

**DISTRIBUSI VERTIKAL MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI
PESISIR KABUPATEN ACEH BESAR DAN KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**MAULIZUL BARZAN
NIM.190702059
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

DISTRIBUSI VERTIKAL MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI PESISIR KABUPATEN ACEH BESAR DAN KOTA BANDA ACEH

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai salah satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

Maulizul Barzan

NIM. 190702059

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.

NIDN. 2015128901

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.

NIDN. 2002028301

AR - RANIRY

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
DISTRIBUSI VERTIKAL MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI PESISIR
KABUPATEN ACEH BESAR DAN KOTA BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Jum'at/ 8 Maret 2024
Jum'at/ 27 Syaban 1445 H

di Darussalam, Banda Aceh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIP. 198912132014031002

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIP. 19830202201503

Penguji I,

Penguji II,

Dr.Eng. Nur Aida, M.Si
NIP. 197806162005012009

Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maulizul Barzan
NIM : 190702059
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Distribusi Vertikal Mikroplastik Pada Sedimen di Pesisir Kabupaten Aceh Besar Dan Kota Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik; dan
6. Tidak memanipulasi dan memasukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

h, 25 April 2024


E4CC2ALX059574092 Maulizul Barzan

ABSTRAK

Nama : Maulizul Barzan
NIM : 190702059
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Distribusi Vertikal Mikroplastik Pada Sedimen Pesisir
Kabupaten Aceh Besar Dan Kota Banda Aceh
Tanggal Sidang : 8 Maret 2024
Pembimbing 1 : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc
Pembimbing 2 : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
Kata Kunci : Mikroplastik, Sedimen, Pesisir, Muara, Pantai, Vertikal

Mikroplastik telah terdeteksi secara meluas di alam, khususnya di perairan. Kehadiran mikroplastik di perairan dapat berdampak buruk pada lingkungan, termasuk kehidupan organisme dan bahkan dapat membahayakan kesehatan manusia. Studi ini bertujuan untuk mengetahui distribusi secara vertikal, kelimpahan, jenis, dan hubungan mikroplastik dengan lapisan sedimen dalam di pantai dan muara sungai Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Proses penelitian dimulai dengan pengambilan sampel, persiapan sampel, dan analisis sampel. Identifikasi mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop binokuler dengan pembesaran lensa $10 \times 4,5$. Kelimpahan mikroplastik ditujukan beberapa lapisan sedimen mulai dari 0-10, 10-20, dan 20-30 cm. Kelimpahan masing-masing berkisar antara 1 hingga 510 partikel/kg, 1 hingga 340 partikel/kg, dan 1 hingga 240 partikel/kg. Analisis korelasi Pearson mengungkapkan hubungan antara kedalaman lapisan sedimen dan kelimpahan mikroplastik setelah memastikan normalitas dan linearitas data. Korelasi negatif sebesar -0,582 dengan signifikansi 0,01 mengindikasikan bahwa semakin dalam kedalaman, kelimpahan mikroplastik cenderung berkurang. Temuan mikroplastik ini menunjukkan bahwa di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh sudah terkontaminasi oleh mikroplastik yang dapat menimbulkan masalah serius bagi organisme di perairan tersebut.

ABSTRACT

Name : Maulizul Barzan
NIM : 190702059
Study Program : Environmental Engineering
Title : Vertical Distribution of Microplastics in Coastal Sediments of Aceh Besar Regency and Banda Aceh City
Hearing Date : 8 March 2024
Supervisor 1 : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc
Supervisor 2 : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
Keywords : Microplastics, Sediment, Coastal, Estuary, Beach, Vertical

Microplastics have been widely detected in nature, especially in waters. The presence of microplastics in waters can have a negative impact on the environment, including the lives of organisms and can even endanger human health. This study aims to determine the vertical distribution, abundance, types and relationship of microplastics with deep sediment layers on the beaches and river estuaries of Banda Aceh and Aceh Besar District. The research process begins with sampling, sample preparation, and sample analysis. Microplastic identification was carried out using a binocular microscope with a lens magnification of 10×4.5 . The abundance of microplastics in several sediment layers starts from 0-10, 10-20, and 20-30 cm. The respective abundances ranged from 1 to 510 particles per kilogram of dry sediment, 1 to 340 particles per kilogram of dry sediment, and 1 to 240 particles per kilogram of dry sediment. Pearson correlation analysis revealed the relationship between sediment layer depth and microplastic abundance after ensuring normality and linearity of the data. A negative correlation of -0.582 with a significance of 0.01 indicates that as the depth increases, the abundance of microplastics tends to decrease. These microplastic findings show that the coasts and river estuaries of Aceh Besar Regency and Banda Aceh City have been contaminated by microplastics which can cause serious problems for organisms in these waters.

KATA PENGANTAR

Bismillah dengan memanjatkan puji dan syukur selalu tersampaikan kepada Allah Swt. yang telah menganugerahkan karunia dan perlindungannya, serta nikmat yang telah ia berikan, baik itu nikmat keteguhan iman dan kesempurnaan islam. Kemudian selawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad saw. Rasul seluruh umat manusia.

Melalui pertolongan dan hidayahnya penulis mampu menyusun Tugas Akhir “Distribusi Vertikal Mikroplastik Pada Sedimen di Pesisir Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh”. Penyusunan Tugas Akhir ini tak luput dari bantuan berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan rasa terimakasih dan hormat kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing proposal dan Dosen Pembimbing Akademik penulis Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu dan saran selama penyusunan proposal ini.
5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing sekaligus motivator Tugas Akhir di Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry.
6. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmunya selama masa perkuliahan berlangsung.
7. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga banyak berterimakasih kepada Khaleed Alhamzi, Arkan Aufa Wina, Yunasar, Muqabil, Asrul Waldiansyah Abda, Arief Mizan serta teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2019 yang telah memberikan semangat serta dukungan. Penulis berharap Allah Subhanahu wata'ala akan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Maka dari itu, kritik serta saran yang membangun sangat diharapkan sehingga penulis dapat melakukan perbaikan dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Banda Aceh, 25 Maret 2024

Penulis,

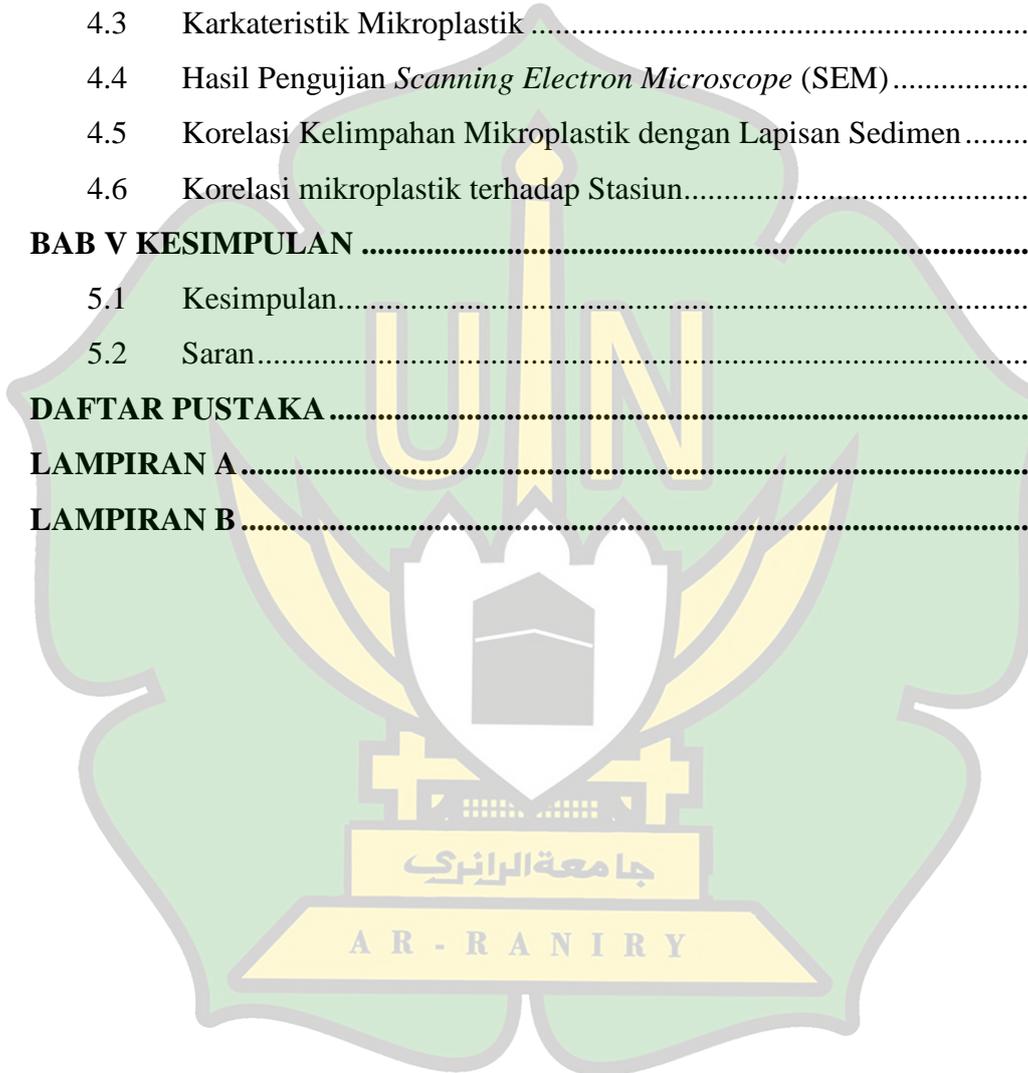
Maulizul Barzan



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Eksosistem Pesisir	5
2.2 Mikroplastik	7
2.3 Distribusi Mikroplastik	9
2.4 Distribusi Mikroplastik di Perairan	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Waktu Penelitian	15
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel	16
3.3 Teknik Pengambilan Sampel.....	21
3.4 Teknik Preparasi Sampel.....	22
3.5 Analisis Data	30
3.5.1 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik	30
3.5.2 Bentuk Mikroplastik	31
3.5.3 Scanning Electron Microscope (SEM)	32
3.6 Korelasi Kelimpahan Mikroplastik dengan Lapisan (Layer) Sedimen.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34

4.1	Distribusi Lateral Kelimpahan Mikroplastik.....	34
4.1.1	Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen 0-10 cm	34
4.1.2	Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen 10-20 cm	37
4.1.3	Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen 10-20 cm	40
4.2	Distribusi Vertikal Kelimpahan Mikroplastik.....	44
4.3	Karakteristik Mikroplastik	51
4.4	Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	55
4.5	Korelasi Kelimpahan Mikroplastik dengan Lapisan Sedimen	59
4.6	Korelasi mikroplastik terhadap Stasiun.....	60
BAB V KESIMPULAN		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN A		75
LAMPIRAN B		83



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Partikel Mikroplastik.....	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan Sampel	20
Gambar 3.3 Alat Sediment Grab	21
Gambar 3.4 Pengeringan	25
Gambar 3.5 Penghalusan Sampel	25
Gambar 3.6 Pengayakan Sampel.....	26
Gambar 3.7 Penimbangan Sampel Sedimen Kering	26
Gambar 3.8 Penambahan NaCl kedalam Sampel Sedimen.....	27
Gambar 3.9 Sampel Dihomogenkan.....	27
Gambar 3.10 Sampel Didiamkan Selama 24 Jam	28
Gambar 3.11 Penambahan Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂) 30%	28
Gambar 3.12 Proses Penyaringan Sampel.....	29
Gambar 4.1 Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 0 – 10 cm	34
Gambar 4.2 Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 10-20 cm	37
Gambar 4.3 Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 20-30 cm	40
Gambar 4.4 Peta Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 0-10 cm	45
Gambar 4.5 Peta Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 10- 20 cm	48
Gambar 4.6 Peta Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 20-30 cm	50
Gambar 4.7 Bentuk, Jenis, dan Ukuran Mikroplastik Berdasarkan Uji Mikroskop	52
Gambar 4.8 Hasil Uji SEM Mikroplastik Sampel 1 (a) 1500 (b) 5000 (c) 7000 (d) 10000.....	55
Gambar 4.9 Hasil Uji SEM Mikroplastik Sampel 2 (a) 1000 (b) 7500 (c) (d) (e) (f) 15000.....	56
Gambar 4.10 Hasil Uji SEM Mikroplastik Sampel 3 (a) 2000 (b) 2500 (c) 4000 (d) 5000 (e) 7500 (f) 10000.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Preparasi Sampel	25
Tabel 3.2 Bahan Preparasi Sampel.....	23
Tabel 4.1 Tabel Hasil Korelasi Pearson	
Tabel 4.2 Korelasi mikroplastik terhadap titik.....	60



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi plastik global saat ini diperkirakan sebesar 320 juta ton per tahun, hal ini mencerminkan tingginya permintaan akan produk plastik di seluruh dunia. Dari jumlah tersebut, 40% merupakan produk sekali pakai, terutama kantong plastik. Sampah plastik jika tidak diolah dengan baik cenderung mencemari laut melalui aliran sungai (Supit dkk., 2022). Permintaan produk plastik terus meningkat karena plastik menawarkan berbagai keunggulan seperti daya tahan, keserbagunaan, kemudahan penggunaan, biaya produksi yang rendah, bobot yang ringan, serta ketahanan terhadap air. Sehingga, plastik menjadi bahan baku dominan di berbagai industri global (Geyer dkk., 2017).

Masalah sampah plastik di lautan tidak hanya menjadi permasalahan serius di Indonesia, sebuah negara maritim dengan sebagian besar wilayahnya yang merupakan lautan. Masyarakat Indonesia menghasilkan sampah plastik sebanyak 0,52 kg per orang per hari, namun hanya 10,1% dari jumlah tersebut yang dikelola dengan baik. Data menunjukkan bahwa lebih dari 11% dari total sampah yang dihasilkan di Indonesia adalah sampah plastik (Syakti dkk., 2017). Dengan populasi mencapai 187,2 juta jiwa, negara Indonesia menghasilkan sekitar 9,13 juta ton sampah setiap tahunnya, yang berakhir mencemari lautan (Alamsyah dan Fadli, 2023).

Sebanyak 92,4% dari sampah plastik memiliki diameter kecil, membentuk partikel yang disebut mikroplastik (Muchlissin dkk., 2020). Penyebaran mikroplastik yang terus meningkat menjadi perhatian serius karena potensi gangguannya terhadap organisme akuatik. Mikroplastik dapat mempengaruhi kualitas air dan kesehatan organisme yang hidup di dalamnya (Benson dkk., 2022). Ukuran mikroplastik dengan ukuran kurang dari 5 mm menjadikannya sangat mudah ditelan oleh biota laut dan berpotensi memberikan dampak negatif jika terakumulasi dalam tubuh manusia atau organisme lain melalui rantai makanan (Faujiah dkk., 2022). Mikroplastik yang masuk ke saluran pencernaan manusia, diprediksi bisa merobek usus ataupun lambung sebab pecahan

mikroplastik tidak bisa dicerna di dalam saluran pencernaan, meskipun sebagian dapat dikeluarkan bersama kotoran, masih ada yang tersisa di dalam tubuh (Firmansyah dkk., 2021). Apabila masuk ke dalam sel darah, mikroplastik ini turut terserap dalam jaringan sel darah serta bisa mengusik sistem syaraf pusat. Jika terjadi secara berulang, hal ini dapat mengakibatkan gangguan pada sistem pencernaan dan saraf, bahkan berpotensi fatal (Yunanto dan Fitriah, 2021). Mikroplastik dapat menumpuk di organ dalam manusia seperti usus, hati, dan limpa, menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan, sumbatan pada organisme, dan penggunaan cadangan energi (Angnunavuri dkk., 2020).

Distribusi mikroplastik di lingkungan akuatik sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Selain itu, berbagai proses lingkungan juga memainkan peran penting dalam mengatur transportasi, transformasi, dan akumulasi mikroplastik di dalam ekosistem air (Yao, 2019). Di dalam lingkungan laut, mikroplastik biasanya terdapat dalam berbagai bentuk, seperti pelet, film, fragmen busa, atau serat, dan komposisinya melibatkan berbagai jenis polimer (Koelmans dkk., 2019). Variasi akumulasi partikel plastik, dipengaruhi oleh faktor spasial dan temporal seperti lokasi geografis, kondisi hidrodinamik, tekanan lingkungan, dan campur tangan manusia, menciptakan perbedaan dalam penyebaran mikroplastik. Dampak jangka panjangnya melibatkan penurunan kualitas air, gangguan pada rantai makanan, merugikan keanekaragaman hayati di ekosistem akuatik, serta ancaman terhadap spesies tertentu (Angnunavuri dkk., 2020).

Mikroplastik umumnya terapung di atas permukaan air karena densitasnya yang lebih rendah dibandingkan dengan air laut. Mikroplastik terbawa oleh arus, gelombang, dan pasang surut, dan akhirnya menumpuk serta terkubur dalam sedimen pantai (Robbins dkk., 2014). Mikroplastik yang masuk ke dalam perairan akan masuk ke dalam badan air dan akhirnya akan mengendap di sedimen. Akumulasi mikroplastik pada lapisan sedimen yang lebih dalam dapat terjadi akibat deposisi terus-menerus dari mikroplastik dalam bentuk endapan. Hal ini dapat menimbulkan dampak berkelanjutan, termasuk potensi gangguan terhadap ekosistem perairan dan makhluk hidup yang tergantung pada sedimen. Mikroplastik dapat merusak tatanan mata rantai makanan. *Fitoplankton* dan

zooplankton, yang menjadi makanan ikan-ikan kecil, tergantikan oleh mikroplastik. Akibatnya, populasi ikan-ikan kecil dan bahkan predator puncak dapat berkurang (Shim dkk., 2018).

Tingginya jumlah mikroplastik pada lapisan bawah disebabkan oleh distribusi vertikal. Distribusi vertikal merupakan pesebaran mikroplastik yang terjadi akibat *upwelling* dan *downwelling* pada perairan. Mikroplastik memiliki struktur yang kecil sehingga cenderung pindah lebih jauh ke lapisan sedimen lebih dalam atau dapat disebut dengan *downwelling* (Azizah dkk., 2020). Distribusi vertikal mikroplastik dapat terjadi karena adanya kompleksitas antara kerapatan, ukuran, bentuk, massa biofilament dari plastik, intensitas gelombang, turbulensi, dan profil kerapatan air laut (Shim dkk., 2018).

Manajemen lingkungan akuatik dari mikroplastik menjadi suatu keharusan dalam menjaga keberlanjutan ekosistem perairan. Dengan melakukan monitoring mikroplastik di sedimen pesisir pantai dan muara sungai secara efektif, tujuannya adalah mengidentifikasi distribusi dan tingkat keberadaan mikroplastik, sehingga dapat memberikan dasar yang kuat untuk merancang strategi pengelolaan yang tepat dan berkelanjutan. Selain itu, monitoring juga dilakukan untuk memahami kelimpahan mikroplastik dan mengidentifikasi lokasi dengan kelimpahan mikroplastik terbesar di lapisan sedimen pada wilayah pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh. Informasi ini sangat penting dalam rangka mengambil tindakan yang tepat guna melindungi ekosistem dan memahami dampak potensialnya pada manusia dan lingkungan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi kelimpahan mikroplastik pada sedimen Sungai Krueng Aceh yaitu 77,92 partikel/kg (Khairuzzaman dkk., 2021). Penelitian sebelumnya hanya mencatat sebaran mikroplastik pada permukaan sedimen. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya akan berfokus pada mencatat tentang distribusi vertikal mikroplastik pada kedalaman sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh. Penelitian mengenai distribusi vertikal mikroplastik pada sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh memberikan wawasan yang mendalam tentang penyebaran

mikroplastik dalam lingkungan pesisir. Temuan ini menjadi landasan penting untuk merumuskan kebijakan manajemen pesisir yang berfokus pada mitigasi dampak pencemaran mikroplastik dan menjaga keberlanjutan ekosistem. Implementasi hasil penelitian ini dapat memperkuat upaya perlindungan lingkungan pesisir, serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan laut khususnya Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang sebelumnya, maka pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah “bagaimana distribusi vertikal mikroplastik pada sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh?”

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi vertikal dari mikroplastik pada sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah sebagai dasar pertimbangan dalam manajemen lingkungan pesisir di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar khususnya terkait dengan mikroplastik.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan berfokus pada identifikasi dan pengukuran kelimpahan vertikal mikroplastik pada sedimen di yang akan di ambil secara representatif dari 36 titik di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh.
2. Penelitian ini tidak membahas faktor yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik di perairan seperti pasang surut, faktor angin, dan iklim.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Pesisir

Pesisir adalah wilayah daratan dan lautan berinteraksi, atau wilayah daratan yang masih dipengaruhi oleh laut, dan wilayah laut yang tetap dipengaruhi oleh daratan (Lautetu dkk., 2019). Wilayah pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut, ke arah darat wilayah pesisir meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin. Sedangkan ke arah laut wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran (Suchyowati dan Hendrawan, 2022). Daerah pesisir selalu dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti pusat pemerintahan, permukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, pariwisata dan lain sebagainya (Isdianto dkk., 2020).

Pesisir dikenal sebagai kawasan yang mengandung kekayaan alam potensial untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pemenuhan kebutuhan tersebut diantaranya dari sisi sumberdaya perikanan, sumberdaya mineral dan tambang, sumberdaya bahan obat-obatan, sumberdaya energi alternatif dari arus dan gelombang, serta sumberdaya alam untuk media transportasi, pertahanan, keamanan, dan pariwisata. Ekosistem pesisir terdiri dari beberapa ekosistem yang dikarakterisasi oleh sifat dan proses dari komponen abiotik dan biotik yang saling berkaitan satu dengan yang lain dan tak dapat berdiri sendiri. Komponen abiotik dan biotik dari ekosistem saling mempengaruhi. Komponen abiotik adalah komponen tak hidup/nir hayati, yang dapat berupa air, tanah/sedimen, udara, mineral, dan berbagai parameter kualitas air seperti suhu, intensitas cahaya, pH, dan kelembaban. Komponen biotik adalah komponen hidup yaitu setiap organisme yang hidup di dalamnya, baik sebagai komunitas, populasi, spesies, maupun individu. Setiap komponen akan terlibat bersama-sama dan membuat

sebuah proses fungsional yang kompleks di dalam ekosistem (Manuputty dkk., 2023).

Ekosistem laut umumnya terdiri dari ekosistem mangrove, ekosistem lamun dan ekosistem terumbu karang. Ketiga ekosistem tersebut merupakan penyusun kawasan ekosistem pesisir, sedangkan di laut lepas sendiri terdapat satu ekosistem yang sering dinamakan ekosistem pelagis. Ekosistem laut memiliki peran yang cukup penting, baik peran secara ekologis maupun peran langsung yang dapat dimanfaatkan oleh manusia (Muzammil dkk., 2021). Keterkaitan antara satu ekosistem dengan ekosistem lainnya di wilayah pesisir menjadikan peran ekosistem pesisir semakin penting. Keberadaanya tentu memberikan manfaat kepada manusia (Hafsar, 2022). Ekosistem mangrove berperan penting sebagai pelindung pantai dari abrasi dan tsunami (Dinilhuda dkk., 2018). Ekosistem mangrove yang baik akan memberikan manfaat jasa sebagai pelindung wilayah pesisir dari bencana pesisir, pengatur iklim mikro dan makro (sequestration karbon), sumber pangan dan obat-obatan. Ekosistem padang lamun berperan sebagai jasa penyedia ekosistem karena nelayan memanfaatkan keberadaan ekosistem lamun sebagai daerah penangkapan. Ekosistem terumbu karang mempunyai peran penting dan kebermanfaatannya bagi nelayan (langsung dan tidak langsung), contohnya sebagai sumber mencari ikan (daerah penangkapan) (Arkham dkk., 2020).

Manfaat ekosistem pesisir yang paling besar bagi manusia secara ekonomi adalah menyediakan sumberdaya ekonomis penting yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh manusia. Ketersediaan sumberdaya ini tidak terlepas dari peranan ekosistem pesisir sebagai tempat memijah (*spawning ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan tempat pengasuhan (*nursery ground*). Fungsi ekologis ini berkaitan erat dengan keberadaan berbagai komponen hayati dan non hayati yang saling berkaitan. Maka dari itu penting untuk menjaga keasrian dari ekosistem pesisir baik yang biotik maupun abiotik agar keseimbangan ekosistem terus terjadi (Manuputty dkk., 2023).

2.2 Mikroplastik

Mikroplastik adalah hasil dari perombakan sampah plastik yang telah melalui proses degradasi polimer yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti radiasi sinar ultraviolet (UV), angin, gelombang, interaksi dengan organisme perairan, dan aktivitas manusia. Proses ini mengakibatkan pecahan plastik menjadi partikel yang lebih kecil (Permatasari dan Radityaningrum 2020). Mikroplastik merujuk pada fragmen terkecil dari plastik yang terbentuk setelah mengalami proses degradasi. Ukuran partikel mikroplastik biasanya kurang dari 5 mm. Partikel-partikel ini sangat sulit untuk dihilangkan dari lingkungan laut, dan plastik merupakan materi yang sangat merusak bagi ekosistem. Selain itu, ada potensi besar bahwa biota air dapat mengonsumsi mikroplastik ini (Muafiah, 2019). Partikel mikroplastik dengan ukuran kurang dari 5 mm telah terdeteksi dalam berbagai wilayah perairan di berbagai belahan dunia (Eriksen dkk., 2013).

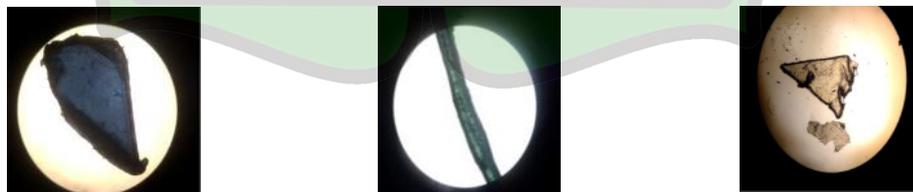
Mikroplastik dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu mikroplastik primer dan sekunder (Kontrick, 2018). Perbedaan antara mikroplastik primer dan sekunder didasarkan pada apakah partikel tersebut awalnya dibuat dalam ukuran tersebut (mikroplastik primer) atau apakah partikel tersebut terbentuk melalui pemecahan item yang lebih besar (mikroplastik sekunder). Perbedaan ini memiliki kegunaan penting karena dapat membantu dalam mengidentifikasi sumber potensial dan merumuskan tindakan mitigasi untuk mengurangi pelepasan mereka ke lingkungan (Gesamp dkk., 2019).

Mikroplastik dalam bentuk primer dan sekunder tersebar luas di berbagai perairan, sedimen, serta organisme di lingkungan laut dan pesisir (Thushari dkk., 2020). Mikroplastik primer meliputi serat yang berasal dari berbagai sumber seperti pasta, produk kosmetik, cat, gel, dan material tekstil (Ajith dkk., 2020). Serat dari produk tekstil dilepaskan ke lingkungan selama proses produksi, penggunaan, dan saat barang tersebut dibuang. Sekitar dua pertiga dari produk tekstil sintetis, yang dominan dengan polimer organik seperti poliester, poliamida, dan akrilik yang berasal dari bahan dasar minyak bumi (Henry dkk., 2019).

