b. Bahan

Sampel tanah yang sudah diayak (50 gr), larutan NaCl jenuh (150 ml), H₂O₂ 30% (50 ml) dan aquades.

3.3 Prosedur Analisis Data

Prosedur analisis data yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan secara deskriptif, kuantitatif, dan kualitatif, dimana analisis yang akan dilaksanakan menjelaskan adanya mikroplastik pada sedimen tanah mangrove di Pantai Selatan DIY dan Pesisir Pantai Utara di Kubro Semarang. Adapun langkah-langkah dalam menganalisis data ditunjukkan pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



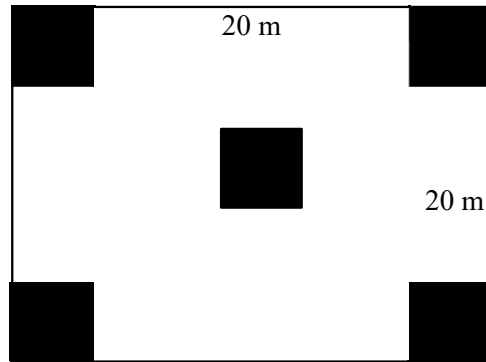
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian

3.4 Metode Pengambilan Sampel

Penentuan titik sampel Baros dan Kubro dengan bantuan software QGIS 3.26.3 untuk menentukan Lokasi melalui citra satelit. Titik akan ditentukan berdasarkan letak area mangrove diantaranya yang berdekatan dengan pemukiman, muara Sungai dan pesisir. Hal ini untuk mewakili keseluruhan wilayah dengan sampel. Berikut merupakan metode pengambilan sampel:

- a. Menyiapkan 5 kantong sampel pada setiap petak ukur dengan ukuran 20 x 20 meter, pengambilan sampel dilakukan pada setiap sudut petak ukur dan di tengahnya.
- b. sampel tanah yang diambil harus bebas dari akar tanaman.
- c. pengambilan sampel tanah sedalam 20 cm menggunakan cetok kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel dan diberi nama.

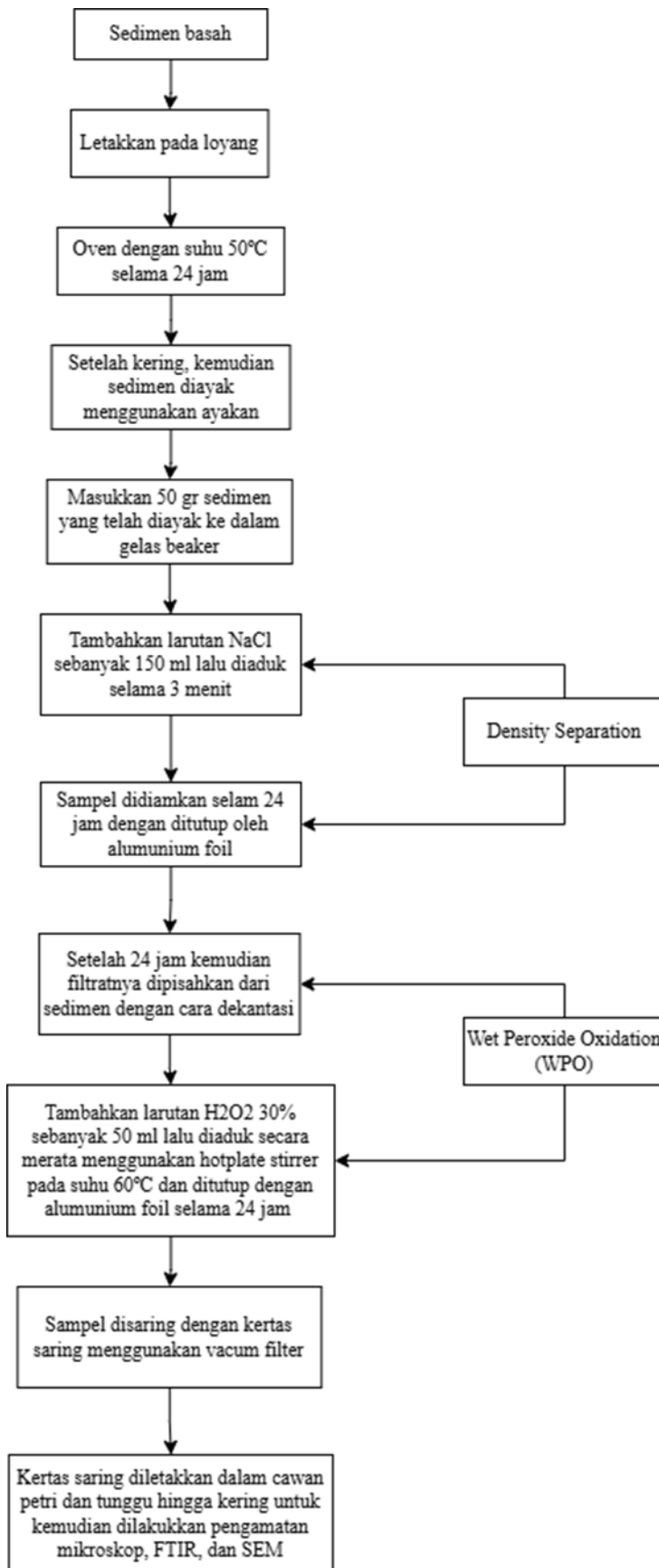
- d. kelima sampel dikompositkan.
- e. selama perjalanan sampel hanya perlu disimpan kantong plastic yang bersih.
- f. setelah sampai di Kampus, sampel dimasukkan lemari es hingga waktu analisis.



Gambar 3. 6 Peta Ukur Pengambilan sampel 20x20 meter

3.5 Pengujian Laboratorium

Pengujian mikroplastik pada sedimen mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Ibrahim et al., 2023; Ningrum et al., 2022). Tahapan pengujian mikroplastik pada sedimen yaitu:



Gambar 3. 7 Prosedur Preparasi Mikroplastik

3.5.1 Pengeringan Sampel

Proses pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada sedimen. Pengeringan sampel dilakukan menggunakan oven. Sampel yang sudah dihomogenkan diletakkan pada loyang. Kemudian, sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50°C selama 24 jam atau sampai sampel benar-benar kering. Sedimen yang telah kering kemudian diayak menggunakan sieve shaker dengan ukuran no. mesh 10, 30 dan 50. Setelah itu sampel dipisahkan untuk prose selanjutnya.

3.5.2 Density Separation

Pada tahap ini, mikroplastik dipisahkan dari sedimen kering dengan memanfaatkan densitas yang berbeda. Sampel yang sudah dipisahkan, ditimbang sebanyak 50 gram untuk kemudian dilarutkan menggunakan NaCl 150 ml pada gelas beker. Sampel diaduk secara merata selama 3 menit agar mikroplastik terangkat ke permukaan. Diamkan selama 24 jam dan ditutup menggunakan aluminium foil.

3.5.3 WPO (*Wet Peroxide Oxidation*)

Sampel yang telah didiamkan selama 24 jam kemudian filtratnya dipisahkan dari sedimen dengan cara dekantasi. Tahap WPO ini menggunakan H₂O₂ 30% sebanyak 50 ml yang dilarutkan bersamaan sampel kemudian diaduk menggunakan hotplate stirrer pada 60°C dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam dan ditutup aluminium foil. Tujuan dari WPO ini untuk menghilangkan bahan organik yang masih tersisa pada sampel.

3.5.4 Penyaringan

Penyaringan bertujuan untuk menyaring mikroplastik pada sampel. Alat dan bahan yang digunakan dalam penyaringan ini yaitu vacuum dan kertas saring dengan spesifikasi *Glass Microfiber (GF/B) Whatman* CAT No. 1821-047. Sistem penyaringan ini dilakukan dengan meletakkan kertas saring diatas pompa vacuum dan dilakukan penyedotan. Setelah proses vacuum selesai, pembilasan dilakukan pada mulut vacuum menggunakan aquades. Hal ini bertujuan untuk menghindari mikroplastik yang tertinggal pada mulut vacuum. Kertas

saring diletakkan pada cawan petri kemudian didiamkan pada suhu ruang hingga kering.

3.5.5 Pengamatan Sampel menggunakan mikroskop

Penggunaan mikroskop untuk mengamati kelimpahan mikroplastik pada sampel berdasarkan jumlah, jenis dan warna. Saat melakukan operasi mikroskop, dilakukan peningkatan perbesaran hingga mencapai 10 kali. Dalam memudahkan perhitungan mikroplastik, kertas sampel di bagi menjadi 4 kuadran.

3.5.6 Pengujian sampel menggunakan FTIR

Penggunaan FTIR dilakukan dengan meletakkan sampel di dalam kompartemen sampel atau dapat juga dengan mengambil mikroplastik yang dapat di ambil dari kertas saring, kemudian diletakkan pada detektor diputar hingga menyentuh sampel yang dipilih. Sampel dibawah FTIR dibaca oleh sinar inframerah. Cahaya yang dipantulkan mengarah ke detektor untuk pengukuran akhir dan konversi cahaya menjadi sinyal Listrik yang direkam oleh alat perekam. Hasil pengukuran FTIR disajikan dalam bentuk grafik intensitas dan daftar skor kemiripan polimer yang terbaca. Pengamatan dengan FTIR untuk mendeteksi kandungan unsur kimia pada mikroplastik. Alat ini beroperasi dengan prinsip mengidentifikasi dan menganalisis spektrum dari transformasi Fourier spektroskopi inframerah pada FTIR.

3.5.7 Pengujian Sampel menggunakan SEM

Pengujian mikroplastik dilakukan dengan menggunakan SEM untuk menganalisis morfologi dan ukuran partikel mikroplastik pada sampel.

3.6 Analisis Data

Analisis data degradasi mikroplastik pada penelitian ini dianalisis secara kuantitatif deskriptif dan inferensial. Analisis kuantitatif deskriptif dilakukan untuk membandingkan rata-rata kelimpahan mikroplastik pada sedimen tanah mangrove. Berikut ini analisis data yang digunakan pada penelitian ini:

A. Analisis mikroskop

Analisis mikroskop dan kamera mikroskop dilakukan untuk mengamati mikroplastik secara visual. Kelimpahan mikroplastik dihitung dengan rumus jumlah partikel/L (Masura et al., 2015) sebagai berikut:

$$\text{Kelimpahan mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah mikroplastik yang ditemukan (partikel)}}{\text{Berat sampel uji (gr)}}$$

Dengan; kelimpahan mikroplastik = partikel/kg/m²

B. Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektrum getaran unik setiap jenis polimer memungkinkan spektroskopi FTIR dan Raman untuk mengidentifikasi partikel mikroplastik. Oleh karena itu, mereka dapat dimasukkan ke dalam pengaturan mikroskopis yang memungkinkan pencitraan kimia (Xu et al., 2019). Metode spektroskopi FTIR dapat mendeteksi dan mengidentifikasi mikroplastik dengan lebih baik daripada metode sebelumnya (Hale et al., 2020; Wang & Wang, 2018). Ini karena batas mikroplastik hingga 5-10 µm dapat dideteksi melalui spektroskopi inframerah (Mintening et al., 2017; Yang et al., 2021). Beberapa jenis spektroskopi FTIR reflektansi total yang dilemahkan (ATR-FTIR), mikro-FTIR dan FTIR array bidang fokus. Metode spektroskopi mikro-FTIR, yang menggunakan sinar infra merah, banyak digunakan untuk menemukan dan membedakan jenis polimer mikroplastik. Hal ini disebabkan keunggulan mikro-FTIR, yaitu setiap polimer yang memiliki spektrum sidik jari (fingerprint) yang dapat membedakannya dari bahan alami. Namun, mikro-FTIR tidak begitu akurat dalam mengidentifikasi mikroplastik berukuran sangat kecil (<10 µm), dan operator harus memilih partikel yang diduga mikroplastik secara visual, yang dapat menyebabkan bias dalam analisis. Selain itu, partikel yang sangat kecil dan transparan atau tembus cahaya mungkin terlewatkan selama proses pemilihan awal.

Salah satu pendekatan yang populer untuk menemukan dan mengidentifikasi mikroplastik adalah spektroskopi ATR-FTIR, yang mengukur setiap sampel secara individu. Akibatnya, analisis partikel dari satu sampel membutuhkan waktu yang lama (waktu yang dihabiskan), terutama ketika ditemukan bahwa ada banyak partikel yang diduga mikroplastik (Veerasingam et al., 2020). Selain itu, metode spektroskopi

TR_FTIR memerlukan kontak dan tekanan probe dengan sampel target. Akibatnya, kerusakan dan hilangnya mikroplastik dapat terjadi (Yang et al., 2021). Ketika metode ATR-FTIR digunakan, ada kemungkinan bahwa mikroplastik tumpang tindih satu sama lain, yang dapat menyebabkan sinyal yang dibaca tidak akurat (Santos et al., 2020).

