

**ANALISIS DAN MONITORING MIKROPLASTIK DI MUARA
SUNGAI KOTA BANDA ACEH DAN ACEH BESAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

**ALFANIATI RAHMATILLAH
NIM. 180702070
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS DAN MONITORING MIKROPLASTIK DI MUARA SUNGAI KOTA BANDA ACEH DAN ACEH BESAR

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan


Oleh:
ALFANIATI RAHMATILLAH
NIM. 180702070
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:


Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901


M. Fatsi Ikhwal, M.Eng.
NIP. 199190082020121013

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAN MONITORING MIKROPLASTIK DI MUARA
SUNGAI KOTA BANDA ACEH DAN ACEH BESAR**

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: Senin, 04 Januari 2023
11 Jumadil Akhir 1444

di Darussalam, Banda Aceh
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901

M. Faisi Ikhwal, M.Eng.
NIP. 199190082020121013

Penguji I,

Penguji II,

Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

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 : Alfaniati Rahmatillah
NIM : 180702070
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Analisis dan Monitoring Mikroplastik di Muara Sungai Kota Banda Aceh dan Aceh Besar

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 karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan 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.

Banda Aceh, Desember 2022

Yang Menyatakan,



Alfaniati Rahmatillah

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah Swt. atas setiap nikmat serta karunia yang telah diberikan kepada hamba-Nya, Tuhan semesta alam. *Shalawat* serta salam juga penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad saw., Nabi akhir zaman yang telah menyebarkan syariat islam kepada seluruh umat manusia di dunia. Begitu pula salam sejahtera semoga selalu tercurah kepada keluarganya, para sahabat serta umatnya yang mengikuti ajaran dan petunjuknya.

Alhamdulillah atas hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisis dan Monitoring Mikroplastik di Muara Sungai Kota Banda Aceh dan Aceh Besar**” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Tugas akhir ini dapat menambah ilmu pengetahuan baik bagi penulis maupun pembaca dan dapat dipergunakan sebaik mungkin. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Alm. Abdullah AR serta Ibunda Khadijah selaku Orang Tua dari penulis yang telah mendukung dalam pembuatan Tugas Akhir. Dengan demikian, saya berterima kasih atas bimbingan dan dukungannya sehingga tugas akhir ini dapat saya selesaikan dengan baik dan tepat waktu. Maka pada kesempatan ini, saya mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. sebagai ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Arief Rahman, M.T selaku dosen pembimbing akademik penulis dan Ketua Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan bimbingan serta dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan berlangsung.

5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah membimbing, memberikan dukungan, masukan, waktu dan tenaga dalam penyelesaian laporan ini.
6. Bapak M. Faisi Ikhwal, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, masukan serta bimbingan pada penulisan tugas akhir.
7. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
8. Ibu Nurul Huda, S.Pd, selaku Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan.
9. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan tugas akhir ini sebaik mungkin, saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pihak yang berkepentingan.

Banda Aceh, Juli 2022
Penulis,

جامعة الرانيري
A R - R A N I R Y

Alfaniati Rahmatillah

ABSTRAK

Nama : Alfaniati Rahmatillah
NIM : 180702070
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Analisis dan Monitoring Mikroplastik di Muara Sungai Kota Banda Aceh dan Aceh Besar
Tanggal Sidang : 04 Januari 2023
Jumlah Halaman : 73
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Pembimbing II : M. Faisi Ikhwal, M.Eng.
Kata Kunci : Mikroplastik, FTIR, Muara Sungai, Polimer Mikroplastik

Mikroplastik merupakan jenis sampah plastik yang berukuran lebih kecil dari 5 mm. Mikroplastik telah ditemukan secara luas di lingkungan, terutama di lingkungan akuatik. Mikroplastik pada perairan dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti kehidupan organisme bentik bahkan mengancam kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh sebaran, kelimpahan, dan jenis mikroplastik di muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar. Penelitian dimulai dengan pengambilan sampel, tahapan preparasi sampel, pengayakan sampel sedimen, pemisahan sedimen dan mikroplastik dengan larutan NaCl, pemisahan densitas dengan larutan H₂O₂. Metode identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop dan FTIR untuk mengetahui jumlah, bentuk, jenis, dan polimer dari mikroplastik. Beberapa jenis mikroplastik yang telah ditemukan di beberapa lokasi pengambilan data adalah jenis *fragmen*, *fiber*, dan *film*. Kelimpahan mikroplastik di titik pengambilan sampel sedimen yaitu mikroplastik jenis *fiber* sebanyak 56,67 partikel/kg sedimen kering, mikroplastik jenis *film* sebanyak 21,11 partikel/kg, dan mikroplastik yang paling jarang ditemui adalah *fragmen* yaitu sebanyak 3,33 partikel/kg sedimen kering. Hasil dari analisis FTIR dikonfirmasi dengan gugus fungsi yang menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis polimer mikroplastik diantaranya yaitu *Polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyamides* (PA), dan *high density polyethylene* (HDPE). Temuan mikroplastik pada muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar menunjukkan bahwa muaramuara tersebut sudah terkontaminasi mikroplastik bahkan dapat menimbulkan masalah yang serius bagi organisme di habitat tersebut.

ABSTRACT

Name : Alfaniati Rahmatillah
NIM : 180702070
Study program : Environmental Engineering
Title : Analysis and Monitoring of Microplastic in the City of Banda Aceh and Aceh Besar River
Session Date : Wednesday, January 4th 2023
Number of pages : 73
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Advisor II : M. Faisi Ikhwal, M.Eng.
Keywords : Microplastic, FT-IR, Estuary, Microplastic Polymer

Microplastic is a form of plastic debris that is less than 5 millimeters in size. The presence of microplastics in the environment is widespread, particularly in aquatic environments. The presence of microplastics in water can negatively affect the environment, such as the existence of littoral organisms, and even endanger human health. The objective of this investigation is to determine the distribution, abundance, and types of microplastics in the estuaries of Banda Aceh and Aceh Besar. The investigation began with sediment sampling, sample preparation, sediment sample sifting, sediment and microplastic separation using NaCl solution, and density separation using H₂O₂ solution. Using a microscope and FTIR, the microplastic identification method determines the quantity, shape, type, and polymer of microplastics. Several varieties of microplastics, including fragments, fibers, and films, have been discovered at various data collection sites. There were 56.67 particles/kg of desiccated sediment of fiber-type microplastics, 21.11 particles/kg of film-type microplastics, and 3.33 particles/kg of fragments of microplastics at the sediment sampling site. The FTIR analysis results were confirmed by functional groups, indicating that there are numerous varieties of microplastic polymers, including Polyethylene terephthalate (PET), polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyamides (PA), and high-density polyethylene (HDPE). The presence of microplastics in the estuaries of Banda Aceh and Aceh Besar indicates that these estuaries have been contaminated with microplastics, which can cause severe problems for the organisms inhabiting them.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Muara Sungai.....	7
2.2 Mikroplastik	7
2.2.1 Jenis dan Bentuk Mikroplastik	7
2.2.2 Sumber mikroplastik.....	9
2.2.3 Dampak mikroplastik	10
2.3 Penelitian Mikroplastik di Indonesia.....	11
2.4 Penelitian Mikroplastik di Muara	12
2.5 Metode Identifikasi Mikroplastik	13
2.6 FT-IR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>).....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Lokasi Penelitian	16
3.2 Teknik Pengambilan Sampel.....	19
3.3 Teknik Preparasi Sampel.....	19
3.4 Alat dan Bahan Preparasi Sampel	24
3.5.1 Alat	24
3.5.2 Bahan.....	25
3.5 Teknik Pengukuran.....	25
3.7 Analisis Data Spasial	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Lokasi	29
4.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	35
4.3 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis Polimer	39
4.4 Ancaman Mikroplastik Pada Muara Sungai.....	41

BAB V PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN A	53
LAMPIRAN B	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Metode Identifikasi Mikroplastik.....	13
Tabel 2.2	Gugus Fungsi Polimer Mikroplastik	14
Tabel 3.1	Titik <i>Sampling</i>	16
Tabel 3.2	Jumlah Penduduk Kota Banda Aceh Tahun 2021.....	17
Tabel 3.3	Jumlah Penduduk Kabupaten Aceh Besar Tahun 2021	17
Tabel 3.4	Alat Preparasi Sampel	24
Tabel 3.5	Bahan Preparasi Sampel.....	25
Tabel 4.1	Rata-Rata Kelimpahan Mikroplastik Pada Setiap Lokasi	29
Tabel 4.2	Rata-Rata Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis.....	37



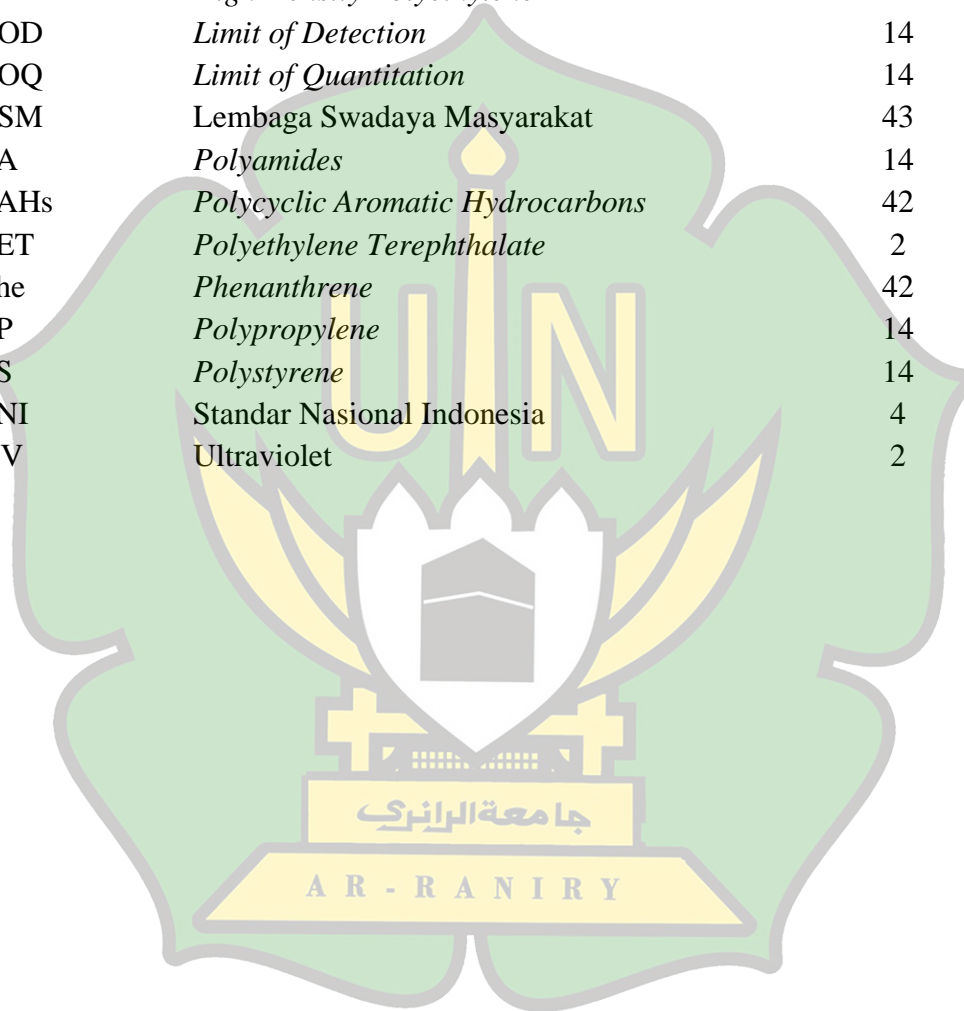
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-Jenis Mikroplastik	9
Gambar 3.1	Peta lokasi pengambilan sampel	18
Gambar 3.2	Pipa PVC	19
Gambar 3.3	Penghalusan Sampel	20
Gambar 3.4	Pengayakan Sampel	20
Gambar 3.5	Penimbangan Sampel Sedimen Kering	21
Gambar 3.6	Penambahan Larutan NaCl	21
Gambar 3.7	Penghomogenan Menggunakan Magnetic Stirrer	22
Gambar 3.8	Penambahan Larutan H ₂ O ₂ 30%	22
Gambar 3.9	Penyaringan Sampel Menggunakan Pompa Vakum	23
Gambar 3.10	Identifikasi Mikroplastik Menggunakan Mikroskop Binokuler	23
Gambar 4.1	Grafik Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Lokasi.....	30
Gambar 4.2	Interpolasi Mikroplastik	32
Gambar 4.3	Peta Kepadatan Penduduk di Lokasi Sampling	33
Gambar 4.4	<i>Fiber</i>	36
Gambar 4.5	<i>Fragment</i>	36
Gambar 4.6	<i>Film</i>	37
Gambar 4.7	Grafik kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk	38
Gambar 4.8	Grafik FTIR Lokasi 1	39
Gambar 4.9	Grafik FTIR Lokasi 2	39
Gambar 4.10	Grafik FTIR Lokasi 3	40



DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>	14
LOD	<i>Limit of Detection</i>	14
LOQ	<i>Limit of Quantitation</i>	14
LSM	Lembaga Swadaya Masyarakat	43
PA	<i>Polyamides</i>	14
PAHs	<i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</i>	42
PET	<i>Polyethylene Terephthalate</i>	2
Phe	<i>Phenanthrene</i>	42
PP	<i>Polypropylene</i>	14
PS	<i>Polystyrene</i>	14
SNI	Standar Nasional Indonesia	4
UV	Ultraviolet	2



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah laut atau lebih dikenal dengan *marine debris* merupakan bahan sisa yang diproduksi oleh manusia, secara langsung atau tidak langsung, sengaja atau tidak sengaja, dibuang atau ditinggalkan di dalam lingkungan laut. Sampah laut merusak estetika laut, ekosistem, biota dan dampak buruknya menyebabkan ancaman bagi kesehatan manusia (Rachmat dkk., 2019). Potensi efek sampah laut secara kimia meningkat seiring dengan menurunnya partikel sampah, sedangkan secara fisik meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran makro debris. Macam-macam sampah laut yaitu kain, plastik, styrofoam, busa, keramik, logam, kertas, kaca, kayu, dan karet (Hanif dkk., 2021).

Pertambahan jumlah penduduk setiap tahunnya dan diiringi dengan meningkatnya penggunaan plastik oleh manusia untuk kebutuhan sehari-hari, dapat menyebabkan sampah plastik bermuara ke laut dan jumlahnya akan terus bertambah. Bertambahnya sampah plastik di laut dikhawatirkan dapat masuk ke rantai makanan dan mempengaruhi biota di dalamnya (Hanif dkk., 2021). Plastik merupakan sampah yang paling banyak ditemukan di lingkungan perairan dan telah menjadi isu global karena dampaknya yang merugikan ekosistem perairan (Lestari dkk., 2021). Akumulasi plastik pada perairan dapat merugikan ekosistem dan menyebabkan munculnya jenis kontaminan baru yaitu mikroplastik (Riskiana dkk., 2020).

Mikroplastik merupakan jenis sampah plastik yang berukuran lebih kecil dari 5 mm. Mikroplastik telah ditemukan secara luas di lingkungan, terutama di lingkungan akuatik. Partikel-partikel mikroplastik di lingkungan akuatik terbentuk dalam ukuran, densitas, komposisi kimia dan bentuk yang berbeda (Lestari dkk., 2019). Berdasarkan proses pembentukannya mikroplastik dibagi menjadi dua jenis, yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer merupakan plastik yang memiliki ukuran mikro dan ditemukan dalam produk penggunaan sehari-hari seperti *facial scrub*, kosmetik dan cat. Sedangkan mikroplastik sekunder

merupakan plastik yang berasal dari pecahan makroplastik yang lebih besar oleh proses fisik, kimia dan biologis (Harpah dkk., 2020). Meskipun bakteri mampu mendegradasi dan mengasimilasi PET, namun kadar oksigen yang rendah, lingkungan energi rendah, suhu dingin dan radiasi sinar UV di zona bentik membuat kecepatan penguraian puing-puing plastik melambat, sehingga semakin memperburuk keberadaan mikroplastik di perairan (Wang dkk., 2018).

Mengingat bahwa saat ini terdapat banyak kasus tentang mikroplastik di lingkungan perairan, sudah saatnya untuk lebih peduli tentang masalah lingkungan yang disebabkan oleh mikroplastik dan mengambil strategi mitigasi untuk meningkatkan pengelolaan sampah plastik dengan menargetkan besarnya, sumber utama, jalur dan nasib jangka panjangnya di lingkungan perairan (Wang dkk., 2018). Keberadaan partikel mikroplastik di lingkungan perairan dapat menimbulkan permasalahan yang serius bagi berbagai macam biota terutama jenis biota yang hidup pada substrat di perairan, seperti dari kelompok biota filter feeder. Biota filter feeder ini memperoleh makanan dengan cara menyaring partikel-partikel yang berada pada area substrat, sehingga dapat mengakumulasi partikel mikroplastik. Masuknya mikroplastik ke dalam tubuh biota dapat merusak dan mengganggu fungsi pada organ-organ vital seperti pada saluran pencernaan, dapat mengurangi tingkat pertumbuhan, menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, serta mempengaruhi reproduksi, sehingga paparan mikroplastik secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan paparan sifat toksik plastik lebih besar (Wibowo dkk., 2019).

Berdasarkan CNBC Indonesia, sebuah studi di Belanda menemukan mikroplastik dalam darah manusia untuk pertama kalinya (Hasibuan, 2022). Selain itu, berdasarkan kompas.com bahwasanya mikroplastik ditemukan bersarang di dalam organ paru-paru manusia. Sejauh ini belum diketahui dampaknya bagi kesehatan, namun para peneliti khawatir karena mikroplastik menyebabkan kerusakan pada sel manusia di laboratorium dan partikel polusi udara diketahui telah masuk ke dalam tubuh manusia yang menyebabkan jutaan kematian dini setiap tahun. Belum diketahui secara pasti bagaimana mikroplastik

tersebut terdapat dalam tubuh manusia. Mikroplastik dapat mengkontaminasi manusia dari udara, makanan maupun air yang diminum (Arnani, 2022).

Sejak tahun 2017 UNEP (*United Nations Environment Programme*) telah menyatakan bahwa kerangka kerja untuk menangani sampah plastik laut dan mikroplastik masih belum terkoordinasi dengan baik sehingga merekomendasikan upaya revisi dan memperkuatnya, atau mengembangkan kerangka kerja baru. Negara-negara berkomitmen untuk mengembangkan perjanjian yang mengikat secara hukum untuk mengakhiri pencemaran plastik. Dimana perwakilan dari 175 negara di Nairobi mendukung Resolusi Majelis Lingkungan PBB (*UN Environment Assembly/UNEA-5*) membentuk perjanjian internasional yang mengikat secara hukum pada tahun 2024. Resolusi bersejarah yang berjudul “*End Plastic Pollution: Towards an internationally legally binding instrument*” diadopsi dalam pertemuan UNEA-5.2, yang dihadiri oleh lebih dari 3.400 orang dan 1.500 peserta online dari 175 Negara Anggota PBB, termasuk 79 menteri dan 17 pejabat tinggi. Resolusi Plastik juga menekankan perlunya langkah transformasi menuju ekonomi sirkular, yang diyakini dapat mengurangi volume plastik yang memasuki lautan hingga lebih dari 80 persen pada tahun 2040, mengurangi produksi plastik murni sebesar 55 persen; menghemat US\$70 miliar pemerintah pada tahun 2040; mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 25 persen; dan menciptakan 700.000 pekerjaan tambahan terutama di belahan bumi selatan (Pramudianto, 2020).

Kebanyakan penelitian terfokus pada wilayah laut, tanpa memperhatikan bahwa penelitian untuk wilayah sungai juga sangat diperlukan karena sungai merupakan salah satu jalur masuknya mikroplastik ke dalam lingkungan laut. Penelitian untuk wilayah perairan tawar masih berada di tahap awal dan kebanyakan dilaksanakan di Eropa. Beragam upaya penelitian dilakukan untuk memastikan sejauh mana kontaminasi telah terjadi dan bagaimana dampak yang ditimbulkannya. Namun, hingga saat ini penelitian yang difokuskan pada kontaminasi mikroplastik di wilayah perairan masih terbatas sehingga belum ada cukup data komprehensif yang dapat dijadikan acuan yang akurat untuk penanganan masalah ini. Di Indonesia sendiri penelitian mengenai mikroplastik

masih minim dilakukan dan belum adanya perhatian khusus tentang mikroplastik. Hal ini dapat dilihat dari belum adanya regulasi seperti SNI atau peraturan khusus yang membahas mikroplastik (Victoria, 2017). Sedangkan di negara anggota Uni Eropa sejak 3 Juli 2021 telah memberlakukan larangan terhadap berbagai produk plastik sekali pakai, khususnya 10 produk yang paling banyak ditemukan mencemari pantai-pantai Uni Eropa. Misalnya penggunaan piring plastik sekali pakai, peralatan makan, sedotan, stik balon, dan cotton bud serta cangkir, wadah makanan dan minuman. Selain itu pengaturannya juga mencakup semua produk yang terbuat dari plastik yang dapat terurai (*oxo-degradable*) dengan tujuan mendorong pasar agar memanfaatkan bahan pengganti alternatif, yang lebih ramah lingkungan (K dkk., 2022).