Mikroplastik primer juga banyak digunakan dalam berbagai industri manufaktur, seperti bidang terapi (seperti penggunaan obat-obatan, reagen diagnostik, dan bahan biomaterial untuk suntikan), ilmu pangan, serta sebagai bahan pengelupas dalam produk perawatan pribadi dan kosmetik (Ahmad dkk., 2020). Bahkan glitter, yang sering digunakan dalam produk kosmetik dan industri kertas, serta pelet serta serbuk yang berasal dari proses mikroplastik sekunder, adalah hasil dari pemakaian bahan plastik yang lebih besar yang kemudian terurai dalam lingkungan (Ajith dkk., 2020), atau seringkali disebut sebagai partikel yang terbentuk melalui fragmentasi objek yang lebih besar (Urbanek dkk., 2018), Proses pembentukan mikroplastik sekunder melibatkan paparan terhadap cahaya dan panas, serta aktivitas mekanis pada sampah plastik dalam lingkungan (Baeza dkk., 2020).

Bentuk mikroplastik menurut Ayuningtyas, (2019) dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Fragmen, yang merupakan pecahan dari plastik yang lebih besar. Partikel ini umumnya berasal dari berbagai sumber seperti limbah rumah tangga, industri, pertambangan, dan pertanian.
2. Fiber, yang merupakan pecahan plastik yang berbentuk tipis dan panjang. Biasanya, jenis partikel ini berasal dari serat sintetis seperti yang digunakan dalam kain sintetis.
3. Film, yang merupakan pecahan plastik yang sangat tipis. Jenis mikroplastik ini memiliki densitas yang rendah, sehingga partikel cenderung mengapung dan lebih mudah untuk diangkut.



Gambar 2.1 Bentuk partikel mikroplastik (Ardiansyah, 2021)

2.3 Distribusi Mikroplastik

Distribusi mikroplastik terutama dipengaruhi oleh input antropogenik dan proses lingkungan yang menentukan transportasi, transformasi, dan akumulasi (Yao dkk., 2019). Mikroplastik di lingkungan laut biasanya ditemukan sebagai pelet, film, busa fragmen, atau serat dan terdiri dari beragam polimer (Smith dkk., 2018). Fragmen dan serat mikroplastik dengan diameter <5 mm telah menjadi polutan antropogenik yang menjadi perhatian di seluruh dunia (Dodson dkk., 2020). Seiring meningkatnya permintaan global terhadap plastik, fragmen dan serat plastik merupakan bentuk dan jenis yang paling umum ditemui (Zhang dkk., 2020). Fragmen adalah kontributor utama dalam komposisi Mikroplastik. Mikroplastik jenis ini terbentuk melalui proses fragmentasi potongan plastik yang awalnya besar menjadi partikel yang lebih kecil (Yona dkk., 2019).

Pencemaran mikroplastik bervariasi secara geografis dan lokasi. Faktor utama distribusi mikroplastik ditentukan oleh lingkungan dan faktor antropogenik. Faktor lingkungan termasuk arus gelombang, pasang surut, siklon, arah angin, dan hidrodinamika memiliki peran yang lebih besar dalam distribusi mikroplastik di laut daripada faktor antropogenik akibat aktivitas manusia yang mengarah pada akumulasi puing-puing plastik di lingkungan. Konsentrasi mikroplastik akan tinggi apabila faktor-faktor lingkungan ini lebih kuat (Kurniawan dkk., 2021).

Distribusi mikroplastik di ekosistem laut dipengaruhi baik oleh faktor abiotik (faktor hidrodinamika laut) maupun faktor biotik. Mikroplastik tersebut tersebar pada kolom air, di sedimen dekat dengan pantai, dan di sedimen laut dalam dan biota dengan secara tidak sengaja memakan mikroplastik (Mardiyana dan Kristiningsih, 2020). Mikroplastik yang terdapat di dalam endapan sedimen juga dapat termakan oleh biota yang mencari makan di dasar perairan (Rijal dkk., 2021). Sedimen berfungsi sebagai sumber utama yang dapat digunakan dalam industri dan juga sebagai sumber sekunder hasil dari degradasi sampah plastik yang lebih besar (Baysal dkk., 2020).

Mikroplastik yang tertelan oleh biota air dapat memberikan efek fisik maupun toksik. Mikroplastik memiliki ukuran yang mirip dengan organisme bentuk dan plankton, sehingga biota perairan dapat menyerap mikroplastik ini.

Jika tertelan, mikroplastik dapat menumpuk dalam sistem pencernaan dan menyumbat pada organisme serta menghabiskan cadangan energi. Selain itu, mikroplastik diketahui mampu menyerap bahan kimia beracun hingga jutaan kali lipat dibandingkan air laut di sekitarnya. Beberapa bahan kimia ini dapat masuk ke jaringan biologis organisme melalui proses menelan (Supit dkk., 2022).

Mikroplastik, ketika masuk ke dalam tubuh biota, dapat menyebabkan sejumlah dampak merugikan, termasuk kerusakan pada saluran pencernaan, penghambatan produksi enzim, gangguan pertumbuhan, penurunan tingkat hormon steroid (yang berasal dari lemak), serta pengaruh terhadap proses reproduksi. Mikroplastik juga memiliki sifat menyerap racun yang ada di dalam air, yang dapat berasal dari limbah bahan kimia. Hal ini dapat mengakibatkan perpindahan bahan-bahan beracun melalui rantai makanan, secara tidak langsung, dan oleh karena itu, potensi kontaminasi mikroplastik melalui rantai makanan pada manusia tidak dapat diabaikan. Selain itu, mikroplastik juga memiliki kemampuan sebagai pembawa mikroba, sehingga dapat dianggap sebagai vektor penyakit (Permatasari dan Radityaningrum 2020).

Mikroplastik yang terjadi kepada biota air diakibatkan dari tertelan oleh biota dengan ukuran (<5 mm). Mikroplastik dapat tertelan oleh hewan invertebrata seperti ikan, burung laut dan mamalia. Jika mikroplastik ini masuk ke dalam pencernaan, maka dapat merusak cadangan energi. Hal ini dapat menyebabkan cedera fisik, stres fisiologis dan kelaparan. Mikroplastik juga dapat dipengaruhi oleh kontaminan air organik. Menelan mikroplastik dapat menciptakan racun dalam rantai makanan (Wulan Sari dkk., 2021).

2.4 Distribusi Mikroplastik di Perairan

Mikroplastik yang masuk ke dalam perairan akan masuk ke dalam badan air dan akhirnya akan mengendap di sedimen. Mikroplastik lebih banyak ditemukan pada sedimen daripada di habitat muara atau pantai berpasir, pantai dan habitatnya bersifat dinamis sehingga dapat terjadi erosi sedimen yang menyebabkan partikel plastik mengalami penambahan densitas (Azizah dkk., 2020). Distribusi mikroplastik di perairan terjadi secara vertikal dan horizontal,

sehingga mikroplastik yang memiliki densitas tinggi akan terendap ke lapisan bawah (sedimen) sedangkan mikroplastik dengan densitas yang rendah akan mengapung di permukaan air.

Keberadaan mikroplastik pada permukaan air dapat terjadi karena adanya distribusi vertikal mikroplastik yang disebabkan oleh keadaan perairan laut dan turbulensi dari angin yang bergerak. Konsentrasi mikroplastik akan turun secara eksponensial seiring dengan meningkatnya kedalaman yang berada di bawah 5 m (Shim dkk., 2018). Organisme yang terdapat di sedimen dan perairan juga akan terkena imbas dari adanya distribusi vertikal mikroplastik. Pada perairan, mikroplastik dapat ditemukan di dalam tubuh ikan yang mengira bahwa mikroplastik tersebut adalah makanannya. Organisme pada sedimen yang dapat terakumulasi mikroplastik yakni cacing *Arenicola marina* (Wright dkk., 2013). Distribusi vertikal mikroplastik dapat terjadi karena adanya kompleksitas antara kerapatan, ukuran, bentuk, massa biofilament dari plastik, intensitas gelombang, turbulensi, dan profil kerapatan air laut (Shim dkk., 2018).

Distribusi mikroplastik di laut juga terjadi secara vertikal. Mikroplastik dapat ditemukan di seluruh kolom air, dari permukaan hingga dasar laut. Distribusi vertikal mikroplastik dipengaruhi oleh berbagai faktor, yang dapat dikategorikan menjadi (Eriksen dkk., 2013):

1. Faktor Fisik :

- Ukuran dan kepadatan mikroplastik:

Mikroplastik yang lebih kecil dan ringan (dengan kepadatan $< 1 \text{ g/cm}^3$) cenderung tetap berada di permukaan laut karena gaya apung. Mikroplastik yang lebih besar dan berat (dengan kepadatan $> 1 \text{ g/cm}^3$) akan tenggelam ke dasar laut.

- Bentuk mikroplastik

Bentuk mikroplastik dapat mempengaruhi kecepatan proses tenggelam. Mikroplastik dengan bentuk pipih atau filamen tenggelam lebih lambat dibandingkan mikroplastik dengan bentuk bulat.

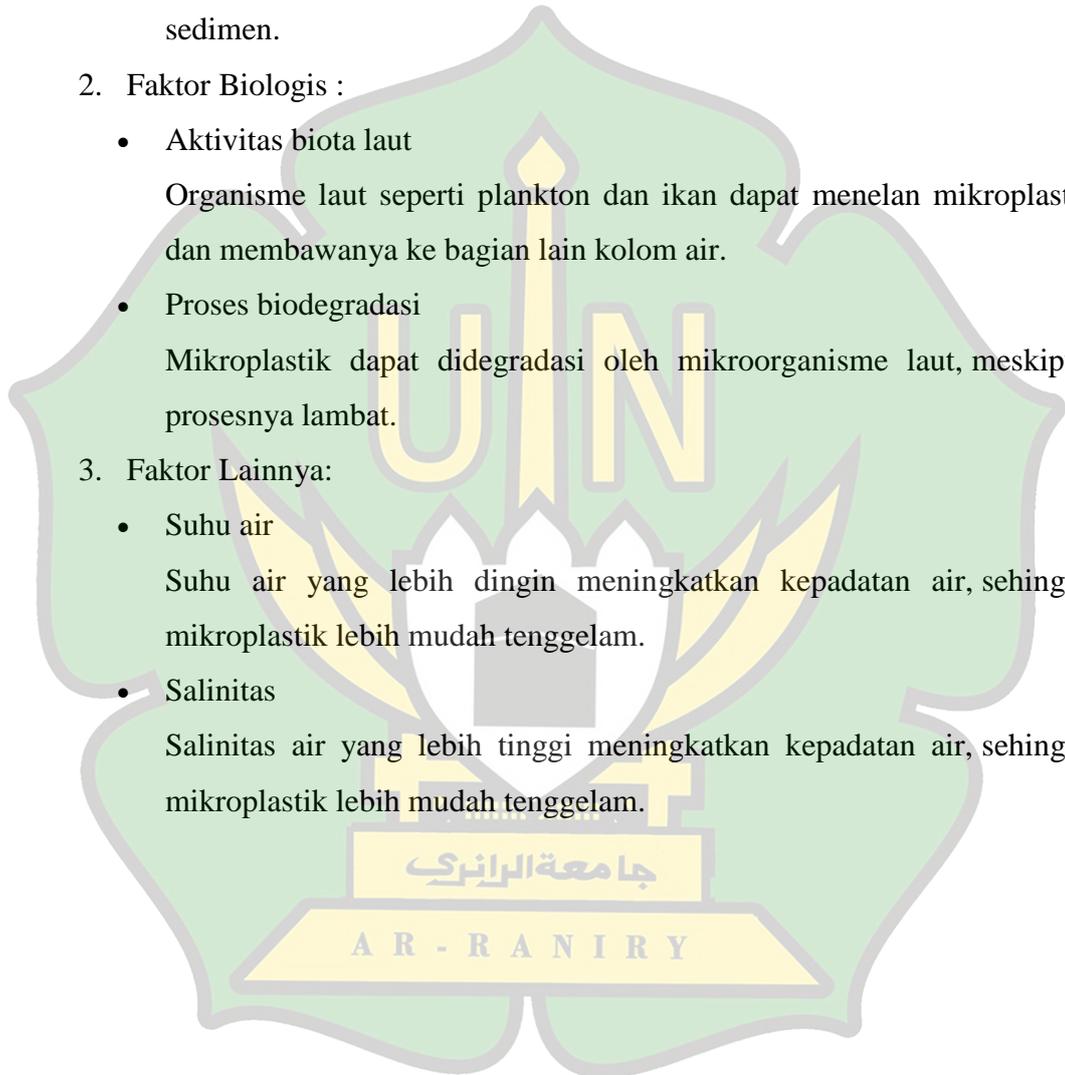
- Arus laut dan gelombang
Arus laut dan gelombang dapat mencampur mikroplastik ke dalam kolom air dan menyebarkannya secara horizontal dan vertikal.
- Sedimentasi
Mikroplastik yang tenggelam ke dasar laut dapat terakumulasi di sedimen.

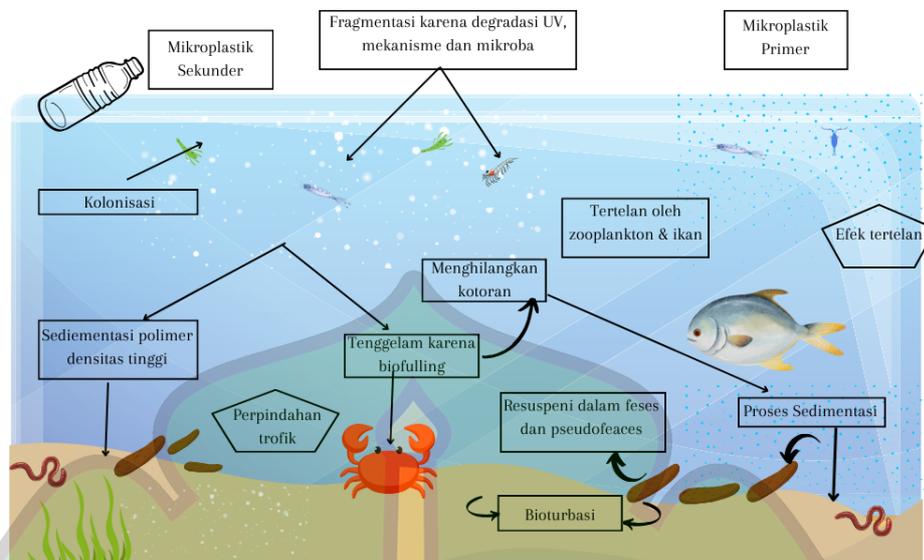
2. Faktor Biologis :

- Aktivitas biota laut
Organisme laut seperti plankton dan ikan dapat menelan mikroplastik dan membawanya ke bagian lain kolom air.
- Proses biodegradasi
Mikroplastik dapat didegradasi oleh mikroorganisme laut, meskipun prosesnya lambat.

3. Faktor Lainnya:

- Suhu air
Suhu air yang lebih dingin meningkatkan kepadatan air, sehingga mikroplastik lebih mudah tenggelam.
- Salinitas
Salinitas air yang lebih tinggi meningkatkan kepadatan air, sehingga mikroplastik lebih mudah tenggelam.





Gambar 2.2 Distribusi mikroplastik secara vertikal (Wright dkk., 2013)

Distribusi horizontal dari mikroplastik pada permukaan di lingkungan perairan laut secara musiman dipengaruhi oleh tingkat masukan aliran sungai yang berasal dari sumber berbasis darat. Sungai memiliki kemampuan membawa partikel plastik dari daratan menuju ke perairan laut melewati muara karena adanya dinamika aliran. Hal ini menunjukkan bahwa sungai menjadi media distribusi mikroplastik di lingkungan secara vertikal maupun horizontal (Horton dkk., 2017). Mikroplastik yang memiliki densitas rendah akan terapung di permukaan air dan terbawa menuju ke perairan laut. Distribusi ini dapat terjadi karena faktor kecepatan arus yang disebabkan oleh pasang surut dan pergerakan angin. Arus yang cepat akan membawa mikroplastik sampai ke perairan lainnya sedangkan arus yang lambat akan mengendapkan mikroplastik ke sedimen (Zhang dkk., 2017). Pergerakan arus oleh angin menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya distribusi mikroplastik di permukaan air secara horizontal yang terakumulasi di perairan laut.

Distribusi secara horizontal terjadi disebabkan beberapa faktor lain diantaranya (Galloway, 2022):

- Arus laut

Arus laut permukaan dan dalam memainkan peran penting dalam menyebarkan mikroplastik secara horizontal di lautan. Arus laut yang

kuat, seperti Arus Kuroshio dan Arus Teluk, dapat membawa mikroplastik jarak jauh dari sumbernya.

- Angin

Angin dapat meniup mikroplastik dari darat ke laut dan menyebarkannya di permukaan laut. Mikroplastik yang terbawa angin dapat terakumulasi di daerah konvergensi angin, seperti Laut Sargasso.

- Gelombang

Gelombang dapat mencampur mikroplastik ke dalam kolom air dan mengangkutnya ke pantai. Gelombang yang kuat dapat membawa mikroplastik ke laut lepas dan menyebarkannya ke area yang lebih luas.

- Aktivitas manusia

Aktivitas manusia seperti pelayaran, pariwisata, dan perikanan dapat mencemari laut dengan mikroplastik. Kapal dapat membuang sampah plastik ke laut, wisatawan dapat meninggalkan sampah plastik di pantai, dan jaring ikan yang hilang dapat terfragmentasi menjadi mikroplastik.

Adapun pola distribusi horizontal dari mikroplastik terjadi dikarenakan beberapa alasan sebagai berikut (Hidalgo-Ruz dkk., 2012):

- Konsentrasi mikroplastik

Konsentrasi mikroplastik di laut umumnya lebih tinggi di dekat sumber pencemaran, seperti daerah pesisir dan muara sungai. Hal ini karena mikroplastik dari sumber pencemaran tersebut belum memiliki waktu untuk terdispersi oleh arus laut, angin, dan gelombang.

- Akumulasi mikroplastik

Mikroplastik dapat terakumulasi di daerah konvergensi arus laut dan angin, seperti Laut Sargasso, dan di daerah dengan aktivitas manusia yang tinggi, seperti pelabuhan dan kawasan wisata bahari.

- Perbedaan regional

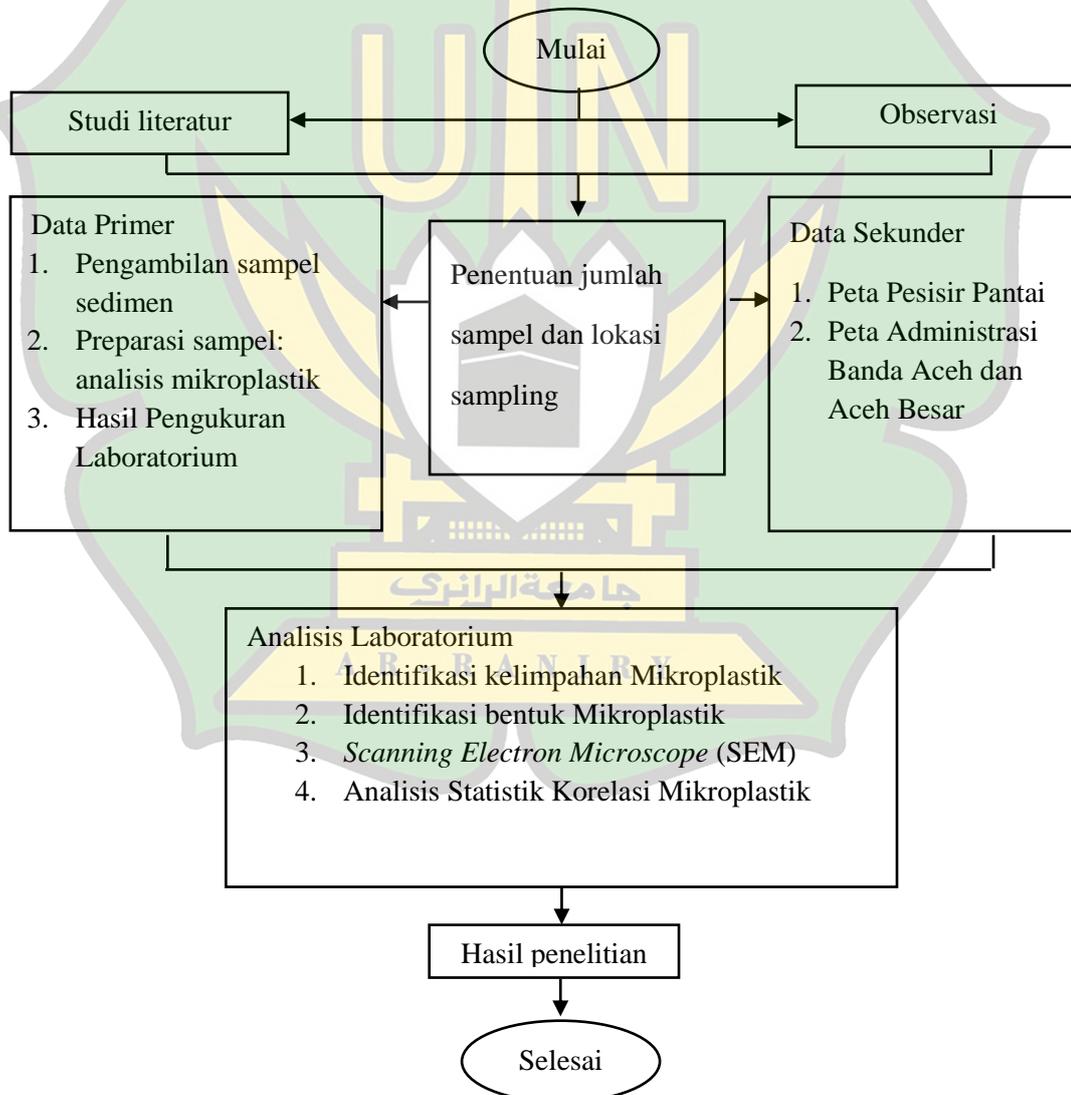
Distribusi mikroplastik di laut bervariasi antar wilayah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Penelitian

Adapun langkah-langkah pada tahapan umum adalah: (1) Tahapan studi melalui literatur jurnal dan observasi lapangan. (2) Tahapan survei lokasi ditentukan titik *sampling* dengan *GPS coordinate*. (3) Tahap pengumpulan data sekunder dan data primer. (4) Analisis laboratorium. Diagram alir penelitian tersaji pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ini dilakukan di wilayah pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh, yang mencakup Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh, Indonesia. Terdapat total 12 lokasi yang dipilih untuk pengambilan sampel sedimen, dan di setiap lokasi tersebut, dilakukan pengambilan sampel dari 3 titik yang berbeda. Jadi, secara keseluruhan, ada 36 titik pengambilan yang terdiri dari 9 lokasi di pesisir pantai dan 3 lokasi di muara sungai di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Dalam penelitian ini, digunakan metode *purposive sampling* untuk memilih sampel-sampel tersebut. Metode untuk pemilihan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel yang dapat mewakili wilayah penelitian secara menyeluruh (Nainggolan dkk., 2022). Pemilihan metode ini dilakukan dengan sengaja untuk menentukan lokasi sampel berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu di wilayah pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh.

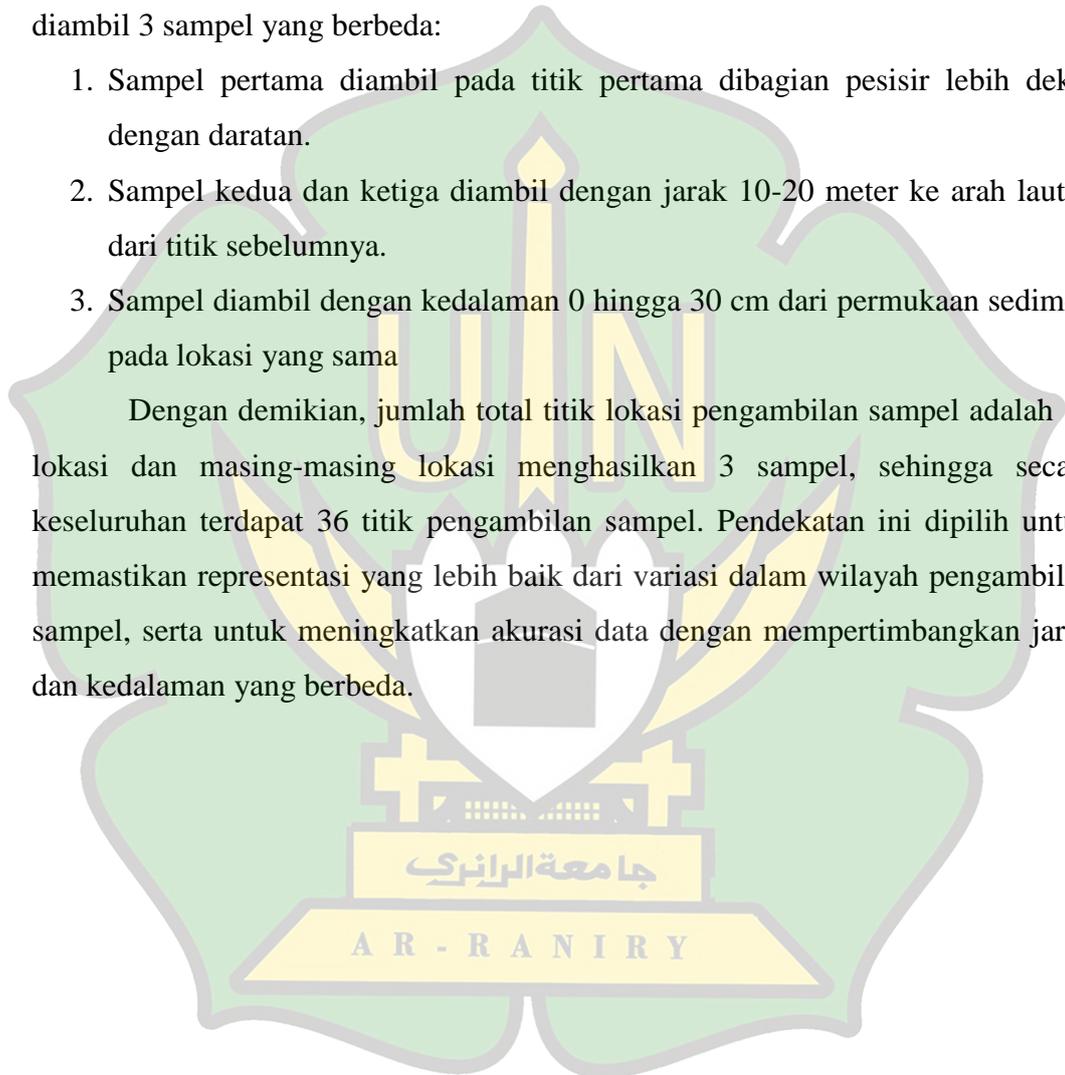
Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 12 lokasi yang dapat mewakili kondisi lingkungan di pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh. Pemilihan lokasi pengambilan sampel di wilayah pesisir dikarenakan pada wilayah pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh termasuk kedalam kategori padat penduduk dan juga termasuk kedalam wilayah wisata. BPS Kota Banda Aceh pada tahun 2022 mencatat bahwa terdapat sekitar 56.540 penduduk di Kota Banda Aceh, yang terlibat dalam berbagai aktivitas seperti penangkapan ikan dengan jaring nilon, pembuangan limbah rumah tangga dan industri ke sungai, serta kegiatan pariwisata, sehingga aktivitas manusia pada daerah pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh tergolong tinggi. Dengan temuan ini menjadi dasar yang sangat penting dalam menentukan lokasi pengambilan sampel. Kelimpahan mikroplastik yang terkandung dalam sedimen lebih tinggi di lokasi dengan kepadatan penduduk lebih tinggi daripada di daerah tanpa kepadatan penduduk yang tinggi (Aulia dkk., 2023). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ningrum dkk (2022), kelimpahan mikroplastik di lokasi

stasiun pengambilan sampel berada di daerah dekat dengan pemukiman dan pelabuhan umum yang ramai, dikunjungi oleh penduduk lokal dan wisatawan dari luar daerah. Penentuan lokasi ini merupakan salah satu harapan atas jawaban terhadap pertanyaan penelitian.