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui perubahan struktur kimia atau gugus fungsi plastik yang terdegradasi oleh jamur. Preparasi dilakukan dengan mengambil sampel yang diinkubasi selama 21 hari. Pengukuran struktur kimia menggunakan FTIR dilakukan pada rentang panjang gelombang 400-4000 cm^{-1} . Pelet dianalisis pada ukuran 4-1 resolusi dalam kisaran udar digunakan untuk spektrum latar belakang.

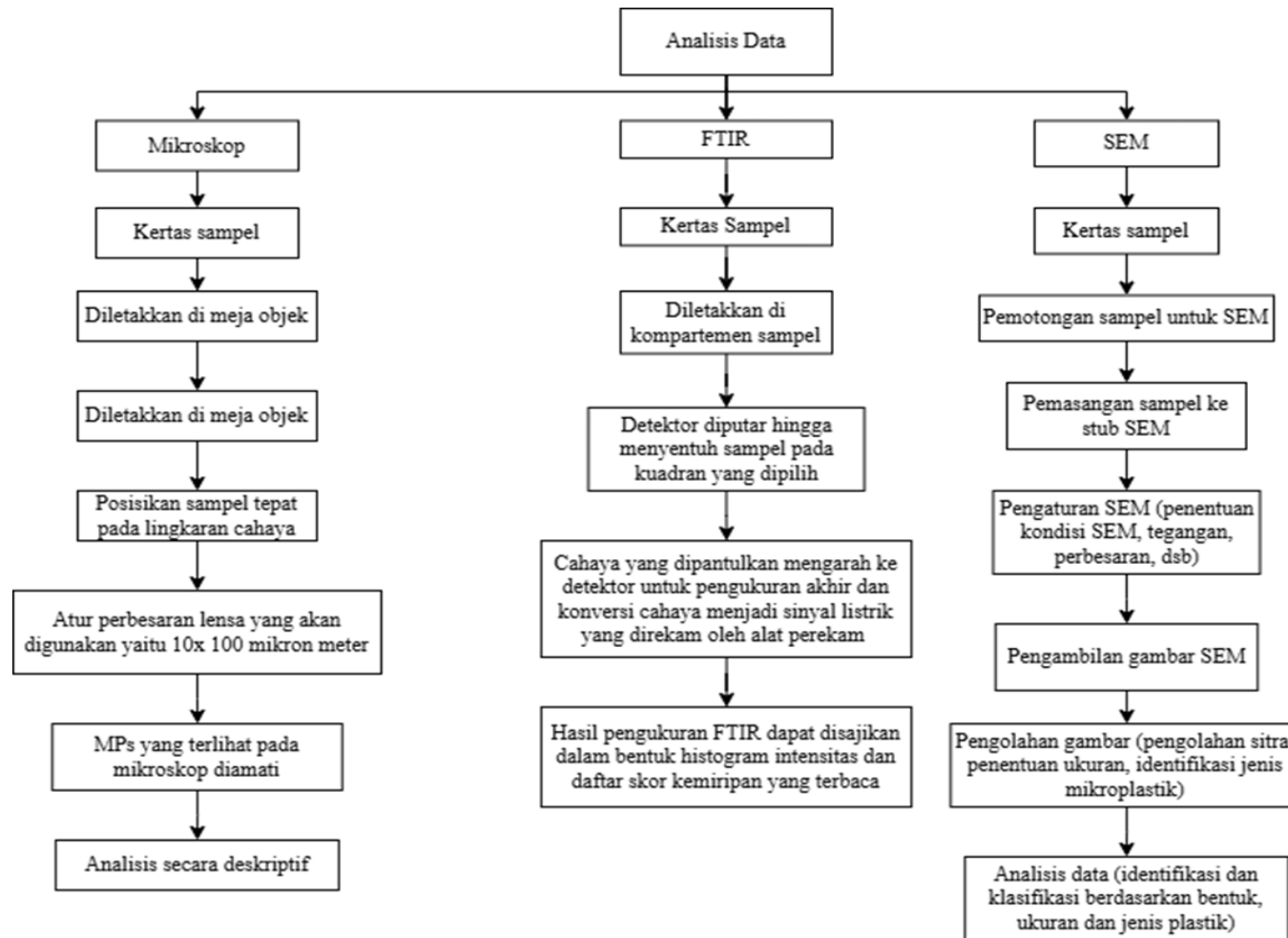
Dalam mekanisme FTIR, sinar dari sumber sinar diteruskan, dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang tegak lurus, dan kemudian dipantulkan oleh dua cermin (diam dan bergerak). Sinar dari kedua cermin ini kemudian dipantulkan kembali ke pemecah sinar dan berinteraksi satu sama lain. Sebagian dari sinar yang keluar dari pemecah sinar akan dikirim ke sampel dan sebagian lagi ke sumber. Semua atom dalam molekul mengalami perbedaan antara satu sama lain pada suhu di atas nol absolut. Sebuah ikatan kimia dapat memberikan frekuensi tertentu berdasarkan tingkat energinya. Besar energi vibrasi tiap atom atau molekul biasanya terdiri dari enam jenis, yaitu symmetrical stretch, assymmetrical stretch, scissoring, rocking, wagging, dan twisting. Getaran terjadi karena energi infra merah tidak cukup kuat untuk atomisasi dan eksitasi elektron pada molekul senyawa yang ditembakkan. Ketika frekuensi vibrasi tertentu sama dengan frekuensi radiasi inframerah yang mengenai molekul, molekul tersebut akan menyerap radiasi. Getaran ikatan ini akan menyebabkan momen dipol, yang menghasilkan gelombang listrik. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini disebut interferogram, dan dengan bantuan komputer, spektra inframerah dapat diubah menjadi interferogram (Tahid, 1994).

C. Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Salah satu jenis mikroskop elektron yang dikenal sebagai scanning electron microscopy (SEM) mampu menghasilkan gambaran permukaan sampel dengan resolusi tinggi. Teknik SEM bekerja dengan menggunakan hamburan balik elektron, juga dikenal sebagai elektron beam, pada permukaan objek, dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul pada permukaan objek (Setyaningsih & Septiano, 2019). Penggunaan Scanning Electron Microscopy (SEM) saat ini memungkinkan pemindaian area yang luas dan pengumpulan data yang sangat besar. Hal ini memungkinkan pengumpulan sampel karakteristik melalui pengumpulan objek dan pengumpulan statistik mereka; salah satu cara untuk melakukan ini adalah dengan menghasilkan gambar morfologi ukuran untuk menentukan distribusi ukurannya (Kharin, 2020). Gambar morfologi dan konsentrasi campuran bahan dapat diperoleh melalui pengujian SEM (Septiano et al., 2021).

D. Tahapan Analisis Data

Berikut tahapan analisis data mikroplastik pada penelitian ini yang menggunakan tiga alat yaitu mikroskop, FTIR, dan SEM. Tahapan dilihat pada Gambar 3.8. di bawah ini.



Gambar 3. 8 Tahapan Analisis Data

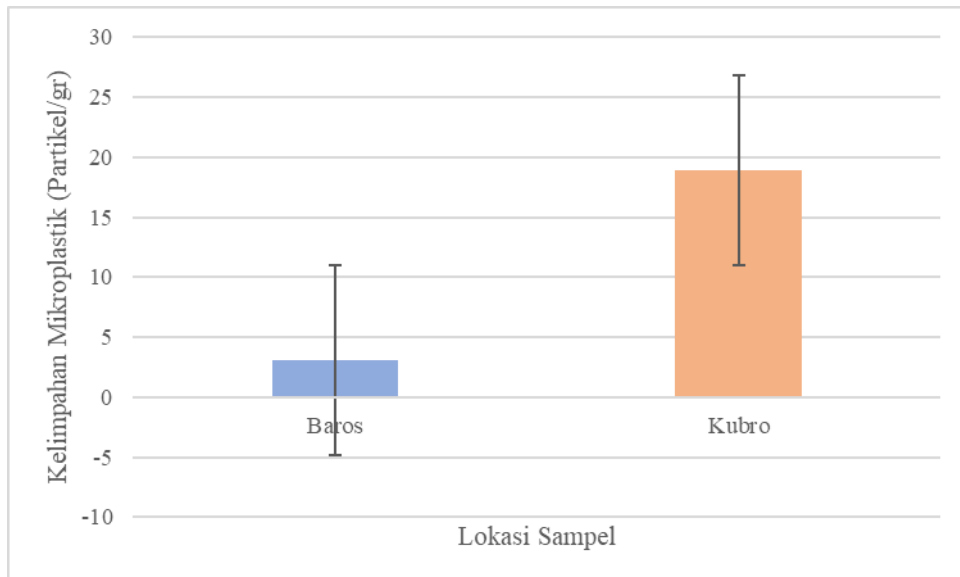
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Bentuk dan Warna

4.1.1 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah

Mikroplastik yang dihasilkan tersedia dalam berbagai jenis dan warna. Menurut Juao Frias *et al*, (2018), mikroplastik memiliki berbagai jenis, termasuk pellet, fragment, serat, film, filament, dan foam. Mereka juga dapat memiliki berbagai warna, seperti hitam, biru, putih, transparan, merah dan berwarna- warni. Jumlah mikroplastik diamati dengan perbesaran 10 kali. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil pengamatan jumlah partikel mikroplastik dalam setiap sampel pada Gambar 4.1. dan Tabel 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Kelimpahan Mikroplastik di Sampel Baros dan Kubro

Tabel 4. 1 Jumlah dan Kelimpahan Mikroplastik pada Baros dan Kubro

Lokasi Sampel	Jumlah MPs (partikel)	Berat Sampel (gr)	Kelimpahan (partikel/gr)	Rata-rata kelimpahan (partikel/gr)
Baros 1	396	50	7,92	3,04
Baros 2	38		0,76	
Baros 3	22		0,44	
Kubro 1	1149		22,98	18,88
Kubro 2	895		17,9	
Kubro 3	788		15,76	

Hasil pengamatan di atas menunjukkan bahwa masing-masing titik sampel memiliki jumlah mikroplastik yang berbeda. Pada titik sampel Baros 1 ditemukan 396 partikel mikroplastik, pada titik sampel Baros 2 38 partikel, dan pada sampel Baros 3 22 partikel. Pada titik sampel Kubro 1, ditemukan 1149 partikel mikroplastik, pada titik sampel Kubro 2 sebanyak 895 partikel, dan pada titik sampel Kubro 3 sebanyak 22 partikel. Berdasarkan penjelasan tersebut, sampel Kubro 1 mengandung jumlah mikroplastik terbanyak. Hal ini dapat disebabkan banyaknya sampah plastik di lingkungan mangrove.

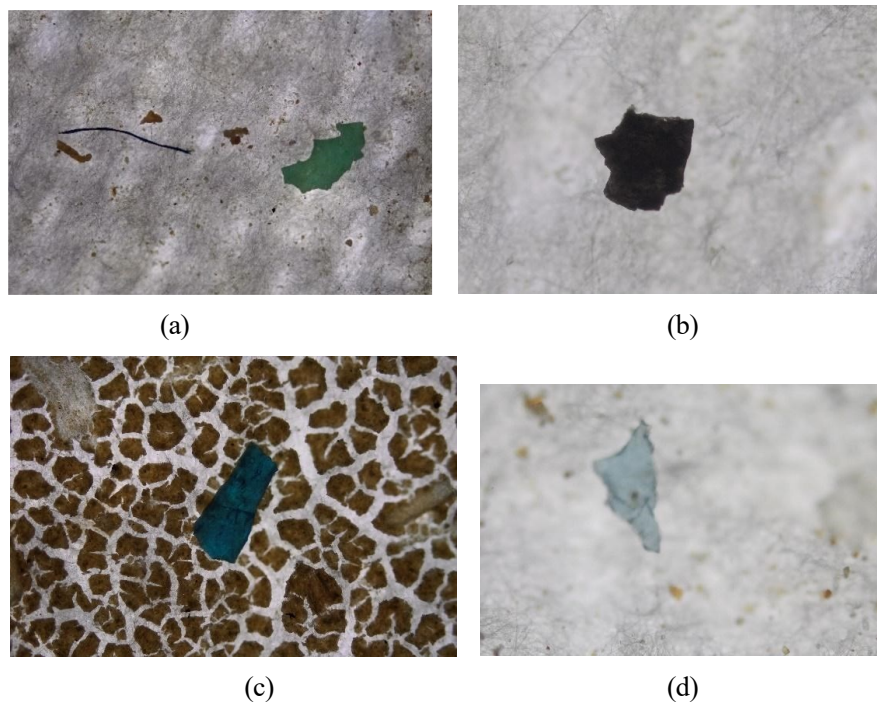
Menurut Yonkos et al.(2014) menyatakan bahwa urbanisasi adalah penyebab utama banyaknya mikroplastik di lingkungan. Daerah terpencil memiliki tingkat keberadaan mikroplastik yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah perkotaan. Pencemaran mikroplastik dapat disebabkan oleh kegiatan limbah (domestik), sampah, aliran runoff yang menuju badan air, dan endapan- endapan di tanah dan badan air. Hal ini mirip dengan kedua Lokasi pengambilan sampel. Di Pantai Baros, mikroplastik paling sedikit ditemukan sedangkan tanah mangrove di kawasan kubro paling banyak.