Semua lingkungan perairan, termasuk lautan, sungai, danau, dan muara dapat mengandung mikroplastik yang ada di mana-mana dalam jumlah yang besar (Yang dkk., 2020). Penelitian ini dilakukan pada muara, muara merupakan bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Muara berfungsi sebagai jalur keluar atau pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir (Riandi dkk., 2018). Muara Sungai Krueng Aceh, Muara Sungai Alue Naga, dan Muara Sungai Lambada Lhok merupakan beberapa sungai yang ada di Kota Banda Aceh dan Aceh Besar. Daerah sekitar ketiga muara sungai ini merupakan daerah pemukiman padat dengan tingginya aktivitas penduduk seperti pelabuhan, penangkaran kapal, pasar tradisional, rekreasi, dan kegiatan perikanan yang dapat menyebabkan sungai tercemar serta meningkatkan jumlah sampah yang akan bermuara ke laut lepas (Ondara dan Dhiauddin, 2021). Hal yang lebih mengkhawatirkan adalah aliran ketiga muara sungai ini langsung terhubung dengan Samudra Hindia dan Selat Malaka, sehingga dikhawatirkan sampah-sampah yang terbawa aliran sungai akan berakhir di Samudra Hindia, Selat Malaka, atau negara-negara sekitarnya (Agustina dkk., 2020). Oleh karena itu, penelitian mengenai sumber kelimpahan mikroplastik di ketiga muara sungai ini sangat perlu dilakukan untuk mengidentifikasi asal dari mikroplastik tersebut, sehingga mudah untuk dilakukannya manajemen lingkungan seperti pencegahan agar jumlah mikroplastik di lingkungan tidak semakin meningkat dan mencegah

pencemaran yang lebih buruk di masa depan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi metode yang direkomendasikan dalam analisis dan monitoring mikroplastik di muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar.

Sungai Krueng Aceh telah terbukti tercemar oleh limbah mikroplastik. Hal ini dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh Hamdan dkk., (2022) Khairuzzaman (2021) yang terbukti ditemukan jenis-jenis mikroplastik pada sedimen sungai Krueng Aceh berupa *fiber* dan *film*. Penelitian lainnya mengenai mikroplastik di sungai Krueng Aceh juga dilakukan oleh Ardiansyah (2021) dan Mustaqin (2022). Sampel yang diambil pada kedua penelitian adalah sampel sedimen melayang dan jenis-jenis mikroplastik yang ditemukan berupa *fiber*, *fragmen*, dan *film*. Menurut Khairuzzaman (2021) sebagian sungai yang berada pada daerah urban mengandung kontaminan mikroplastik. Kelimpahan mikroplastik dipengaruhi oleh faktor antropogenik yaitu kepadatan atau aktivitas yang dilakukan oleh penduduk, dan juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pasang surut, arah angin dan hidrodinamika sungai (Harpah dkk., 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil analisis sebaran, kelimpahan, dan jenis mikroplastik di muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk memperoleh sebaran, kelimpahan, dan jenis mikroplastik di muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar.

1.4 Manfaat Penelitian

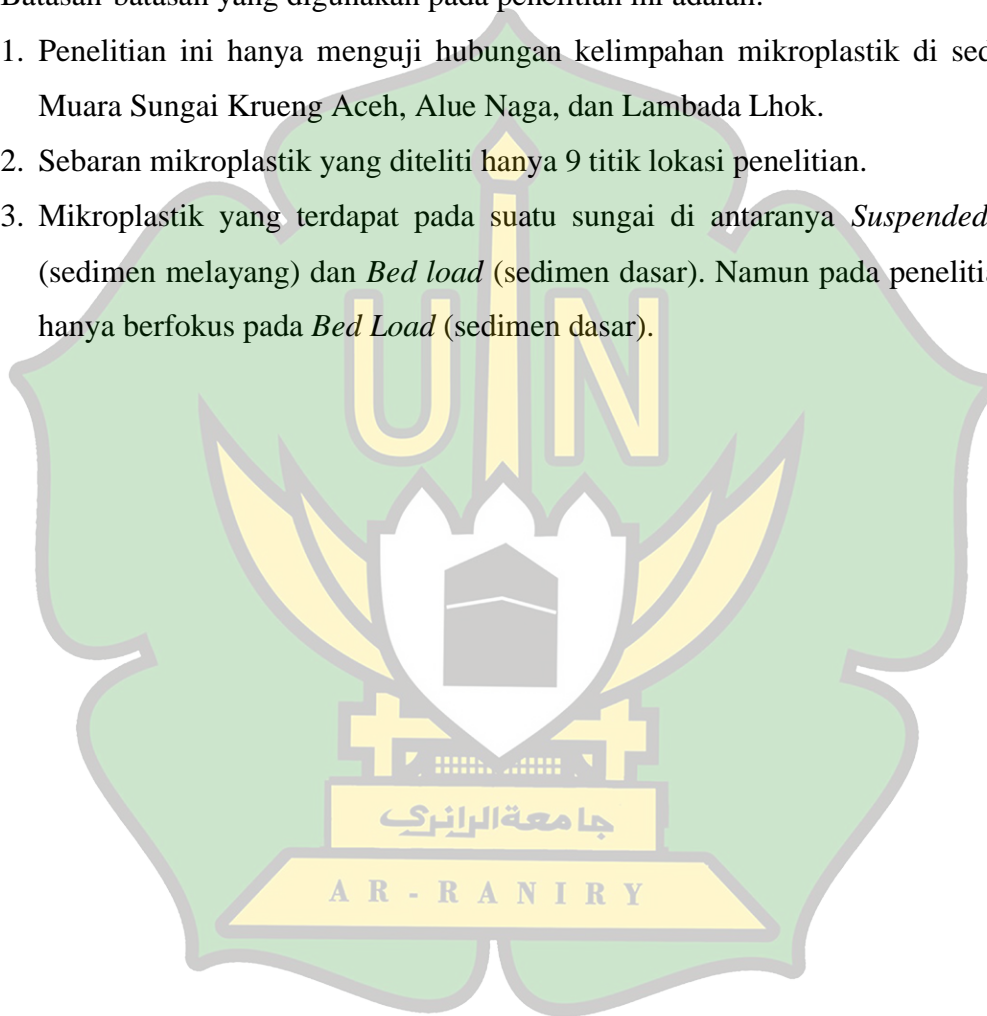
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai kelimpahan mikroplastik di muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar, serta sumber mikroplastik yang berada di sedimen muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar. Sehingga dapat menjadi acuan untuk manajemen

dan pengendalian lingkungan pada muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar.

1.5 Batasan Penelitian

Agar nantinya penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap masalah dan tujuan penelitian maka penelitian ini perlu dibatasi. Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya menguji hubungan kelimpahan mikroplastik di sedimen Muara Sungai Krueng Aceh, Alue Naga, dan Lambada Lhok.
2. Sebaran mikroplastik yang diteliti hanya 9 titik lokasi penelitian.
3. Mikroplastik yang terdapat pada suatu sungai di antaranya *Suspended load* (sedimen melayang) dan *Bed load* (sedimen dasar). Namun pada penelitian ini hanya berfokus pada *Bed Load* (sedimen dasar).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Muara Sungai

Muara merupakan tempat bertemunya satu atau lebih sungai yang mengalir dengan aliran bebas menuju ke laut lepas. Muara juga dapat didefinisikan sebagai perairan pantai dimana mulut sungai bertemu dengan laut dan air tawar yang berasal dari sungai bercampur dengan air asin yang berasal dari laut. Muara membentuk zona transisi antara lingkungan sungai dengan lingkungan laut. Pengaruh dari lingkungan laut seperti pasang surut dan gelombang, serta pengaruh dari sungai seperti arus sungai dan transpor sedimen (Rangkuti, 2017).

Permasalahan di muara sungai dapat ditinjau di bagian mulut sungai (*river mouth*) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut (Vironita dkk., 2010). Muara sungai berfungsi untuk mengalirkan debit sungai terutama pada saat banjir, ke laut. Muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut yang lebih besar dari debit sungai. Selain itu, muara juga memiliki nilai ekonomis yang penting, karena dapat berfungsi sebagai jalur penghubung antara laut dan daerah yang cukup dalam di daratan (Hamdini dan Kasman, 2017).

2.2 Mikroplastik

2.2.1 Jenis dan Bentuk Mikroplastik

Mikroplastik merupakan potongan plastik yang sangat kecil yang mencemari lingkungan. Mikroplastik bukan salah satu jenis plastik tertentu, melainkan semua jenis *fragmen* plastik yang panjangnya kurang dari 5 mm yang pertama kali diidentifikasi keberadaannya pada sekitar tahun 1970. Mikroplastik sendiri berasal dari polimer beserta zat turunannya seperti *polystyrene*. Selain polimer, zat ini ternyata juga berasal dari kantong plastik yang biasa kita gunakan, yang secara perlahan-lahan hancur tapi tidak terurai. Mikroplastik terbagi menjadi 2 ukuran kategorinya yaitu ukuran besar (1-5 mm) dan kecil (<1 mm). Beberapa

jenis mikroplastik yang telah ditemukan di beberapa lokasi pengambilan data adalah jenis *fragmen*, *fiber*, dan *film*. Warna mikroplastik yang umum ditemukan adalah warna hitam sebanyak 50% dari warna yang teridentifikasi, yang dapat digunakan sebagai identifikasi awal dari polimer *polyethylene*. Pigmen mikroplastik rata-rata berwarna biru, merah, kuning, hitam serta bening (Amelinda, 2020).

Menurut Sari (2018), mikroplastik dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. *Fiber*

Jenis *fiber* pada dasarnya berasal dari pemukiman penduduk yang berada di daerah pesisir dengan sebagian besar masyarakat yang bekerja sebagai nelayan. Aktivitas nelayan seperti penangkapan ikan dengan menggunakan berbagai alat tangkap, kebanyakan alat tangkap yang dipergunakan nelayan berasal dari tali (jenis *fiber*) atau karung plastik yang telah mengalami degradasi. Mikroplastik jenis *fiber* banyak digunakan dalam pembuatan pakaian, tali temali, berbagai bentuk penangkapan seperti pancing dan jaring tangkap.

2. *Film*

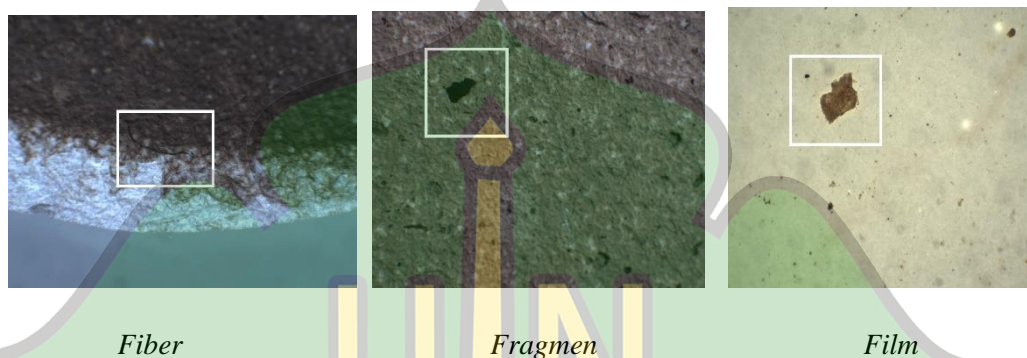
Film merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari *fragmentasi* kantong plastik atau plastik kemasan dan memiliki densitas rendah. *Film* mempunyai densitas lebih rendah dibandingkan tipe mikroplastik lainnya sehingga lebih mudah ditransportasikan hingga pasang tertinggi, dan pelet merupakan partikel kecil yang digunakan untuk bahan produk industri.