Terdapat 12 lokasi pengambilan sampel, dan di setiap lokasi tersebut akan diambil 3 sampel yang berbeda:

1. Sampel pertama diambil pada titik pertama dibagian pesisir lebih dekat dengan daratan.
2. Sampel kedua dan ketiga diambil dengan jarak 10-20 meter ke arah lautan dari titik sebelumnya.
3. Sampel diambil dengan kedalaman 0 hingga 30 cm dari permukaan sedimen pada lokasi yang sama

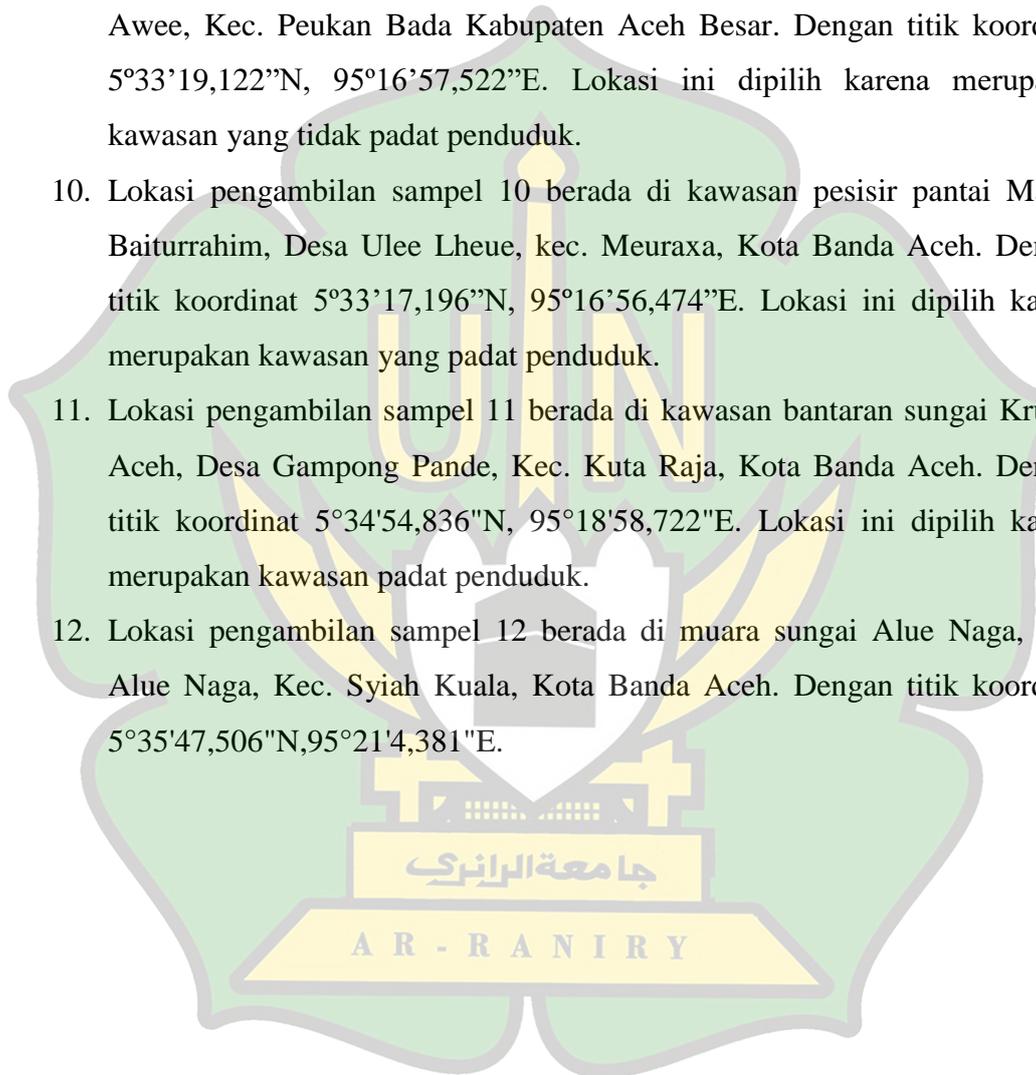
Dengan demikian, jumlah total titik lokasi pengambilan sampel adalah 12 lokasi dan masing-masing lokasi menghasilkan 3 sampel, sehingga secara keseluruhan terdapat 36 titik pengambilan sampel. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan representasi yang lebih baik dari variasi dalam wilayah pengambilan sampel, serta untuk meningkatkan akurasi data dengan mempertimbangkan jarak dan kedalaman yang berbeda.

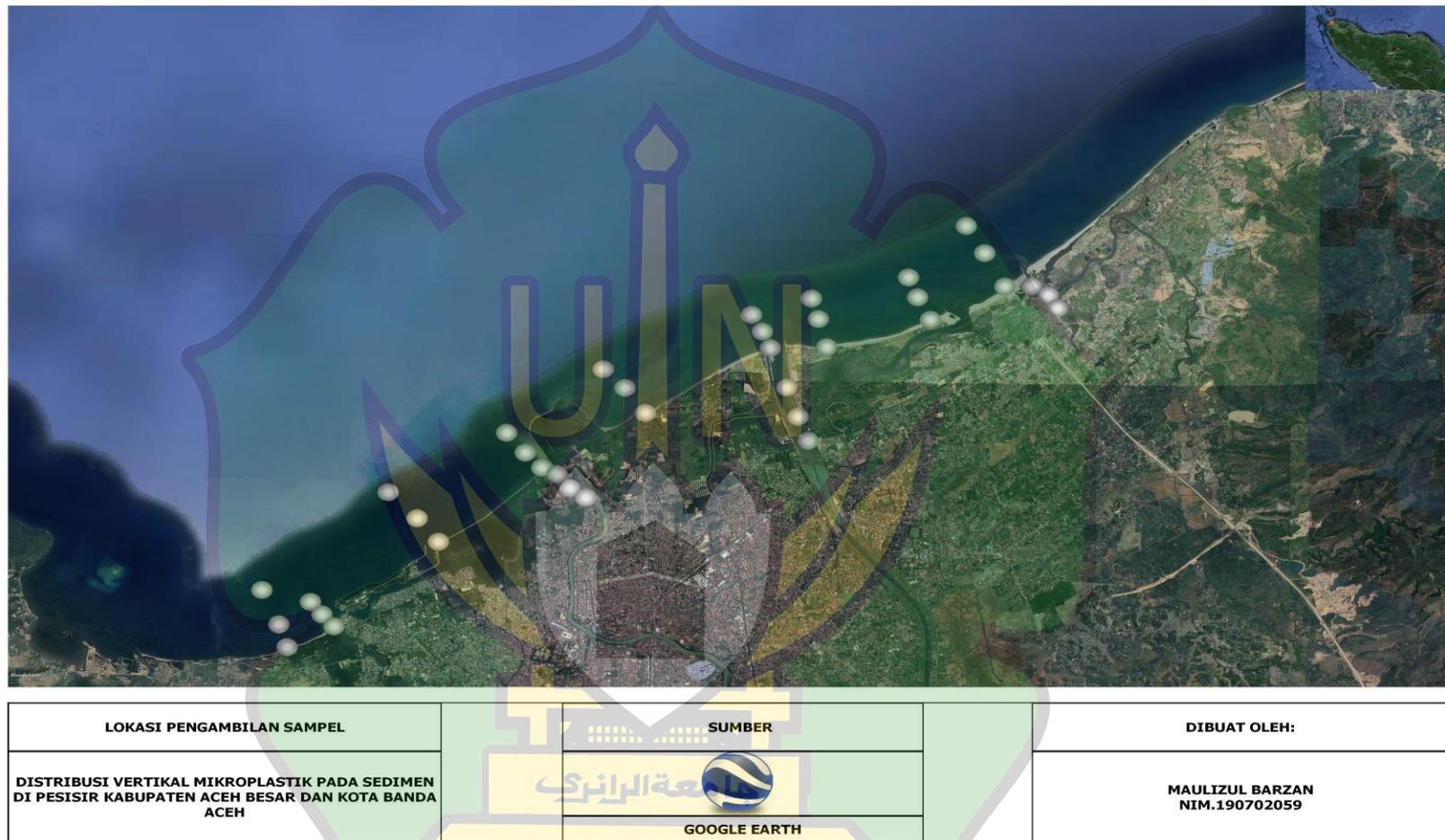


Titik-titik sampling tersebut ditunjukkan pada dalam Gambar 3.2. Koordinat titik sampling sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan sampel 1 berada di kawasan pesisir pantai Lambada Klieng, Desa Lambada Lhok, Kec. Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar. Dengan titik koordinat $5^{\circ}37'9,596''\text{N}$, $95^{\circ}23'8,081''\text{E}$ Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak penduduk.
2. Lokasi pengambilan sampel 2 berada di kawasan muara sungai Krueng Lhoknga, Desa Lam Ujong, Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar. Dengan titik koordinat $5^{\circ}37'4,425''\text{N}$, $95^{\circ}23'11,651''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.
3. Lokasi Pengambilan sampel 3 berada di kawasan pesisir pantai Gigieng, Desa Kajhu, Kec. Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar. Dengan titik koordinat $5^{\circ}36'34,152''\text{N}$, $95^{\circ}22'9,070''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.
4. Lokasi pengambilan sampel 4 berada di kawasan pesisir pantai Kuta Pohama Desa Alue Naga, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}36'21,042''\text{N}$, $95^{\circ}21'19,757''\text{E}$. Lokasi ini juga merupakan kawasan yang tidak penduduk.
5. Lokasi pengambilan sampel 5 berada di kawasan pesisir pantai Desa Alue Naga, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}36'21,013''\text{N}$, $95^{\circ}21'11,853''\text{E}$. Lokasi ini juga merupakan kawasan yang tidak penduduk.
6. Lokasi pengambilan sampel 6 berada di pesisir Pantai Alue Naga, Desa Alue Naga, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}35'38,180''\text{N}$, $95^{\circ}19'45,639''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan tidak padat penduduk.
7. Lokasi pengambilan sampel 7 berada di kawasan pesisir pantai Syiah Kuala, Desa Deah Raya, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}34'57,440''\text{N}$, $95^{\circ}18'45,692''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang padat penduduk.

8. Lokasi pengambilan sampel 8 berada di kawasan pesisir pantai Kuala Gampong Jawa, Desa Gampong Pande, Kec. Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}32'55.418''\text{N}$, $95^{\circ}16'5,378''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan padat penduduk.
9. Lokasi pengambilan sampel 9 berada di kawasan pesisir pantai Desa Lam Awee, Kec. Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar. Dengan titik koordinat $5^{\circ}33'19,122''\text{N}$, $95^{\circ}16'57,522''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.
10. Lokasi pengambilan sampel 10 berada di kawasan pesisir pantai Masjid Baiturrahim, Desa Ulee Lheue, kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}33'17,196''\text{N}$, $95^{\circ}16'56,474''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang padat penduduk.
11. Lokasi pengambilan sampel 11 berada di kawasan bantaran sungai Krueng Aceh, Desa Gampong Pande, Kec. Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}34'54,836''\text{N}$, $95^{\circ}18'58,722''\text{E}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan padat penduduk.
12. Lokasi pengambilan sampel 12 berada di muara sungai Alue Naga, desa Alue Naga, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}35'47,506''\text{N}$, $95^{\circ}21'4,381''\text{E}$.



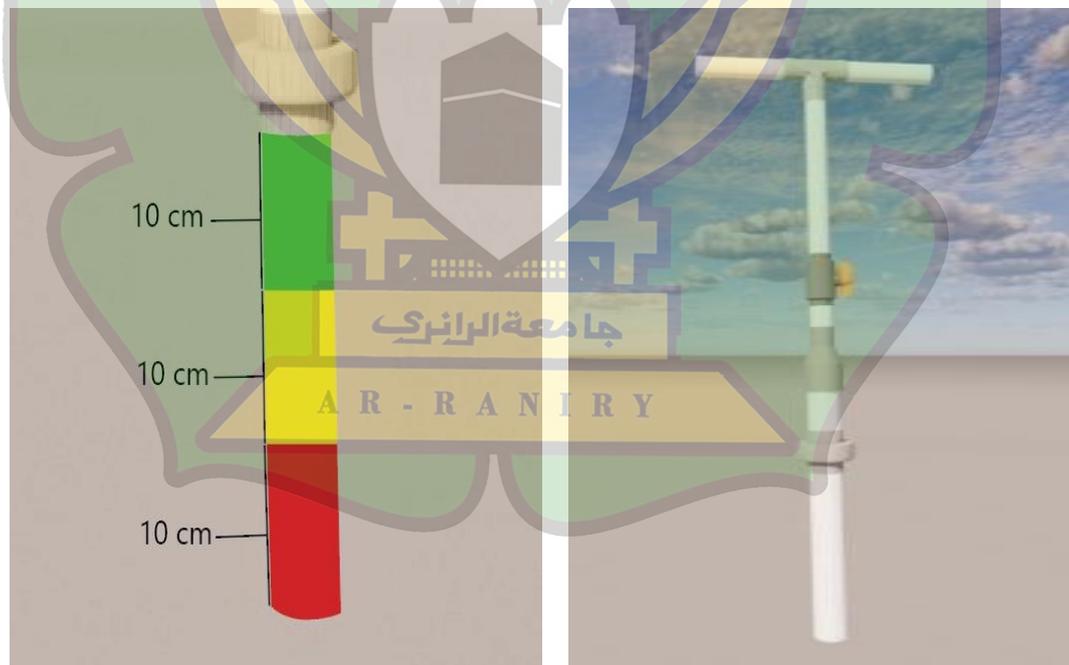


Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen pesisir pantai dan muara sungai melibatkan 12 lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel menggunakan alat *Sediment Grab* dalam teknik ini di sepanjang pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh. Langkah-langkah pengambilan sampel kedalaman sedimen dengan *Sediment Grab* adalah sebagai berikut:

1. *Sediment Grab* ditancapkan ke dalam lapisan sedimen dengan memberikan tekanan ke bawah sambil memutar dan mendorong gagang *sediment grab*.
2. Kemudian, menutup katup *sediment grab* ditarik perlahan sambil menutup dengan tangan.
3. Membuka katup *sediment grab* untuk membuang air melalui gagang.
4. Membuka *watermoor* untuk mengeluarkan sampel dari *sediment grab*.
5. Selanjutnya sampel sedimen yang telah dikeluarkan diukur dan dicacah, lalu dimasukkan ke dalam plastik klip dan diberi nomor sesuai lokasi sampel.



Gambar 3.3 Alat *Sediment Grab*

Sumber: Dokumen Pribadi

3.4 Teknik Preparasi Sampel

Pada penelitian ini analisis mikroplastik dilakukan menggunakan alat mikroskop binokuler dengan perbesaran $10 \times 4,5$ guna mengetahui bentuk dari mikroplastik yang tersebar pada sampel (Mauludy dkk., 2019). Adapun tahapan dalam preparasi sampel adalah:

1. Sampel dikeringkan pada suhu ruangan 20°C hingga 24°C selama 48 jam. Proses pengeringan dilakukan bertujuan untuk mengurangi air pada sedimen (Ayuningtyas, 2019).
2. Ketika sudah mengering, sampel sedimen dihaluskan menggunakan alu dan mortar (Labibah dan Triajie, 2020).
3. Sampel sedimen yang sudah halus kemudian disaring menggunakan saringan mesh 40. Penyaringan ini dilakukan untuk mengurangi volume sampel (Hidalgo-Ruz dkk., 2012).
4. Sampel sedimen yang telah disaring dipindahkan ke *beaker glass* 500 ml sebanyak 100 gr, kemudian ditambahkan larutan Natrium klorida (NaCl) 300 ml. Tahap penambahan NaCl ini dilakukan untuk pemisahan densitas plastik yang lebih kecil dari sedimen (Mauludy dkk., 2019).
5. Sampel yang sudah ditambahkan larutan NaCl dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit (Mauludy dkk., 2019).
6. Setelah dilakukan pengadukan, sampel didiamkan 24 jam, hingga mikroplastik mengendap dan berada di atasnya (Mauludy dkk., 2019).
7. Sampel yang telah didiamkan selama 24 jam selanjutnya ditambahkan 10 ml Hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%. Tahap penambahan H_2O_2 30% ini dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang ada pada sedimen. Kemudian diaduk selama 30 menit, kemudian didiamkan selama 48 jam (Addauwiyah, 2021).
8. Selanjutnya dilakukan penyaringan mikroplastik menggunakan kertas whatman No. 42, kertas whatman nomor 42 memiliki pori-pori yang sangat halus dan tahan lama sehingga efektif menyaring partikel kecil seperti mikroplastik (Addauwiyah, 2021).

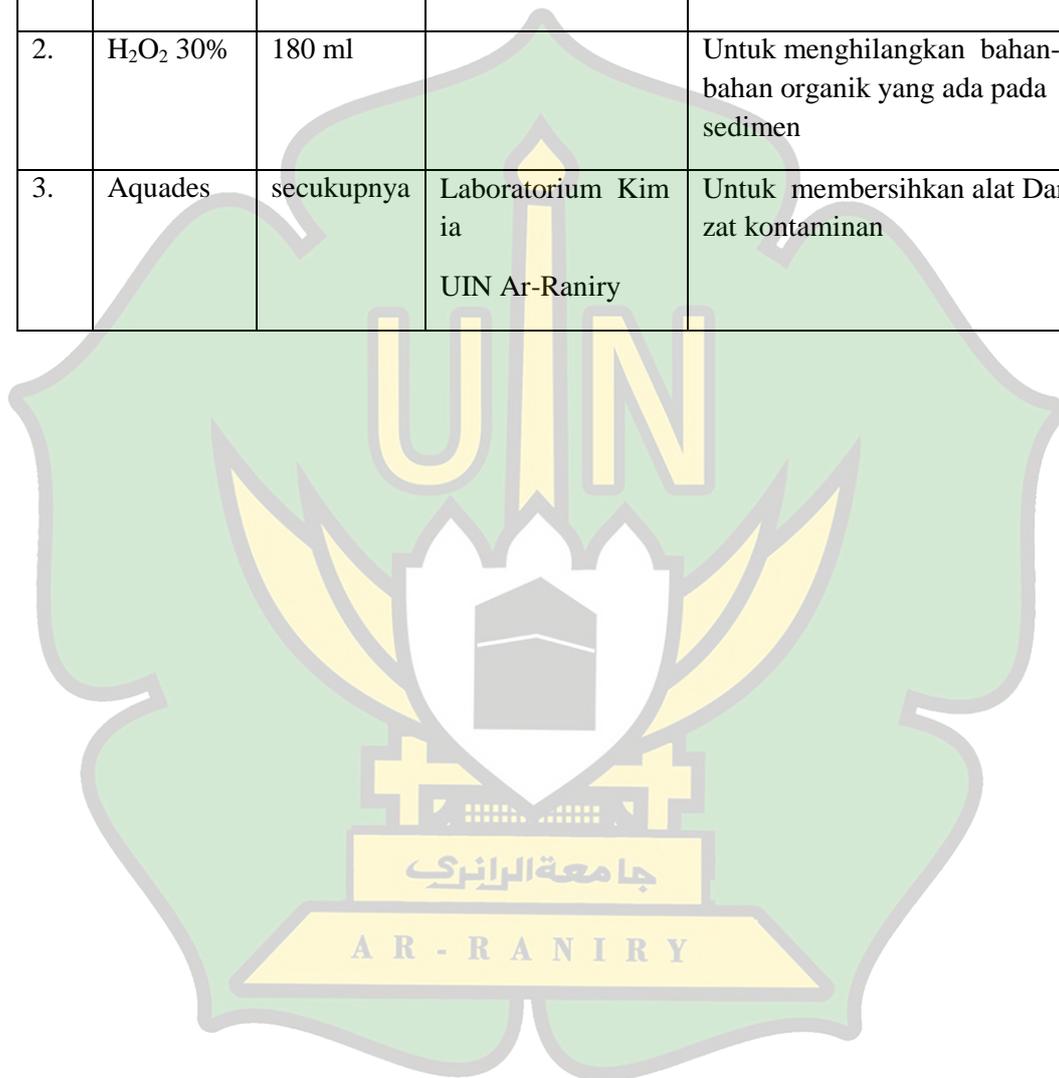
9. Dilakukan pengidentifikasian mikroplastik dengan mikroskop binokuler perbesaran $10 \times 4,5$ (Mauludy dkk., 2019).

Tabel 3.1 Alat Preparasi Sampel

No	Alat	Jumlah	Fungsi
1.	<i>Sediment Grab</i>	1	Untuk mengambil sedimen di bawah permukaan Pesisir Pantai dan Sungai
2.	Aluminium foil	1	Sebagai alas sampel dan penutup beaker glass
3.	<i>Beaker glass</i>	7	Sebagai wadah untuk menampung sampel
4.	Mortar dan alu	1	Untuk menghaluskan sampel
5.	Ayakan 40 mesh	1	Untuk memisahkan bagian yang tidak diinginkan berdasarkan ukurannya
6.	Spatula	1	Sebagai sendok kecil yang digunakan untuk mengambil sampel
7.	Cawan petri	1	Sebagai wadah tempat menimbang sampel
8.	Neraca analitik	1	Untuk mengukur massa sampel
9.	Pipet Volume	1	Untuk mengambil cairan dengan volume yang diinginkan
10.	<i>Magnetic Stirrer</i>	2	Untuk membantu pengadukan larutan dan menghomogenkan larutan sampel
11.	<i>Hot Plate</i>	2	Sebagai pengaduk larutan sampel
12.	Kertas saring Whatman No. 42	27	Sebagai media filter
13.	Pinset	1	Untuk Mengambil media filter
14.	<i>Microscope Binokuler</i>	1	Sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi mikroplastik
15.	<i>Scanning Electron Microscope</i>	1	Sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi nanoplastik

Tabel 3.2 Bahan Preparasi Sampel

No	Bahan	Jumlah	Produsen	Fungsi
1.	NaCl	2700 ml	PT. Widatra Bhakti	Untuk pemisahan densitas plastik yang lebih kecil dari sedimen
2.	H ₂ O ₂ 30%	180 ml		Untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang ada pada sedimen
3.	Aquades	secukupnya	Laboratorium Kimia UIN Ar-Raniry	Untuk membersihkan alat Dari zat kontaminan



Langkah-langkah yang dilakukan dalam preparasi sampel adalah sebagai berikut:

1. Sampel sedimen yang sudah dikumpulkan dipindahkan ke wadah aluminium foil. Selanjutnya dilakukan pengeringan dengan suhu ruangan 20°C hingga 24°C selama 48 jam. Pengeringan ini dilakukan untuk mengurangi kandungan air pada sedimen.



Gambar 3.4 Pengeringan Sampel

2. Sampel sedimen yang telah di keringkan dihaluskan menggunakan alu dan mortar.



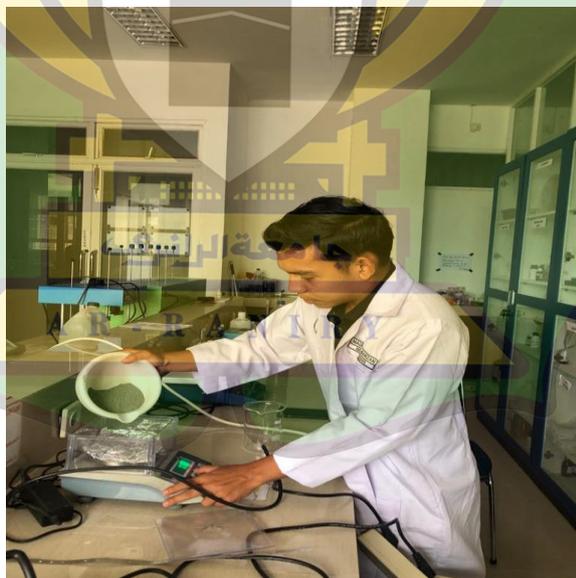
Gambar 3.5 Penghalusan Sampel

3. Sampel yang telah dihaluskan kemudian diayak dengan saringan 40 mesh. Penyaringan ini dilakukan untuk mengurangi volume sampel.



Gambar 3.6 Pengayakan Sampel

4. Sampel yang lolos ayakan ditimbang sebanyak 100 gr berat sedimen kering dengan neraca analitik, kemudian sampel dimasukkan ke *beaker glass* 500 ml.



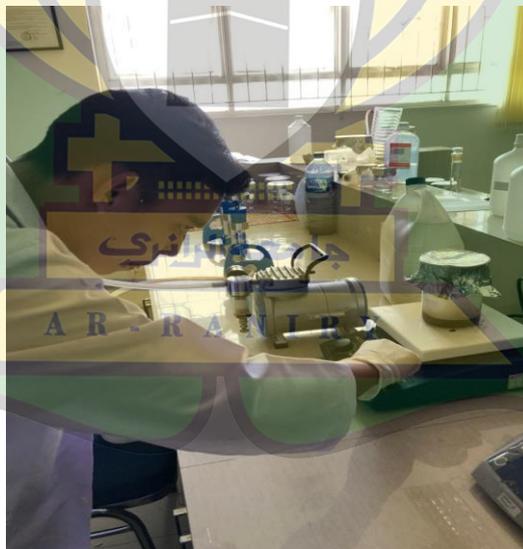
Gambar 3.7 Penimbangan Sampel Sedimen Kering

5. Sampel yang telah dimasukkan ke dalam *beaker glass* ditambahkan larutan natrium klorida (NaCl) jenuh sebanyak 300 ml. Tahap penambahan NaCl ini dilakukan untuk pemisahan densitas plastik yang lebih kecil dari sedimen.



Gambar 3.8 Penambahan NaCl kedalam Sampel Sedimen

6. Sampel yang sudah ditambahkan larutan NaCl dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit.



Gambar 3.9 Sampel dihomogenkan

7. Setelah dihomogenkan sampel didiamkan selama 24 jam, mikroplastik yang berukuran ringan akan terpisah dan berada di bagian atas.



Gambar 3.10 Sampel didiamkan selama 24 jam

8. Setelah 24 jam, ditambahkan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30% sebanyak 10 ml ke dalam sampel. Kemudian sampel sedimen dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit.



Gambar 3.11 Penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%

9. Setelah dilakukan pengadukan sampel didiamkan selama 48 jam. Tahap penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30% ini dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang ada pada sedimen.

10. Kemudian dilakukan penyaringan mikroplastik yang berada di bagian atas menggunakan kertas saring Whatman No. 42 menggunakan pompa vakum. Selanjutnya kertas saring diletakkan pada cawan petri dan dikeringkan menggunakan desikator selama 24 jam.



Gambar 3.12 Proses Penyaringan Sampel

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

3.5 Analisis Data

3.5.1 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik

Analisis kelimpahan mikroplastik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (Laila, 2019).

$$K = N/M \quad (3.1)$$

Dengan:

K = kelimpahan mikroplastik (partikel/kg),

N = jumlah mikroplastik (partikel),

M = massa sampel sedimen kering (kg)

Jumlah Mikroplastik (n) tersebut diperoleh dengan perhitungan secara manual melalui pengamatan yang dilakukan setelah penyaringan sampel dengan saringan 40 mesh dan pengamatan jenis mikroplastik menggunakan mikroskop, adapun tata cara pengamatan mikroplastik melalui mikroskop sebagai berikut (Artanti dkk., 2018):

1. Preparat yang sudah disiapkan diletakkan di meja objek dan diatur posisinya tepat dibawah lensa objektif.
2. Gunakan pengatur alat untuk menggeser kekanan, kekiri, depan, dan belakang.
3. Intensitas cahaya diatur sehingga sinar melalui preparat sesuai kebutuhan.
4. Untuk pengaturan jarak, pertama digunakan pengatur kasar lalu diikuti dengan pengatur halus agar didapatkan bayangan mikroplastik yang jelas.
5. Setelah pengaturan jarak dan pengaturan intensitas cahaya sudah distabilkan, maka dilakukan pengamatan jenis mikroplastik berdasarkan referensi yang didapatkan.