Berdasarkan Tabel 4.1 merupakan data kelimpahan mikroplastik pada Pantai Baros dan tanah mangrove di kawasan Kubro, dimana pada Kubro 1 menunjukkan kelimpahan mikroplastik tertinggi dibandingkan dengan titik lain, sebesar 11,49 partikel/gr dan jumlah mikroplastik yang paling rendah ditemukan pada sampel Baros 3 dengan kelimpahan 0,22 partikel/gr. Menurut Andrady (2011), banyaknya partikel mikroplastik yang ditemukan pada sedimen disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik pada jenis sedimen yang berbentuk lanau atau pasir berlumpur. Faktor lain yang mempengaruhi rata-rata kelimpahan mikroplastik pada sedimen ini adalah sedimen itu sendiri. Kehadiran mikroplastik relatif rendah di Pantai yang mayoritas terdiri dari pasir, karena pasir memiliki celah yang tidak rapat, yang membuat mikroplastik tidak mudah tertahan oleh gelombang (Satiyarti et al., 2022). Karena struktur tanah yang berlumpur, kubro menghasilkan lebih banyak mikroplastik. Menurut Dewi et al. (2015) menyatakan bahwa, jika dibandingkan dengan sedimen pasir atau batu, sedimen lunak lebih mudah untuk menangkap partikel mikroplastik.

Kawasan mangrove adalah tempat pemecah ombak yang mengakibatkan arus bergerak perlahan menuju daratan (Purba, 2017). Hal ini menyebabkan sampah terperangkap di area mangrove. Karena berada di dekat pasar yang masih beroperasi, limbah atau sampah warga sekitar juga berkontribusi pada peningkatan jumlah mikroplastik di pesisir Kubro. Aktivitas manusia dan kegiatan industri yang tinggi di Kota Semarang juga menjadi salah satu penyebab produksi limbah plastik meningkat. Wilayah pesisir Kota Semarang memiliki jaringan sungai lebih besar dan padat daripada wilayah Yogyakarta yang lebih jauh dari pusat kota.

4.1.2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Jenis mikroplastik yang ditemukan di sampel tanah mangrove ini dapat diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop. Jenis mikroplastik yang ditemukan terdiri dari pellet, fragment, fiber, dan film. Jenis-jenis mikroplastik yang memuat bentuk morfologi mikroplastik pada mikroskop dengan perbesaran 10x 1000 mikron meter digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Tabel 4.2 berikut menunjukkan jumlah mikroplastik berdasarkan bentuk yang telah dihitung.

Tabel 4. 2 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Jenis	Sampel Pantai Utara						Sampel Pantai Selatan					
	Baros 1		Baros 2		Baros 3		Kubro 1		Kubro 2		Kubro 3	
	Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah	
	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%
Fragment	63	16%	19	50%	2	9%	945	82%	693	77%	674	86%
Fiber	38	10%	12	32%	1	5%	10	1%	27	3%	17	2%
Film	254	64%	6	16%	2	9%	23	2%	20	2%	21	3%
Pelet	41	10%	1	3%	17	77%	171	15%	155	17%	76	10%

Berdasarkan Tabel 4.1, pada sampel Baros 1 ditemukan bentuk film mikroplastik dengan persentase 64% atau 254 partikel, untuk bentuk fragment ditemukan sebanyak 16% atau 63 partikel, sedangkan untuk bentuk fiber dan pellet ditemukan masing-masing sebanyak 10% dengan fiber 38 partikel dan pellet 41 partikel.

Pada sampel Baros 2 bentuk fragment paling banyak ditemukan sebanyak 50% atau 19 partikel, bentuk fiber sebanyak 32% atau 12 partikel, bentuk film ditemukan sebanyak 16% atau 6 partikel, dan paling sedikit yaitu pellet ditemukan 3% atau 1 partikel.

Pada sampel Baros 3 bentuk mikroplastik berupa pellet ditemukan sebanyak 17 partikel atau 77%, bentuk film dan fragment ditemukan masing-masing sebanyak 9% atau 2 partikel. Bentuk fiber ditemukan 5% atau 1 partikel.

Kemudian untuk sampel Kubro 1 ditemukan bentuk fragment sebanyak 82% atau 945 partikel, untuk pellet sebanyak 15% atau 171 partikel, bentuk film ditemukan sebanyak 2% atau 23 partikel dan paling sedikit yaitu bentuk fiber sebanyak 1% atau 10 partikel.

Pada sampel Kubro 2 ditemukan paling banyak yaitu bentuk fragment sebanyak 77% atau 693 partikel, bentuk pellet ditemukan sebanyak 17% atau 155 partikel, bentuk fiber ditemukan sebanyak 3% atau 27 partikel dan paling sedikit ditemukan bentuk film dengan banyak 2% atau 20 partikel.

Kemudian untuk sampel Kubro 3 yang ditemukan paling banyak yaitu bentuk fragment sebanyak 86% atau 674 partikel. Bentuk pellet ditemukan sebanyak 10%

atau 76 partikel. Bantuk film ditemukan dengan jumlah 3% atau 21 partikel. Bentuk fiber ditemukan paling sedikit pada sampel ini, sebanyak 2% atau 17 partikel.

Dari hasil penemuan mikroplastik pada setiap sampel, dapat disimpulkan bentuk fragment paling banyak ditemukan. Sumber pencemar fragment berasal dari pecahan plastic ukuran besar yang memiliki densitas lebih padar, menurut penelitian (Mauludy et al., 2019). Fotooksidasi oleh Cahaya Ultraviolet (UV) mempercepat fragmentasi plastik. Suhu adalah komponen penting dalam proses pemisahan sampah plastik menjadi partikel yang lebih kecil. Terakumulasinya mikroplastik bentuk fragment dapat dipengaruhi oleh oseanografi dan aktivitas manusia yang tinggi didaerah pesisir Pantai (Yona et al., 2019). Arus dan suhu adalah sua parameter oseanografi yang paling mempengaruhi keberadaan mikroplastik pada sedimen. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses mekanik dan pembentukan potongan plastik yang berukuran besar menjadi potongan plastik yang berukuran kecil adalah parameter arus (Layn et al., 2020). Distribusi mikroplastik memengaruhi dominasinya pada sedimen. Hal ini dipengaruhi dari sampah plastik yang terdegradasi dan limbah yang berasal dari kegiatan manusia yang masuk ke aliran sungai dan mengendap pada sedimen. Salinitas dapat mempengaruhi proses fragmentasi pada plastik. Karena tingkat salinitas yang tinggi, perairan memiliki densitas yang tinggi. Menurut teuten et al., (2009) menyatakan bahwa densitas plastik memengaruhi tingkat plastik terfragmentasi dalam air laut.

Setiap sampel yang diamati mengandung mikroplastik bentuk pellet. Pellet bulat berukuran kecil dan biasanya berwarna hitam, putih atau coklat. Pellet juga berasal dari aktivitas industri, sebagai bahan baku plastik (Laila et al., 2020). Jumlah bentuk pellet dipengaruhi oleh limbah rumah tangga, seperti air bekas cucian. Banyak jenis aktivitas yang menghasilkan mikroplastik (Ayuningtyas et al., 2019). Aktivitas antropogenik sebagai sumber pencemar seperti limbah industri, urbanisasi dan aktivitas manusia di sekitar perairan meningkatkan jumlah pellet plastik yang masuk ke ekosistem, terutama di daerah pesisir atau muara sungai.

Apabila dibandingkan dengan jenis fragment dan pellet, mikroplastik jenis film yang relatif rendah ditemukan dalam penelitian ini. Mikroplastik bentuk film, yang mudah hancur pada densitas yang rendah, biasanya digunakan untuk membungkus

tas dan plastik. Film berasal dari kantong kresek atau kemasan yang rusak, yang merupakan polimer plastik sekunder dengan massa jenis rendah (Azizah et al., 2020).

Dalam penelitian ini bentuk fiber menunjukkan angka paling sedikit. Jenis mikroplastik fiber paling banyak ditemukan pada sampel Baros 1. Mikroplastik jenis fiber berasal dari tali temali, jaring, dan alat penangkapan ikan lainnya (Sandra et al., 2021). Menurut Ambasari et al. (2022), mikroplastik jenis serat sering ditemukan di perairan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mereka adalah komponen utama dalam pembuatan pakaian, serat pakaian, jaring nelayan, dan bahan rumah tangga. Browne (2015) menunjukkan bahwa mikroplastik fiber yang ditemukan di habitat laut dapat berasal dari limbah domestik. Sumber limbah yang berasal dari kegiatan manusia yang masuk ke aliran sungai dan kemudian bermuara ke laut dan mengendap pada sedimen memengaruhi distribusi mikroplastik jenis fiber. Benang pakaian yang rusak dari cucian pakaian adalah contoh limbah kegiatan manusia.

Mikroplastik pada tanah memungkinkan mikroplastik masuk melalui lapisan tanah dan masuk ke sistem air tanah di lapisan paling dalam tanah (Chia et al., 2021). Sifat mikroplastik (seperti ukuran, bentuk dan hidrofobisitas) serta media tanah (seperti agregasi dan ukuran pori) dan aliran air (seperti kecepatan, difusi, infiltrasi, dispersi dan adsorpsi) mempengaruhi pelepasan dan transportasi mikroplastik dalam tanah (Chia et al., 2021). Terakumulasinya mikroplastik bentuk fragment dapat dipengaruhi oleh oseanografi dan aktivitas manusia yang tinggi di daerah pesisir Pantai (Yona et al., 2019).

Mikroplastik fragmen terdiri dari potongan kecil dari pipa paralon dan bahan sampah seperti botol, toples, dan map mika (Septian et al., 2018). Mikroplastik dapat ditemukan di permukaan, serpihan ban mobil, air limbah, air lindi, fragmentasi sampah plastic dari tempat pembuangan sampah dan atmosfer (Chia et al., 2021). Dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis tanah dan praktik pertanian, kontaminasi mikroplastik dalam tanah dapat berdampak pada sifat fisikokimia tanah seperti pH, agregasi dan kepadatan bulk. Pada gilirannya, ini dapat berdampak pada pertumbuhan tanaman dan aktivitas mikroba.

4.1.3 Mikroplastik Berdasarkan Warna

Setelah diidentifikasi dengan mikroskop, mikroplastik memiliki berbagai warna, seperti transparan, coklat, merah, hitam, biru, hijau dan kuning. Hasil identifikasi warna mikroplastik ditunjukkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

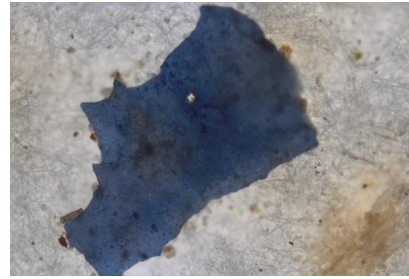
Tabel 4. 3 Hasil identifikasi warna mikroplastik

Jenis	Sampel Pantai Utara						Sampel Pantai Selatan					
	Kubro 1		Kubro 2		Kubro 3		Baros 1		Baros 2		Baros 3	
	Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah	
	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%
Transparan	217	19%	164	18%	161	20%	126	32%	10	26%	0	0%
Coklat	270	23%	188	21%	162	21%	171	43%	1	3%	3	14%
Merah	93	8%	58	6%	67	9%	26	7%	3	8%	0	0%
Hitam	445	39%	325	36%	228	29%	46	12%	18	47%	13	59%
Biru	0	0%	32	4%	25	3%	1	0%	3	8%	1	5%
Hijau	10	1%	22	2%	1	0%	8	2%	3	8%	5	23%
Kuning	114	10%	106	12%	144	18%	18	5%	0	0%	0	0%

Pada Tabel 4.3 menunjukkan jumlah partikel berdasarkan warna dan persentase masing-masing warna pada Lokasi tertentu. Adapun hasil pengamatan mikroplastik ini dapat dilihat pada Gamba 4.3. Dibawah.