3. *Fragmen*

Jenis *fragmen* pada dasarnya berasal dari buangan limbah atau sampah dari pertokoan dan warung-warung makanan yang ada di lingkungan sekitar merupakan salah satu dari sumber mikroplastik. Sumber limbah mikroplastik yang berasal dari pertokoan atau warung-warung makanan antara lain adalah: kantong-kantong plastik baik kantong plastik yang berukuran besar maupun kecil, bungkus nasi, kemasan-kemasan makanan siap saji dan botol-botol minuman plastik.

Sampah plastik tersebut terurai menjadi serpihan serpihan kecil hingga membentuk *fragmen*.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat jenis-jenis mikroplastik berupa *fiber*, *fragmen*, dan *film*. Gambar 2.1 merupakan hasil pengamatan yang dilakukan pada sampel sedimen muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar menggunakan mikroskop stereo.



Gambar 2.1 Jenis-jenis Mikroplastik

2.2.2 Sumber mikroplastik

Mikroplastik dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer diartikan sebagai mikro partikel yang sengaja diproduksi seperti untuk kebutuhan kosmetik seperti makeup, tabir surya, cat kuku, pewarnaan rambut, *eyeshadow*, *shower gel*, dan produk perawatan pribadi yang mengandung *scrub* dan *abrasive* (seperti pasta gigi, pembersih wajah, dan penyemprot udara) atau serat pakaian sintetis. Sedangkan mikroplastik sekunder merupakan hasil perubahan menjadi ukuran lebih kecil secara fisik tetapi molekulnya tetap sama berupa polimer. Sumber berbasis laut dikaitkan dengan sektor industri perikanan, perkapalan dan lepas pantai. Kadang-kadang, alat tangkap yang hilang, terbengkalai, aus dan peralatan lain selama penggunaan dapat dengan mudah mengakibatkan masuknya partikel mikroplastik, yang terus menjerat atau membunuh kehidupan laut dan merusak habitat, yang pada akhirnya berdampak pada stok dan kualitas ikan. Selain itu, tumpahan operasional dan tidak disengaja oleh kapal besar dan kargo juga dianggap sebagai sumber pelet resin yang signifikan meskipun data pemantauan untuk ini jarang (Azizah dkk., 2020; Wang dkk., 2018).

2.2.3 Dampak mikroplastik

Mikroplastik dapat menjadi ancaman bagi lingkungan karena ukurannya yang kecil ini dapat menyerupai plankton yang menjadi sumber makanan biota laut dari yang kecil hingga biota berukuran besar dalam siklus rantai makanan di laut dan akhirnya menjadi produk olahan hasil laut yang dikonsumsi oleh manusia (Yunanto dkk., 2021). Efek yang ditimbulkan dari mikroplastik ini mengkontaminasi segala biota di laut contohnya pada hewan-hewan bentos maupun ikan pelagis (Hiwari dkk., 2019). Tidak hanya ikan-ikan, mikroplastik yang berasal dari produk kosmetik juga membawa dampak negatif bagi komunitas terumbu karang yang mati akibat mengalami penyumbatan pencernaan. Mikroplastik dapat mempunyai dampak kimiawi, fisik dan biologis terhadap organisme yang melannya secara langsung maupun tidak langsung. Organisme yang melannya secara tidak langsung melalui konsumsi mangsa yang terkontaminasi (Amelinda, 2020).

Mikroplastik yang masuk ke dalam perairan akan masuk ke dalam badan air dan akhirnya akan mengendap di sedimen. Mikroplastik yang mengendap di sedimen dan terjadi secara terus-menerus 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. Dampak bahaya yang ditimbulkan dari kandungan mikroplastik pada sedimen adalah mengenai terganggunya ekologi perairan baik biotik maupun abiotik pada ekosistem. Mikroplastik memiliki kemampuan menyerap senyawa hidrofobik yang beracun dari lingkungan. Sifatnya yang karsinogenik dan dapat mengganggu sistem saluran kelenjar endokrin pada suatu biota. Hal ini dikhawatirkan akan berdampak buruk pada kondisi biota yang mengkonsumsi mikroplastik yang terakumulasi pada sedimen di perairan sehingga dapat menyebabkan kerusakan baik fisik maupun kimia pada organ internal dan mengganggu sistem saluran pencernaan (Azizah dkk., 2020).

2.3 Penelitian Mikroplastik di Indonesia

Penelitian terhadap mikroplastik yang telah dilakukan di Indonesia seperti penelitian mikroplastik pada sedimen di Teluk Jakarta oleh (Manalu dkk., 2017), penelitian mikroplastik pada perairan Banyuurip, Gresik oleh (Ayuningtyas dkk., 2019), penelitian mikroplastik pada kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tanjung Tiram, Teluk Ambon oleh (Tuhumury dan Ritonga, 2020), penelitian mikroplastik pada perairan oleh (Kapo dkk., 2020), serta penelitian-penelitian lainnya yang dapat digunakan sebagai suatu solusi untuk mengamati perkembangan penelitian-penelitian terhadap kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan yang telah dilakukan di Indonesia.

Berdasarkan hasil review yang dilakukan oleh Alam dan Rachmawati (2020) terhadap 72 paper penelitian mikroplastik di Indonesia dari tahun 2014 hingga Agustus 2020, diperoleh hasil bahwa penelitian lebih dominan dilakukan di Pulau Jawa yaitu sebesar 66,67%. Menurut Alam dan Rachmawati (2020), tingginya akumulasi mikroplastik yang terdapat di Pulau Jawa diakibatkan banyaknya institusi pendidikan tinggi pada pulau tersebut, selain itu kepadatan penduduk yang lebih tinggi pada wilayah tersebut turut mempengaruhi tingginya konsentrasi mikroplastik yang ditemukan.

Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dominansi jenis mikroplastik pada lingkungan yaitu adanya aktivitas-aktivitas tertentu penyumbang sampah plastik itu sendiri, seperti bongkar muat kapal di pelabuhan, penangkapan ikan, pertambangan, pertanian, perkebunan, aktivitas rumah tangga, kegiatan industri (Laila dkk., 2020), maupun masukan sampah plastik yang berasal dari perkotaan dan memasuki kawasan perairan maupun laut (Layn dkk., 2020). Layn dkk., (2020) mengatakan bahwa jenis mikroplastik yang umum masuk dalam perairan yaitu mikroplastik berjenis fragment, fiber, dan film. Tingginya nilai konsentrasi mikroplastik pada sedimen dibandingkan dengan mikroplastik yang berada pada bagian permukaan air dapat dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi serta besaran densitas plastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan densitas air, sehingga plastik yang masuk ke perairan selanjutnya tenggelam dan terakumulasi pada sedimen. Berdasarkan penelitian

yang dilakukan oleh Ayuningtyas dkk., (2019) sumber mikroplastik dapat berasal dari hasil fragmentasi plastik yang masuk ke dalam lingkungan, baik melalui aliran sungai, run off, pasang surut air laut, terbawa oleh angin, maupun berasal dari laut seperti alat tangkap maupun peralatan budidaya. Sumber mikroplastik lainnya yaitu berasal dari kapal-kapal yang melintas, sehingga memberikan kontribusi besar terhadap pencemaran mikroplastik pada kawasan tersebut.

2.4 Penelitian Mikroplastik di Muara

Penelitian mengenai kelimpahan mikroplastik di sedimen pernah dilakukan oleh Dewi dkk., (2015) di Muara Badak, Kabupaten Kartanegara. Penelitian dilakukan berdasarkan kedalaman pengambilan sampel sedimen, yaitu 0 - 10 cm dan 10 - 20 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis mikroplastik yang ditemukan di Muara Badak, Kabupaten Kartanegara adalah fragmen, film dan fiber. Penelitian Yuwandita (2018) di Muara Sungai Pelabuhan Laut Brondong Sedayu Lawas pada kedalaman 5 - 10 cm dengan kelimpahan mikroplastik sebesar 409,72 partikel/kg sedimen kering. Pada muara Sungai Kendal, didapatkannya 4 jenis bentuk mikroplastik yaitu fragment, fiber, film, dan foam, sedangkan jenis polimer mikroplastik teridentifikasi adanya 3 jenis yaitu polyethylene, polypropylene, dan polyamide. . Penelitian Rachmat dkk., (2019) di muara sungai DKI Jakarta menemukan adanya sampah mikroplastik dengan ukuran dan karakteristik yang berbeda-beda, sampah mikroplastik tersebut berasal dari sungai dan sekitar estuary kemudian masuk ke laut.

Selain itu, muara sungai juga merupakan titik terakhir dimana sungai mengalir sebelum masuk ke laut, sehingga sampah yang berasal dari berbagai sungai cenderung berkumpul di muara (Yuwandita, 2018). Pertambahan jumlah penduduk setiap tahunnya dan diiringi dengan penggunaan plastik oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari, dapat menyebabkan mikroplastik yang bermuara ke laut dapat selalu bertambah jumlahnya. Peningkatan sampah plastik yang terjadi tersebut dikhawatirkan juga dapat mempengaruhi jumlah mikroplastik yang bermuara ke laut. Bertambahnya mikroplastik di laut dikhawatirkan dapat masuk ke rantai makanan dan mempengaruhi biota di dalamnya (Hanif dkk., 2021).

2.5 Metode Identifikasi Mikroplastik

Pemantauan mikroplastik tidak dilakukan secara teratur sehingga tidak ada dasar informasi valid yang tersedia saat ini. Akibat masih kurangnya pemahaman tentang potensi mikroplastik dalam menyebabkan kerusakan, agak terlalu dini untuk melakukan standarisasi pengawasan tanpa mengetahui dengan pasti spektrum, rentang ukuran, dan jenis dari mikroplastik. Masalah biaya dan manfaat dari pengawasan dan persyaratan waktu pemrosesan, sangat penting dalam kasus yang memerlukan pemantauan rutin untuk menentukan asal-usul geografis limbah. Dalam hal ini, diperlukan metode yang tidak memakan banyak biaya, mudah digunakan, aman, dan cepat. Metode tersebut terutama diperlukan oleh negara-negara berkembang yang sedang mengupayakan kebijakan lingkungan namun memiliki masalah dalam keterbatasan anggaran (Victoria, 2017).

Tabel 2.1 Metode Identifikasi Mikroplastik

Metode	Penjelasan
<i>Optical microscopy</i>	Digunakan untuk menentukan ukuran, bentuk, dan warna partikel mikroplastik. Menggunakan alat Leica DM 1000 microsystem yang bekerja secara otomatis tanpa memerlukan persiapan sampel secara khusus.
<i>ATR-FTIR spectroscopy</i>	Teknik karakterisasi yang paling umum digunakan untuk mikroplastik. Dapat menentukan komposisi bahan, laju degradasi, dan indeks karbonil dalam bahan. Memiliki keterbatasan ukuran partikel serta manipulasi sampel dilakukan secara manual sehingga memakan waktu.
<i>NIR spectroscopy</i>	Menggunakan <i>spectrometer near infrared</i> (NIR) termodifikasi dengan fasilitas pindai otomatis dan database spectrum sehingga dapat melakukan karakterisasi mikroplastik dengan efisiensi > 80% untuk partikel >1mm.
<i>IR microscopy</i>	Menggunakan mikroskop Bruker LUMOS FTIR yang dapat mengidentifikasi partikel mikroplastik dengan ukuran.