Preparasi sampel sedimen dari pesisir pantai dan sungai yang diambil dari 36 titik akan dianalisis dengan menggunakan metode mikroskopi. Metode ini adalah metode identifikasi yang banyak digunakan untuk mikroplastik yang ukurannya berada dalam kisaran ratusan mikron. Gambar diperbesar menggunakan mikroskop memberikan tekstur permukaan rinci dan informasi struktural objek, yang penting untuk mengidentifikasi partikel.

3.5.2 Bentuk Mikroplastik

Identifikasi bentuk mikroplastik yang diamati menggunakan mikroskop binokuler dengan cara sebagai berikut:

1. Sampel yang sudah disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 diletakkan pada cawan petri.
2. Cawan petri yang sudah terisi sedimen mikroplastik ditempatkan pada meja benda mikroskop.
3. Sekrup pengatur intensitas cahaya diputar untuk mengatur kekuatan lampu, dan makrometer diputar untuk mengatur ketinggian cahaya lampu.
4. Sekrup vertikal dan horizontal diputar untuk mendapatkan gambar dari objek sampel yang mengandung mikroplastik.
5. *Revolving nosepiece* diatur pada perbesaran objektif 10 x, kemudian sekrup kasar diputar sehingga cahaya lampu bergerak ke atas untuk mencari fokus..
6. Sekrup halus diatur untuk mendapatkan gambaran yang lebih terfokus.
7. *Condenser* diatur pada posisi tertinggi (cahaya penuh) untuk memperjelas bayangan
8. Hasil yang didapatkan mikroplastik di *capture* pada komputer yang terhubung.

Identifikasi ukuran mikroplastik menggunakan software image Raster (Rifano, 2014) dengan cara sebagai berikut:

1. Aplikasi Image raster dibuka.
2. Gambar dikalibrasi dengan skala mikrometer.
3. File gambar RGB dibuka menggunakan ikon open pada menu file.
4. Gambar diubah dari RGB menjadi gambar grayscale.
5. Selanjutnya, gambar grayscale diubah menjadi gambar hitam-putih menggunakan threshold.
6. Gambar hitam-putih diolah menggunakan *tool analyse particle*.
7. Hasil *analyse particle* akan tercantum di dalam tabel.

3.5.3 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Proses persiapan sampel untuk pengujian dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)* dimulai dengan mengambil sampel sedimen yang telah dipisahkan berdasarkan ukurannya. Selanjutnya, sampel ditempatkan di dalam *sample holder* berdiameter 1 cm dan ketebalan 0,5 cm yang telah dilapisi dengan pasta perak (*dotite*). Sampel yang telah terpasang pada holder tersebut kemudian dimasukkan ke dalam perangkat yang disebut *fine coat*.

Proses berikutnya melibatkan aktivasi beberapa tombol sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Di dalam perangkat *fine coat* ini, sampel ditempatkan di sekitar pinggiran suatu lingkaran yang terletak di tengah perangkat. Proses ini memerlukan waktu yang cukup lama, dan selama proses tersebut, akan muncul cahaya ungu yang merupakan serbuk emas yang menempel pada sampel sedimen. Harus ditunggu hingga jarum indikator *high voltage (HV)* dan arus (mA) mencapai angka yang telah ditentukan, yaitu HV 0-10, dan mA < 10. Jika posisi nilai HV dan mA kembali ke nol lagi maka proses telah selesai dan sampel siap diuji dalam *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

Setelah sampel sedimen selesai dipreparasi, langkah selanjutnya adalah memprosesnya menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Proses ini melibatkan pengambilan gambar atau citra dalam mode *high vacuum* dengan penyesuaian berbagai parameter seperti *vacuum mode*, posisi X dan Y, serta posisi kejenuhan *filament* menggunakan perangkat tetikus. Selanjutnya, parameter-parameter seperti set bias, kontras, dan kecerahan bisa diatur. Pengaturan kontras dan kecerahan dapat dilakukan secara otomatis atau manual, tergantung pada kebutuhan. Untuk pengaturan *contrast* dan *brightness* ini bisa dilakukan secara otomatis dan bisa secara manual. Selanjutnya mengatur fokusnya secara otomatis dan merubah perbesarannya. Ketika gambar atau foto yang diinginkan sudah maksimum maka gambar kemudian disimpan.

3.6 Korelasi Kelimpahan Mikroplastik dengan Lapisan Sedimen

Dalam penelitian ini, analisis korelasi pearson akan digunakan dengan bantuan aplikasi statistik SPSS untuk mengeksplorasi hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan *layer* sedimen. Tujuan utama adalah untuk mengidentifikasi apakah terdapat korelasi antara kelimpahan mikroplastik dengan *layer* sedimen yang ada dalam sampel. Proses analisis korelasi pearson ini akan menentukan seberapa signifikan hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan *layer* sedimen. Hasil analisis akan memberikan informasi tentang seberapa besar korelasi antara variabel kelimpahan mikroplastik dan *layer* sedimen yang mungkin hadir dalam sampel sedimen yang telah diambil.

Rumus Korelasi Pearson (Ketaren dkk., 2024) (3.2).

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}} \quad (3.2)$$

Dengan:

r = nilai korelasi

x = variable x

y = variable y

Kekuatan hubungan korelasi, sebagai berikut (Astutik dkk., 2023):

0 : Tidak ada korelasi

0.00 – 0.25 : korelasi sangat lemah

0.25 – 0.50 : Korelasi cukup

0.50 – 0.75 : korelasi kuat

0.75 – 0.99 : korelasi sangat kuat

1 : korelasi sempurna

BAB IV

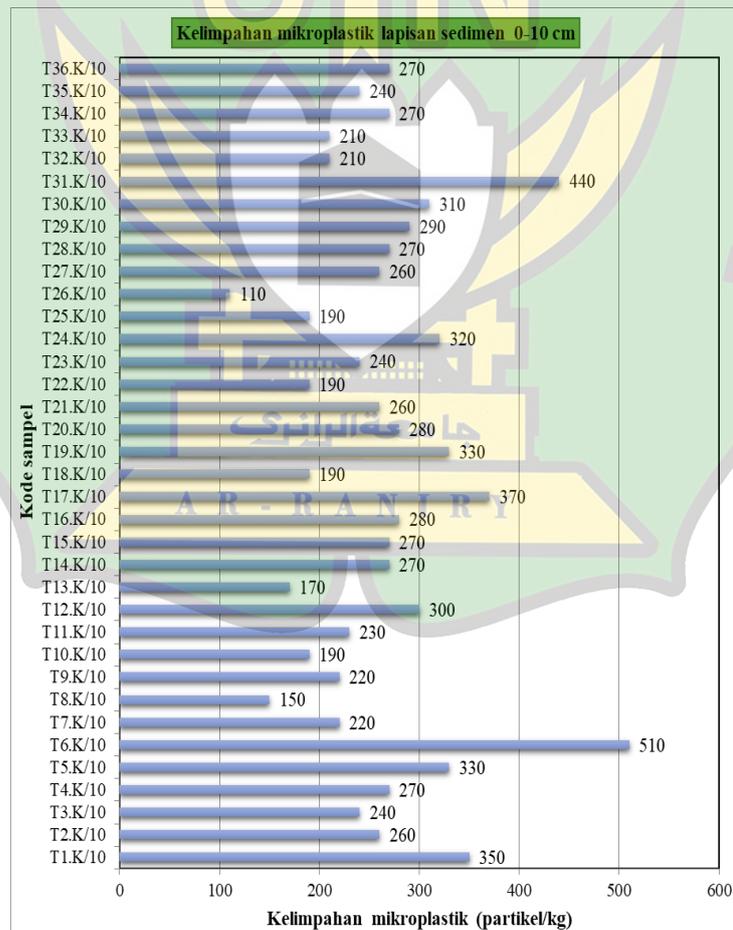
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Distribusi Lateral Kelimpahan Mikroplastik

Hasil analisis kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen 0 hingga 30 cm di 12 lokasi yang di antaranya lokasi 1-9 berada di pesisir pantai dan lokasi 10-12 berada di muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar.

4.1.1 Kelimpahan Mikroplastik Pada Lapisan Sedimen 0-10 cm

Hasil penelitian menunjukkan adanya tingkat kelimpahan mikroplastik yang signifikan dalam lapisan sedimen 0-10 cm di 12 lokasi di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

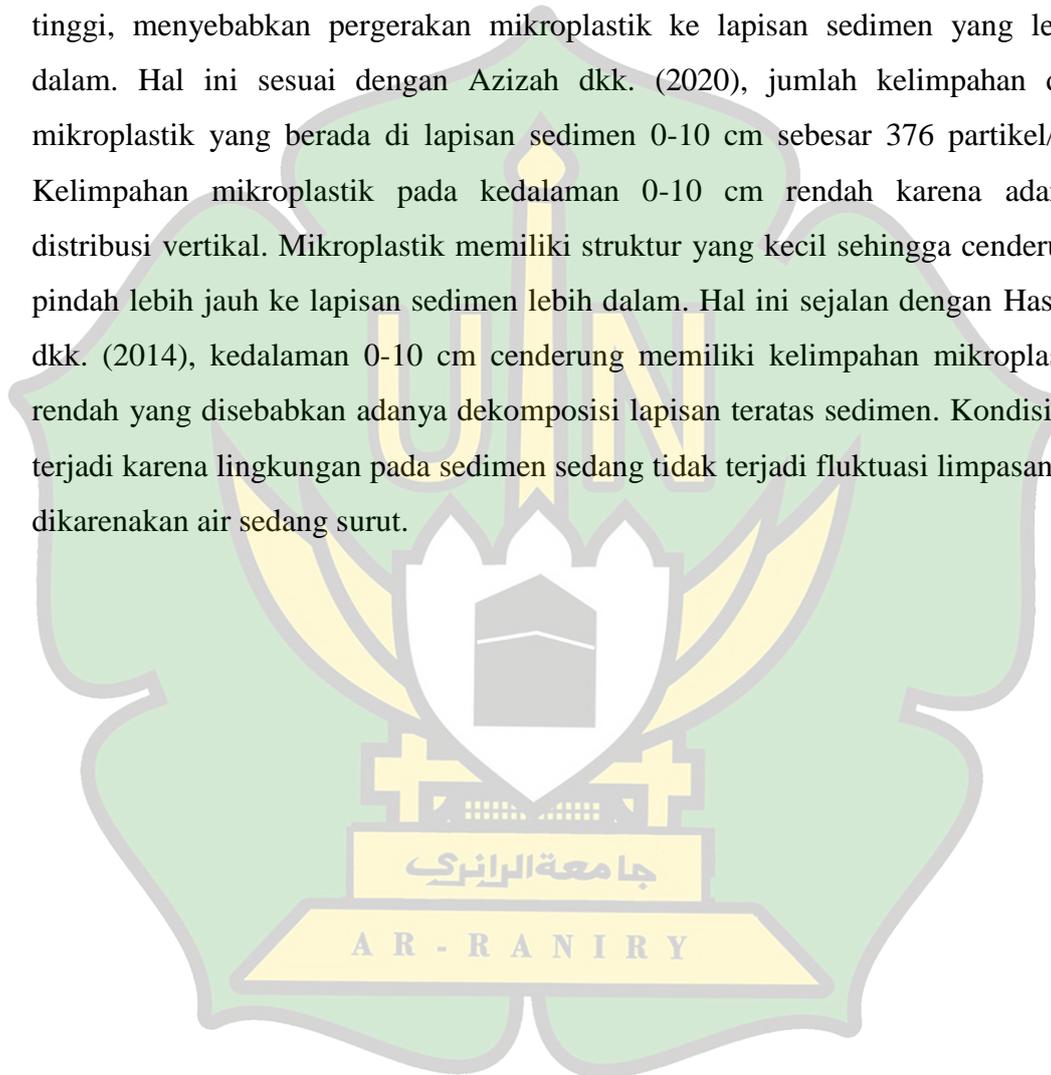


Gambar 4.1 Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 0 – 10 cm

Berdasarkan Gambar 4.1 jumlah kelimpahan mikroplastik pada sedimen lapisan 0 – 10 cm berkisar 110 – 510 partikel/kg. Data ini menggambarkan variasi dalam kelimpahan mikroplastik di dalam sedimen. Keberadaan kelimpahan mikroplastik pada lapisan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti arus pantai, pasang surut, dan aktivitas penangkapan yang dilakukan oleh nelayan. Hal ini bertentangan dengan penelitian Dewi dkk. (2015), jumlah kelimpahan mikroplastik pada sedimen 0-10 cm sebesar 90,12 partikel/kg. Penyebab dari tingginya mikroplastik pada lapisan 0-10 cm adalah lokasi pengambilan sampel sedimen yang berdekatan daerah pesisir yang dekat dengan pantai dan berbatasan langsung dengan laut lepas. Sehingga terdapat ditemukan sumber mikroplastik yang berasal dari aktivitas nelayan berupa kantong plastik. Polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan memiliki densitas rendah. Faktor lain yang mempengaruhi keberadaan mikroplastik pada lapisan ini adalah oseanografi seperti arus pantai dan pasang surut.

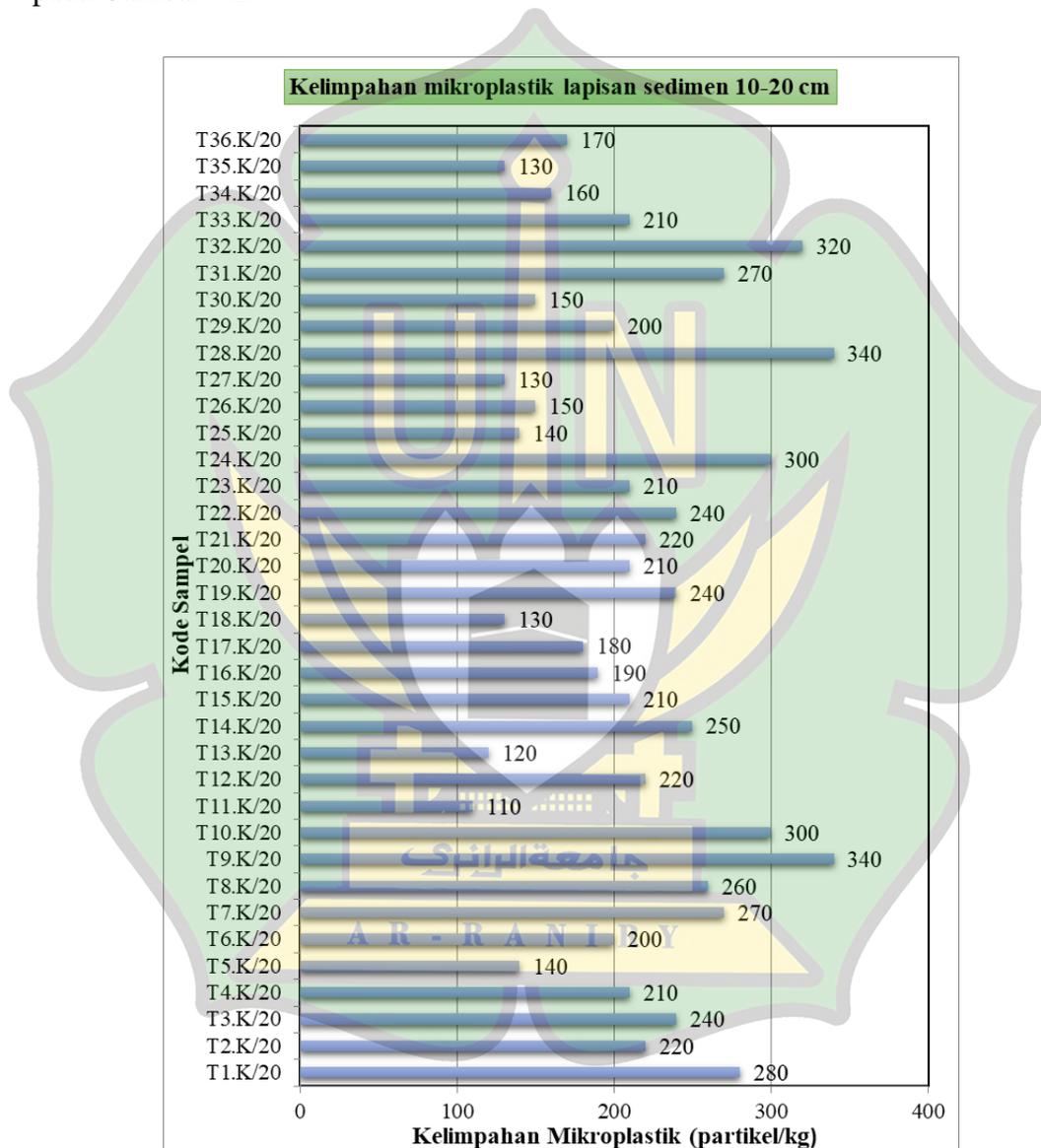
Kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen 0-10 cm didasari oleh beberapa faktor seperti gelombang laut, pasang surut, dan aktivitas penangkapan yang dilakukan oleh nelayan juga dapat memengaruhi kelimpahan mikroplastik di perairan dan sedimen. Mikroplastik yang masuk ke dalam perairan akan masuk ke dalam badan air dan akhirnya akan mengendap pada sedimen. Mikroplastik yang berada di perairan memiliki densitas yang lebih tinggi daripada air laut sehingga terjadinya pengendapan mikroplastik pada sedimen (Prameswari dkk., 2022). Menurut Azizah dkk. (2020), mikroplastik lebih banyak ditemukan pada sedimen dibandingkan di habitat muara atau pantai berpasir. Pantai dan habitatnya bersifat dinamis sehingga dapat terjadi erosi sedimen yang menyebabkan partikel plastik mengalami penambahan densitas. Mikroplastik yang mengendap di sedimen akan menimbulkan akumulasi mikroplastik pada lapisan sedimen yang lebih dalam. Sifat mikroplastik tersebut dapat mengalami perubahan seperti densitasnya, yang disebabkan oleh paparan cahaya matahari yang berkepanjangan di laut, pelapukan dan *biofouling* (Susanto dkk., 2023).

Terdapat perbedaan jumlah kelimpahan pada beberapa titik lokasi, terlihat adanya kelimpahan rendah sebesar 110 partikel/kg pada lapisan 0 – 10 cm. Perbandingan ini terjadi dengan lapisan sedimen 10 – 20 cm yang memiliki kelimpahan antara 110 partikel/kg hingga 340 partikel/kg. Rendahnya nilai kelimpahan pada titik tersebut dikarenakan densitas mikroplastik yang lebih tinggi, menyebabkan pergerakan mikroplastik ke lapisan sedimen yang lebih dalam. Hal ini sesuai dengan Azizah dkk. (2020), jumlah kelimpahan dari mikroplastik yang berada di lapisan sedimen 0-10 cm sebesar 376 partikel/kg. Kelimpahan mikroplastik pada kedalaman 0-10 cm rendah karena adanya distribusi vertikal. Mikroplastik memiliki struktur yang kecil sehingga cenderung pindah lebih jauh ke lapisan sedimen lebih dalam. Hal ini sejalan dengan Hastuti dkk. (2014), kedalaman 0-10 cm cenderung memiliki kelimpahan mikroplastik rendah yang disebabkan adanya dekomposisi lapisan teratas sedimen. Kondisi ini terjadi karena lingkungan pada sedimen sedang tidak terjadi fluktuasi limpasan air dikarenakan air sedang surut.



4.1.2 Kelimpahan Mikroplastik Pada Lapisan Sedimen 10-20 cm

Hasil penelitian menunjukkan adanya tingkat kelimpahan mikroplastik yang signifikan dalam lapisan sedimen 10-20 cm di 12 lokasi di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 10-20 cm

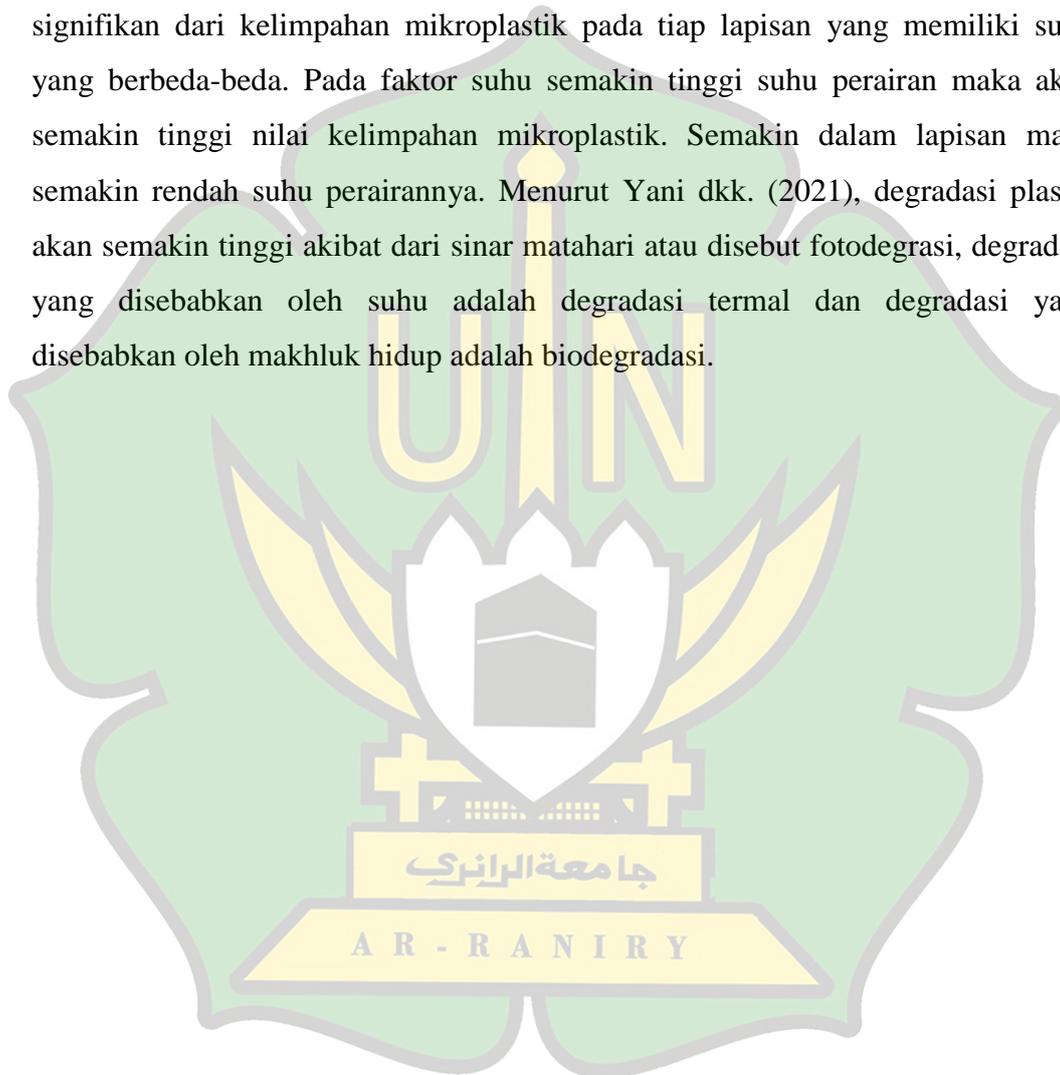
Berdasarkan Gambar 4.2, diketahui bahwa jumlah kelimpahan mikroplastik pada sedimen lapisan 10-20 cm berkisar antara 110-340 partikel/kg. Distribusi vertikal mikroplastik dalam penelitian ini memiliki potensi

mempengaruhi jumlah yang terdeteksi pada kedalaman tertentu. Faktor-faktor seperti berat jenis partikel, aktivitas biologis, dan pergerakan air memainkan peran penting dalam sebaran mikroplastik di dalam lapisan sedimen. Peningkatan jumlah mikroplastik pada lapisan tengah 10-20 cm disebabkan oleh distribusi vertikal yang tidak merata dari mikroplastik di lingkungan tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi vertikal mikroplastik termasuk sedimentasi, di mana partikel-partikel bergerak ke bawah dan mengendap di lapisan sedimen lebih dalam, serta proses biologis yang dapat memindahkan mikroplastik ke berbagai kedalaman melalui aktivitas organisme dalam tanah. Penelitian ini sejalan dengan Yunanto dan Fitriah (2021), bahwa jumlah kelimpahan pada lapisan 10-20 cm memiliki hasil yang lebih rendah daripada sedimen 0-10 cm sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah kedalaman semakin berkurang kelimpahan mikroplastik. Hal ini terkait dengan densitas dari mikroplastik yang menyebabkan mikroplastik ditemukan pada lapisan 10-20 cm. Sifat mikroplastik tersebut dapat mengalami perubahan seperti densitasnya (Cahya dan Risjani, 2023). Menurut Yunanto dan Fitriah (2021), mikroplastik dengan densitasnya yang lebih rendah lebih mudah ditransportasikan baik oleh udara maupun air. Pada penelitian ini di lapisan 10-20 cm terdapat jenis mikroplastik yang memiliki densitas yang lebih rendah yaitu jenis film sehingga mudah ditransportasikan pada lapisan sedimen. Mikroplastik jenis film memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan jenis mikroplastik lainnya sehingga lebih mudah ditransportasikan baik oleh udara maupun air (Yunanto dan Fitriah, 2021).