(a)



(b)



(c)



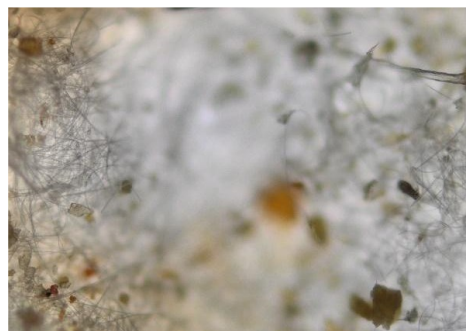
(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 4. 3 Mikroplastik Berdasarkan Warna

Berdasarkan data pada sampel Kubro 1 warna hitam paling banyak ditemukan sebanyak 39% atau 445 partikel. Warna coklat menjadi paling banyak kedua dengan jumlah 270 partikel atau 23%. Ditemukan juga mikroplastik paling banyak ke tiga berwarna transparan sebanyak 217 partikel atau 19%. Ke empat,

mikroplastik berwarna kuning sebanyak 144 partikel atau 10%. Mikroplastik berwarna merah ditemukan sebanyak 8% atau 93 partikel dan warna hijau sebanyak 1% atau 10 partikel.

Sampel Kubro 2 ditemukan mikroplastik paling banyak pertama berwarna hitam dengan jumlah 325 partikel atau 36% , kedua berwarna coklat sebanyak 188 partikel atau 21%, ketiga berwarna transparan sebanyak 164 partikel atau 18% dan keempat berwarna kuning sebanyak 106 partikel atau 12%. Adapun mikroplastik berwarna merah sebanyak 58 partikel atau 6%, berwarna biru sebanyak 32 partikel atau 4% dan berwarna hijau sebanyak 22 partikel atau 2%.

Pada sampel Kubro 3 menunjukkan mikroplastik paling banyak pertama berwarna hitam dengan jumlah 228 partikel atau 29%. Mikroplastik dengan jumlah terbanyak kedua berwarna coklat sebanyak 162 partikel atau 21%, ketiga berwarna transparan dengan jumlah 161 partikel atau 20%, dan ke empat berwarna kuning dengan banyak 144 partikel atau 18%. Adapun mikroplastik berwarna merah dengan banyak 67 partikel atau 9%, berwarna biru dengan banyak 25 partikel atau 3% dan ditemukan juga berwarna hijau sebanyak 1 partikel.

Selanjutnya pada sampel Baros 1 ditemukan mikroplastik paling banyak pertama berwarna coklat dengan jumlah 171 partikel atau 43%, kedua berwarna transparan dengan jumlah 126 partikel atau 32%, dan ketiga berwarna hitam dengan banyak 46 partikel atau 12%. Adapun mikroplastik berwarna merah dengan jumlah 26 partikel atau 7%, mikroplastik berwarna kuning sebanyak 18 partikel atau 5%, berwarna hijau sebanyak 8 partikel atau 2% dan ditemukan berwarna biru 1 partikel.

Pada sampel Baros 2 ditemukan mikroplastik berwarna hitam paling banyak dengan jumlah 18 partikel atau 47%, berwarna transparan sebanyak 10 partikel atau 26%, berwarna merah, hijau, dan biru masing-masing sebanyak 3 partikel atau 8%, dan berwarna sebanyak 1 partikel.

Pada sampel Baros 3 ditemukan paling banyak mikroplastik berwarna hitam dengan jumlah 13 partikel atau 59%. Adapun mikroplastik berwarna hijau sebanyak 5 partikel atau 23%, berwarna coklat sebanyak 3 partikel sebanyak 14%, dan berwarna biru sebanyak 1 partikel.

Warna mikroplastik yang gelap biasanya digunakan mendeteksi polimer polyethylene yang banyak mengambang dipermukaan air, dengan densitas yang

rendah, menurut Hiwari *et al.*, (2019). Bentuk serabut yang memanjang dari mikroplastik jenis fiber memiliki warna yang cerah seperti biru dan hijau. Warna mikroplastik tetap pekat, yang menunjukkan bahwa mereka belum berubah warna (GESAMP, 2015). Ditemukan warna coklat dan merah dalam jumlah lebih banyak dan diduga berasal dari limbah rumah tangga yang telah terdegradasi oleh sinar matahari. Warna biru hijau dan kuning dapat berasal dari kantong kemasan, senar pancing atau sisa deterjen (Kapo *et al.*, 2020). Mikroplastik berwarna putih kemungkinan besar berasal dari botol, styrofoam, dan wadah plastik.

Setiap sampel yang diamati mengandung mikroplastik bentuk pellet. Jenis ini berbentuk bulat, berukuran kecil dan biasanya berwarna hitam, putih atau coklat. Pellet berasal dari aktivitas industri dan juga sebagai bahan baku plastic (Laila *et al.*, 2020). Logam berat dapat membuat mikroplastik berwarna. Penambahan logam berat ke plastik dapat mengubah warna mikroplastik ketika terdegradasi (Massos, 2017). Tekstur permukaan mikroplastik warna hitam dapat dipengaruhi oleh kemampuan mereka untuk menyerap polutan. Hampir semua mikroplastik yang ditemukan berwarna pekat. Hal ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi massa jenis polimer *polyethylene* yang ditemukan di permukaan perairan. Kebanyakan kantong plastik terbuat dari polietilen (GESAMP, 2015).

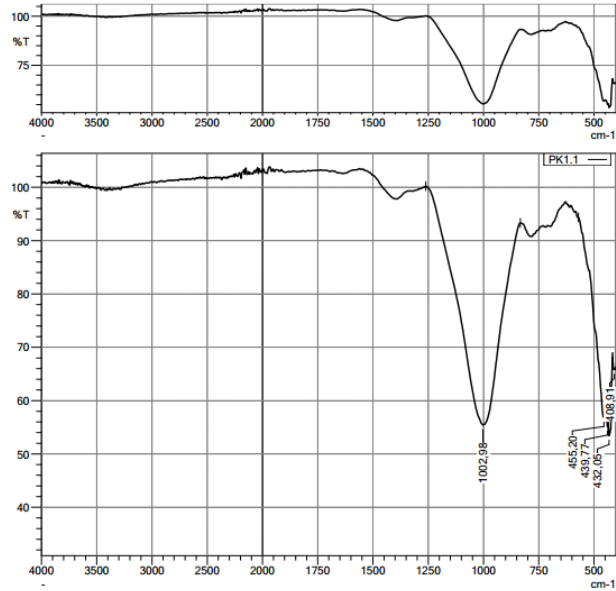
Pada penelitian ini juga ditemukan mikroplastik yang berwarna transparan. Jenis polimer *polypropylene* (PP) pada mikroplastik dapat diidentifikasi dengan warna transparan. Polimer *polypropylene* umumnya ditemukan di daerah perairan (Pedrotti *et al.*, 2014). Warna mikroplastik yang transparan juga dapat menunjukkan seberapa lama mikroplastik mengalami fotodegradasi oleh sinar ultraviolet (Hiwari *et al.*, 2019).

4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis Polimer

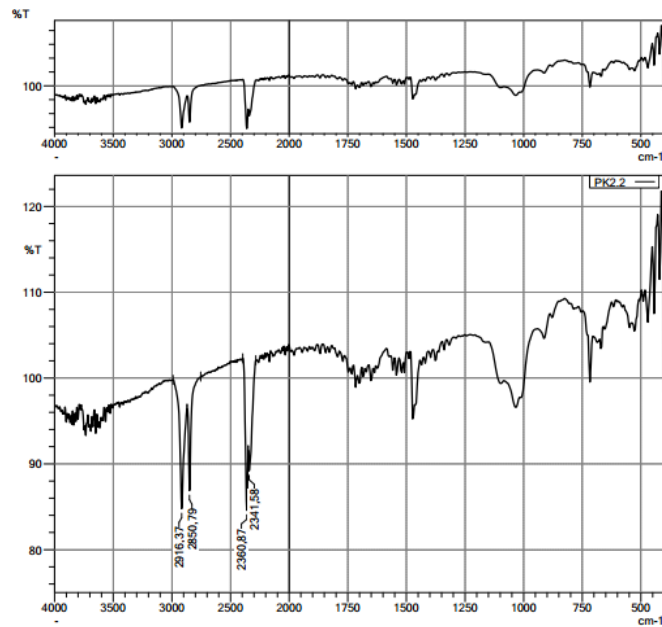
Jenis polimer yang ditemukan pada mikroplastik diidentifikasi dengan spektrofotometri FT-IR, yang merupakan instrumen Fourier-Transform Infrared Spectroscopy. Pembacaan gelombang FTIR dalam jangkauan 400-4000 cm^{-1} . Hasil analisis FT-IR diwakili dengan grafik intensitas dan daftar skor kemiripan polimer yang terbaca. Hasil analisis jenis polimer dari seluruh sampel menggunakan acuan peak dari penelitian (Vererasingam *et al.*, 2021) dan

(Grigorescu et al., 2019) sehingga jenis polimer dapat diketahui. Berikut grafik dan tabel hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 4.4. dan Tabel 4.4

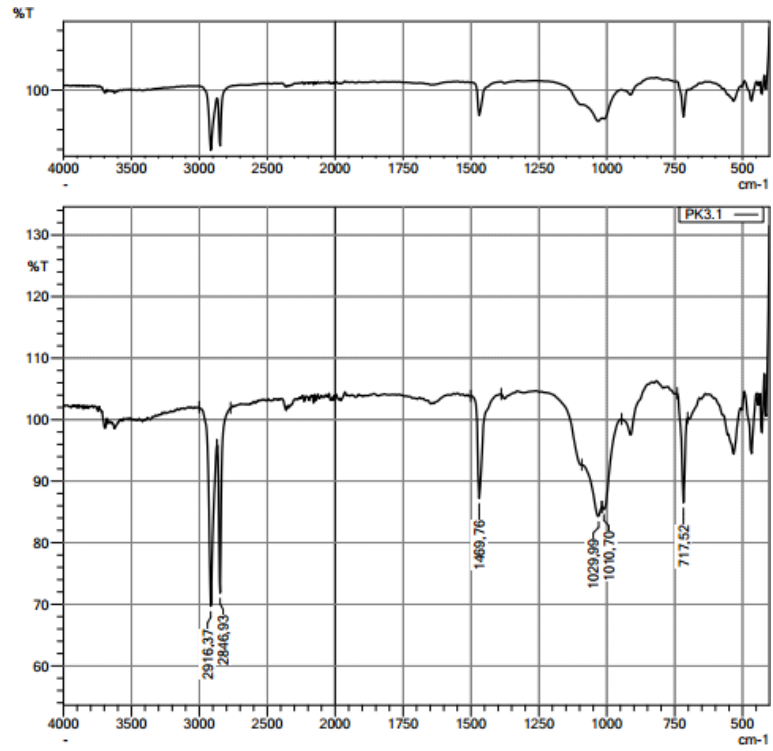
Berikut merupakan grafik hasil uji FTIR dari masing-masing sampel ditunjukkan pada Gambar 4.4



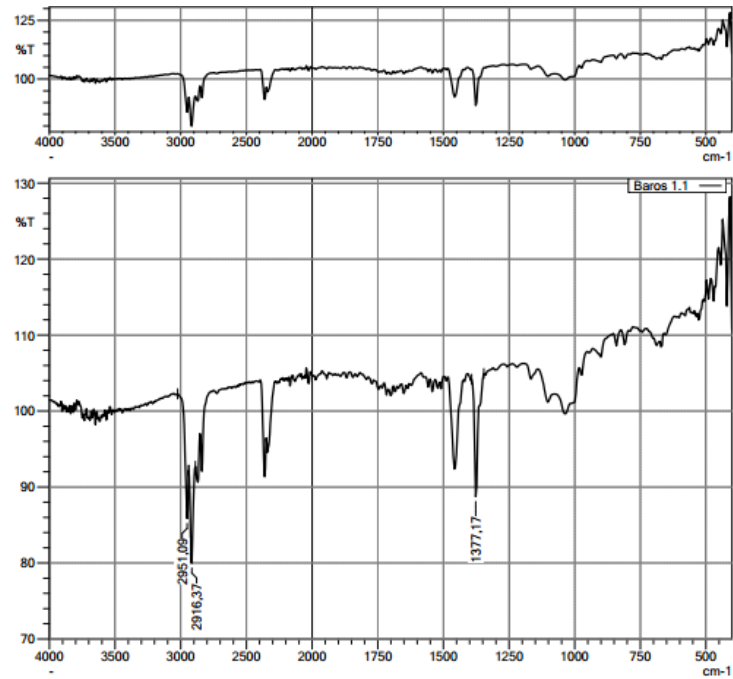
(a)