2.6 FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*)

FTIR merupakan metode identifikasi sampel yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi inframerah, radiasi inframerah

dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan atau ditransmisikan. Analisis gugus fungsi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia (MB dan Illing, 2017). Parameter validasi FTIR adalah pengulangan dari sistem (presisi), akurasi, rentang linear, batas deteksi (LOD) dan batas kuantifikasi (LOQ). FTIR dapat digunakan secara kuantitatif, sebagai energi yang diserap pada panjang gelombang tertentu sebanding dengan jumlah obligasi terkait energi, sehingga dengan konsentrasi yang lebih besar dari analit lebih banyak energi akan diserap (Musfiroh dkk., 2019).

FTIR dimanfaatkan dalam analisa dalam berbagai produk, seperti produk pangan dikarenakan suatu analisisnya yang relatif akurat dan cepat serta minimnya kesalahan dalam spektra yang dihasilkan (Islami dkk., 2020). Teknik FTIR dapat memungkinkan analisis yang akurat dari partikel yang lebih kecil (Miller dkk., 2021). Tabel 2.2 merupakan gugus fungsi dari beberapa polimer mikroplastik.

Tabel 2.2 Gugus Fungsi Polimer Mikroplastik

Polimer	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
Polyethylene terephthalate (PET)	1713	C=O stretching
	1241	C – O stretching
	1094	C – O stretching
	720	Aromatic CH out-of-plane bending
Polypropylene (PP)	2950	C – H stretching
	1455	CH ₂ bending
	840	CH bending
	808	CH ₃ rocking
Polystyrene (PS)	3024	Aromatic C – H stretching
	2847	C – H stretching
	1451	CH ₂ bending
	537	Plane bending
Polyamides (PA)	3928	N – H stretching
	2858	CH stretching
	1634	C=O stretching
	1464	CH ₂ bending

	2915	C – H stretching
High density polyethylene (HDPE)	1472	CH ₂ bending
	1462	CH ₂ bending
	730	CH ₂ rocking

Sumber: Veerasingam dkk (2021)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih peneliti untuk pengambilan sampel yaitu di Muara Sungai Krueng Aceh, Muara Sungai Alue Naga, dan Muara Sungai Lambada Lhok. Penentuan titik *sampling* dilakukan berdasarkan metode *purposive sampling* sehingga memungkinkan untuk mendapatkan jenis dan bentuk mikroplastik yang beragam dalam satu kali pengambilan sampel. Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 9 (sembilan) titik *sampling*. Titik-titik *sampling* dapat dilihat pada peta dalam Gambar 3.1. Koordinat titik *sampling* dapat dilihat pada Tabel 3.1, data jumlah penduduk Kota Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel 3.2, dan data jumlah penduduk Kabupaten Aceh Besar dapat dilihat pada Tabel 3.3. Data jumlah penduduk dibutuhkan untuk melihat kondisi kepadatan penduduk di sekitar muara sungai.

Tabel 3.1 Titik *Sampling*

Titik Sampling	Lokasi	Titik Koordinat
L1S1		5°32'05.7"N 95°20'52.4"E
L1S2	Muara Krueng Aceh	5°30'34.3"N 95°21'35.1"E
L1S3		5°33'12.5"N 95°19'50.3"E
L2S1		5°33'14.7"N 95°19'14.1"E
L2S2	Muara Alue Naga	5°53'59.6"N, 95°37'18.6"E
L2S3		5°33'37.9"N 95°19'05.5"E
L3S1		5°32'02.9"N 95°20'39.3"E
L3S2	Muara Lambada Lhok	5°32'10"N 95°20'39.3"E
L3S3		5°32'11"N 95°20'39.3"E

Tabel 3.2 Jumlah Penduduk Kota Banda Aceh Tahun 2021

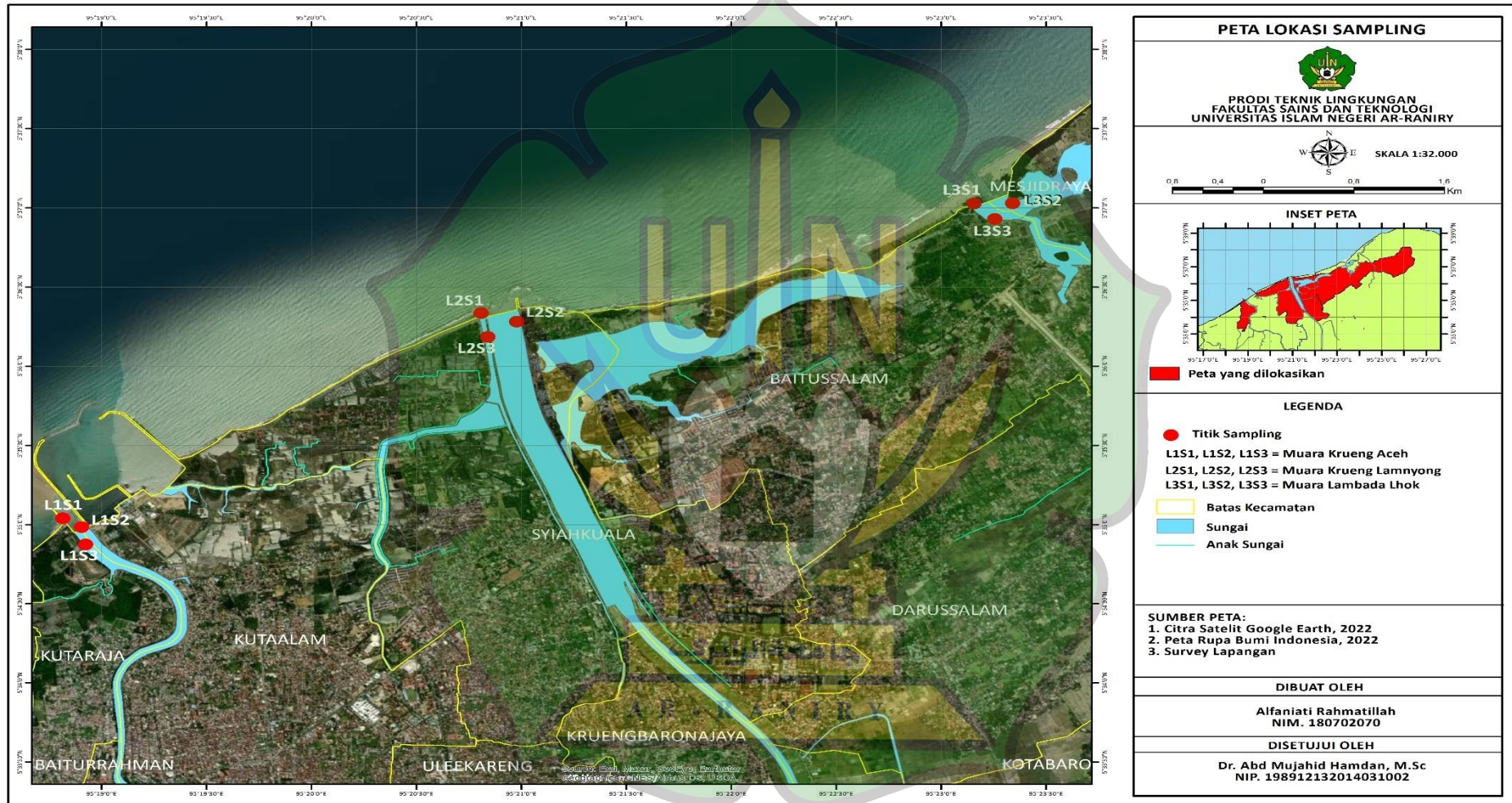
No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1.	Meuraxa	27.273
2.	Jaya Baru	26.273
3.	Banda Raya	25.615
4.	Baiturrahman	32.629
5.	Lueng Bata	24.360
6.	Kuta Alam	42.588
7.	Kuta Raja	15.515
8.	Syiah Kuala	33.100
9.	Ulee Kareng	27.676
Kota Banda Aceh		255.029

Sumber: BPS Kota Banda Aceh, 2022.

Tabel 3.3 Jumlah Penduduk Kabupaten Aceh Besar Tahun 2021

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1.	Lhoong	9.893
2.	Lhoknga	17.064
3.	Leupung	3.471
4.	Indrapuri	22.518
5.	Kuta Cot Glie	14.186
6.	Seulimeum	23.763
7.	Kota Jantho	9.500
8.	Lembah Seulawah	11.993
9.	Mesjid Raya	21.172
10.	Darussalam	22.751
11.	Baitussalam	23.568
12.	Kuta Baro	26.089
13.	Montasik	20.432
14.	Blang Bintang	11.869
15.	Ingin Jaya	34.475
16.	Krueng Barona Jaya	16.646
17.	Sukamakmur	15.581
18.	Kuta Malaka	6.971
19.	Simpang Tiga	6.336
20.	Darul Imarah	54.714
21.	Darul Kamal	8.620
22.	Peukan Bada	23.402
23.	Pulo Aceh	4.513
Aceh Besar		409.527

Sumber: BPS Kabupaten Aceh Besar, 2022.



Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel

3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inci dengan panjang 30 cm dan diberikan tutup pada salah satu sisinya. Pipa PVC yang digunakan untuk pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pada setiap titik dilakukan satu kali pengambilan sampel sedimen. Langkah pengambilan sampel sebagai berikut; (1) sampel diambil dengan menancapkan pipa PVC secara vertikal ke dalam sungai, (2) setelah sampel diambil, sampel dimasukkan ke dalam wadah plastik yang telah disediakan, (3) kemudian wadah plastik yang berisi sampel sedimen diberikan label sesuai lokasi pengambilan sampel.



Gambar 3.2 Pipa PVC

3.3 Teknik Preparasi Sampel

Dalam preparasi sampel, terdapat 3 cara yang bisa dilakukan, yaitu dengan pemisahan kimia, pemisahan *non*-kimia dan identifikasi visual mikroplastik. Secara umum, sampel dikurangi volumenya dengan penyaringan dan/atau pemisahan densitas menggunakan larutan garam untuk dipisahkan dari bahan lain dan bahan matriks organik yang dicerna menggunakan metode pengoksidasi, asam, basa, atau enzimatik. Untuk pemisahan *non*-kimia, ukuran saringan standar dan fraksinasi harus digunakan untuk mengelompokkan partikel dalam kategori ukuran operasional yang berbeda untuk memfasilitasi perbandingan. Setelah ekstraksi, langkah selanjutnya adalah identifikasi visual mikropartikel.