Terdapat perbedaan jumlah kelimpahan pada beberapa titik lokasi, dimana terlihat adanya kelimpahan rendah sebesar 110 partikel/kg 10 – 20 cm. Perbandingan ini terjadi dengan lapisan sedimen 10 – 20 cm yang memiliki kelimpahan antara 210 - 240 partikel/kg. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya akumulasi mikroplastik di lapisan sedimen dan lamanya proses degradasi mikroplastik. Semakin lama mikroplastik berada pada kolom air maka semakin rentan mengalami *biofouling*. *Biofouling* menyebabkan partikel akan cenderung lebih tenggelam karena biofilm yang dibentuk oleh mikroorganisme

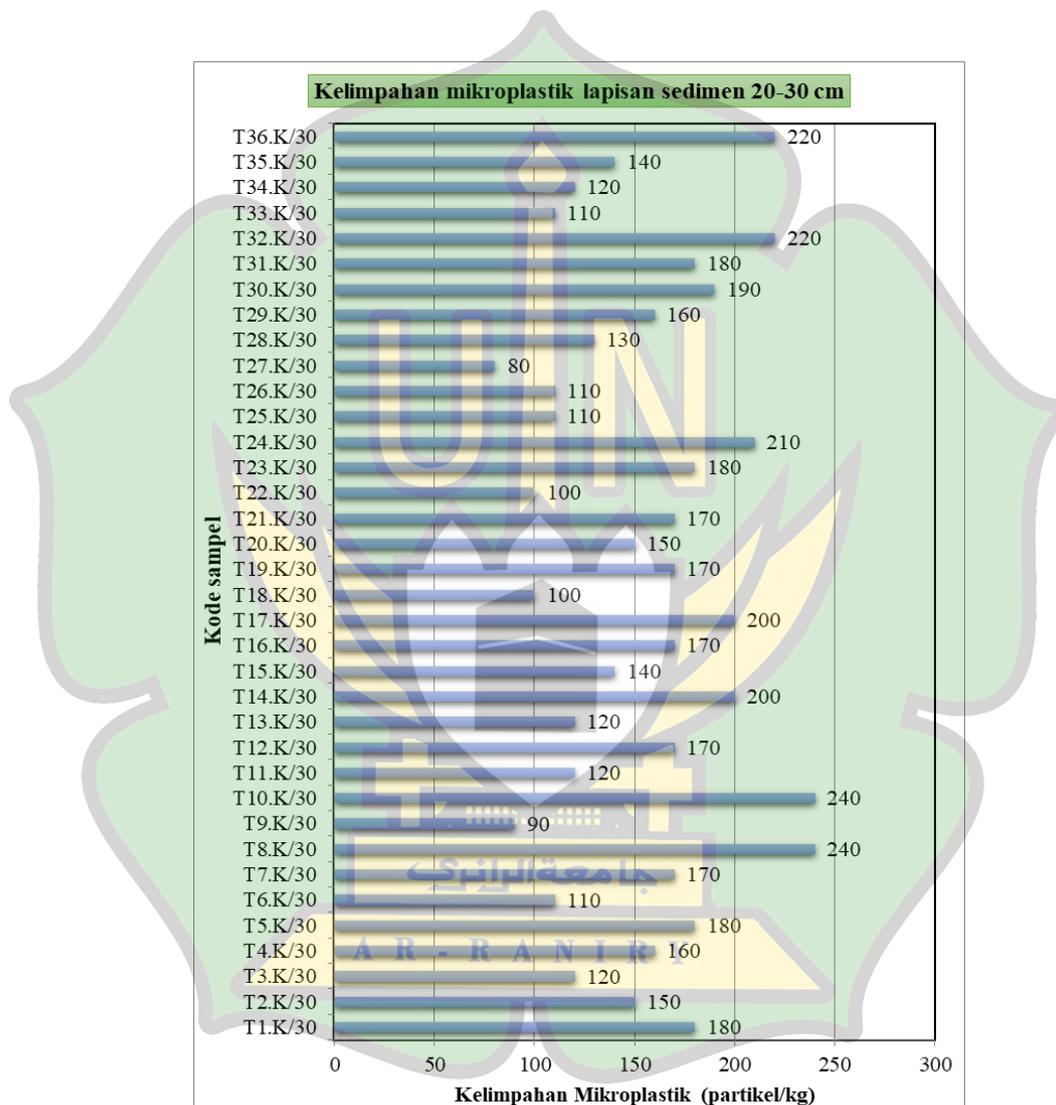
pada lapisan partikel plastik akan mempengaruhi rasio luas permukaan terhadap volume densitas (Wijaya dan Trihadiningrum, 2020).

Selain faktor tersebut, faktor lain yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada sedimen adalah suhu. Namun pada penelitian ini faktor suhu tidak berpengaruh secara signifikan dikarenakan tidak ditemukan perbedaan yang signifikan dari kelimpahan mikroplastik pada tiap lapisan yang memiliki suhu yang berbeda-beda. Pada faktor suhu semakin tinggi suhu perairan maka akan semakin tinggi nilai kelimpahan mikroplastik. Semakin dalam lapisan maka semakin rendah suhu perairannya. Menurut Yani dkk. (2021), degradasi plastik akan semakin tinggi akibat dari sinar matahari atau disebut fotodegradasi, degradasi yang disebabkan oleh suhu adalah degradasi termal dan degradasi yang disebabkan oleh makhluk hidup adalah biodegradasi.



4.1.3 Kelimpahan Mikroplastik Pada Lapisan Sedimen 20-30 cm

Hasil penelitian menunjukkan adanya tingkat kelimpahan mikroplastik yang signifikan dalam lapisan sedimen 20-30 cm di 12 lokasi di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 20-30 cm

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa hasil penelitian menunjukkan kelimpahan mikroplastik pada sedimen lapisan 20-30 cm berkisar antara 80 hingga 240 partikel per kilogram partikel/kg. Angka ini menunjukkan jumlah mikroplastik yang lebih rendah dibandingkan dengan kedalaman lapisan

sebelumnya 10-20 cm, dan semakin rendah dibandingkan dengan lapisan terdekat pada kedalaman 0-10 cm. Adanya penurunan jumlah mikroplastik seiring dengan peningkatan kedalaman sedimen dapat mencerminkan berbagai faktor. Salah satunya adalah telah terjadinya proses degradasi atau sedimentasi lebih lanjut. Hal ini sejalan dengan penelitian Yunanto dan Fitriah (2021), jumlah mikroplastik pada lapisan sedimen 20-30 cm sejumlah 21,337 partikel/kg. Terdapatnya mikroplastik pada lapisan ini mengindikasikan banyaknya sampah kantong plastik terpapar dan baru terdegradasi pada lapisan atas yang akhirnya terjerembab lebih dalam ke sedimen. Rendahnya kelimpahan mikroplastik pada sedimen lapisan 20-30 cm daripada lapisan sedimen 0-10 cm dan 10-20 cm dikarenakan arus perairan yang rendah dilapisan tersebut mengakibatkan distribusi mikroplastik pada sedimen 20-30 cm menjadi berkurang. Parameter arus berpengaruh terhadap penguraian plastik yang berukuran besar menjadi kepingan plastik yang berukuran kecil, menurut Yani dkk. (2021), faktor utama dalam pengangkutan partikel mikroplastik ialah arus perairan, mikroplastik akan menumpuk lebih banyak pada sedimen jika arusnya lemah.

Tingginya kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen juga disebabkan oleh tekstur sedimen. Tekstur sedimen yang berpasir dan lumpur memiliki kemampuan merangkap mikroplastik lebih baik ketika surut. Hal ini sesuai dengan (Nugroho dkk., 2018), bahwasannya sedimen lunak memiliki kemampuan untuk merangkap debris dibandingkan habitat berbatu dan kerikil. Ukuran butir sedimen dapat mempengaruhi deposisi mikroplastik dalam sedimen, namun konsentrasi mikroplastik tidak meningkat dengan penurunan ukuran butir sedimen seperti halnya untuk bahan organik dan kontaminan lainnya. Sedimentasi yang terdapat pada pantai dan muara sungai Aceh disebabkan oleh adanya abrasi yang cukup tinggi sehingga memberikan kontribusi sedimen yang terbawa ke muara. Fraksi sedimen yang halus mempunyai area permukaan yang lebih luas sehingga akan menyebabkan pengikatan zat terlarut akan lebih banyak. Hal lain yang berperan diantaranya kandungan bahan organik yang lebih tinggi pada sedimen yang halus sehingga logam berat membentuk ikatan dengan partikel organik (Najamuddin dkk., 2020).

Sedimen pasir memiliki celah yang kurang rapat dan memungkinkan mikroplastik tidak mudah untuk tertahan akibat adanya pengaruh energi gelombang yang kuat di daerah pantai tersebut sedangkan persentase fraksi lumpur (sedimen lunak) yang lebih tinggi dapat menyebabkan mikroplastik terperangkap dengan sangat kuat sehingga pada fraksi lumpur akan mempunyai kelimpahan mikroplastik yang lebih tinggi (Satiyarti dkk., 2022).

Pencemaran mikroplastik bervariasi secara geografis dan lokasi. Faktor utama kelimpahan dan distribusi mikroplastik ditentukan oleh lingkungan dan faktor antropogenik. Faktor lingkungan termasuk arus gelombang, pasang surut, siklon, arah angin, dan hidrodinamika memiliki peran yang lebih besar dalam distribusi mikroplastik di laut daripada faktor antropogenik akibat aktivitas manusia yang mengarah pada akumulasi puing-puing plastik di lingkungan. Konsentrasi mikroplastik akan tinggi apabila faktor-faktor lingkungan ini lebih kuat (Kurniawan dkk., 2021).

Aktivitas manusia, hidrodinamika, cuaca, dan topografi adalah elemen-elemen yang memengaruhi kelimpahan mikroplastik di berbagai perairan (Febriani dkk., 2020). Selain itu, tingginya gelombang diduga menyebabkan mikroplastik terdapat di perairan pantai dan muara sungai di pesisir Aceh Besar dan Banda Aceh. Menurut Purba dkk. (2019), bahwa besarnya gelombang yang terjadi di perairan dapat menimbulkan pengadukan, sampah yang terdapat di dasar perairan akan terangkat ke permukaan perairan sehingga akan membentuk akumulasi sampah pada suatu daerah atau kawasan pergerakan partikel sampah terjadi akibat adanya pembelokan arus dan gelombang di perairan. Berat dan jumlah mikroplastik akan menentukan lintasan partikel tersebut bergerak. Berat mikroplastik yang lebih ringan akan membuat mikroplastik terbawa jauh oleh arus dan pasang surut.

Variasi kelimpahan didasari oleh berbagai faktor, baik alami ataupun antropogenik. Salah satu faktor melimpahnya mikroplastik adalah tingkat urban atau manusia. Menurut Muchlissin dkk (2020), salah satu faktor melimpahnya mikroplastik di lingkungan didasari dengan meningkatnya populasi manusia. Polusi plastik di lautan dimulai oleh daratan yang membawa bahan pencemar

(salah satunya plastik) ke dalam sungai dan berakhir di lautan, selanjutnya pengaruh arus lautan membawa sampah plastik ke daerah yang terpencil. Aktivitas populasi yang tinggi dan aktivitas pelayaran yang tinggi menyebabkan masuknya mikroplastik ke perairan. Sebanyak 98% mikroplastik yang berada diperairan, itu semua bersumber dari kegiatan darat.

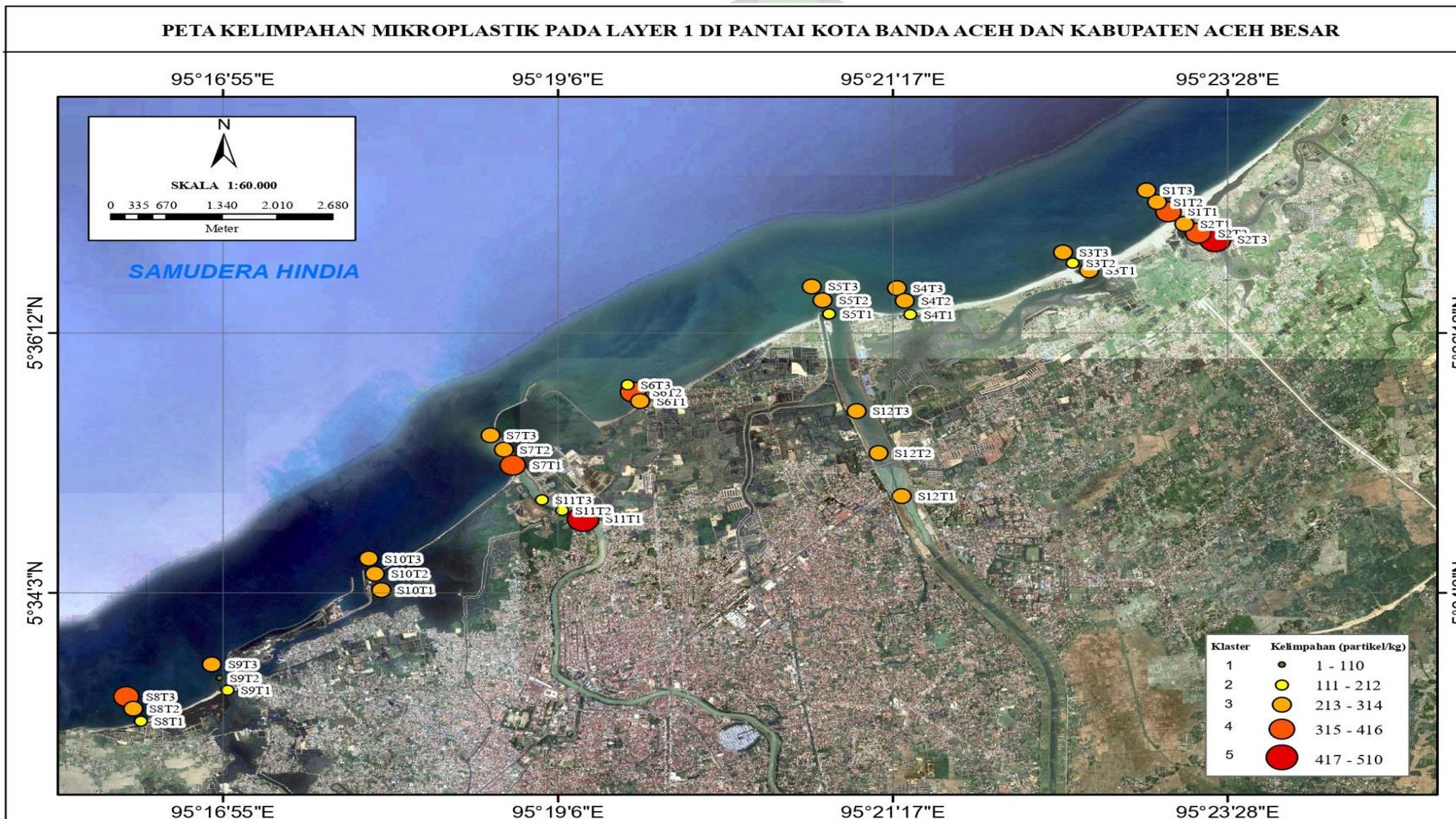
Selain itu salah satu faktor alami yang mempengaruhi adalah pasang surut air laut. Menurut Sathish dkk. (2019), konsentrasi mikroplastik ditemukan dua kali lebih besar pada garis pasang tinggi dari pada garis pasang rendah karena daerah pasang surut tetap terendam hampir sepanjang hari. Adanya faktor oseanografi seperti arus pantai, pasang surut, dan aktivitas penangkapan yang dilakukan oleh nelayan juga dapat memengaruhi kelimpahan mikroplastik di perairan dan sedimen. Mikroplastik yang berada di perairan dapat mengendap di sedimen karena memiliki densitas yang lebih tinggi daripada air laut (Prameswari dkk., 2022).

Kelimpahan mikroplastik sangat memiliki pengaruh terhadap aktivitas manusia. Faktor lokasi penelitian yang semakin mendekati daratan sangat mempengaruhi karena banyaknya sampah dari daratan (Hiwari dkk., 2019). Aktivitas manusia di daratan menyebabkan banyak sampah plastik masuk ke laut. Sampah plastik yang masuk ke laut 70% mengendap pada sedimen 30% berada dipermukaan kolom air. Mikroplastik yang terakumulasi pada sedimen dapat mempengaruhi siklus rantai makanan. Mikroplastik yang tidak sengaja termakan oleh organisme bentik dan epibentik kemudian menyebar melalui rantai makanan, akhirnya sampai ke konsumen tingkat akhir yaitu manusia (Zientika dkk., 2021). Salah satu aktivitas manusia yang dapat menyebabkan kelimpahan mikroplastik adalah kegiatan pembuatan kapal yang biasanya dilakukan oleh masyarakat pesisir setempat, menjadi salah satu faktor karena kegiatan tersebut tidak memungkinkan adanya pekerja yang menggunakan bahan-bahan plastik maupun dalam konsumsi keseharian yang menggunakan bahan plastik untuk pembungkus makanan ataupun minuman, yang langsung saja membuangnya di sekitar perairan tersebut, hal tersebut sebagai faktor antropogenik (Kawung dkk., 2022).

Kelimpahan mikroplastik pada tiap lapisan sedimen terdapat perbedaan. Terdapat kelimpahan yang lebih rendah pada titik lokasi sedimen dengan lapisan 0 – 10 cm yaitu sebesar 110 partikel/kg namun pada lapisan 10 – 20 cm memiliki kelimpahan antara 110 partikel/kg hingga 340 partikel/kg dan pada lapisan 20 – 30 cm memiliki nilai 240 partikel/kg. Perbedaan nilai kelimpahan pada tiap lapisan dan pada tiap titik disebabkan oleh beberapa faktor seperti densitas dari mikroplastik, arus dan bentuk sedimen. Parameter arus berpengaruh terhadap penguraian plastik yang berukuran besar menjadi kepingan plastik yang berukuran kecil. Faktor utama dalam pengangkutan partikel mikroplastik ialah arus perairan, mikroplastik akan menumpuk lebih banyak pada sedimen jika arusnya lemah (Yani dkk., 2021). Faktor densitas terjadi ketika mikroplastik dengan densitasnya yang lebih rendah lebih mudah ditransportasikan baik oleh udara maupun air (Yunanto dan Fitriah, 2021). Bentuk sedimen juga mempengaruhi kelimpahan mikroplastik tiap lapisan, sedimen pasir memiliki celah yang kurang rapat dan memungkinkan mikroplastik tidak mudah untuk tertahan akibat adanya pengaruh energi gelombang yang kuat di daerah pantai tersebut sedangkan persentase fraksi lumpur (sedimen lunak) yang lebih tinggi dapat menyebabkan mikroplastik terperangkap dengan sangat kuat sehingga pada fraksi lumpur akan mempunyai kelimpahan mikroplastik yang lebih tinggi (Satiyarti dkk., 2022).

4.2 Distribusi Vertikal Kelimpahan Mikroplastik

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen 0-10 cm di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar berjumlah antara 0 hingga 9.510 partikel per kilogram sedimen kering dengan rata-rata 264 kelimpahan partikel/kg. Temuan ini menyoroti tingkat kontaminasi yang sangat tinggi pada lapisan sedimen tersebut. Secara khusus, titik 6 menunjukkan tingkat kontaminasi mikroplastik tertinggi dengan kandungan mencapai 510 partikel per kilogram sedimen kering. Sedangkan titik 26 menunjukkan kontaminasi mikroplastik terendah dengan kandungan 110 partikel per kilogram sedimen kering sesuai yang tergambar dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Peta Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 0-10 cm

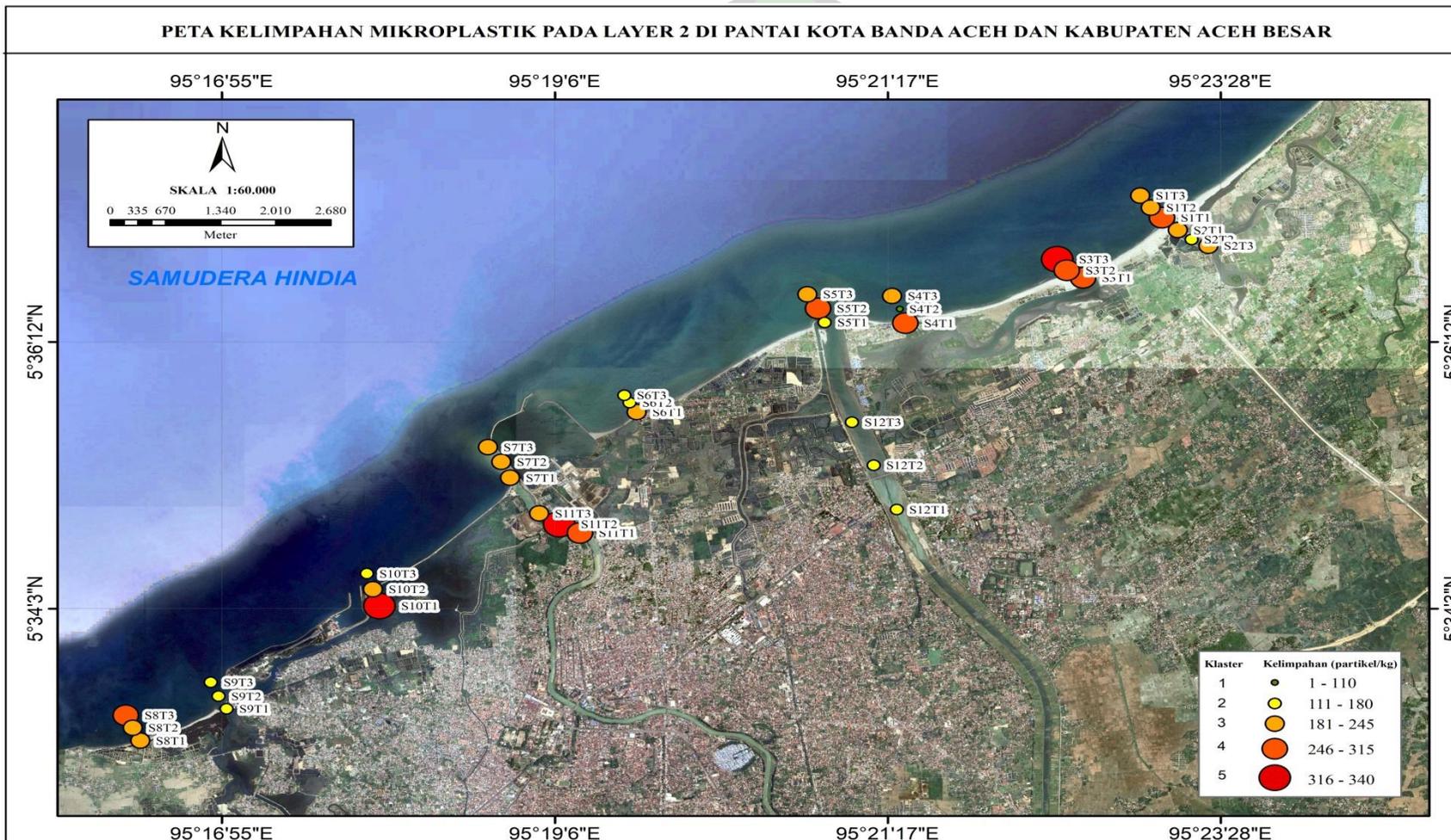
Berdasarkan Gambar 4.4 kelimpahan mikroplastik pada sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar disajikan dalam lima warna yang masing-masing memiliki kisaran nilai tertentu. Warna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 416-510, sedangkan warna *orange candy* mencerminkan distribusi tingkat ke empat dengan rentang 315-416. Warna *orange* digunakan untuk distribusi tingkat ke tiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 213-314. Warna kuning muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 111-212, dan warna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan rentang 1-110.

Berdasarkan dari hasil data diatas didapatkan bahwasannya tingginya kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen awal disebabkan dari banyaknya kegiatan yang dilakukan disekitar area lokasi yang berhubungan dengan plastik dan pada lapisan sedimen awal mikroplastik yang ada baru terdegradasi sehingga meningkatkan kelimpahan pada mikroplastik. Menurut (Ridlo dkk., 2020), akumulasi mikroplastik dalam sedimen diduga sesuai dengan tingkat produksi plastik yang semakin meningkat dari tahun ke tahun sehingga sedimen bagian atas mengandung mikroplastik lebih banyak. Mikroplastik yang mendominasi lapisan awal mengindikasikan banyaknya sampah kantong plastik terpapar dan baru terdegradasi pada lapisan atas (Yunanto dan Fitriah, 2021). Mikroplastik berada dipermukaan dan tenggelam ke dasar air setelah diisi dengan senyawa terlarut biotik dan abiotik, pada saat yang sama terjadi penurunan biomassa pada plastik terapung yang disebut *biofouling* (Basri dkk., 2022).

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen 10-20 cm di pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar berjumlah antara 0 hingga 7.660 partikel per kilogram sedimen kering dengan rata-rata 213 kelimpahan partikel/kg. Temuan ini menyoroti tingkat kontaminasi yang sangat tinggi pada lapisan sedimen tersebut. Secara khusus, titik 9 dan 28 menunjukkan tingkat kontaminasi mikroplastik tertinggi dengan kandungan mencapai 340 partikel per kilogram sedimen kering. Sedangkan titik 11 menunjukkan kontaminasi mikroplastik terendah dengan

kandungan 110 partikel per kilogram sedimen kering sesuai yang tergambar dalam Gambar 4.5.



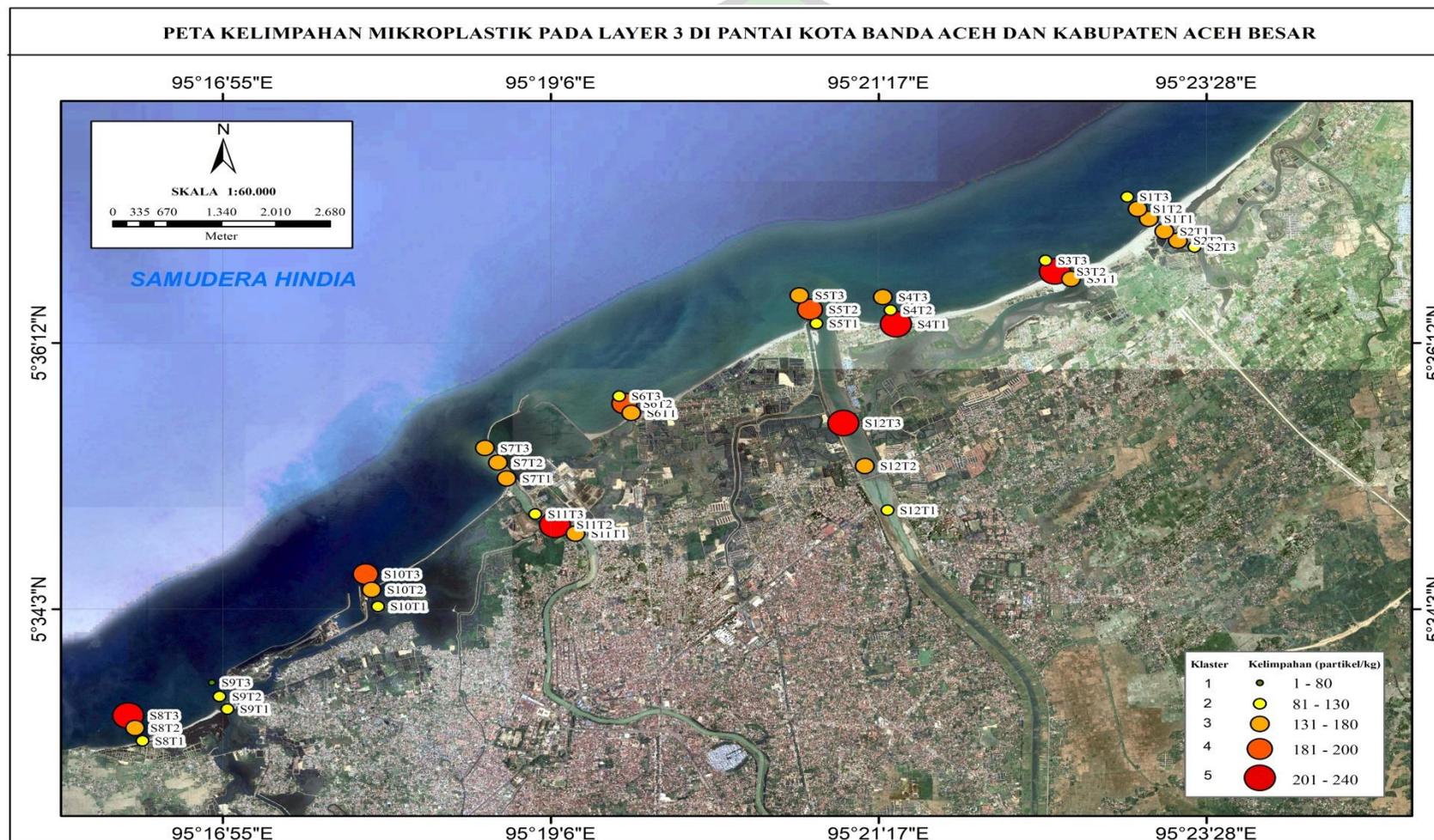


Gambar 4.5 Peta Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 10- 20 cm

Berdasarkan Gambar 4.5 kelimpahan mikroplastik pada sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar disajikan dalam lima warna yang masing-masing memiliki kisaran nilai tertentu. Warna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 316-340, sedangkan warna *orange candy* mencerminkan distribusi tingkat keempat dengan rentang 246-315. Warna *orange* digunakan untuk distribusi tingkat ketiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 181-245. Warna kuning muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 111-180, dan warna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan rentang 1-110.

Kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen 10-20 cm memiliki nilai yang jauh lebih rendah dari pada lapisan sedimen 0-10 cm namun lebih tinggi dari lapisan sedimen 20-30 cm. Mikroplastik yang ditemukan pada lapisan sedimen 10-20 cm terjadi akibat perpindahan mikroplastik dari lapisan sedimen 0-10 cm menuju ke lapisan sedimen yang lebih dalam. Menurut Azizah dkk., (2020), pindahnya partikel mikroplastik ke lapisan yang lebih dalam disebabkan oleh bioturbasi atau aliran air, misalnya peristiwa badai atau banjir serta transportasi oleh binatang. Ukuran partikel mikroplastik dan sedimen yang sama juga memungkinkan terjadinya penumpukan mikroplastik bersamaan dengan penumpukan sedimen.

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen 20-30 cm di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar berjumlah antara 0 hingga 5.610 partikel per kilogram sedimen kering dengan rata-rata 156 kelimpahan partikel/kg. Temuan ini menyoroti tingkat kontaminasi yang sangat tinggi pada lapisan sedimen tersebut. Secara khusus, titik 8 dan 10 menunjukkan tingkat kontaminasi mikroplastik tertinggi dengan kandungan mencapai 240 partikel per kilogram sedimen kering. Sedangkan titik 27 menunjukkan kontaminasi mikroplastik terendah dengan kandungan 80 partikel per kilogram sedimen kering sesuai yang tergambar dalam Gambar 4.6.



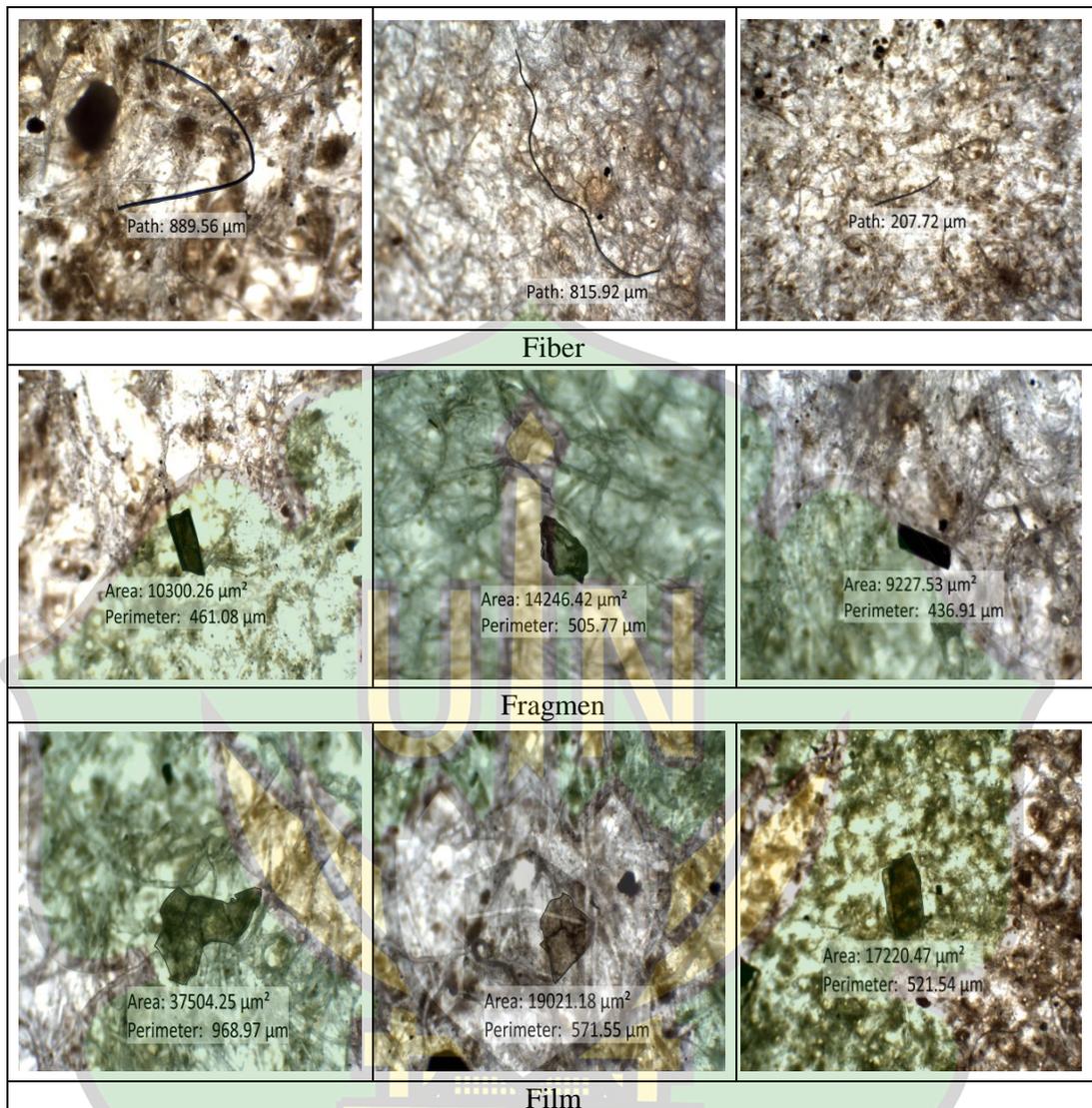
Gambar 4.6 Peta Kelimpahan Mikroplastik Lapisan Sedimen 20-30 cm

Berdasarkan Gambar 4.6 kelimpahan mikroplastik pada sedimen di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar disajikan dalam lima warna yang masing-masing memiliki kisaran nilai tertentu. Warna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 201-240, sedangkan warna *orange candy* mencerminkan distribusi tingkat ke empat dengan rentang 181-200. Warna *orange* digunakan untuk distribusi tingkat ke tiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 131-180. Warna kuning muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 81-130, dan warna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan rentang 1-80.

Kelimpahan mikroplastik tertinggi pada lapisan sedimen 20-30 cm adalah 240 partikel per kilogram, hal ini menunjukkan bahwasannya semakin dalam lapisan sedimen maka kelimpahan mikroplastik pun semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh laju pengendapan yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian Huang (2022), bahwa pada lapisan sedimen dibawah 25 cm memiliki kadar mikroplastik yang cenderung rendah dikarenakan memiliki laju pengendapan yang lebih rendah dibandingkan pada lapisan sedimen kurang dari 25 cm.

4.3 Karakteristik Mikroplastik

Dari dua belas titik pengambilan sampel yang tersebar di pesisir pantai dan muara sungai di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, telah diidentifikasi tiga jenis mikroplastik utama, yaitu mikroplastik jenis fiber, fragmen, dan film seperti yang terlihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Bentuk, Jenis, dan Ukuran Mikroplastik Berdasarkan Uji Mikroskop

Pada penelitian yang telah dilakukan mengenai kelimpahan mikroplastik pada tiap titik ditemukan beberapa jenis mikroplastik. Jenis mikroplastik yang mendominasi adalah jenis fragmen. Mikroplastik jenis fragmen ditemukan lebih banyak daripada jenis lainnya pada tiap lapisan sedimen, namun pada permukaan sedimen mikroplastik jenis ini memiliki jumlah yang lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh densitas yang dimiliki mikroplastik dengan jenis fragmen lebih rendah dibandingkan jenis lainnya sehingga mikroplastik jenis fragmen melayang dipermukaan. Menurut Ridlo dkk. (2020) mikroplastik jenis fragmen umumnya berasal dari fragmentasi plastik polietilena (PE) dan polipropilena (PP) yang densitasnya relatif ringan (<1 g/ml) sehingga cenderung melayang di perairan.

Bentuk fragmen diduga berasal dari fragmentasi plastik kemasan seperti botol minuman, kantong plastik dan potongan pipa paralon. Jumlah bentuk fragmen yang ada dipengaruhi oleh faktor jumlah sampah plastik akibat kegiatan wisata dan rumah tangga seperti penggunaan botol plastik, kemasan mika, serta benda lainnya yang bertekstur plastik yang kuat (Azizah dkk., 2020).

Jenis selanjutnya yang ditemukan adalah jenis fiber. Mikroplastik jenis ini juga ditemukan pada tiap lapisan sedimen. Hal ini dikarenakan bentuk fiber dan ukuran fiber yang cenderung tipis, menyebabkan mikroplastik dengan jenis fiber sangat mudah di transportasikan. Hal ini sesuai dengan penelitian Nugroho dkk (2018), bahwa pada mikroplastik jenis fiber memiliki bentuk dan ukuran yang tipis menyebabkan fiber sering ditemukan mengapung di permukaan air. Jenis fiber berasal dari serat-serat tali, kain atau jaring ikan (Yunanto dan Fitriah, 2021). Fiber merupakan serat plastik memanjang dan berasal dari fragmentasi monofilament jaring ikan, tali dan kain sintesis. Fiber dapat berasal dari tingginya aktivitas penangkapan sekitar kawasan sehingga menyumbang debris kedalam air laut (Sari Dewi dkk., 2015). Berdasarkan asal-usulnya, mikroplastik yang dikategorikan sebagai fiber dapat berasal serat jaring, kain, dan peralatan rumah tangga (Azizah dkk., 2020).

Kelimpahan mikroplastik jenis film disebabkan oleh densitasnya yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis mikroplastik yang lain sehingga lebih mudah ditransportasikan baik oleh udara maupun air. Selain itu mikroplastik jenis film banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu bersumber dari kantong plastik atau plastik kemasan (Yunanto dan Fitriah, 2021). Bentuk film berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan densitas rendah (Kingfisher, 2011). Mikroplastik bentuk film memiliki karakteristik fisik fleksibel dan tipis yang diduga berasal dari potongan kantong plastik sekali pakai yang terdegradasi. Hal ini sesuai pendapat Ningrum dkk (2022), bahwa jenis film disebabkan adanya sampah kantong plastik kemasan makanan yang mengendap di dasar sedimen. Mikroplastik yang mengapung dengan bentuk yang tidak beraturan cenderung tertarik ke dalam badan air, tertahan di badan air dan sampai ke dasar atau mengendap di sedimen laut.

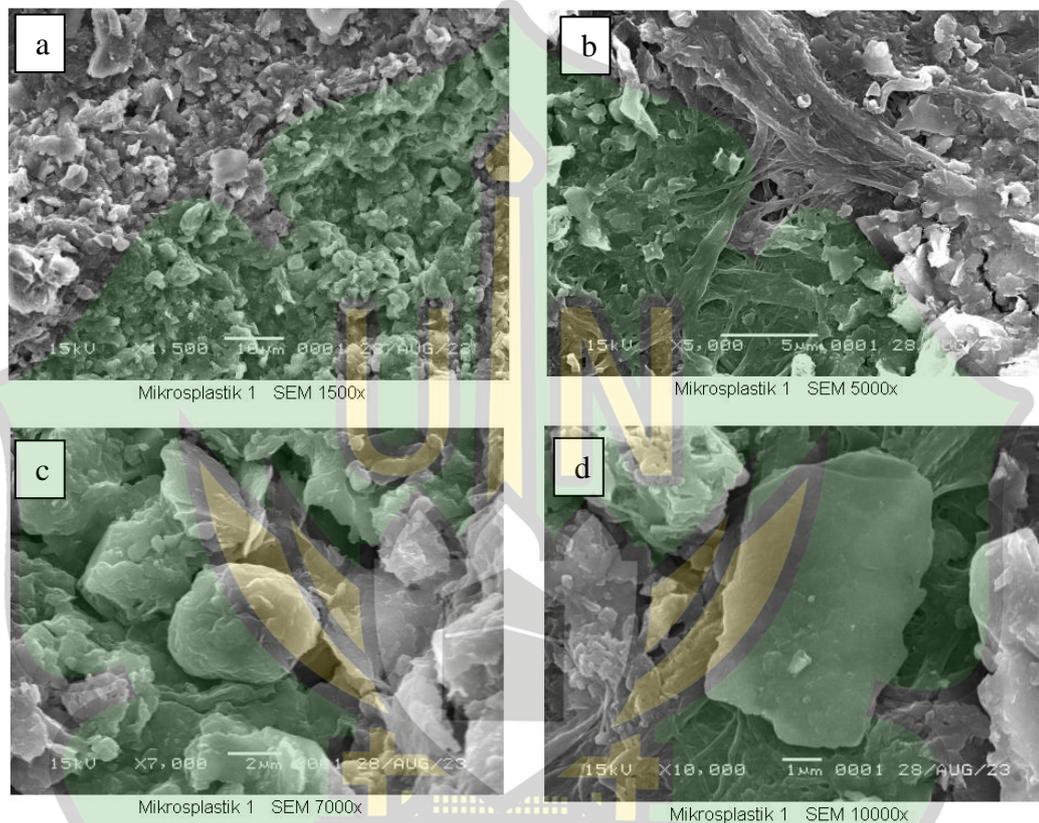
Hasil uji mikroskopis dan pengukuran menggunakan aplikasi *image raster* 3 telah mengungkapkan variasi ukuran yang signifikan dalam mikroplastik yang diamati. Untuk mikroplastik jenis fiber, rentang ukuran yang terukur mulai dari 207.72 μm (ukuran terkecil) hingga 889.56 μm (ukuran terbesar), dengan rata-rata sekitar 533.67 μm . Pada mikroplastik jenis fragmen, ukuran area yang di ukur bervariasi dari 9227.53 μm^2 (ukuran terkecil) hingga 14246.42 μm^2 (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran area 10262.56 μm^2 . Sementara itu, pada mikroplastik jenis flim, ukuran area berkisar 17220.47 μm^2 (ukuran terkecil) hingga 37504.25 μm^2 (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran area 25640.45 μm^2 . Hasil ini menunjukkan keragaman yang cukup besar dalam ukuran mikroplastik yang ditemukan, baik dalam bentuk panjang maupun area permukaan.

Ukuran mikroplastik pada tiap jenis mikroplastik berbeda-beda, hal ini terjadi dikarenakan seiring bertambahnya waktu fragmentasi mikroplastik maka ukuran mikroplastik semakin mengecil. Adanya perbedaan ukuran mikroplastik ini dipengaruhi oleh waktu proses fragmentasi mikroplastik di perairan, apabila semakin lama waktu fragmentasi mikroplastik di perairan maka ukuran mikroplastik akan semakin kecil. Hal lain yang dapat mempengaruhi ukuran mikroplastik adalah radiasi sinar UV dan gelombang laut yang kuat dapat mempengaruhi fragmentasi mikroplastik (Azizah dkk., 2020). Ukuran mikroplastik dipengaruhi oleh salinitas air laut (Basri dkk., 2022).

Keberagaman ukuran mikroplastik dikarenakan pada proses pendegradasian yang lama pada laut, dengan beberapa parameter seperti kedalaman, kecerahan, salinitas, suhu, pH, dan DO dimana itu juga berpengaruh pada proses degradasi sampah plastik. Tidak hanya parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap degradasi sampah plastik di laut, mikroorganisme seperti bakteri juga merupakan salah satu faktor yang dapat melakukan degradasi pada mikroplastik (Ningrum dkk., 2022).

4.4 Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

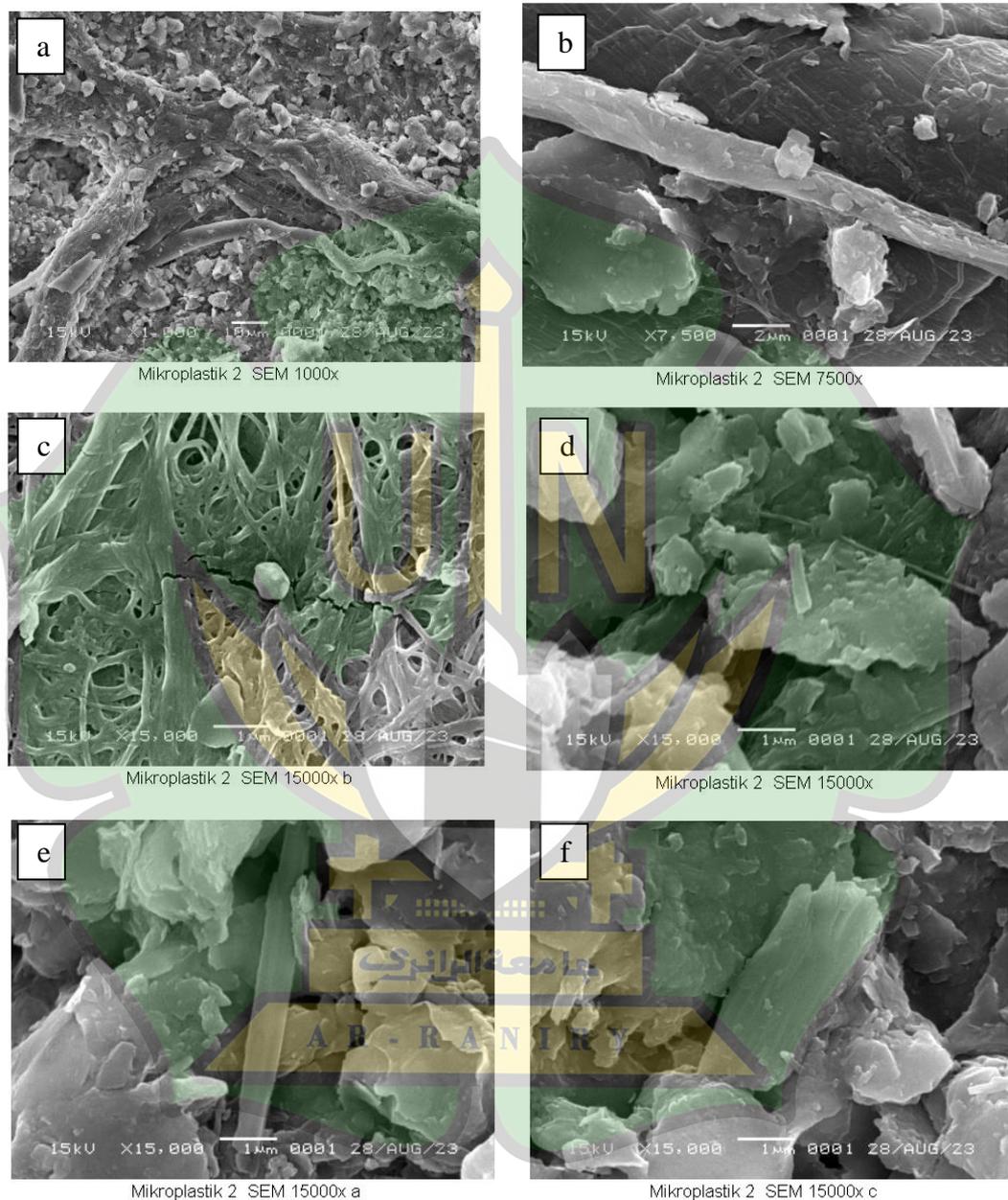
Pengujian sampel menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk melihat partikel nanoplastik serta ukurannya. Hasil uji SEM dari partikel mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Hasil Uji SEM Mikroplastik Sampel 1 (a) 1500x; (b) 5000x; (c) 7000x; (d) 10000x

Metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk memeriksa morfologi dan ukuran partikel mikroplastik. Sampel mikroplastik 1 diamati menggunakan SEM pada perbesaran yang berbeda, yaitu 1500x, 5000x, 7000x dan 10000x. Dari hasil penelitian diketahui bahwa sampel mikroplastik 1 memiliki bentuk yang bervariasi, yaitu halus dan kasar. Pada Gambar 4.8 didapatkan bahwasannya ukuran dari sampel mikroplastik 1 adalah 10 nm pada 1500x, 5 nm pada 5000x, 2 nm pada 7000x dan mikroplastik ukuran 1 nm terdapat pada 10000x. Pada sampel mikroplastik yang dilakukan dengan metode SEM didapatkan ukuran partikel mikroplastik yang beragam dan kurang dari 100

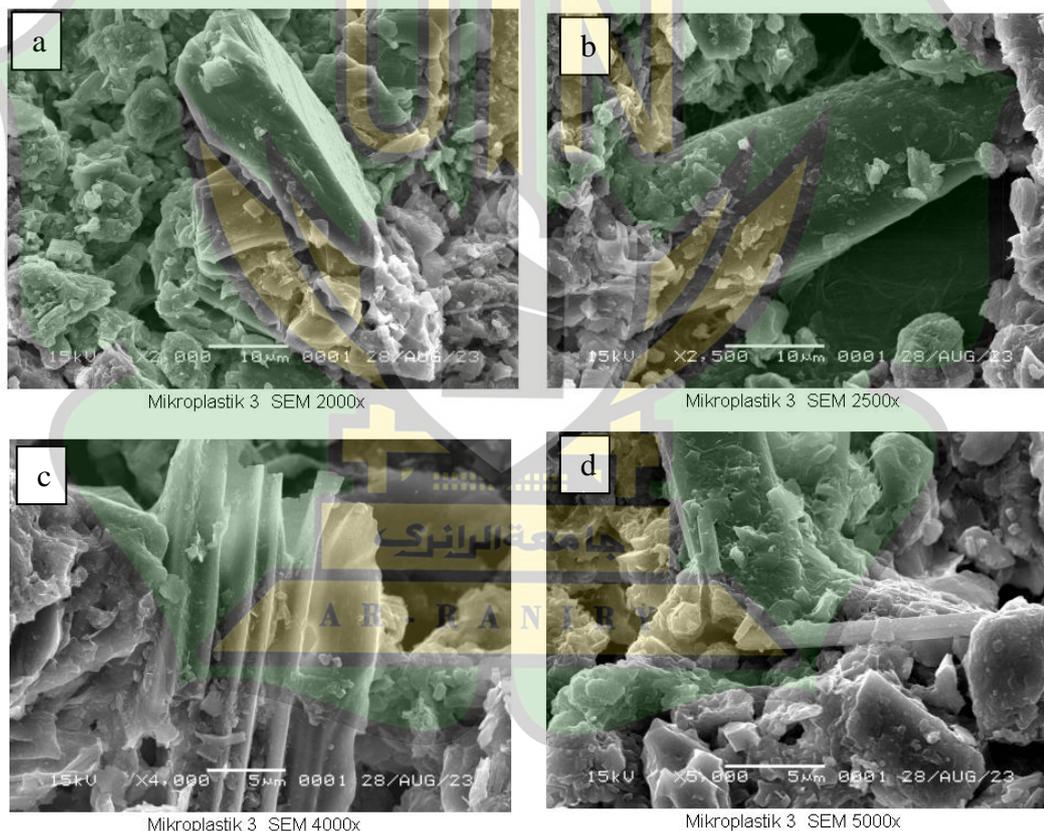
nm. Menurut Dewi (2022), nanoplastik memiliki ukuran kurang dari 1 mm (yaitu 1000 nm) atau kurang dari 100 nm.

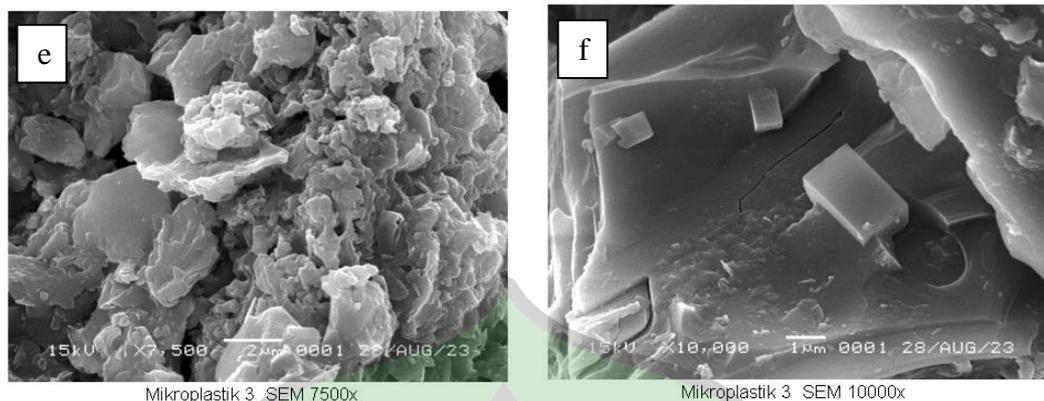


Gambar 4.9 Hasil Uji SEM Mikroplastik Sampel 2 (a) 1000x; (b) 7500x ; (c) (d) (e) (f) 15000x

Metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk memeriksa morfologi dan ukuran partikel mikroplastik pada sampel mikroplastik 2. Sampel ini diamati menggunakan SEM pada perbesaran 1000x, 7500x, dan 15000x. Dari hasil penelitian diketahui bahwa sampel mikroplastik 2 memiliki

bentuk yang bervariasi, yaitu halus dan kasar, sama dengan sampel sebelumnya. Pada Gambar 4.9 didapatkan bahwasannya ukuran dari sampel mikroplastik 2 memiliki ukuran yang beragam yaitu 10 nm terdapat pada 1000x, 2 nm 7500x dan 1 nm pada 15000x. Ukuran mikroplastik dibawah 10 nm sering ditemukan di perairan disebabkan oleh proses degradasi. Menurut Susanto dkk (2023), ukuran mikroplastik yang paling umum ditemukan adalah antara 10 hingga 100 mikrometer (μm), namun mikroplastik terkecil berada di nilai dibawah 10 nm. Plastik yang masuk ke ekosistem laut dapat terdegradasi oleh oksidasi, termasuk oleh radiasi ultraviolet dan terdegradasi secara mekanis sehingga ukurannya akan menjadi lebih kecil sehingga terbentuk mikroplastik (Aulia dkk., 2023)





Gambar 4.10 Hasil Uji SEM Mikroplastik Sampel 3 (a) 2000x; (b) 2500x; (c) 4000x; (d) 5000x; (e) 7500x; (f) 10000x.

Metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk memeriksa morfologi dan ukuran partikel mikroplastik pada sampel mikroplastik 3. Sampel diamati menggunakan SEM pada berbagai perbesaran, yaitu 2000x, 2500x, 4000x, 5000x, 7500x, dan 10000x. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa sampel mikroplastik 3 juga memiliki bentuk yang bervariasi, dengan morfologi yang halus dan kasar, mirip dengan sampel sebelumnya. Pada Gambar 4.10 didapatkan bahwasannya ukuran dari sampel mikroplastik 3 memiliki ukuran yang beragam yaitu 10 nm pada 2000x dan 2500x, 2 nm pada 4000x dan 5000x, ukuran mikroplastik 2 nm terdapat pada 7500x dan 1 nm pada 10000x. Ukuran mikroplastik dibawah 200 nm sering ditemukan diperairan. Menurut Aulia dkk (2023), mikroplastik dengan ukuran di bawah 250 nm membentuk ukuran dominan pada sampel air permukaan, sedimen, dan biota.

Metode SEM digunakan untuk menentukan bentuk dan ukuran partikel mikroplastik. Nanoplastik dianggap berisiko bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Karena ukurannya yang kecil, nanoplastik dapat melintasi membran sel dan mempengaruhi fungsi sel. Menurut Siwidati dan Tualeka (2023), nanoplastik memiliki kemampuan mobilitas lebih tinggi untuk melewati membran organisme lain dan mempengaruhi fungsi selnya karena ukurannya yang kecil, luas permukaan spesifik yang tinggi, dan penetrasi biologis yang kuat. Nanoplastik bersifat lipofilik dan model menunjukkan bahwa nanoplastik polietilen dapat dimasukkan ke dalam inti hidrofobik lipid bilayers.