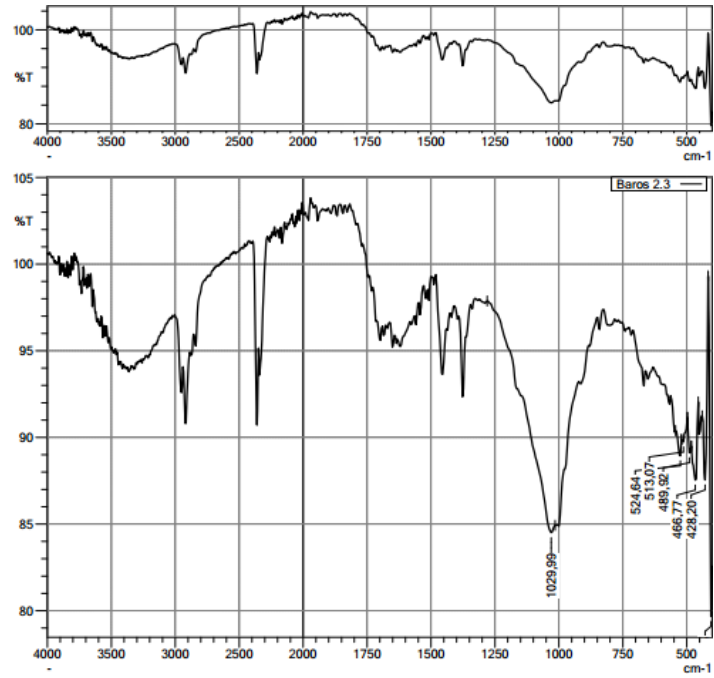
(b)



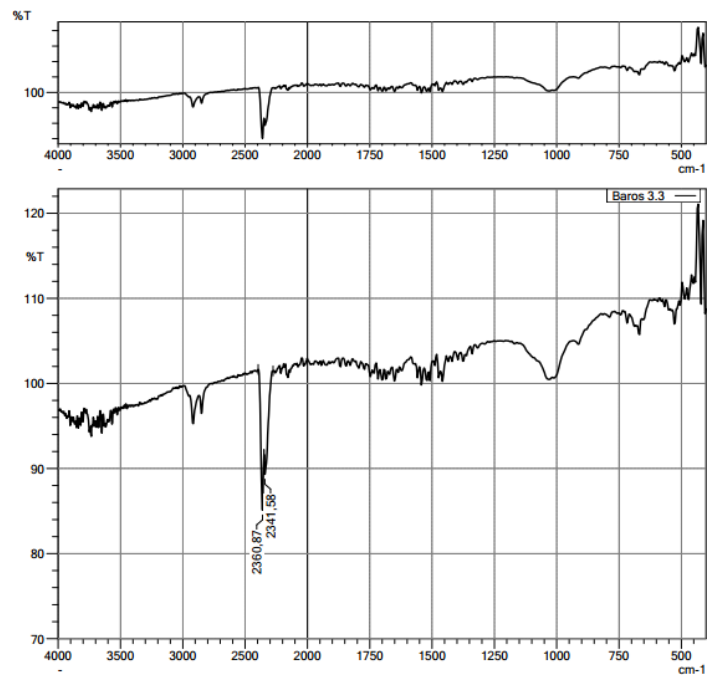
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4. 4 Grafik hasil analisis FTIR (a) Kubro 1; (b) Kubro 2; (c) Kubro 3; (d) Baros 1; (e) Baros 2; (f) Baros 3

Tabel hasil analisis mikroplastik menggunakan FTIR ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Hasil Analisis FT-IR pada Setiap Sampel

Lokasi Sampel	Titik Sampel	Nilai Peak m-1	Literatur (Veerasingam <i>et al.</i> , 2021; Grigorescu <i>et al.</i> , 2019)	Jenis Polimer
Pasar Kubro	Kubro 1	408,91	403	Polyamide (PA)
		432,05		
		439,77		
		455,20	495	Polyethylene terephthalate (PET)
		1002,98	997	Polypropylene (PP)
	Kubro 2	1026,13	997	Polypropylene (PP)
		2341,58	1713	Polyethylene(PE)
		2360,87		
	Kubro 3	717,52	694	Polystyrene (PS)
		1010,70	1013	Polycarbonate (PC)
		1029,99	1027	Polystyrene (PS)
		1469,76	1455	Polypropylene (PP)
		2846,93	2838	Polyethylene (PE)
2916,37	2915			
Baros	Baros 1	1377,17	1372	Nylon (all polyimides)
		2916,37	2858	Polyethylene (PE)
		2951,09	2932	
	Baros 2	405,05	403	Polyamide (PA)
		428,20		
		466,77	495	Polyethylene terephthalate (PET)
		489,92		
		513,07		
		524,64	537	Polystyrene (PS)
	1029,99	1027	Polystyrene (PS)	
	Baros 3	2341,58	1713	Polyethylene (PE)
		2360,87		

Berdasarkan hasil analisis FT-IR pada tabel diatas, didapatkan jenis polimer berupa *Polyamide* (PA), *Polyethylene terephthalate* (PET) *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), Nylon dan *Polyethylene* (PE).

A. *Polypropylene* (PP)

Mikroplastik jenis polypropylene adalah partikel plastik kecil yang berasal dari degradasi produk polypropylene yang lebih besar. *Polypropylene* adalah jenis plastik yang memiliki sifat mekanis yang baik, termasuk kestabilan dimensi yang baik, massa jenis yang rendah dan ketahanan panas dan kelembaban (Maryudi dan Setyawan, 2014). PP adalah botol transparan yang tidak jernih atau berawan. Polypropylene lebih ringan dan kuat, tidak tembus uap, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. *Polypropylene* (PP) adalah sumber mikroplastik fiber, menurut Zhao *et al.*, (2018). Industry tekstil mulai menggunakan PP untuk membuat karpet, kain bukan tenunan dan pakaian (Park *et al.*, 2004).

Karena memiliki fleksibilitas yang tinggi, polypropylene dapat terbawa arus air dan akhirnya mengendap pada sedimen mangrove. Kontaminasi polypropylene pada sedimen berpotensi terus meningkat karena banyaknya aktivitas manusia di sekitar ekosistem mangrove. Hal ini akan berdampak pada rantai makanan ekosistem pesisir.

B. *Polystyrene* (PS)

Polystyrene sering ditemukan di banyak tempat, mulai dari styrofoam (kemasan makan), peralatan rumah tangga, bahan buatan dan kendaraan (Nurhadi *et al.*, 2017). Mikroplastik polystyrene memiliki sifat persisten yang susah terurai. Persistent Organic Pollutants (POPs) dan PBTs (Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Substances) adalah beberapa senyawa kimia beracun yang terkandung dalam polistyrene (Ayuningtyas *et al.*, 2019). Produk dari tiap polimer dapat menghasilkan jenis mikroplastik seperti fil yang diduga berasal dari polimer Latex, PS, dan PP. Jung *et al.*, (2018) dan Zhao *et al.*, (2018) menyatakan bahwa mikroplastik film termasuk ke dalam jenis

PS dan PP. Densitas mikroplastik film paling rendah, menyebabkan lebih mudah terbawa oleh arus laut dan pasang tertinggi (Seprandita *et al.*, 2022). Abdaniah *et al.*, (2024) menyatakan bahwa kandungan *polystyrene* dalam Styrofoam dapat menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi pada kulit, dan mata. Selain itu, sebuah penelitian tahun 2018 dalam jurnal Epidemiologi mengungkapkan bahwa *polystyrene* dianggap bersifat karsinogenik dan berpotensi menyebabkan kanker pada manusia. Karena ukurannya yang sangat kecil, mereka dapat merusak rantai makanan ekosistem perairan. Manusia akan memakan ikan jika Styrofoam mencemari perairan. Hal ini ditunjukkan banyaknya polimer jenis film yang ditemukan paling banyak pada sampel Kubro 1.

C. *Polyethylene* (PE)

Polyethylene adalah jenis polimer yang paling umum digunakan dalam pembuatan kantong plastic dan banyak ditemukan di permukaan perairan (GESAMP, 2015). Polietilen (PE) digunakan sebagai plastik kemasan dan merupakan 92% plastik sintesis yang diproduksi di seluruh dunia (Ghatge *et al.*, 2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Dong *et al.*, 2021, bakteri *Pseudomonas* memiliki kemampuan untuk menghancurkan berbagai jenis polimer, termasuk polietilen (PE), low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE), dan polypropylene. Sharma dan Sharma (2004) melakukan studi laboratorium tentang bakteri yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan plastic dengan menggunakan *Pseudomonas stutzeri*. Bakteri ini terbukti dapat menghancurkan low-density polyethylene (LDPE) dan polyethylene (PE) dengan ketebalan rendah. Polimer ini ditemukan pada Kawasan Mangrove di pesisir Kubro.

D. *Polyamide* (PA)

Polimer poliamida dapat diidentifikasi dari munculnya serapan pada bilangan gelombang 1634 cm^{-1} yang berasal dari ikatan NH *primary amine (bending)*. Ikatan NH adalah bagian integral dalam

struktur poliamida, yang sering disebut nylon (Maulana, 2016). Plastik PA adalah polimer yang tersusun dari monomer amida yang tergabung dengan ikatan peptida. Poliamida adalah serat, yang dapat berupa serat buatan (*Synthetic Fiber*) atau alami (*Natural Fiber*). Poliamida, seperti wol dan sutra, dibuat melalui polimerisasi atau sintesis (fase padat). Nilon, aramid, dan sodium poli (aspartat) adalah poliamida buatan. Karena kekuatan dan daya tahannya yang luar biasa, poliamida banyak digunakan dalam industri tekstil, mobil, karpet, alat tangkap perikanan, dan pakaian olahraga (Parodi *et al.*, 2018). Polyamide dapat berasal dari serat kain yang hanyut ke laut atau dari alat tangkap ikan yang digunakan nelayan (Pawar *et al.*, 2016). Hal ini ditunjukkan hasil penelitian yang menunjukkan adanya fiber pada sampel Kubro.

E. *Polycarbonate (PC)*

Polikarbonat adalah jenis plastic yang dikenal kuat dan tahan lama. Sifat mekanis polikarbonat yaitu membutuhkan suhu tinggi dalam proses pengoperasiannya (Priyatmoko., 2022). Jenis polimer ini mengandung bahan kimiawi yang mengandung zat karsinogenik. Polikarbonat ditemukan pada botol susu bayi, gelas anak balita, botol minum olahraga dan plastik kemasan. Karena itu, sebaiknya dihindari pemakaian dalam keadaan panas (Karuniastuti, 2013).