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

1. Sampel sedimen yang sudah dikumpulkan dipindahkan ke wadah aluminium foil. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 90°C selama 24 jam. Pengeringan ini dilakukan untuk mengurangi kandungan air pada sedimen.
2. Sampel sedimen yang telah di oven dihaluskan menggunakan alu dan mortar.



Gambar 3.3 Penghalusan Sampel

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



Gambar 3.4 Pengayakan Sampel

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



Gambar 3.5 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 3.6 Penambahan Larutan NaCl

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



Gambar 3.7 Penghomogenan Menggunakan *Magnetic Stirrer*

7. Setelah dihomogenkan sampel didiamkan selama 24 jam, mikroplastik yang berukuran ringan akan terpisah dan berada di bagian atas.
8. Setelah 24 jam, ditambahkan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml ke dalam sampel. Kemudian sampel sedimen dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu $750^{\circ}C$ dengan 200 RPM.



Gambar 3.8 Penambahan Larutan H_2O_2 30%

9. Setelah dilakukan pengadukan sampel didiamkan selama 48 jam. Tahap penambahan 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 3.9 Penyaringan Sampel Menggunakan Pompa Vakum

11. Selanjutnya dilakukan identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 10 x 4,5 yang bertujuan untuk mengetahui bentuk mikroplastik yang terdapat dalam sampel sedimen di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.



Gambar 3.10 Identifikasi Mikroplastik Menggunakan Mikroskop Stereo

Mikroplastik yang diamati dengan mikroskop Stereo dengan cara sebagai berikut: (1) Sampel yang sudah disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 diletakkan pada cawan petri (2) Tempatkan cawan petri yang sudah terisi sedimen mikroplastik pada meja benda mikroskop (2) Atur kekuatan lampu dengan

memutar sekrup pengatur intensitas cahaya (3) Atur ketinggian cahaya lampu dengan memutar makrometer (4) Cari bagian dari objek sampel yang terdapat mikroplastik (dicari dan diperkirakan memiliki Gambar yang jelas) dengan memutar sekrup vertikal dan horizontal (5) Putar *Revolving nosepiece* pada perbesaran objektif $10 \times$ lalu putar sekrup kasar sehingga cahaya lampu bergerak ke atas untuk mencari fokus (6) Putar sekrup halus untuk mendapatkan Gambaran yang lebih terfokus (7) Perjelas bayangan dengan mengatur condenser pada posisi tertinggi (cahaya penuh) (8) Hasil yang didapatkan mikroplastik di *capture* pada komputer yang terhubung.

Kelimpahan mikroplastik pada sedimen didapatkan dari hasil perhitungan dengan cara jumlah partikel mikroplastik yang diperoleh per berat sedimen kering. Analisis kelimpahan mikroplastik dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 3.1 (Laila dkk., 2020):

$$K = \frac{n \text{ (partikel)}}{m \text{ (kg)}} \quad (3.1)$$

Keterangan: K = Kelimpahan mikroplastik (partikel/kg); n = Jumlah mikroplastik (partikel); m = Berat sedimen kering (kg).

3.4 Alat dan Bahan Preparasi Sampel

3.5.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam preparasi sampel penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Alat Preparasi Sampel

No	Alat	Jumlah	Fungsi
1.	Pipa PVC	1	Untuk mengambil sedimen di dasar Sungai
2.	Aluminium foil	1	Sebagai alas sampel dan penutup <i>beaker glass</i>
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>	1	Untuk membantu pengadukan larutan dan menghomogenkan larutan sampel
11.	Hot plate	1	Sebagai pengaduk dan pemanas larutan sampel
12.	Kertas saring <i>Whatman No.42</i>	7	Sebagai media filter
13.	Pinset	1	Untuk mengambil media filter
14.	<i>Microscop stereo</i>	1	Sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi mikroplastik

3.5.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam preparasi sampel penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Bahan Preparasi Sampel

No	Bahan	Jumlah	Produsen	Fungsi
1.	Sedimen Muara Sungai	900 gram		Sebagai sampel
2.	NaCl	2700 ml	Cv.Rudang Jaya	Untuk pemisahan densitas plastik yang lebih kecil dari sedimen
3.	H ₂ O ₂ 30%	180 ml	Cv.Rudang Jaya	Untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang ada pada sedimen
4.	Aquades	secukupnya	Laboratorium Kimia UIN Ar-Raniry	Untuk membersihkan alat dari zat pengotor

3.5 Teknik Pengukuran

Teknik pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengukuran menggunakan metode spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR). Alasan menggunakan FTIR adalah metode ini dapat mengkarakterisasi

mikroplastik secara akurat di lingkungan, sangat penting untuk mengkonfirmasi komposisi mikropartikel yang dikumpulkan dengan metode di luar pemeriksaan visual, seperti dengan menggunakan pewarnaan fluoresen selektif atau identifikasi polimer spektroskopi. Tanpa informasi komposisi bahan, mikropartikel dari asal lain dapat salah dicirikan sebagai mikroplastik. Misalnya, serat mikro yang diturunkan secara alami dapat digabungkan dengan serat mikroplastik, yang mengakibatkan jumlah mikroplastik menjadi banyak di dalam sampel.

FTIR dapat memungkinkan analisis yang akurat dari partikel yang lebih kecil. FTIR dapat menganalisis campuran dalam sampel tanpa merusak sampel yang dianalisis. Spektrum inframerah yang dihasilkan merupakan informasi data yang kompleks, sehingga dapat menggambarkan karakteristik suatu sampel secara detail (Andriansyah dkk., 2021). Sampel sedimen yang telah dipreparasi akan dicek menggunakan FTIR untuk menganalisis sumber dari mikroplastik yang terdapat di Sungai Krueng Aceh.

Pendugaan hasil FTIR diidentifikasi berdasarkan hasil penelitian spektrum polimer dan melihat rentang standar karakteristik IR *Absorption* (Suprijanto dkk., 2021). FTIR mengidentifikasi jenis polimer dan unsur-unsurnya dengan jelas (Frias dkk., 2018). Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum infra merah menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui) (Sari dkk., 2018). Hasil dari analisis FTIR dikonfirmasi dengan gugus fungsi yang menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis polimer mikroplastik (Sugandi dkk., 2021). Cara analisis sampel dengan metode FTIR adalah dengan meletakkan sampel ke dalam set holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya akan didapatkan difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas (MB dan Illing, 2017).

3.7 Analisis Data Spasial

Proses pengolahan data pada penelitian ini menggunakan aplikasi ArcGIS dengan menggunakan interpolasi metode *Kriging*. Langkah-langkah membuat peta sebaran dengan metode *Kriging* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan data X, Y, dan data sebaran.
2. Mengubah derajat, menit dan detik dalam koordinat bujur (X) dan lintang (Y) Dunia.
3. Mengubah data excel menjadi format CSV (*Comman Delimited*).
4. Membuka aplikasi ArcGIS, kemudian memasukkan peta Kota Banda Aceh dan Sungai Krueng Aceh.
5. Kemudian pilih file pada menu bar aplikasi, pilih add data-add XY data dan melakukan *connect* ke folder.
6. Selanjutnya pilih koordinat sistem *Geographic Coordinate System-Word* (WGS 1984).
7. Kemudian, setelah tahapan di atas dilakukan, maka memperlihatkan hasil koordinat titik *sampling*.
8. Selanjutnya dilakukan interpolasi, pilih *Arc Toolbox-Spatial Analyst Tools-Interpolation-Kriging*.
9. Selanjutnya pilih *Environment Selting-Processing Extent-Same as Layer*.
10. Selanjutnya pilih *Raster Analysis*, dan pilih *Mask*. (untuk membuat penyebaran).
11. Selanjutnya, akan tampak hasil interpolasi dengan metode *Kriging*.

Pembagian zona sebaran dibagi menjadi tiga bagian, pembagian ini langsung dibagi oleh *software*, daerah pencemaran rendah ditandai dengan zona hijau, daerah pencemaran sedang ditandai dengan zona kuning, dan daerah pencemaran tinggi ditandai dengan zona merah. Klasifikasi pembagian zona ini berdasarkan

persamaan 3.2.

$$\Delta = \text{Max} - \text{Min}$$

$$\text{Min} \leq \text{rendah} < \frac{1}{3} \Delta$$

$$\frac{1}{3} \Delta \leq \text{sedang} < \frac{2}{3} \Delta$$

$$\frac{2}{3} \Delta \leq \text{tinggi} < \text{Max}$$

(3.2)

dengan delta (Δ) adalah selisih antara nilai maksimum dan minimum, max adalah nilai maximum nilai kelimpahan, dan Min adalah nilai minimum nilai kelimpahan.



BAB IV

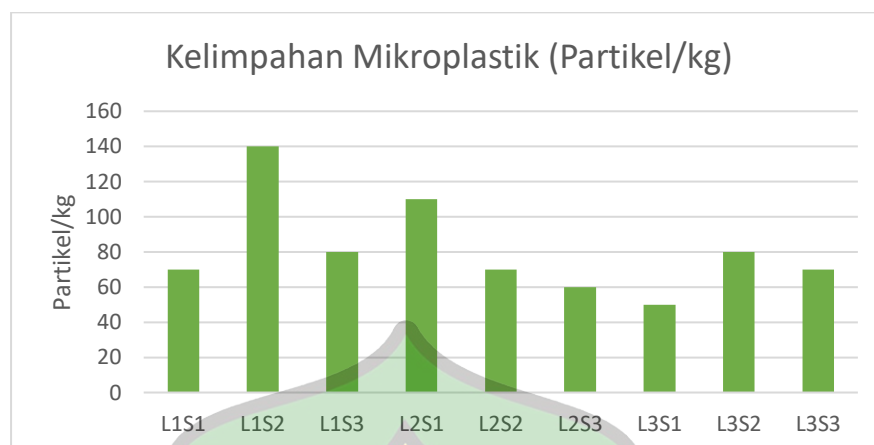
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Lokasi

Hasil penelitian yang dilakukan di muara sungai kota Banda Aceh dan Aceh Besar menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik pada sedimen di tiga muara sungai yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 4.1. Berdasarkan lokasi sampling, pada muara sungai Krueng Aceh (L1) mikroplastik yang ditemukan sebanyak 96,67 partikel/kg sedimen kering, pada muara sungai Alue Naga (L2) mikroplastik yang ditemukan sebanyak 80 partikel/kg, dan pada muara sungai Lambada Lhok (L3) mikroplastik yang ditemukan sebanyak 66,67 partikel/kg.