Oleh karena itu, pencemaran oleh limbah nanoplastik telah diakui sebagai masalah lingkungan global yang serius. Bila nanoplastik masuk ke saluran pencernaan manusia, diprediksi bisa merobek usus ataupun lambung sebab pecahan nanoplastik tidak bisa dicerna di dalam saluran pencernaan, serta sebagian keluar bersama kotoran hendak senantiasa masih terdapat yang tertinggal di dalam badan. Bila masuk ke dalam sel darah, plastik nano ini turut terserap dalam jaringan sel darah serta bisa mengusik sistem syaraf pusat. Apabila sangat kerap bisa menimbulkan kendala sistem pencernaan ataupun sistem syaraf, serta lama- lama bisa menyebabkan kematian (Firmansyah dkk., 2021). Efek lain dari nanoplastik yang masuk ke dalam tubuh manusia dan sangat berbahaya adalah terjadinya proses perubahan epigenetik yaitu metilasi DNA (Siwidati dan Tualeka, 2023).

4.5 Korelasi Kelimpahan Mikroplastik dengan Kedalaman Lapisan Sedimen

Analisis korelasi Pearson mengungkapkan hubungan antara kedalaman lapisan sedimen dan kelimpahan mikroplastik. Sebelum dilakukan analisis korelasi pearson data diuji untuk memastikan normalitas dan linearitas. Hasil uji normalitas menunjukkan nilai sebesar 0,077, menunjukkan bahwa data normal. Sementara itu, nilai uji linearitas adalah 0,047 dengan signifikansi 0,829, menunjukkan bahwa data tersebut linear. Dengan demikian, analisis pearson dapat dilakukan pengujian. Dengan menghubungkan data kedalaman mikroplastik pada rentang 0-10, 10-20, dan 20-30 cm dikorelasikan dengan kelimpahan mikroplastik pada setiap titik. Hasil yang didapatkan setelah melakukan analisis korelasi pearson menunjukkan nilai korelasi sebesar -0,582 dengan signifikansi 0,01 level. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedalaman lapisan sedimen memiliki hubungan yang signifikan dengan kelimpahan mikroplastik pada setiap titik. Korelasi negatif menunjukkan bahwa semakin dalam kedalaman lapisan sedimen, kelimpahan mikroplastik cenderung berkurang.

4.6 Korelasi mikroplastik terhadap Stasiun

Penelitian di wilayah pesisir pantai dan muara sungai Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh dilakukan dengan mengumpulkan sampel dari 12 lokasi stasiun pengambilan sampel. Setiap lokasi stasiun menghasilkan 3 sampel, sehingga secara total ada 36 titik pengambilan sampel. Dengan demikian, data analisis korelasi mikroplastik terhadap stasiun dengan mempertimbangkan data yang diperoleh dari setiap titik pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

Lapisan sedimen	Stasiun	Nilai Korelasi			Korelasi Kelimpahan mikroplastik	Keterangan
		Fiber	Fragmen	Film		
0-10	S1T1	0.33	-0.99	-0.65	-0.99	1
20-30	S1T2	-0.33	-0.92	-0.87	-0.99	0.9
20-30	S1T3	0.00	-0.83	0.00	-0.87	0.8
0-10	S2T4	0.00	-1.00	0.50	-1.00	0.7
20-30	S2T5	-0.40	-0.79	-0.87	-0.75	0.6
20-30	S2T6	0.00	-0.97	-0.87	-0.95	0.5
0-10	S3T7	-0.50	-0.41	0.87	-0.50	0.4
20-30	S3T8	0.81	0.00	0.19	0.77	0.3
20-30	S3T9	0.00	-0.54	-0.87	-0.52	0.2
0-10	S4T10	0.00	0.57	-0.87	0.45	0.1
20-30	S4T11	-0.87	-0.87	-0.50	-0.83	0
20-30	S4T12	-0.92	-0.72	0.00	-0.99	-0.1
0-10	S5T13	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.2
20-30	S5T14	0.33	-0.92	0.00	-0.97	-0.3
20-30	S5T15	-0.87	-0.99	1.00	-1.00	-0.4
0-10	S6T16	-0.62	-0.87	-0.98	-0.94	-0.5
20-30	S6T17	0.60	-0.93	-0.92	-0.81	-0.6
20-30	S6T18	-0.87	-0.92	0.00	-0.98	-0.7
0-10	S7T19	-0.98	-1.00	-0.87	-1.00	-0.8
20-30	S7T20	-0.87	-1.00	0.00	-1.00	-0.9
20-30	S7T21	-0.98	-1.00	1.00	-1.00	-1
0-10	S8T22	0.00	-0.77	0.00	-0.63	
20-30	S8T23	-0.24	-0.65	-0.87	-1.00	
20-30	S8T24	-0.65	-0.93	-0.60	-0.94	
0-10	S9T25	-0.98	-0.87	-0.98	-0.99	
20-30	S9T26	0.87	-0.00	-0.24	0.00	
20-30	S9T27	-0.98	-0.99	-0.87	-0.97	
0-10	S10T28	-0.50	-0.61	-1.00	-0.65	
20-30	S10T29	-0.87	-0.99	0.87	-0.98	
20-30	S10T30	0.65	-0.92	0.33	-0.72	
0-10	S11T31	-1.00	-0.99	0.98	-0.98	
20-30	S11T32	0.24	-0.37	0.98	0.08	
20-30	S11T33	0.00	-0.87	-0.87	-0.87	
0-10	S12T34	-0.65	-0.92	-0.87	-0.97	
20-30	S12T35	-0.50	-0.98	-0.87	-0.82	
20-30	S12T36	-0.96	0.08	-0.40	-0.5	

Tabel 4.1 Korelasi mikroplastik terhadap titik

Pada stasiun 1 sampai 12 memiliki nilai korelasi yang negatif antara lapisan sedimen dengan kelimpahan mikroplastik dengan nilai korelasi masing-masing sebesar -0,99, -1,00, -0,97, -0,99, -1,00, 0,98, -1,00, -1,00, 0,97, 0,98, 0,98, dan 0,97. Nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan negatif antara lapisan sedimen dengan kelimpahan mikroplastik. Artinya, Penelitian ini sejalan dengan Friadi dkk., (2023), rendahnya kecepatan arus menyebabkan mikroplastik untuk mengambang di permukaan air. Ini terjadi karena partikel-partikel kecil yang tidak terlarut dalam air cenderung mengapung ke permukaan, terutama jika mereka memiliki densitas yang lebih rendah dari air atau jika mikroplastik telah dilapisi oleh zat-zat yang membuat mikroplastik menjadi lebih ringan salah satunya seperti surfaktan.

Pada stasiun 3 memiliki nilai korelasi positif dengan nilai korelasi sebesar 0,77. Nilai korelasi positif sebesar 0,77 antara lapisan sedimen dengan kelimpahan mikroplastik di Stasiun 3 menunjukkan adanya hubungan yang kuat dan positif antara kedua variabel tersebut. Ini berarti bahwa terdapat kecenderungan bahwa semakin dalam lapisan sedimen di Stasiun 3, maka semakin tinggi pula kelimpahan mikroplastik yang terdapat di lingkungan tersebut. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya akumulasi mikroplastik di lapisan sedimen dan lamanya proses degradasi mikroplastik. Semakin lama mikroplastik berada pada kolom air maka semakin rentan mengalami *biofouling*. *Biofouling* menyebabkan partikel akan cenderung lebih tenggelam karena biofilm yang dibentuk oleh mikroorganisme pada lapisan partikel plastik akan mempengaruhi rasio luas permukaan terhadap volume densitas (Wijaya dan Trihadiningrum, 2020).

Pada lapisan sedimen di stasiun 1,3,5,6,8 dan 11 memiliki korelasi yang positif antara lapisan sedimen dengan jenis mikroplastik fiber dengan masing-masing nilai sebesar 0,33, 0,40, 0,33, 0,60, 0,65 dan 0,24. Nilai korelasi positif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cenderung searah antara dalam lapisan sedimen dan jumlah mikroplastik jenis fiber yang ditemukan di dalamnya. Artinya, semakin dalam lapisan sedimen, semakin tinggi pula jumlah kelimpahan mikroplastik jenis fiber di dalamnya. Mikroplastik jenis fiber secara keseluruhan

mendominasi di semua tingkat kedalaman sedimen dikarenakan aktivitas di perairan tak luput dari kegiatan nelayan, memancing dan lainnya sehingga jenis ini selalu ada pada tiap kedalaman (Yunanto dan Fitriah, 2021). Namun pada stasiun 2,4,7,9,10 dan 12 memiliki korelasi yang negatif antara lapisan sedimen dengan jenis mikroplastik jenis fiber. Korelasi negatif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cenderung berlawanan antara dalamnya lapisan sedimen dan jumlah mikroplastik jenis fiber yang ditemukan di dalamnya. Artinya, semakin dalam lapisan sedimen, semakin rendah mikroplastik jenis fiber di dalamnya. Hal ini dikarenakan bentuk fiber dan ukuran fiber yang cenderung tipis, menyebabkan mikroplastik dengan jenis fiber sangat mudah di melayang dilapisan permukaan sedimen. Hal ini sesuai dengan penelitian Nugroho dkk (2018), bahwa pada mikroplastik jenis fiber memiliki bentuk dan ukuran yang tipis menyebabkan fiber mudah melayang dipermukaan perairan.

Pada lapisan sedimen di stasiun 3 dan 4 memiliki korelasi yang positif antara lapisan sedimen dengan jenis mikroplastik fragmen dengan masing-masing nilai sebesar 0,54 dan 0,57. Nilai korelasi positif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cenderung searah antara dalamnya lapisan sedimen dan jumlah mikroplastik jenis fragmen yang ditemukan di dalamnya. Artinya, semakin dalam lapisan sedimen, semakin tinggi pula jumlah kelimpahan mikroplastik jenis fragmen di dalamnya. Menurut Sari Dewi dkk (2015), tingginya tipe fragmen di stasiun ini disebabkan lokasi yang berdekatan dengan pantai, sehingga sangat dipengaruhi oleh adanya faktor oseanografi seperti arus pantai, pasang surut dan aktivitas penangkapan yang dilakukan oleh nelayan, dengan adanya faktor tersebut fragmen yang merupakan potongan produk plastik dengan polimer sintesis yang sangat kuat terperangkap di sedimen yang lebih dalam. Namun pada stasiun 1 sampai 12 memiliki korelasi yang negatif antara lapisan sedimen dengan jenis mikroplastik jenis fragmen. Korelasi negatif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cenderung berlawanan antara dalamnya lapisan sedimen dan jumlah mikroplastik jenis fragmen yang ditemukan di dalamnya. Artinya, semakin dalam lapisan sedimen, semakin rendah mikroplastik jenis fragmen di dalamnya. Hal ini disebabkan oleh densitas yang dimiliki mikroplastik dengan jenis fragmen

lebih rendah dibandingkan jenis lainnya sehingga mikroplastik jenis fragmen melayang lapisan sedimen permukaan. Menurut Ridlo dkk., (2020) mikroplastik jenis fragmen umumnya berasal dari fragmentasi plastik yang densitasnya relatif ringan (<1 g/ml) sehingga cenderung melayang di perairan. Jumlah bentuk fragmen yang ada dipengaruhi oleh faktor jumlah sampah plastik akibat kegiatan wisata dan rumah tangga seperti penggunaan botol plastik, kemasan mika, serta benda lainnya yang bertekstur plastik yang kuat (Azizah dkk., 2020).

Pada lapisan sedimen di stasiun 1,2,3,4,5,7 dan 8 memiliki korelasi yang positif antara lapisan sedimen dengan jenis mikroplastik film. Nilai korelasi positif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cenderung searah antara dalamnya lapisan sedimen dan jumlah mikroplastik jenis film yang ditemukan di dalamnya. Artinya, semakin dalam lapisan sedimen, semakin tinggi pula jumlah kelimpahan mikroplastik jenis film di dalamnya. Mikroplastik bentuk film memiliki karakteristik fisik fleksibel dan tipis yang diduga berasal dari potongan kantong plastik sekali pakai yang terdegradasi. Hal ini sesuai pendapat Ningrum dkk (2022), bahwa jenis film disebabkan adanya sampah kantong plastik kemasan makanan yang mengendap di dasar sedimen. Mikroplastik yang mengapung dengan bentuk yang tidak beraturan cenderung tertarik ke dalam badan air, tertahan di badan air dan sampai ke dasar atau mengendap di sedimen laut. Namun pada stasiun 6,9,10,11 dan 12 memiliki korelasi yang negatif antara lapisan sedimen dengan jenis mikroplastik jenis film. Korelasi negatif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cenderung berlawanan antara dalamnya lapisan sedimen dan jumlah mikroplastik jenis film yang ditemukan di dalamnya. Artinya, semakin dalam lapisan sedimen, semakin rendah mikroplastik jenis film di dalamnya. Kelimpahan mikroplastik jenis film disebabkan oleh densitasnya yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis mikroplastik yang lain sehingga lebih mudah ditransportasikan baik oleh udara maupun air. Selain itu mikroplastik jenis film banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu bersumber dari kantong plastik atau plastik kemasan (Yunanto dan Fitriah, 2021). Bentuk film berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan densitas rendah (Kingfisher, 2011).

Perbedaan kelimpahan vertikal mikroplastik berkaitan dengan proses pengendapan dan pergerakan air yang dapat meresuspensi endapan mikroplastik dari sedimen ke perairan. Sebagai contoh jika terjadi pengendapan maka kelimpahan mikroplastik tertinggi terbentuk pada wilayah kolom perairan. Namun jika terjadi pergerakan, maka kelimpahan rendah dapat terjadi di kolom perairan. Pengaruh oseanografi berupa pasang surut, kecepatan alir, kedalaman, topografi dan variabilitas musiman arus air berperan dalam penempatan posisi partikel di perairan. Mikroplastik dapat terdegradasi, terfragmentasi dan melepas bahan perekat sehingga partikel akan berubah densitasnya serta terdistribusi di antara permukaan dan dasar perairan. Mikroplastik yang berada di air akan mengapung bergantung pada densitas dari tipe mikroplastik. Kemampuan mikroplastik mengapung menentukan posisi mikroplastik di air (Wijaya dan Trihadiningrum, 2020).



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis dari data pengamatan dapat diambil kesimpulan yaitu distribusi vertikal mikroplastik pada sedimen di pesisir Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh pada sedimen lapisan 0-10 cm berkisar 110-510 partikel/kg, lapisan 10-20 cm berkisar 110-340 partikel/kg dan pada lapisan 20-30 cm berkisar 80-240 partikel/kg. Dari dua belas titik pengambilan sampel yang tersebar di pantai dan muara sungai di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, telah diidentifikasi tiga jenis mikroplastik utama, yaitu mikroplastik jenis fiber, fragmen, dan film. Hasil uji mikroskopis dan pengukuran menggunakan aplikasi *image raster* 3 variasi ukuran dari mikroplastik dengan jenis fiber memiliki ukuran yang terukur mulai dari 207.72 μm (ukuran terkecil) hingga 889.56 μm (ukuran terbesar), dengan rata-rata sekitar 533.67 μm . Pada mikroplastik jenis fragmen, ukuran area yang diukur bervariasi dari 9227.53 μm^2 (ukuran terkecil) hingga 14246.42 μm^2 (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran area 10262.56 μm^2 . Sementara itu, pada mikroplastik jenis film, ukuran area berkisar 17220.47 μm^2 (ukuran terkecil) hingga 37504.25 μm^2 (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran area 25640.45 μm^2 .

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yaitu:

1. Untuk masyarakat, agar senantiasa menjaga lingkungan dengan tidak membuang sampah terkhusus sampah plastik kelilingan.
2. Untuk peneliti selanjutnya, penting untuk mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik di perairan, seperti pasang surut, faktor angin, dan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Addauwiyah, R. (2021). Kajian Distribusi dan Pemetaan Mikroplastik Pada Sedimen Sungai Deli Kota Medan. *Skripsi*.
- Ahmad, M., Li, J. L., Wang, P. D., Hozzein, W. N., & Li, W. J. (2020). *Environmental perspectives of microplastic pollution in the aquatic environment: a review. Marine Life Science and Technology*, 2(4), 414–430.
- Ajith, N., Arumugam, S., Parthasarathy, S., Manupoori, S., & Janakiraman, S. (2020). *Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 25970–25986.
- Alamsyah, R., & Fadli, S. A. (2023). Kondisi Sampah Plastik di Pantai Desa Pattongko Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(2), 208–213.
- Angnunavuri, P. N., Attiogbe, F., Dansie, A., & Mensah, B. (2020). *Consideration of emerging environmental contaminants in africa: Review of occurrence, formation, fate, and toxicity of plastic particles. Scientific African*, 9, e00546.
- Ardiansyah. (2021). Pemodelan Daerah Kekeruhan Dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Melayang Di Sungai Krueng Aceh Tugas. July, 90.
- Ari Wijaya, B., & Trihadiningrum, Y. (2020). Pencemaran Meso- dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 2–7.
- Arkham, Nur, M., Wahyudin, Y., Pahlevi, M. R., & F, R. Y. (2020). Jasa Penyedia Ekosistem Terumbu Karang Di Kawasan Suaka Alam Perairan Kepulauan Raja Ampat Dari Perspektif Valuasi Ekonomi. *Jurnal Kelautan*, 13(3), 239–48.
- Artanti, D., Retno, A., & Rahmawati, R. (2018). Modul praktikum instrumentasi mikro. In *Fakultas Ilmu Kesehatan*. Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Astutik, E. P., Ningrum, N. P., Hidayatunnikmah, N., Kunci, K., Dan, D., & Jasmin, M. (2023). Efektifitas Effleurage Massage Menggunakan Jasmin Oil

- Terhadap Tingkat Dysminorhea Pada Siswi Di Sma Ibnu Soleh. *50*, 2635–2644.
- Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., & Rizaldi, M. A. (2023). Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut dan Potensi Risiko Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, *22*(3), 328–341.
- Ayuningtyas, W. C., Yona, D., S Julinda, H. S., & Iranawati, F. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR-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.
- Baeza, C., Cifuentes, C., González, P., Araneda, A., & Barra, R. (2020). *Experimental Exposure of Lumbricus terrestris to Microplastics. Water, Air, and Soil Pollution*, *231*(6).
- Basri, S. K., Aulia, U., Septian Maksum, T., & Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Olahraga dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo, P. (2022). Keberadaan Pencemaran Mikroplastik Secara Global di Lingkungan Akuatik. *Graha Medika Public Health Journal*, *1*(2), 2829–1956.
- Benson, N. U., Agboola, O. D., Fred-Ahmadu, O. H., De-la-Torre, G. E., Oluwalana, A., & Williams, A. B. (2022). *Micro(nano)plastics Prevalence, Food Web Interactions, and Toxicity Assessment in Aquatic Organisms: A Review. Frontiers in Marine Science*, *9*(March), 1–19.
- Cahaya, E. W., & Risjani, Y. (2023). Identifikasi Mikroplastik pada Sedimen di Outlet Pabrik Daur Ulang Plastik Kabupaten Gresik dan Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, *3*(2), 3–5.
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, *4*(3), 121–131.
- Dewi, N. M. N. B. S. (2022). Studi Literatur Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Ni Made Nia Bunga Surya Dewi. *Jurnal Sosial Sains Dan*

- Teknologi SOSINTEK*, 2(2), 239–250.
- Dinilhuda, A, Akbar, A. A., & Jumiati. (2018). Peran Ekosistem Mangrove Bagi Mitigasi Pemanasan Global. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2).
- Dodson, G. Z., Shotorban, A. K., Hatcher, P. G., Waggoner, D. C., Ghosal, S., & Noffke, N. (2020). *Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. Marine Pollution Bulletin*, 151(January), 110869.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., & Amato, S. (2013). *Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. Marine Pollution Bulletin*, 77(1–2), 177–182.
- Faujiah, I. N., & Wahyuni, I. R. (2022). Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia. *Gunung Djati Conference Series*, 7, 89–95.
- Febriani, I. S., Amin, B., & Fauzi, M. (2020). Distribusi mikroplastik di perairan Pulau Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Depik*, 9(3), 386–392.
- Firmansyah, Y. W., Fuadi, M. F., Ramadhansyah, M. F., Sugiester S, F., Widyanoro, W., Lewinsca, M. Y., Diyana, S., Marliana, N. I. V., Arumdani, I. S., Pratama, A. Y., Azhari, D., Sukaningtyas, R., & Hardiyanto, A. (2021). Keberadaan Plastik di Lingkungan, Bahaya terhadap Kesehatan Manusia, dan Upaya Mitigasi: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2279–2285.
- Friadi J, A., Purwanto, E., & Budijono. (2023). Kandungan Mikroplastik pada Air Berdasarkan Kedalaman di Waduk PLTA Koto Panjang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. *Jurnal Fisika Unand*, 12(3), 438–444.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). *Production, use, and fate of all plastics ever made - Supplementary Information. Science Advances*, 3(7), 19–24.
- Hafsar K, Khairunnisa, & Nugraha A H. (2022). Pengenalan Jasa Ekosistem Pesisir di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kabupaten Bintan Introducing Coastal Ecosystem Services at Senior High School 1 Bintan Regency. *Jurnal Panrita Abdi*, 6(3), 539–547.

- Henry, B., Laitala, K., & Klepp, I. G. (2019). *Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment. Science of the Total Environment*, 652, 483–494.
- Rifano, R. (2014). *Aplikasi image-j untuk menghitung perubahan luas inti eritrosit bebek akibat larutan hipotonis rendi rifano*.
- 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). *Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2), 165–171.
- Horton, A. A., Svendsen, C., Williams, R. J., Spurgeon, D. J., & Lahive, E. (2017). *Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK--Abundance, sources and methods for effective quantification. Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 218–226.
- IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA. (2019). *Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean: GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Rep. Stud. GESAMP, no 99*, 138.
- Isdianto, A., Asyari, I. M., Haykal, M. F., Adibah, F., Irsyad, M. J., & Supriyadi, S. (2020). *Analisis Perubahan Garis Pantai Dalam Mendukung Ketahanan Ekosistem Pesisir. Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 168–181.
- Kadim, M. K. (2019). *Komposisi dan Karakteristik Mikroplastik di Sekitar Wilayah Perairan Kota Gorontalo. Ayan*, 8(5), 55.
- Kawung, N. R., Adnyana, I. W. S., & Hendrawan, I. G. (2022). *Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Bivalvia Di Perairan Tuminting Dan Malalayang Kota Manado. ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 16(2), 220.
- Ketaren, M. A., Girsang, K., Manurung, M., & Riauati, E. (2024). *Uji Validitas*

- Dan Uji Daya Beda Soal Buatan Pilihan Ganda Dengan Tes Sumatif Siswa Kelas IV UPT SD Negeri 065013 Medan. *I*(11), 3278–3283.
- Koelmans, A. A., Mohamed Nor, N. H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). *Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality*. *Water Research*, *155*, 410–422.
- Kurniawan, R. R., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Mikroplastik Pada Sedimen di Zona Pemukiman, Zona Perlindungan Bahari dan Zona Pemanfaatan Darat Kepulauan Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, *10*(2), 189–199.
- Labibah, W., & Triajie, H. (2020). Keberadaan Mikroplastik Pada Ikan Swanggi (*Priacanthus Tayenus*), Sedimen Dan Air Laut Di Perairan Pesisir Brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, *1*(3), 351–358.
- Laila, Q. N., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, *4*(1), 16–21.
- Lautetu, L. M., Kumurur, V. A., & Warouw, F. (2019). Karakteristik Permukiman Masyarakat Pada Kawasan Pesisir Kecamatan Bunaken. *Karakteristik Permukiman Masyarakat Pada Kawasan Pesisir Kecamatan Bunaken*, *6*(1), 126–136.
- Lusher, L. A., O'donnell, C., Officer, R., & O'Connor, Ian. (2014). Marine Science. *Encyclopedia of Environment and Society*.
- Manuputty, G. D., Ratuluhain, E. S., & Noya, Y. A. (2023). Pengenalan Ekosistem Dan Sumberdaya Pesisir Bagi Siswa Sekolah Minggu Sektor Latta Jemaat Gpm Rumahtiga Kota Ambon. *Hirono : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *3*(1), 28–37.
- Mardiyana, M., & Kristiningsih, A. (2020). Dampak Pencemaran Mikroplastik di Ekosistem Laut terhadap Zooplankton: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *2*(1), 29–36.
- 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.
- Muchlissin, S. I., Widyananto, P. A., Sabdon, A., & Radjasa, O. K. (2020). Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Ekosistem Terumbu di Taman Nasional Laut Karimunjawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 1–6.
- Muzammil, W. Zahra, A., & Oktavia, Y. (2021). Peningkatan Kesadaran Masyarakat Terhadap Biota Laut Dilindungi Di Kepulauan Riau Melalui Media Buku Saku Dan Video Public Awareness Enhancement of Protected Marine Life in Riau Islands through Pocket Book and Video. *Jurnal Panrita Abdi*, 5(3), 356–64.
- Nainggolan, D. H., Indarjo, A., & Suryono, C. A. (2022). Mikroplastik yang Ditemukan di Perairan Karangjahe, Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(3), 374–382.
- Najamuddin, N., Tahir, I., Paembonan, R. E., & Inayah, I. (2020). Pengaruh Karakteristik Sedimen terhadap Distribusi dan Akumulasi Logam Berat Pb dan Zn di Perairan Sungai, Estuaria, dan Pantai. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(1), 1–14.
- Ningrum, I. P., Sa'adah, N., & Mahmiah, M. (2022). Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen di Gili Ketapang, Probolinggo. *Journal of Marine Research*, 11(4), 785–793.
- Nugroho, D. H., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2018). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 80.
- Permatasari, D. R., & Radityaningrum, A. D. (2020). Kajian Keberadaan Mikroplastik Di Wilayah Perairan : Review. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VIII*, 499–506.
- Prameswari, A. P., Muhammad, F., & Hidayat, J. W. (2022). Kandungan Mikroplastik pada Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pantai Mangunharjo Semarang dan Pantai Sayung Demak. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 24(1), 36–42.
- Purba, N. P., Widodo, S. P., Sahat, M. S., Ibnu, F., Haifa, H. J., Dannisa, I. W. H.,

- & Putri., G. M. (2019). Lintasan sampah mikroplastik di Kawasan Konservasi Perairan Nasional Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur. *Depik*, 8(2), 125–134.
- Ridlo, A., Ario, R., Al Ayyub, A. M., Supriyantini, E., & Sedjati, S. (2020). Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yang Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 325–332.
- Rijal, M S. Annisa, N. & Firda, I. (2021). Kontaminasi Mikroplastik (Mps) Pada Ikan Di Indonesia. *Prosiding Semnas Biologi Ke-9 Tahun 2021*, 2(1), 311–332.
- Sari, F. W., Saputri, M., Syafrianti, D., Andayani, D., & Sarong, M. A. (2021). Analisis Bentuk Mikroplastik Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh. *Jurnal Jeumpa*, 8(2), 558–564.
- Sathish, N., Jeyasanta, K. I., & Patterson, J. (2019). *Abundance, characteristics and surface degradation features of microplastics in beach sediments of five coastal areas in Tamil Nadu, India. Marine Pollution Bulletin*, 142, 112–118.
- Satiyarti, R. B., Wulan Pawhestri, S., & Adila, I. S. (2022). Identifikasi Mikroplastik pada Sedimen Pantai Sukaraja, Lampung. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 329–336.
- Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. (2018). *Marine microplastics: abundance, distribution, and composition. In Microplastic contamination in aquatic environments* (pp. 1–26). Elsevier.
- Siwidati, A. W., & Tualeka, A. R. (2023). *Systematic Review: Effect of Nanoplastics on DNA Methylation in Humans. Media Gizi Kesmas*, 12(2), 1107–1116.
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). *Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375–386.
- Sucahyowati, H., & Hendrawan, A. (2022). Sedimentasi dan Perembangan Perekonomian di Wilayah Pesisir Studi Kasus Desa Penikel.