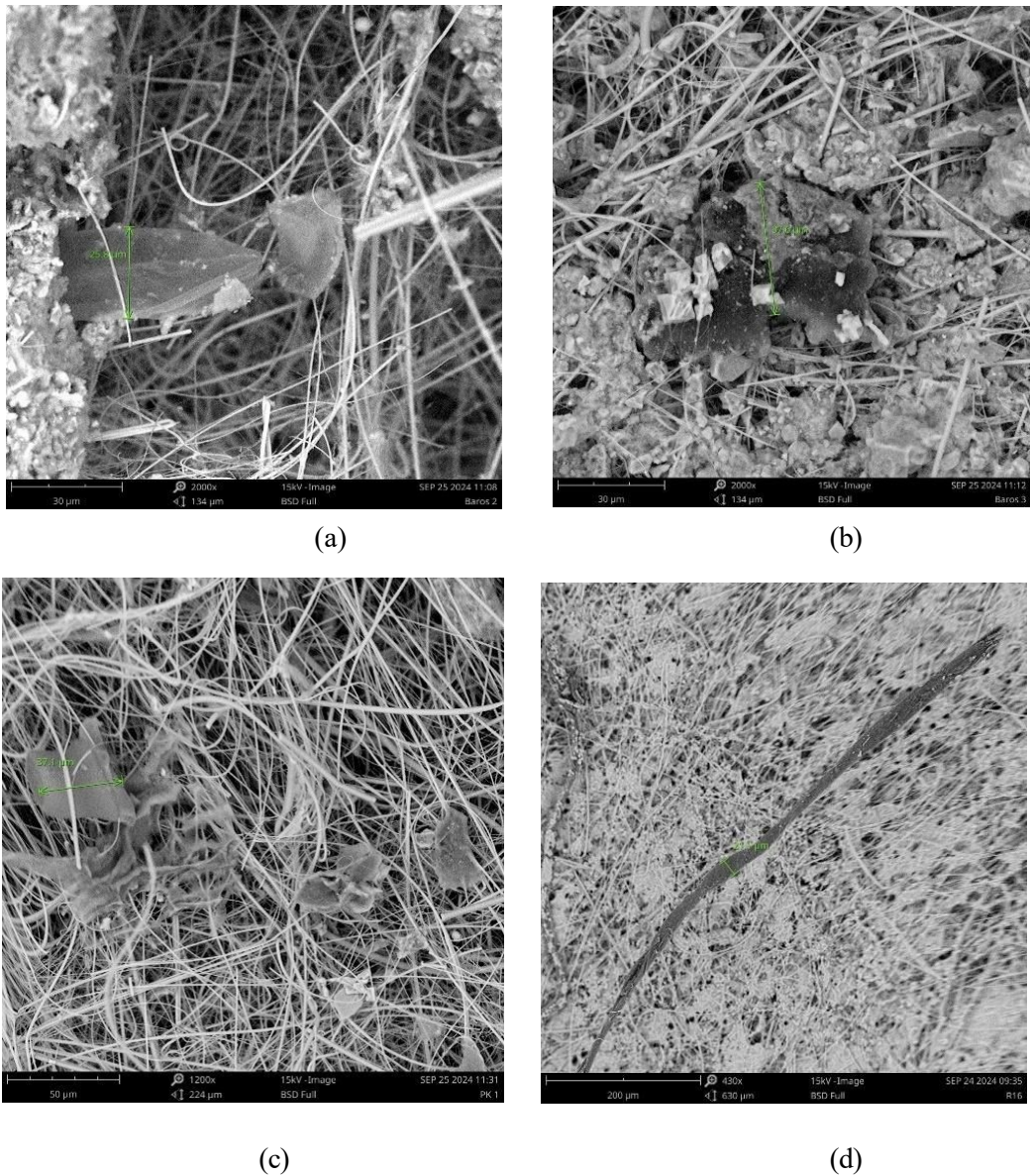
F. *Polyethylene terephthalate (PET)*

Polyethylene terephthalate (PET) merupakan salah satu jenis mikroplastik yang paling umum ditemukan di lingkungan terutama dalam bentuk sampah plastik dari botol dan kemasan makanan. PET digunakan dalam produksi botol atau wadah, antara lain minuman ringan berkarbonasi, minuman jus, dalam bentuk lembaran atau film dan industri makanan (Nistico, 2020). PET banyak ditemukan pada sedimen ekosistem mangrove di lokasi Kubro. Karena daya apung yang dipengaruhi oleh arus air, kemasan minuman yang terbuat dari PETE biasanya terakumulasi di dasar perairan dan mengapung di air. Namun, sampah kantong plastik lebih sering ditemukan di vegetasi

mangrove daripada botol, yang tidak dapat mengikuti aliran air pasang surut. Sebaliknya, akar mangrove dapat dengan mudah menyerap kantong plastik (Ivar et al., 2014).

4.3 Hasil Identifikasi Scanning Electron Microscope (SEM)

Uji sampel dilakukan menggunakan alas Scanning Electron Microscope (SEM), morfologi dan ukuran partikel dapat diamati melalui mikroskop elektron (SEM) pada mikroplastik pada setiap sampel. Hasil Uji SEM mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 4.5. berikut ini.



Gambar 4. 5 Bentuk morfologi (a) Baros 1: fragment; (b) Baros 2: pellet; (c) Kubro: pellet; (d) Kubro: fiber

Hasil analisis yang dilakukan pada masing-masing sampel menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) ditunjukkan pada gambar di atas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel mikroplastik memiliki morfologi yang halus dan kasar serta berbagai bentuk. Pada Gambar 4.4 diperoleh ukuran sampel yang beragam yaitu 30 μ m pada perbesaran 2000x, 50 μ m pada perbesaran 1200x, dan 200 μ m pada perbesaran 430x. Mikroplastik dengan ukuran di bawah 200 μ m sering ditemukan dalam air. Menurut Aulia et al., (2023), ukuran mikroplastik dengan ukuran di bawah 250 nm mendominasi sampel air permukaan, sedimen, dan biota. Bentuk dan ukuran mikroplastik diukur menggunakan spektroskopi (SEM). Nano Plastik dianggap membahayakan lingkungan serta kesehatan manusia. Karena nano plastik dapat melewati membrane sel dan mempengaruhi fungsi sel dengan ukurannya yang kecil.

Oleh karena itu, pencemaran limbah nanoplastik telah dianggap sebagai masalah lingkungan yang signifikan di seluruh dunia. Jika nanoplastik masuk ke saluran pencernaan manusia, diperkirakan akan merusak usus atau lambung karena pecahan nanoplastik tidak dapat dicerna oleh saluran pencernaan dan sebagian akan keluar bersama kotoran. Apabila masuk ke dalam sel darah maka akan mengganggu sistem syaraf pusat. Hal ini jika sering terjadi dapat mengganggu sistem pencernaan dan sistem saraf pada akhirnya (Firmasyah et al., 2021). Metilasi DNA merupakan sebuah proses perubahan epigenetik yaitu efek tambahan dari nanoplastik yang masuk ke dalam tubuh manusia dan sangat berbahaya (Siwidati & Tualeka, 2023).

4.4 Banyaknya Mikroplastik Terhadap Usia Sedimen Mangrove

Usia tanaman mangrove memengaruhi jumlah mikroplastik yang terkumpul di ekosistemnya. Mangrove yang lebih tua cenderung mengumpulkan mikroplastik yang lebih banyak, yang dapat mengganggu pertumbuhan dan fungsi ekosistem. Sebaliknya, mangrove berkontribusi pada pengurangan pencemaran plastik dengan menangkap dan menyaring mikroplastik dari lingkungan laut. Secara umum, ekosistem mangrove bertanggung jawab atas pengumpulan polutan mikroplasti, terutama terjadi pada mangrove dewasa di daratan.

Hal ini diidentifikasi pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 5 Perbandingan kondisi mangrove pada Kubro (Pantai Utara) dan Baros (Pantai Selatan)

Aspek	Mangrove Pantai Utara	Mangrove Pantai Selatan
Jumlah Pohon Mangrove	tanaman mangrove yang tersisa hanya sedikit di pinggir perbatasan pantai	kepadatan cukup tinggi
Karakteristik Fisik	Tanah berpasir, erosi tinggi, sampah melimpah, akar terbuka	Tanah berlumpur, stabil, akar tertutup oleh lumpur
Vegetasi Pendukung	Sedikit, banyak spesies invasif, rerumputan liar	Beragam, banyak semak dan liana khas mangrove
Jenis Mangrove	Biasanya 1–2 jenis, seperti <i>Avicennia marina</i>	Lebih beragam: <i>Rhizophora</i> , <i>Bruguiera</i> , <i>Avicennia</i> , dll.
Kepadatan Vegetasi	Rendah, banyak ruang terbuka karena banjir rob	Tinggi, vegetasi saling menutupi, terdapat konservasi sehingga banyak tanaman baru.
Kondisi Ekologis	Tidak stabil, fungsi ekologis menurun (penahan abrasi, karbon)	Stabil, berfungsi optimal untuk perlindungan dan penyerapan karbon
Keanekaragaman hayati	Rendah, sedikit fauna dan mikroorganisme	Tinggi, mendukung banyak spesies ikan, burung, dan makrofauna
Kondisi Perairan	Keruh, terkontaminasi, kadar oksigen rendah	Jernih, bersih, oksigen lebih tinggi
Kadar Mikroplastik	Tinggi, tercampur dengan sampah dari aktivitas manusia	Rendah, tersaring oleh struktur akar dan sedimen

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Shi Yun-feng, et al (2022), menunjukkan kelimpahan mikroplastik ditemukan lebih banyak pada lahan bakau dengan umur >20 tahun. Hal ini juga ditemukan pada penelitian di Pantai Utara

yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik lebih banyak karena tanaman mangrove yang berumur >15 tahun. Faktor lain penyebab kelimpahan mikroplastik bergantung pada kepadatan dan jenis aktivitas manusia (Yin K. et al 2021). Hal ini ditunjukkan pada kondisi pantai utara yang menimbun banyak sampah di sekitar tanaman mangrove. Tanaman mangrove juga memiliki peran penting dalam pemurnian air secara ekologis karena merupakan penyaring alami untuk kontaminan yang tidak mudah terurai seperti mikroplastik. Banyaknya jumlah mikroplastik dalam sedimen mangrove menunjukkan efisiensi habitat mangrove dalam menyerap dan mengumpulkan plastik dalam sedimennya (Martin et al, 2020). Hutan mangrove meningkatkan pengendapan partikel plastik pada sedimennya melalui jaringan yang dibuat oleh pneumatofornya. Karena tenggelamnya plastik bergantung pada ukuran sebagian besar partikel plastik kecil mencapai dasar, sementara item yang lebih besar mungkin tetap tersuspensi di permukaan air lebih lama (Koi et al, 2017).

4.5 Dampak Mikroplastik terhadap Mangrove

Mikroplastik dapat terakumulasi lapisan tanah dalam ekosistem mangrove, menghalangi aliran air dan nutrisi ke akar tanaman, dan mengganggu pertumbuhan dan reproduksi mangrove. Mikroplastik berasal dari limbah plastik yang sulit terurai yang akhirnya terurai menjadi partikel lebih kecil, yang mencemari lingkungan, termasuk wilayah hutan mangrove. Mangrove memiliki fungsi untuk mengurangi abrasi pantai dan mempertahankan keseimbangan ekosistem pesisir. Pencemaran mikroplastik menjadi masalah yang semakin penting di wilayah pesisir Indonesia, terutama di hutan mangrove. Hutan mangrove berfungsi sebagai tempat penyerapan limbah, termasuk mikroplastik, tetapi sampah plastik yang berasal dari sungai atau pembuangan ilegal dapat mengganggu fungsi ekologis dan tampilan hutan (Utami, Rismawati, dan Sapanli, 2018).

Menurut WWF Indonesia (2024), pola yang menarik menunjukkan kehadiran mikroplastik di hutan mangrove alami, lebih banyak mikroplastik ditemukan pada kedalaman yang lebih dalam, terutama pada kedalaman 20-30 cm. Secara keseluruhan, akumulasi mikroplastik di hutan mangrove dapat membahayakan lingkungan dan mempengaruhi biota laut, yang pada akhirnya dapat berdampak

pada manusia melalui konsumsi produk laut yang terpapar mikroplastik. Tanaman mangrove sangat penting untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem dan menjaga tepi pantai dari erosi, tetapi mikroplastik dapat menghalangi pertumbuhan dan reproduksi tanaman mangrove.

Pengumpulan dan penyebaran telah terbukti memiliki kemampuan untuk bergerak melalui jaringan vaskular dan proses endositosis di dalam tubuh tumbuhan. Dengan cara ini, pengumpulan partikel-partikel ini pada akar menghentikan aliran air dan nutrisi, yang mengganggu pertumbuhan cabang akar tanaman (Studi dan Lingkungan 2023). Mikroplastik tidak hanya berdampak negatif terhadap ekosistem mangrove, tetapi juga menimbulkan kerusakan pada ekosistem terumbu karang. Sebagai habitat penting yang menopang keanekaragaman hayati laut, terumbu karang sangat sensitif terhadap berbagai gangguan, termasuk pencemaran mikroplastik. Partikel mikroplastik dapat menimbulkan gesekan yang merusak, mengakibatkan cedera pada jaringan karang, serta memicu terjadinya pemutihan karang (coral bleaching). Hal ini membuktikan bahwa mikroplastik memiliki dampak tidak hanya pada organisme laut secara langsung, tetapi juga terhadap struktur dan fungsi keseluruhan ekosistem laut.

Mikroplastik tidak hanya menimbulkan ancaman serius terhadap keseimbangan ekosistem laut, tetapi juga berdampak buruk bagi kesehatan manusia. Paparan mikroplastik dapat meningkatkan risiko penyakit kanker, mengganggu fungsi hormon dalam sistem endokrin, serta memlemahkan sistem kekebalan tubuh. Selain itu, mikroplastik juga berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan dan menyebabkan peradangan atau pembengkakan pada saluran pencernaan, seperti usus.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisis yang berkaitan dengan penemuan mikroplastik pada sedimen mangrove di Baros DIY dan Pantai Utara Kubro Semarang:

1. Penelitian ini menemukan mikroplastik pada seluruh titik sampel, dengan kelimpahan tertinggi pada sampel Kubro, terutama pada sampel Kubro 1 sebanyak 1.149 partikel atau setara dengan 22,98 partikel/gr, dibandingkan sampel Baros ditemukan terbanyak 396 partikel atau 7,92 partikel/gr. Jenis mikroplastik yang teridentifikasi meliputi fragment, fiber, film dan pellet. Pada sampel Baros lebih dominan ditemukan mikroplastik jenis film sebanyak 262 partikel, sedangkan pada sampel Kubro lebih dominan fragment sebanyak 2.312 partikel. Adapun warna mikroplastik yang ditemukan pada setiap sampel antara lain transparan, cokelat, merah, hitam, biru, hijau dan kuning.
2. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel Kubro yaitu Polyamide (PA), Polystyrene (PS), Polypropylene (PP) dan Polyethylene (PE). Jenis polimer yang ditemukan pada sampel Baros yaitu Nylon, Polystyrene (PS) dan Polyethylene (PE).
3. Usia mangrove berpengaruh terhadap akumulasi mikroplastik, di mana mangrove yang lebih tua cenderung mengumpulkan lebih banyak mikroplastik dalam sedimennya. Hal ini menunjukkan peran penting mangrove, terutama yang telah dewasa, sebagai penyaring alami dalam mengurangi pencemaran plastik di lingkungan pesisir. Faktor lain seperti kepadatan penduduk dan aktivitas manusia juga turut memengaruhi kelimpahan mikroplastik. Jaringan akar mangrove, seperti pneumatofor, membantu meningkatkan pengendapan partikel mikroplastik ke dalam sedimen, menjadikan ekosistem ini efektif dalam menyerap dan menahan polutan plastik.