Tabel 4.1 Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada setiap lokasi

No	Kode Sampling	Berat Sedimen Kering (kg)	Mikroplastik (Partikel)			Kelimpahan (Partikel/kg)			Jumlah Kelimpahan (Partikel/kg)
			Fiber	Fragmen	Film	Fiber	Fragmen	Film	
1.	L1S1	0,1	7	0	0	70	0	0	70
2.	L1S2	0,1	8	0	6	80	0	60	140
3.	L1S3	0,1	6	0	2	60	0	20	80
Rata-rata kelimpahan pada lokasi 1									96,67
4.	L2S1	0,1	6	1	4	60	10	40	110
5.	L2S2	0,1	3	0	4	30	0	40	70
6.	L2S3	0,1	4	0	2	40	0	20	60
Rata-rata kelimpahan pada lokasi 2									80
7.	L3S1	0,1	4	1	0	40	10	0	50
8.	L3S2	0,1	7	0	1	70	0	10	80
9.	L3S3	0,1	6	1	0	60	10	0	70
Rata-rata kelimpahan pada lokasi 3									66,67

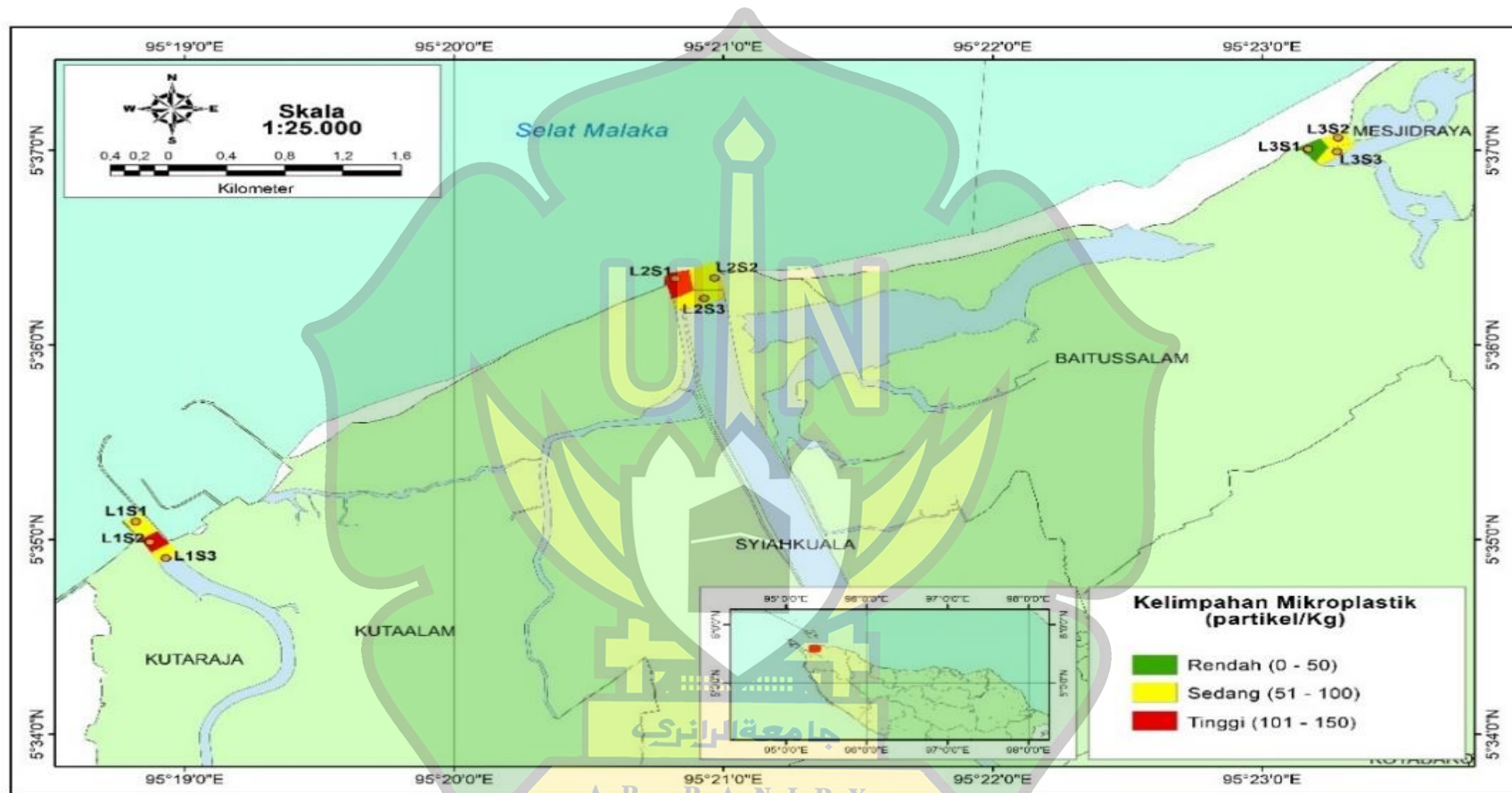


Gambar 4.1 Grafik kelimpahan mikroplastik berdasarkan lokasi

Mikroplastik ditemukan pada muara sungai dikarenakan kondisi muara sungai mencerminkan bagaimana pencemaran yang terjadi dari hulu ke hilir sungai. Selain itu, interaksi yang terjadi antara air laut dan air tawar di muara juga menjadi faktor banyaknya mikroplastik di muara. Densitas air laut yang lebih tinggi daripada air tawar yang menyebabkan air laut masuk dan berinteraksi dengan air tawar. Karena perbedaan densitas tersebut maka terjadilah sirkulasi yang menyebabkan polutan di muara termasuk mikroplastik terakumulasi. Pada Gambar 4.2 dapat dilihat secara keseluruhan kelimpahan mikroplastik paling banyak ditemukan pada lokasi 1 yaitu muara sungai Krueng Aceh dan lokasi 2 yaitu muara sungai Alue Naga. Hal ini karena sungai ini mengalir di sepanjang Kota Banda Aceh melintasi wilayah pasar dan pemukiman padat penduduk. Di sepanjang sungai dijumpai banyak aktivitas masyarakat, antara lain: industri, kegiatan pembangkit listrik, hotel, pasar, perumahan padat penduduk, dan *laundry*. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah yang tidak dikelola dengan baik sehingga limbah tersebut bermuara di sungai. Limbah tersebut dapat berupa limbah padat seperti plastik maupun cair yang berasal dari saluran pembuangan yang umumnya dibuang ke saluran drainase yang bermuara di sungai. Kelimpahan di sungai, pantai, muara dapat berbeda. Perbedaan hasil kelimpahan mikroplastik di masing-masing lokasi dipengaruhi oleh adanya perbedaan aktivitas di masing-masing ekosistem tersebut. Aktivitas seperti penangkapan ikan menggunakan jaring nilon, aktivitas penduduk disekitar sungai yang menghasilkan limbah rumah tangga dan

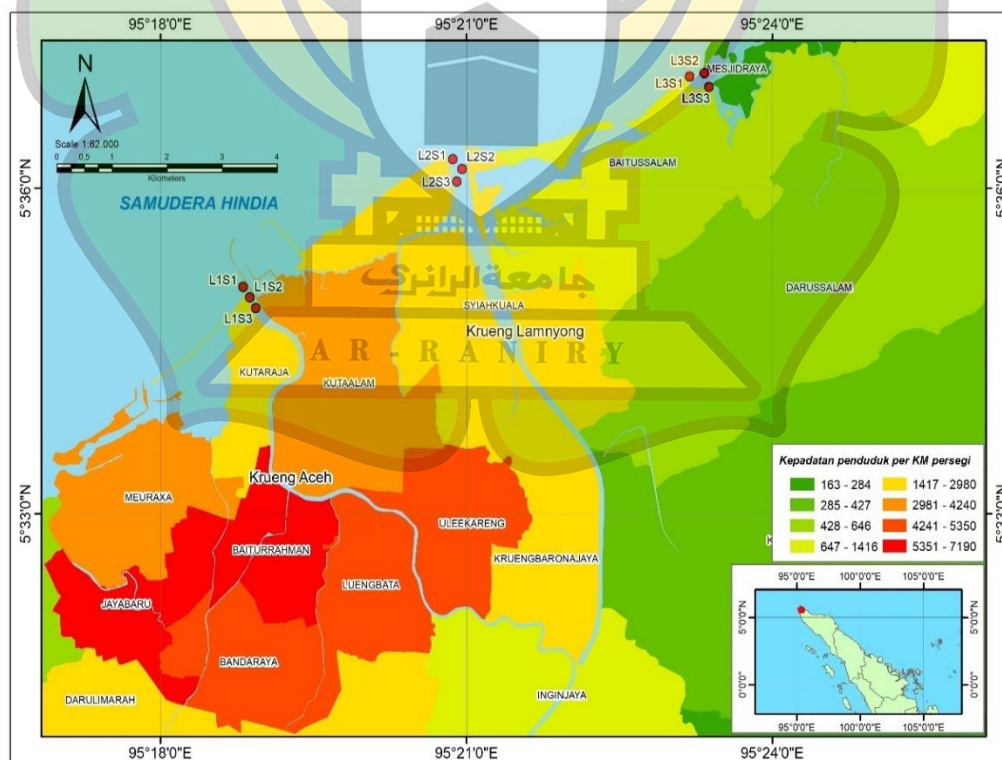
industri, serta kegiatan pariwisata di lokasi tersebut. Berdasarkan hasil penelitian Shafani dkk., (2022) yang menyatakan bahwa di sekitar area pantai lebih banyak ditemukan mikroplastik bentuk *fragment* daripada bentuk mikroplastik lainnya. Sedangkan pada muara dan sungai umumnya bentuk mikroplastik yang paling mendominasi adalah *fiber* (Ayuningtyas, 2019).





Gambar 4.2 Interpolasi kelimpahan mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik di Muara Krueng Aceh lebih tinggi karena perairan di sekitar muara merupakan daerah padat penduduk seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 sehingga mikroplastik yang ditemukan lebih banyak daripada di Muara Alue Naga dan Muara Lambada Lhok. Muara Alue Naga merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk sedang. Sedangkan Lambada Lhok merupakan wilayah permukiman dengan kepadatan penduduk yang rendah. Kepadatan penduduk berpengaruh pada banyaknya mikroplastik yang ditemukan karena aktivitas yang terjadi disekitar sungai lebih beragam dan limbah yang dihasilkan pun jumlahnya lebih banyak. Sesuai dengan hasil penelitian Sutanhaji dkk., (2021) yang menyatakan bahwa aktivitas di sepanjang sungai dapat berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahan mikroplastik yang ditemukan di suatu perairan. Selain itu, pada Muara Krueng Aceh dan Muara Alue Naga terdapat area wisata pantai sehingga limbah aktivitas pengunjung benda-benda plastik turut menjadi penyumbang banyaknya ditemukan mikroplastik pada muara tersebut.