- WIJAYAKUSUMA *Prosiding Seminar Nasional*, 1(1), 158–165.
- Supit, A., Tompodung, L., & Kumaat, S. (2022). Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan*, 13(1), 199.
- Susanto, C. A. Z., Fitria, S. N., Purwaningrum, D., Fadila, M. D., Triajie, H., & Chandra, A. B. (2023). Kajian Kelimpahan Mikroplastik Pada Berbagai Tekstur Sedimen Di Kawasan Pantai Wisata Mangrove Desa Labuhan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 3(4), 143–150.
- Syakti, A. D., Bouhroum, R., Hidayati, N. V., Koenawan, C. J., Boulkamh, A., Sulistyio, I., Lebarillier, S., Akhlus, S., Doumenq, P., & Wong-Wah-Chung, P. (2017). *Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal area of Indonesia*. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2), 217–225.
- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709.
- Urbanek, A. K., Rymowicz, W., & Mirończuk, A. M. (2018). *Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(18), 7669–7678.
- Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). *Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms*. *Current Biology*, 23(23), R1031--R1033.
- Yani, I. N., Siregar, Y. I., & Amin, B. (2021). *Analysis of Types and Abundance of Microplastics in Water and Sediment in Coastal Waters of Pandan District, Central Tapanuli Regency, North Sumatra*. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(3), 215–220.
- Yao, P., Zhou, B., Lu, Y. H., Yin, Y., Zong, Y. Q., Chen, M. Te, & O'Donnell, Z. (2019). *A review of microplastics in sediments: Spatial and temporal occurrences, biological effects, and analytic methods*. *Quaternary International*, 519(October 2018), 274–281.
- Yona, D., Sari, S. H. J., Iranawati, F., Bachri, S., & Ayuningtyas, W. C. (2019). *Microplastics in the surface sediments from the eastern waters of Java Sea, Indonesia [version 1; referees: 2 approved]*. *F1000Research*, 8(0), 1–8.

- Yunanto, A., & Fitriah, N. (2021). Karakteristik Mikroplastik Pada Ekosistem Pesisir Di Kawasan Mangrove Perancak, Bali. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.31>
- 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.
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). *Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. Earth-Science Reviews*, 203(December 2019), 103118.
- Zientika, Z., Amin, B., & Yoswaty, D. (2021). *Relationship Between Microplastics Abundance and Sediment Organic Content in Dumai Coastal Waters. Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(3), 154–159.



LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

Pantai Lambada Klieng	Muara Krueng Lhoknga
Stasiun 1	Stasiun 2
Titik 1	Titik 1
L/10 $K = \frac{35}{0,1} = 350 \text{ Partikel/Kg}$	L/10 $K = \frac{27}{0,1} = 270 \text{ Partikel/Kg}$
L/20 $K = \frac{28}{0,1} = 280 \text{ Partikel/Kg}$	L/20 $K = \frac{21}{0,1} = 210 \text{ partikel/kg}$
L/30 $K = \frac{18}{0,1} = 180 \text{ Partikel/Kg}$	L/30 $K = \frac{16}{0,1} = 160 \text{ partikel/kg}$
Titik 2	Titik 2
L/10 $K = \frac{26}{0,1} = 260 \text{ Partikel/Kg}$	L/10 $K = \frac{33}{0,1} = 330 \text{ partikel/kg}$
L/20 $K = \frac{22}{0,1} = 220 \text{ Partikel/Kg}$	L/20 $K = \frac{14}{0,1} = 140 \text{ partikel/kg}$
L/30 $K = \frac{15}{0,1} = 150 \text{ Partikel/Kg}$	L/30 $K = \frac{18}{0,1} = 180 \text{ partikel/kg}$
Titik 3	Titik 3
L/10	L/10

$K = \frac{24}{0,1} = 240 \text{ Partikel/Kg}$	$K = \frac{51}{0,1} = 510 \text{ partikel/kg}$
L/20 $K = \frac{24}{0,1} = 240 \text{ Partikel/Kg}$	L/20 $K = \frac{20}{0,1} = 200 \text{ partikel/kg}$
L/30 $K = \frac{12}{0,1} = 120 \text{ Partikel/Kg}$	L/30 $K = \frac{11}{0,1} = 110 \text{ partikel/kg}$
Pesisir Pantai Gigieng	Pesisir Pantai Kuta Pohoma
Stasiun 3	Stasiun 4
Titik 1	Titik 1
L/10 $K = \frac{22}{0,1} = 220 \text{ partikel/kg}$	L/10 $K = \frac{19}{0,1} = 190 \text{ partikel/kg}$
L/20 $K = \frac{27}{0,1} = 270 \text{ partikel/kg}$	L/20 $K = \frac{30}{0,1} = 300 \text{ partikel/kg}$
L/30 $K = \frac{17}{0,1} = 170 \text{ partikel/kg}$	L/30 $K = \frac{24}{0,1} = 240 \text{ partikel/kg}$
Titik 2	Titik 2
L/10 $K = \frac{15}{0,1} = 150 \text{ partikel/kg}$	L/10 $K = \frac{23}{0,1} = 230 \text{ partikel/kg}$
L/20 $K = \frac{26}{0,1} = 260 \text{ partikel/kg}$	L/20 $K = \frac{11}{0,1} = 110 \text{ partikel/kg}$

L/30 $K = \frac{24}{0,1} = 240$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{12}{0,1} = 120$ partikel/kg
Titik 3	Titik 3
L/10 $K = \frac{22}{0,1} = 220$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{30}{0,1} = 300$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{34}{0,1} = 340$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{22}{0,1} = 220$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{9}{0,1} = 90$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg
Pesisir Pantai Alue Naga	Pesisir Pantai Alue Naga
Stasiun 5	Stasiun 6
Titik 1	Titik 1
L/10 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{28}{0,1} = 280$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{12}{0,1} = 120$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{19}{0,1} = 190$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{12}{0,1} = 120$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg
Titik 2	Titik 2

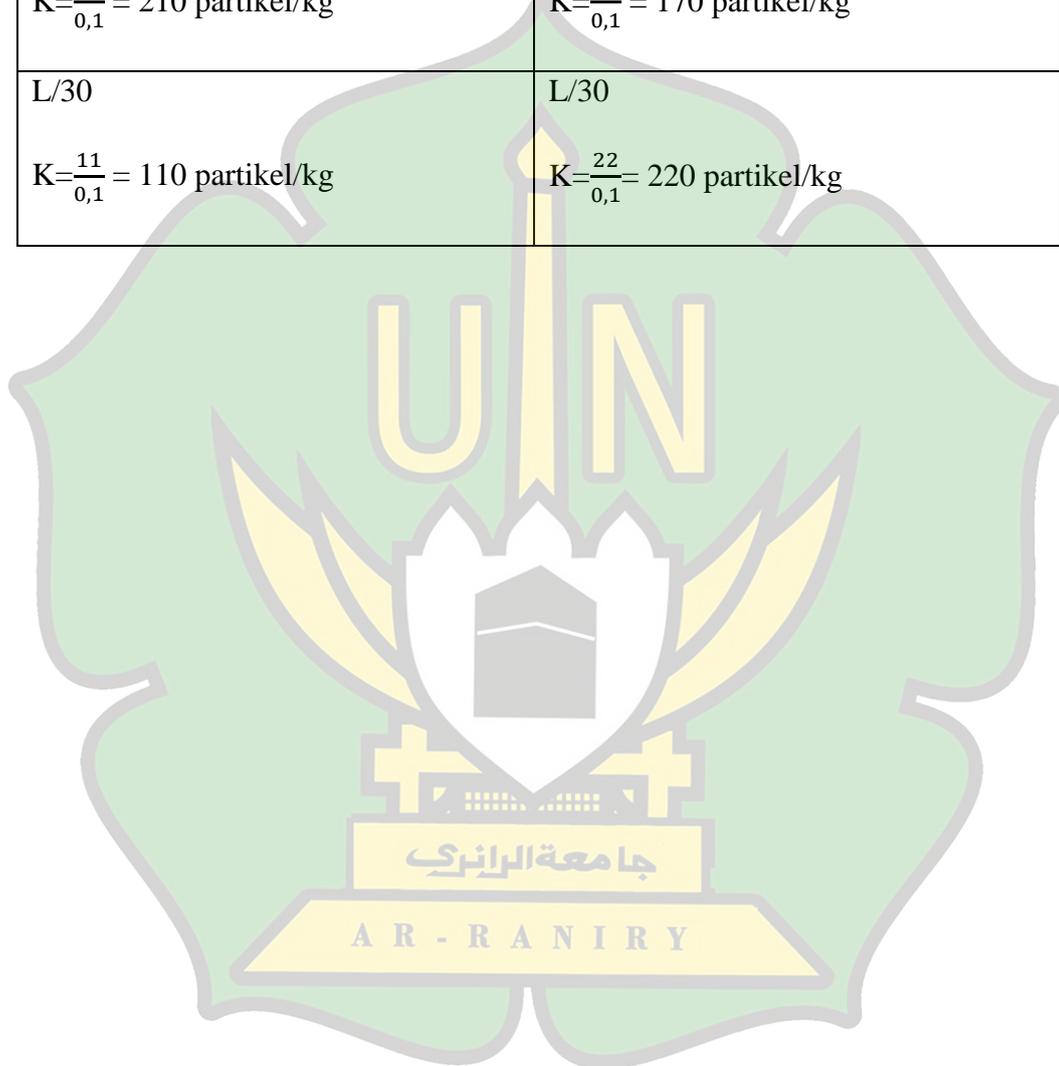
L/10 $K = \frac{27}{0,1} = 270$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{37}{0,1} = 370$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{25}{0,1} = 250$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{18}{0,1} = 180$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{20}{0,1} = 200$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{20}{0,1} = 200$ partikel/kg
Titik 3	Titik 3
L/10 $K = \frac{27}{0,1} = 270$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{19}{0,1} = 190$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{21}{0,1} = 210$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{13}{0,1} = 130$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{14}{0,1} = 140$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{10}{0,1} = 100$ partikel/kg
Pesisir Pantai Syiah Kuala	Pesisir Pantai Kuala
Stasiun 7	Stasiun 8
Titik 1	Titik 1
L/10 $K = \frac{33}{0,1} = 330$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{19}{0,1} = 190$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{24}{0,1} = 240$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{24}{0,1} = 240$ partikel/kg

L/30 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{10}{0,1} = 100$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{10}{0,1} = 100$ partikel/kg
Titik 2	Titik 2
L/10 $K = \frac{28}{0,1} = 280$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{24}{0,1} = 240$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{21}{0,1} = 210$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{210}{0,1} = 210$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{15}{0,1} = 150$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{18}{0,1} = 180$ partikel/kg
Titik 3	Titik 3
L/10 $K = \frac{26}{0,1} = 260$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{32}{0,1} = 320$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{22}{0,1} = 220$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{30}{0,1} = 300$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{21}{0,1} = 210$ partikel/kg
Pantai Desa Lam Awe	Pantai Masjid Baiturrahim
Stasiun 9	Stasiun 10

Titik 1	Titik 1
L/10 $K = \frac{19}{0,1} = 190$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{27}{0,1} = 270$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{14}{0,1} = 140$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{34}{0,1} = 340$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{11}{0,1} = 110$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{13}{0,1} = 130$ partikel/kg
Titik 2	Titik 2
L/10 $K = \frac{11}{0,1} = 110$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{29}{0,1} = 290$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{15}{0,1} = 150$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{20}{0,1} = 200$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{11}{0,1} = 110$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{16}{0,1} = 160$ partikel/kg
Titik 3	Titik 3
L/10 $K = \frac{26}{0,1} = 260$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{31}{0,1} = 310$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{13}{0,1} = 130$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{15}{0,1} = 150$ partikel/kg

L/30 $K = \frac{8}{0,1} = 80$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{19}{0,1} = 190$ partikel/kg
Bantaran Sungai Krueng Aceh	Muara Sungai Alue Naga
Stasiun 11	Stasiun 12
Titik 1	Titik 1
L/10 $K = \frac{44}{0,1} = 440$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{27}{0,1} = 270$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{27}{0,1} = 270$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{16}{0,1} = 160$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{18}{0,1} = 180$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{12}{0,1} = 120$ partikel/kg
Titik 2	Titik 2
L/10 $K = \frac{21}{0,1} = 210$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{24}{0,1} = 240$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{32}{0,1} = 320$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{13}{0,1} = 130$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{22}{0,1} = 220$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{14}{0,1} = 140$ partikel/kg
Titik 3	Titik 3

L/10 $K = \frac{21}{0,1} = 210$ partikel/kg	L/10 $K = \frac{27}{0,1} = 270$ partikel/kg
L/20 $K = \frac{21}{0,1} = 210$ partikel/kg	L/20 $K = \frac{17}{0,1} = 170$ partikel/kg
L/30 $K = \frac{11}{0,1} = 110$ partikel/kg	L/30 $K = \frac{22}{0,1} = 220$ partikel/kg



LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENELITIAN

GAMBAR	KETERANGAN
	
<p style="text-align: center;">Proses Pengambilan Sampel Sedimen</p>	<p style="text-align: center;">Pengeringan Sampel</p>
	
<p style="text-align: center;">Sampel dihaluskan Menggunakan alu dan mortar</p>	<p style="text-align: center;">Sampel yang telah dihaluskan lalu disaring dengan saringan mesh 40</p>



Sampel ditambahkan larutan NaCl



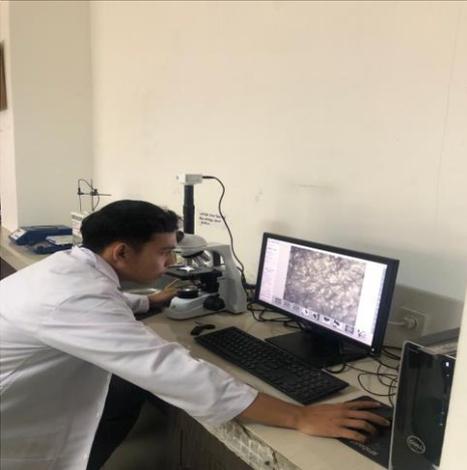
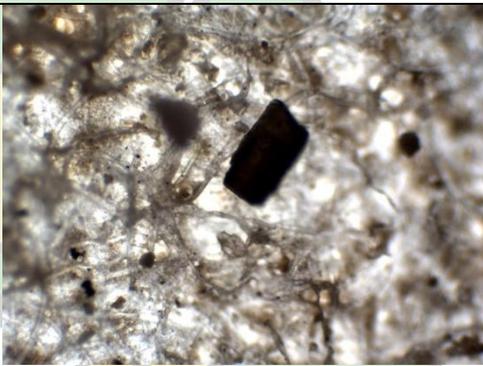
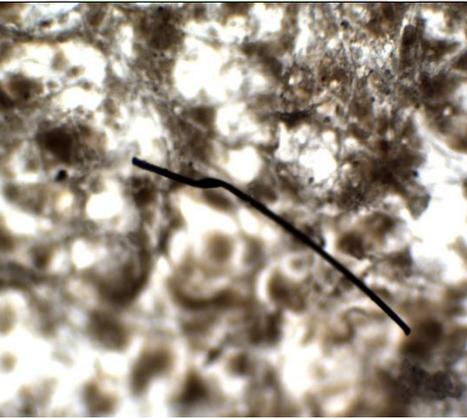
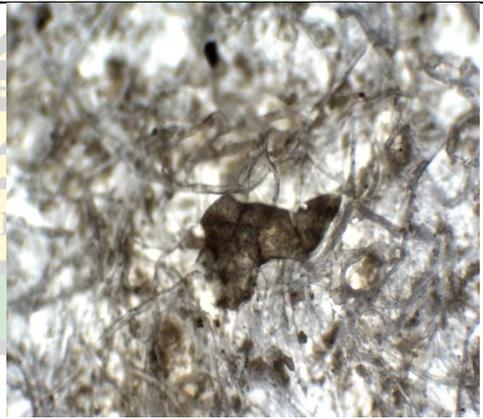
Lalu homogenkan sampel menggunakan magnetic stirrer dan diamkan sampel selama 24 jam



Penambahan larutan H_2O_2 sebanyak 10 ml



Penyaringan sampel mikroplastik menggunakan vakum filtrasi

	<p>Pengentifikasian Mikroplastik dengan Mikroskop Binokuler</p>
	
<p>Mikroplastik jenis fragmen</p>	<p>Mikroplastik jenis fragmen</p>
	
<p>Mikroplastik jenis fiber</p>	<p>Mikroplastik jenis film</p>

LAMPIRAN C
DATA KELIMPAHAN MIKROPLASTIK

Tabel 1 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Lambada Klieng

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)	
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film		
1	T1.K/10	95°23'8,081"E 5°37'9,596"N	100	0.1	5	22	8	350	
2	T1.K/20		100	0.1	3	16	9	280	
3	T1.K/30		100	0.1	6	6	6	180	
	Jumlah				14	44	23	810.00	
	Rata-Rata							270.00	
1	T2.K/10			100	0.1	6	18	2	260.0
2	T2.K/20			100	0.1	3	17	2	220.00
3	T2.K/30			100	0.1	5	10	0	150.000
	Jumlah					14	45	4	630.00
	Rata-Rata							225.00	
1	T3.K/10		100	0.1	3	21	0	240.0	
2	T3.K/20		100	0.1	2	22	0	240.00	
3	T3.K/30		100	0.1	3	9	0	120.000	
	Jumlah				8	52	6	600.00	
	Rata-Rata						206.25		

Tabel 2 Kelimpahan Mikroplastik pada Muara Sungai Krueng Lhoknga

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T4.K/10	5°37'4,425"N 95°23'11,651"E	100	0.1	3	24	0	270.0
2	T4.K/20		100	0.1	2	17	2	210.00
3	T4.K/30		100	0.1	3	12	1	160.000
	Jumlah				8	53	3	640.00
	Rata-Rata							213.33
1	T5.K/10		100	0.1	7	25	1	330.0
2	T5.K/20		100	0.1	2	11	1	140.00
3	T5.K/30		100	0.1	5	13	0	180.000
	Jumlah				14	49	2	650.00
	Rata-Rata							215.83
1	T6.K/10	100	0.1	4	44	3	510.0	
2	T6.K/20	100	0.1	2	18	0	200.00	
3	T6.K/30	100	0.1	4	7	0	110.000	
	Jumlah			10	69	3	820.00	
	Rata-Rata						258.96	

Tabel 3 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Gigieng

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T7.K/10	5°36'34,152"N 95°22'9,070"E	100	0.1	4	18	0	220.0
2	T7.K/20		100	0.1	2	25	0	270.00
3	T7.K/30		100	0.1	3	13	1	170.000
	Jumlah				9	56	1	660.00
	Rata-Rata							220.00
1	T8.K/10		100	0.1	1	11	3	150.0
2	T8.K/20		100	0.1	0	18	8	260.00
3	T8.K/30		100	0.1	9	11	4	240.000
	Jumlah				10	40	15	650.00
	Rata-Rata							217.50
1	T9.K/10	100	0.1	1	20	1	220.0	
2	T9.K/20	100	0.1	3	30	1	340.00	
3	T9.K/30	100	0.1	1	8	0	90.000	
	Jumlah			5	58	2	650.00	
	Rata-Rata						216.88	

Tabel 4 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Kuta Pohama

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T10.K/10	5°36'21,042"N 95°21'19,757"E	100	0.1	5	11	3	190.0
2	T10.K/20		100	0.1	5	25	0	300.00
3	T10.K/30		100	0.1	5	19	0	240.000
	Jumlah				15	55	3	730.00
	Rata-Rata							243.33
1	T11.K/10		100	0.1	2	18	3	230.0
2	T11.K/20		100	0.1	1	9	1	110.00
3	T11.K/30		100	0.1	1	9	2	120.000
	Jumlah				4	36	6	460.00
	Rata-Rata							175.83
1	T12.K/10	100	0.1	8	22	0	300.0	
2	T12.K/20	100	0.1	7	14	1	220.00	
3	T12.K/30	100	0.1	1	16	0	170.000	
	Jumlah			16	52	1	690.00	
	Rata-Rata						216.46	

Tabel 5 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Alue Naga

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T13.K/10	5°36'21,013"N 95°21'11,853"E	100	0.1	7	9	1	170.0
2	T13.K/20		100	0.1	5	7	0	120.00
3	T13.K/30		100	0.1	5	7	0	120.000
	Jumlah				17	23	1	410.00
	Rata-Rata							136.67
1	T14.K/10		100	0.1	5	22	0	270.0
2	T14.K/20		100	0.1	3	21	1	250.00
3	T14.K/30		100	0.1	6	14	0	200.000
	Jumlah				14	57	1	720.00
	Rata-Rata							214.17
1	T15.K/10	100	0.1	4	23	0	270.0	
2	T15.K/20	100	0.1	2	18	1	210.00	
3	T15.K/30	100	0.1	2	10	2	140.000	
	Jumlah			8	51	3	620.00	
	Rata-Rata						208.54	

Tabel 6 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Alue Naga

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T16.K/10	5°35'38,180"N 95°19'45,639"E	100	0.1	10	14	4	280.0
2	T16.K/20		100	0.1	2	14	3	190.00
3	T16.K/30		100	0.1	5	11	1	170.000
	Jumlah				17	39	8	640.00
	Rata-Rata							213.33
1	T17.K/10		100	0.1	4	24	9	370.0
2	T17.K/20		100	0.1	2	13	3	180.00
3	T17.K/30		100	0.1	7	11	2	200.000
	Jumlah				13	48	14	750.00
	Rata-Rata							240.83
1	T18.K/10	100	0.1	3	16	0	190.0	
2	T18.K/20	100	0.1	3	10	0	130.00	
3	T18.K/30	100	0.1	1	9	0	100.000	
	Jumlah			7	35	19	420.00	
	Rata-Rata						165.21	

Tabel 7 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Syiah Kuala

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T19.K/10	5°34'57,440"N 95°18'45,692"E	100	0.1	4	20	9	330.0
2	T19.K/20		100	0.1	2	15	7	240.00
3	T19.K/30		100	0.1	1	9	7	170.000
	Jumlah				7	44	23	740.00
	Rata-Rata							246.67
1	T20.K/10		100	0.1	4	23	1	280.0
2	T20.K/20		100	0.1	4	17	0	210.00
3	T20.K/30		100	0.1	2	12	1	150.000
	Jumlah				10	52	2	640.00
	Rata-Rata							221.67
1	T21.K/10		100	0.1	4	22	0	260.0
2	T21.K/20		100	0.1	3	18	1	220.00
3	T21.K/30		100	0.1	1	14	2	170.000
	Jumlah				8	54	3	650.00
	Rata-Rata						217.92	

Tabel 8 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Kuala

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T22.K/10	5°32'55.418"N 95°16'5,378"E	100	0.1	3	15	1	190.0
2	T22.K/20		100	0.1	5	17	2	240.00
3	T22.K/30		100	0.1	3	6	1	100.000
Jumlah					11	38	4	530.00
Rata-Rata								176.67
1	T23.K/10		100	0.1	3	19	2	240.0
2	T23.K/20		100	0.1	6	13	2	210.00
3	T23.K/30		100	0.1	2	15	1	180.000
Jumlah					11	47	5	630.00
Rata-Rata								201.67
1	T24.K/10	100	0.1	8	20	4	320.0	
2	T24.K/20	100	0.1	5	19	6	300.00	
3	T24.K/30	100	0.1	6	14	1	210.000	
Jumlah				19	53	11	830.00	
Rata-Rata							257.92	

Tabel 9 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Desa Lam Awe

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T25.K/10	5°33'19,122"N 5°16'57,522"E	100	0.1	4	11	4	190.0
2	T25.K/20		100	0.1	2	9	3	140.00
3	T25.K/30		100	0.1	1	9	1	110.000
Jumlah					7	29	8	440.00
Rata-Rata								146.67
1	T26.K/10		100	0.1	1	10	0	110.0
2	T26.K/20		100	0.1	2	13	0	150.00
3	T26.K/30		100	0.1	2	9	0	110.000
Jumlah					5	32	12	370.00
Rata-Rata								129.17
1	T27.K/10	100	0.1	4	16	6	260.0	
2	T27.K/20	100	0.1	2	9	2	130.00	
3	T27.K/30	100	0.1	1	5	2	80.000	
Jumlah				7	30	10	470.00	
Rata-Rata							149.79	

Tabel 10 Kelimpahan Mikroplastik pada Pesisir Pantai Masjid Baiturrahim

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T28.K/10	5°33'17,196"N 95°16'56,474"E	100	0.1	3	22	2	270.0
2	T28.K/20		100	0.1	4	29	1	340.00
3	T28.K/30		100	0.1	2	11	0	130.000
	Jumlah				9	62	3	740.00
	Rata-Rata							246.67
1	T29.K/10		100	0.1	7	16	6	290.0
2	T29.K/20		100	0.1	2	10	8	200.00
3	T29.K/30		100	0.1	2	6	8	160.000
	Jumlah				11	32	22	650.00
	Rata-Rata							224.17
1	T30.K/10	100	0.1	2	24	5	310.0	
2	T30.K/20	100	0.1	1	11	3	150.00	
3	T30.K/30	100	0.1	4	9	6	190.000	
	Jumlah			7	44	14	650.00	
	Rata-Rata						218.54	

Tabel 11 Kelimpahan Mikroplastik pada Bantaran Sungai Krueng Aceh

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
1	T31.K/10	5°34'54,836"N 95°18'58,722"E	100	0.1	9	35	0	440.0
2	T31.K/20		100	0.1	5	21	1	270.00
3	T31.K/30		100	0.1	2	13	3	180.000
	Jumlah				16	69	4	890.00
	Rata-Rata							296.67
1	T32.K/10		100	0.1	3	15	3	210.0
2	T32.K/20		100	0.1	7	20	5	320.00
3	T32.K/30		100	0.1	4	12	6	220.000
	Jumlah				14	47	14	750.00
	Rata-Rata							261.67
1	T33.K/10	100	0.1	2	18	1	210.0	
2	T33.K/20	100	0.1	3	18	0	210.00	
3	T33.K/30	100	0.1	2	9	0	110.000	
	Jumlah			7	45	1	530.00	
	Rata-Rata						197.92	

Tabel 12 Kelimpahan Mikroplastik pada Muara Sungai Alue Naga

No	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)	
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film		
1	T34.K/10	5°35'47,506"N 95°21'4,381"E	100	0.1	3	16	8	270.0	
2	T34.K/20		100	0.1	4	9	3	160.00	
3	T34.K/30		100	0.1	1	8	3	120.000	
Jumlah					8	33	14	550.00	
Rata-Rata								183.33	
1	T35.K/10			100	0.1	8	10	6	240.0
2	T35.K/20			100	0.1	4	8	1	130.00
3	T35.K/30			100	0.1	6	7	1	140.000
Jumlah						18	25	8	510.00
Rata-Rata								173.33	
1	T36.K/10		100	0.1	5	19	3	270.0	
2	T36.K/20		100	0.1	2	9	6	170.00	
3	T36.K/30		100	0.1	1	20	1	220.000	
Jumlah					8	48	10	660.00	
Rata-Rata							220.00		