4. Mikroplastik tidak hanya mencemari perairan, tetapi juga menimbulkan gangguan terhadap keseimbangan ekosistem hutan mangrove dengan terakumulasi di dalam sedimen dan berdampak pada pertumbuhan serta proses fisiologi tanaman mangrove. Dampak mikroplastik juga meluas hingga ke manusia, terutama melalui konsumsi biota laut yang terkontaminasi.

5.2 Saran

Hasil penelitian menghasilkan rekomendasi berikut:

1. Untuk mengurangi kontaminasi mikroplastik di lingkungan perairan mangrove pada lokasi sampel Kubro, sebaiknya masyarakat setempat berkomitmen untuk mengelola limbah plastik dengan baik. Masyarakat juga dapat melakukan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, peningkatan sistem pengelolaan sampah serta edukasi publik menjadi langkah penting dalam mengatasi ancaman pencemaran mikroplastik di masa depan.
2. Mengingat temuan ini memiliki jenis mikroplastik yang signifikan di kedua lokasi, maka penelitian lanjutan diperlukan untuk memahami lebih dalam terkait dampak dan sumber kontaminasi.
3. Adanya studi komparatif antarekosistem yang memiliki tingkat tekanan antropogenik berbeda dapat dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih luas dan pemantauan jangka panjang dapat memberikan data tren yang berharga sebagai bagian dari penilaian efektivitas upaya mitigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(3011), 1596–1605.
- Akdogan, Z., & Guven, B. (2019). Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs. *Environmental Pollution*, 254, 113011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113011>
- Ambarsari, D. A., & Anggiani, M. (2022). Kajian kelimpahan mikroplastik pada sedimen di wilayah perairan laut Indonesia. *Oseana*, 47(1), 20–28.
- Ayunigtyas, W. C., Yona, D., Julinda, S. H., & Iranawati, F. (2019). Kelimpahan mikroplastik pada perairan di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 41–45.
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326–332.
- Browne, M. A., Underwood, A. J., Chapman, M. G., Williams, R., Thompson, R. C., & Van Franeker, J. A. (2015). Linking effects of anthropogenic debris to ecological impacts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1807). <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2929>
- Browne, M. A. (2015). Sources and pathways of microplastics to habitats. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 229–244). Springer International Publishing.
- Chai, B., Li, Y., Wang, L., Zhang, X. T., Wan, Y. P., Chen, F., Ma, J., Lan, W., & Pan, K. (2022). Microplastic contamination on the beaches of South China. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1–10.
- Cordova, M. R., & A'an, J. W. (2016). Microplastic in the deep-sea sediment of Southwestern Sumatera waters. *Marine Research in Indonesia*, 41(1), 27–35.
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Departemen Ilmu Kelautan*, 4(3), 121–131. <https://doi.org/10.13170/depik.4.3.2888>

- Dong, H., Chen, Y., Wang, J., Zhang, Y., Zhang, P., Li, X., Zou, J., & Zhou, A. (2021). Interaction of microplastics and antibiotic resistance genes and their effects on the aquaculture environment. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123961. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123961>
- Dou, P. C., Mai, L., Bao, L. J., & Zeng, E. Y. (2021). Microplastics on beaches and mangrove sediments along the coast of South China. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112806. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112806>
- Fathurrohmah, S. (2014). Perencanaan pemanfaatan ruang berbasis konservasi mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Semarang [Tesis, Universitas Gadjah Mada].
- Ghatge, S., Yang, Y., Ahn, J. H., & Hur, H. G. (2020). Biodegradation of polyethylene: A brief review. *Applied Biological Chemistry*, 63(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>
- GESAMP. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment (IMO Rep. No. 90). International Maritime Organization.
- Harahap, A. R. (2021). A study of distribution and mapping of microplastics in Sei Babura and Sei Sikambing River [Thesis, Universitas Sumatera Utara].
- Hastuti, A. R., Yulianda, F., & Wardiatno, Y. (2014). Distribusi spasial sampah laut di ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands*, 4(2), 94–107.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2), 165–171.
- Ivar, J. A., Costa, M. F., Silva-Cavalcanti, J. S., & Araújo, M. C. B. (2014). Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch. *Marine Pollution Bulletin*, 78(1–2), 252–257

- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez, C. V., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S. J., Hyrenbach, K. D., Jensen, B. A., & Lynch, J. M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 704–716.
- Frias, J., Nash, R., Pagter, E., & O'Connor, I. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. JPI-Oceans BASEMAN Project.
- Kapo, F. A., Toruan, L. N. L., & Paulus, C. A. (2020). The types and abundance of microplastics in surface water at Kupang Bay. *Jurnal Bahari Papadak*, 1(1), 10–21.
- Karuniastuti, N. (2013). Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan*, 3(1). (Catatan: nama jurnal dan volume disesuaikan, mohon konfirmasi jika berbeda)
- Kharin, A. Y. (2020). Deep learning for scanning electron microscopy: Synthetic data for the nanoparticle's detection. *Ultramicroscopy*, 218, 113125. <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2020.113125>.
- Kooi, M., van Nes, E. H., Scheffer, M., & Koelmans, A. A. (2017). The effect of biofouling on the vertical transport of microplastics. *Environmental Science & Technology*, 51(14), 7963–7971. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00400>
- Laila, Q. N., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2020). Kelimpahan mikroplastik pada sedimen di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1), 28–35.
- Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., Hartmann, N. B., Rehne Jensen, P., Nielsen, T. G., & Brinch, A. (2015). Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Danish Environmental Protection Agency.
- Layn, A. A., Emiyarti, & Ira. (2020). Distribusi mikroplastik pada sedimen di perairan Teluk Kendari. *Sapa Laut*, 5(2), 115–122.
- Li, T., Wang, Y., Jiao, M., Zhao, Z., Li, R., & Qin, C. (2023). Distinct microplastics abundance variation in root-associated sediments revealed the underestimation of mangrove microplastics pollution. *Science of the Total Environment*, 899, 165611. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165611>

- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., & Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, 214, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>
- Lusher, A. L., Peter, H., & Jeremy, M. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Martin, C., Baalkhuyur, F., Valluzzi, L., Saderne, V., Cusack, M., Almahasheer, H., Krishnakumar, P. K., Rabaoui, L., Qurban, M. A., Arias-Ortiz, A., & Masqué, P. (2020). Exponential increase of plastic burial in mangrove sediments as a major plastic sink. *Science Advances*, 6(44), eaaz5593. [https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5593:contentReference\[oaicite:3\]{index=3}](https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5593:contentReference[oaicite:3]{index=3})
- Martin, J., et al. (2020). (Judul artikel tidak lengkap, disarankan untuk menyertakan judul dan sumber secara penuh). Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7608790/#R23>
- Maryudi, & Setyawan, M. (2014). Karakterisasi sampah plastik pembungkus terseleksi untuk proses pirolisis. In *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)* (Vol. 2, pp. K39–K43).
- Massos, A., & Turner, A. (2017). Cadmium, lead and bromine in beached microplastics. *Environmental Pollution*, 227, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.035>.
- Maulina, W. (2016). Kajian membran komposit nilon-arang melalui karakterisasi FTIR dan SEM. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*, 2(1), 56–60.
- Mauludy, M. S., Yunanto, A., & Yona, D. (2019). Microplastic abundances in the sediment of coastal beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 73. <https://doi.org/10.22146/jfs.45871>.
- Ng, C. H., Mistoh, M. A., Teo, S. H., Galassi, A., Ibrahim, A., Sipaut, C. S., Foo, J., Seay, J., Taufiq - Yap, Y. H., & Janaun, J. (2023). Plastic waste and microplastic issues in Southeast Asia. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1142071>.
- Nor Mohamed, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2), 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>.

- Nurrohmah, E., Sunarto, & Khakhim, N. (2016). Pemilihan lokasi kawasan konservasi mangrove dengan pendekatan SIG partisipatif di wilayah pantai Kabupaten Semarang. *Majalah Geografi Indonesia*, 30(2), 149–168.
- O'Donovan, S., Mestre, N. C., Abel, S., Fonseca, T. G., Carteny, C. C., Cormier, B., Keiter, S. H., & Bebianno, M. J. (2018). Ecotoxicological effects of chemical contaminants adsorbed to microplastics in the clam *Scrobicularia plana*. *Frontiers in Marine Science*, 5, 143. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00143>
- Park, C. H., Kang, Y. K., & Im, S. S. (2004). Biodegradability of cellulose fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 94(1), 248–253. <https://doi.org/10.1002/app.20879>
- Parodi, E., Peters, G. W. M., & Govaert, L. E. (2018). Structure-properties relations for Polyamide 6. Part 1: Influence of the thermal history during compression moulding on deformation and failure kinetics. *Polymers*, 10(7), 775. <https://doi.org/10.3390/polym10070775>
- Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S., & Patil, R. B. (2016). Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. *Pencil Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40–54.
- Pedrotti, M. L., Bruzaud, S., Dumontet, B., Elineau, A., Petit, S., Grohens, Y., Voisin, P., Crebassa, J. C., & Gorsky, G. (2014). Plastic fragments on the surface of Mediterranean waters. In *CIESM Workshop Monographs No. 46: Marine Litter in the Mediterranean and Black Seas* (pp. 18–21). Tirana, Albania.
- Priyatmoko, W. (2022). Pengaruh ketebalan polycarbonate terhadap besarnya penyimpanan pada hasil vacuum thermoforming.
- Poedjirahadjo, E., Widyorini, R., & Mahayani, D. (2011). Kajian ekosistem mangrove hasil rehabilitasi dari berbagai tahun untuk estimasi kandungan ekstrak tanin di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 5(2), 99–107.
- Purba, N. P. (2017). Status sampah laut Indonesia. *ResearchGate*, 1–4.
- Rahmatillah, A. (2023). Analisis dan monitoring mikroplastik di muara sungai Kota Banda Aceh dan Aceh Besar (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Sharma, A., & Amitab, S. (2004). Degradation assessment of low density polyethylene (LDP) and polyethylene (PP) by an indigenous isolate of

- Pseudomonas stutzeri*. *Journal of Scientific & Industrial Research (India)*, 63, 293–296.
- Satiyarti, R. B., Pawhestri, S. W., & Adila, I. S. (2022). Identifikasi mikroplastik pada sedimen Pantai Sukaraja, Lampung. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 329–336.
- 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.
- Septian, F. M., Purba, N. P., Agung, M. U. K., Yuliadi, L. P. S., Akuan, L. F., & Mulyani. (2018). Sebaran spasial mikroplastik di sedimen pada Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Geomaritim Indonesia*, 1(1), 1–8.
- Septiano, A. F., Sutanto, H., & Susilo. (2021). Synthesis and characterization of resin lead acetate composites and ability test of X-ray protection. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/1/012086>
- Setyaningsih, N. E., & Septiano, A. F. (2019). Optimasi kualitas citra scanning electron microscopy (SEM) dengan metode contrast to noise ratio (CNR). *Prosiding Seminar Nasional IV Hasil Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan Indonesia, IV*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/6b8xh> (Tambahkan DOI jika tersedia atau URL jika daring).
- Studi, Program, & Teknik Lingkungan. (2023). Identifikasi mikroplastik pada kawasan mangrove di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh Provinsi Aceh (Skripsi Sarjana). Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Supusepa, J., Hulopi, M., Sahetapy, J. M., & Kalay, D. A. (2022). Pengenalan sumber daya moluska dan ekosistem lamun serta pengenalan mikroplastik dan dampaknya bagi lingkungan pesisir bagi siswa siswi SDN Negeri Lama Kecamatan Teluk Baguala Kota Ambon. *BALOB: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 27–37. <https://doi.org/10.30598/balobe.1.1.27-37>.
- Teuten, E. M., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H.,

- Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., & Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045.
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logam berat di perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*, 2621–7449.
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Verzhevskaja, L., Guganathan, L., & Vethamony, P. (2020). Microplastics in different environmental compartments in India: Analytical methods, distribution, associated contaminants and research needs. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 133, 116071. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116071>
- Viršek, M. K., Palatinus, A., Koren, S., Peterlin, M., Horvat, P., & Kržan, A. (2016). Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *Journal of Visualized Experiments*, (118), e55161. <https://doi.org/10.3791/55161>.
- Widianarko, B., & Hantoro, I. (2018). Mikroplastik dalam seafood dari Pantai Utara Jawa. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.
- Yin, K., Wang, D., Zhao, H., Wang, Y., Guo, M., Liu, Y., Li, B., & Xing, M. (2021). Microplastics pollution and risk assessment in water bodies of two nature reserves in Jilin Province: Correlation analysis with the degree of human activity. *Science of the Total Environment*, 799, 149390. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149390>.
- Yona, D., Maharani, M. D., Cordova, M. R., Elvania, Y., & Dharmawan, I. W. E. (2020). Microplastics analysis in the gill and gastrointestinal tract of coral reef fishes from three small outer islands of Papua, Indonesia: A preliminary study. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 497–507.

- Zhao, J., Ran, W., Teng, J., Liu, Y., & Liu, H. (2018). Microplastic pollution in sediments from the Bohai Sea and the Yellow Sea, China. *Science of the Total Environment*, 640–641, 637–645. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.346>.
- Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., Wang, Y., Mu, J., Wang, P., Lin, X., & Ma, D. (2017). Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 231, 541–548. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.058>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan Mikroplastik

Lokasi Sampel	Jumlah MPs (partikel)	Berat Sampel (gr)	Kelimpahan (partikel/gr)	Rata-rata kelimpahan (partikel/gr)
Baros 1	396	50	7,92	3,04
Baros 2	38		0,76	
Baros 3	22		0,44	
Kubro 1	1149		22,98	18,88
Kubro 2	895		17,9	
Kubro 3	788		15,76	

Pantai Selatan

a. Baros 1

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Berat sampel uji (gr)}} = \frac{396}{50} = 7,92$$

b. Baros 2

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Berat sampel uji (gr)}} = \frac{38}{50} = 0,76$$

c. Baros 3

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Berat sampel uji (gr)}} = \frac{22}{50} = 0,44$$

Pantai Utara

a. Kubro 1

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Berat sampel uji (gr)}} = \frac{1149}{50} = 22,98$$

b. Kubro 2

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Berat sampel uji (gr)}} = \frac{895}{50} = 17,9$$

c. Kubro 3

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Berat sampel uji (gr)}} = \frac{788}{50} = 15,76$$

Perhitungan Persentase Bentuk Mikroplastik

Jenis	Sampel Pantai Utara						Sampel Pantai Selatan					
	Baros 1		Baros 2		Baros 3		Kubro 1		Kubro 2		Kubro 3	
	Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah	
	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%
Fragment	63	16%	19	50%	2	9%	945	82%	693	77%	674	86%
Fiber	38	10%	12	32%	1	5%	10	1%	27	3%	17	2%
Film	254	64%	6	16%	2	9%	23	2%	20	2%	21	3%
Pellet	41	10%	1	3%	17	77%	171	15%	155	17%	76	10%
Total	396		38		22		1149		895		788	

Pantai Selatan

a. Baros 1

$$\text{Fragment} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{63}{396} = 16\%$$

$$\text{Fiber} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{38}{396} = 10\%$$

$$\text{Film} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{254}{396} = 64\%$$

$$\text{Pellet} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{41}{396} = 10\%$$

b. Baros 2

$$\text{Fragment} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{19}{38} = 50\%$$

$$\text{Fiber} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{12}{38} = 32\%$$

$$\text{Film} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{6}{38} = 16\%$$

$$\text{Pellet} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{1}{38} = 3\%$$

c. Baros 3

$$\text{Fragment} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{2}{22} = 9\%$$

$$\text{Fiber} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{1}{22} = 5\%$$

$$\text{Film} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{2}{22} = 9\%$$

$$\text{Pellet} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{17}{22} = 77\%$$

Pantai Utara

a. Kubro 1

$$\text{Fragment} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{945}{1149} = 82\%$$

$$\text{Fiber} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{10}{1149} = 1\%$$

$$\text{Film} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{23}{1149} = 2\%$$

$$\text{Pellet} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{171}{1149} = 15\%$$

b. Kubro 2

$$\text{Fragment} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{693}{895} = 77\%$$

$$\text{Fiber} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{27}{895} = 3\%$$

$$\text{Film} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{20}{895} = 2\%$$

$$\text{Pellet} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{155}{895} = 17\%$$

c. Kubro 3

$$\text{Fragment} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{674}{788} = 86\%$$

$$\text{Fiber} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{17}{788} = 2\%$$

$$\text{Film} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{21}{788} = 3\%$$

$$\text{Pellet} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{76}{788} = 10\%$$

Perhitungan persentase warna mikroplastik

Jenis	Sampel Pantai Utara						Sampel Pantai Selatan					
	Kubro 1		Kubro 2		Kubro 3		Baros 1		Baros 2		Baros 3	
	Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah		Jumlah	
	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%	Partikel	%
Transparan	217	19%	164	18%	161	20%	126	32%	10	26%	0	0%
Coklat	270	23%	188	21%	162	21%	171	43%	1	3%	3	14%
Merah	93	8%	58	6%	67	9%	26	7%	3	8%	0	0%
Hitam	445	39%	325	36%	228	29%	46	12%	18	47%	13	59%
Biru	0	0%	32	4%	25	3%	1	0%	3	8%	1	5%
Hijau	10	1%	22	2%	1	0%	8	2%	3	8%	5	23%
Kuning	114	10%	106	12%	144	18%	18	5%	0	0%	0	0%

Pantai Selatan

a. Baros 1

$$\text{Transparan} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{126}{396} = 32\%$$

$$\begin{aligned} \text{Coklat} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{171}{396} = 43\% \\ \text{Merah} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{26}{396} = 7\% \\ \text{Hitam} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{46}{396} = 12\% \\ \text{Biru} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{1}{396} = 0\% \\ \text{Hijau} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{8}{396} = 2\% \\ \text{Kuning} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{18}{396} = 5\% \end{aligned}$$

b. Baros 2

$$\begin{aligned} \text{Transparan} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{10}{38} = 26\% \\ \text{Coklat} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{1}{38} = 3\% \\ \text{Merah} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{3}{38} = 8\% \\ \text{Hitam} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{18}{38} = 47\% \\ \text{Biru} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{3}{38} = 8\% \\ \text{Hijau} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{3}{38} = 8\% \\ \text{Kuning} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{0}{38} = 0\% \end{aligned}$$

c. Baros 3

$$\begin{aligned} \text{Transparan} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{0}{22} = 0\% \\ \text{Coklat} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{3}{22} = 14\% \\ \text{Merah} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{0}{22} = 0\% \\ \text{Hitam} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{13}{22} = 59\% \\ \text{Biru} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{1}{22} = 5\% \\ \text{Hijau} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{5}{22} = 23\% \\ \text{Kuning} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{0}{22} = 0\% \end{aligned}$$

Pantai Utara

a. Kubro 1

$$\begin{aligned} \text{Transparan} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{217}{1149} = 19\% \\ \text{Coklat} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{270}{1149} = 23\% \\ \text{Merah} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{93}{1149} = 8\% \\ \text{Hitam} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{445}{1149} = 39\% \\ \text{Biru} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{0}{1149} = 0\% \\ \text{Hijau} &= \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{10}{1149} = 1\% \end{aligned}$$

$$\text{Kuning} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{114}{1149} = 10\%$$

b. Kubro 2

$$\text{Transparan} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{164}{895} = 18\%$$

$$\text{Coklat} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{188}{895} = 21\%$$

$$\text{Merah} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{58}{895} = 6\%$$

$$\text{Hitam} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{325}{895} = 36\%$$

$$\text{Biru} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{32}{895} = 4\%$$

$$\text{Hijau} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{22}{895} = 2\%$$

$$\text{Kuning} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{106}{895} = 12\%$$

c. Kubro 3

$$\text{Transparan} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{161}{788} = 20\%$$

$$\text{Coklat} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{162}{788} = 21\%$$

$$\text{Merah} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{67}{788} = 9\%$$

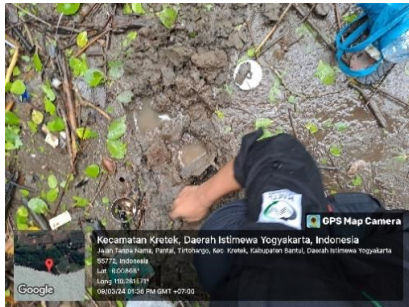
$$\text{Hitam} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{228}{788} = 29\%$$

$$\text{Biru} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{125}{788} = 3\%$$

$$\text{Hijau} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{1}{788} = 0\%$$

$$\text{Kuning} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{total partikel}} = \frac{144}{788} = 18\%$$

Lampiran 2. Proses Pengambilan Sampel



Lampiran pengambilan sampel kubro



vegetasi mangrove



Pengambilan sampel baros



pengambilan sampel



Lokasi sampling kubro



vegetasi kubro



Vegetasi mangrove



jenis mangrove



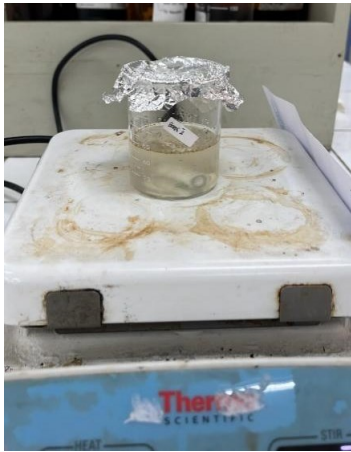
Ayakan mesh



hasil sampel yang sudah di ayak



Density separation



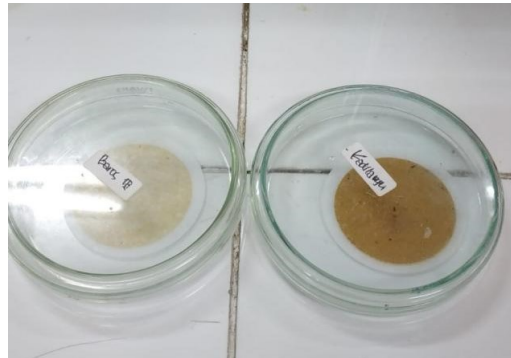
WPO



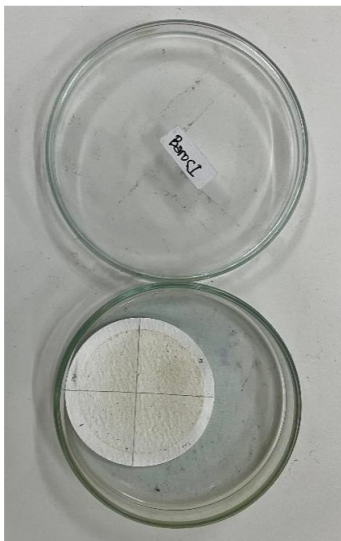
WPO



Pembuatan NaCl



sampel yang sudah di saring



Sampel yang sudah di saring



sampel yang sudah di saring



Penyaringan sampel dengan vaccum



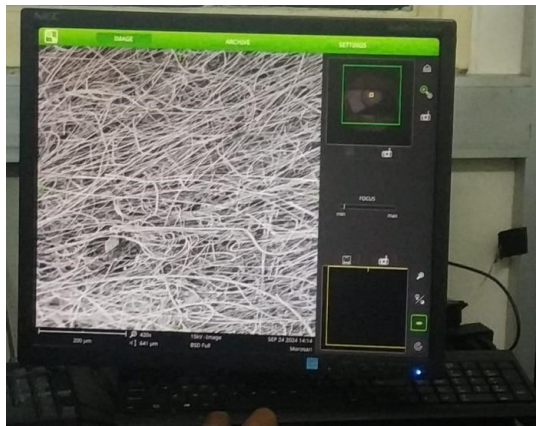
Proses penyaringan



Sampel yang dilarutkan dengan NaCl



Pengujian dengan SEM



Sampel SEM



Persiapan sampel untuk pengujian SEM

RIWAYAT HIDUP



Foto profil terbaru dicantumkan di sini.

Dalam riwayat hidup dijelaskan tempat dan tanggal kelahiran mahasiswa, putra dan putri ke-berapa dari orang tua, nama kedua orang tua atau wali. Pendidikan penulis sejak sekolah menengah hingga terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Lingkungan UII juga silakan ditulis juga. Kegiatan penulis di luar akademik yang menunjang pendidikan juga sebaiknya dicantumkan, terutama prestasi akademik yang pernah diraih selama masa kemahasiswaan. Silakan tambahkan foto profil terbaru juga di bagian awal Riwayat Hidup, seperti contoh di atas.

Uraian tentang riwayat hidup boleh dibuat dalam beberapa paragraf. Meskipun begitu, tidak boleh lebih dari satu halaman.