Gambar 4.3 Peta kepadatan penduduk di lokasi sampling

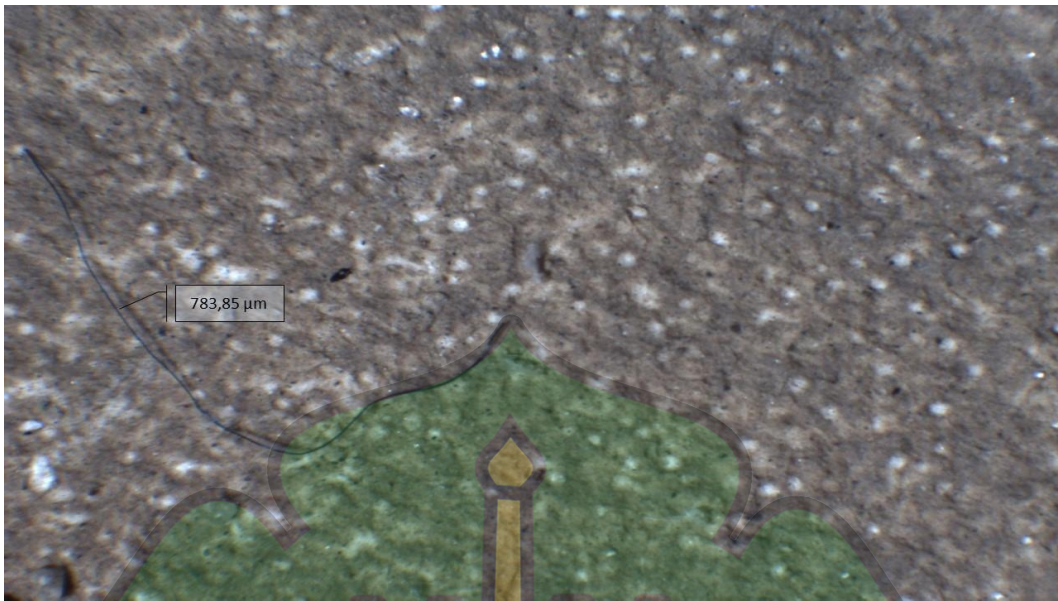
Berdasarkan kondisi geologi, Lambada Lhok mengandung aluvium dengan endapan sedimen yang terdiri dari lumpur, pasir dan kerikil. Morfologi daerah ini berupa daerah pesisir pantai dengan kenampakan yang ada di daerah pantai struktur tanahnya berupa pasir, kerikil, dan lumpur (Nugraha dkk., 2019). Kondisi geologi Alue Naga berasal dari batuan-batuan sedimen yang merupakan hasil rombakan dari batuan beku, metamorf (terbentuk dari hasil pelapukan), pengangkutan, erosi dan endapan dari proses litifikasi. Di daerah ini sangat mudah terjadinya genangan terutama pada saat pasang dan gelombang air laut di wilayah bagian pesisir pantai dan merupakan kawasan penyusupan air laut yang terjadi akibat pasang surut (Maghfirah, 2018). Krueng Aceh didominasi oleh tanah berjenis latosol, aluvial dan regosol (Ikhwal dkk., 2022). Saat terjadinya pasang, arus di Sungai Krueng Aceh sedikit bergelombang dan deras (Darwin dkk., 2021). Sedangkan arus di Sungai Alue Naga dan Lambada Lhok sangat bergelombang dan berombak. Arus merupakan faktor yang berperan dalam variasi sebaran sedimen di perairan. Selain itu, mekanisme pantai seperti arus dan arah angin juga dapat mempengaruhi pendistribusian mikroplastik pada sedimen pantai. Kecepatan arus memiliki hubungan dengan ukuran jenis sedimen, semakin tinggi kecepatan arus maka ukuran butiran sedimen semakin besar (Yuwandita, 2018). Sedimen di Krueng Aceh teksturnya padat, halus, dan berwarna abu-abu kehitaman. Sedimen di Alue Naga merupakan tanah yang bercampur dengan pasir dan terdapat kerikil di sedimennya. Sedangkan sedimen di Lambada Lhok berupa pasir.

Keberadaan mikroplastik pada dasar sedimen dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan densitas plastik yang lebih besar daripada densitas air sehingga menyebabkan plastik berada di dasar perairan dan terakumulasi pada sedimen. Pada dasarnya, mikroplastik di perairan cenderung mengapung karena densitasnya yang rendah, namun melalui proses modifikasi densitas menyebabkan partikel mikroplastik dengan densitas rendah akan tenggelam ke dasar perairan (Rachmayanti, 2020). Modifikasi densitas terjadi akibat dari proses biofouling yang dilakukan oleh mikroorganisme air seperti prokariota, eukariota dan invertebrata yang menyebabkan meningkatnya kepadatan sehingga

mengakibatkan mikroplastik tenggelam ke dasar perairan. Biofouling adalah akumulasi secara bertahap organisme air seperti alga, bakteri, kerang, dan protozoa pada sebuah permukaan struktur peralatan bawah air yang dapat menimbulkan sifat korosi dari struktur yang ditumbuhinya, sehingga menyebabkan gangguan dari struktur dan sistem peralatan (Nugroho dkk., 2018). Mikroplastik juga bisa mencapai dasar perairan akibat proses agregasi partikel kecil yang ditingkatkan secara biologis. Agregasi partikel menyebabkan berkurangnya luas permukaan terhadap rasio volume dan struktur permukaan baru. Mikroagregat biasanya mengandung fitoplankton, puing-puing organik, dan partikel tanah liat yang saling menempel. Melalui penggabungan mikroplastik dalam mikroagregat ini, bahkan mikroplastik dengan kepadatan rendah yang biasanya mengapung di permukaan air dapat tenggelam ke dasar perairan (Pradiptaadi dan Fallahian, 2022).

4.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Dari ketiga muara sungai tersebut ditemukannya tiga bentuk mikroplastik yaitu mikroplastik jenis *fiber*, *fragment* dan *film*. Bentuk mikroplastik yang ditemukan di ketiga muara sungai dikategorikan kedalam 3 bentuk tersebut dikarenakan mikroplastik yang dikategorikan sebagai *fiber* dapat berasal dari sisa-sisa pencucian pakaian atau dari alat penangkap ikan yang digunakan nelayan. Mikroplastik *fragment* dapat berasal dari penggunaan barang dari plastik yang keras seperti peralatan rumah tangga. *Film* merupakan bentuk mikroplastik yang dapat berasal dari aktivitas manusia seperti penggunaan kantong plastik, pembungkus plastik, dan botol plastik yang tidak didaur ulang.



Gambar 4.4 Fiber



Gambar 4.5 Fragment

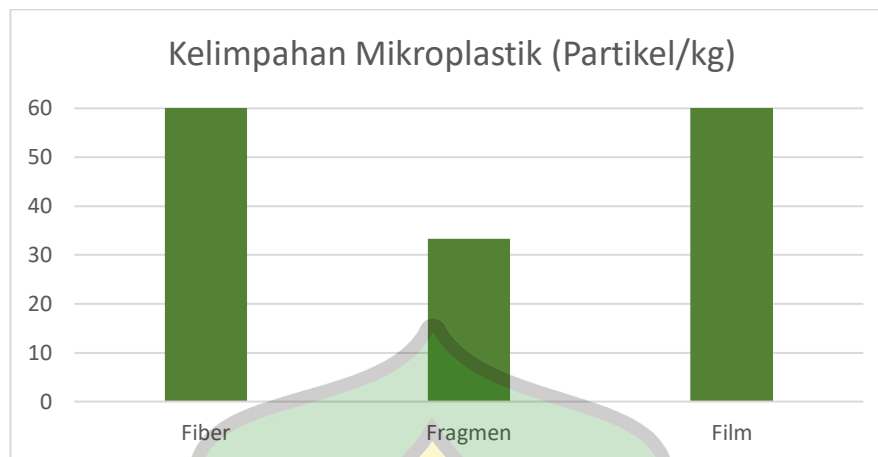


Gambar 4.6 *Film*

Berdasarkan bentuknya kelimpahan mikroplastik di titik pengambilan sampel sedimen memiliki rata-rata kelimpahan mikroplastik yang mendominasi seperti terlihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.5 yaitu mikroplastik bentuk *fiber* yaitu sebanyak 56,67 partikel/kg sedimen kering, mikroplastik bentuk film yaitu sebanyak 21,11 partikel/kg, dan bentuk mikroplastik yang paling jarang ditemui adalah fragmen yaitu sebanyak 3,33 partikel/kg sedimen kering. Mikroplastik *fiber* paling mendominasi di semua lokasi pengambilan sampel berkaitan dengan aktivitas manusia dan limbah domestik.

Tabel 4.2 Rata-rata kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk

Kelimpahan (Partikel/kg)		
Fiber	Fragmen	Film
70	0	0
80	0	60
60	0	20
60	10	40
30	0	40
40	0	20
40	10	0
70	0	10
60	10	0
56,67	3,33	21,11

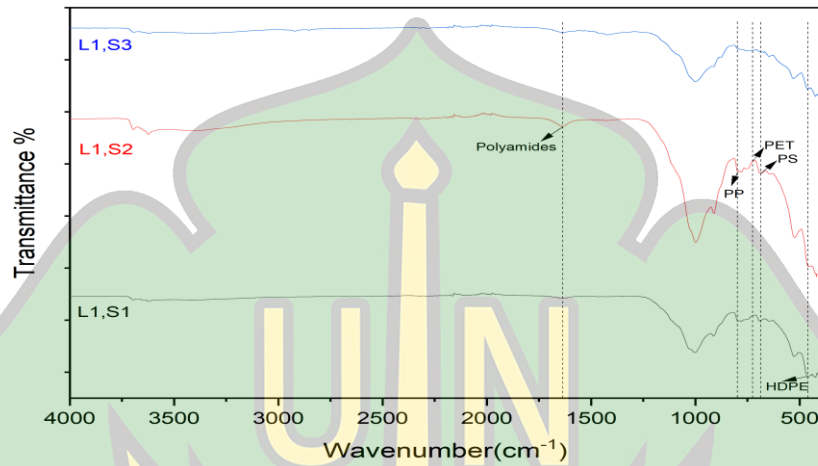


Gambar 4.7 Grafik kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk

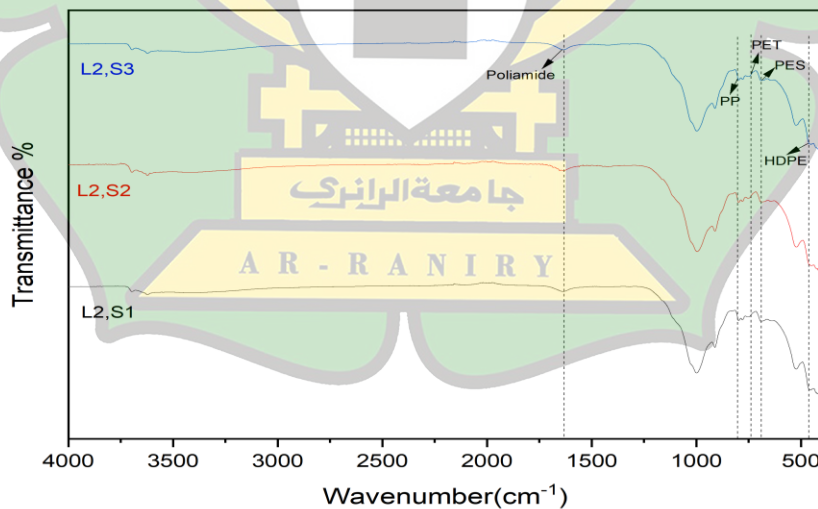
Fiber berbentuk seperti benang dengan warna yang beragam seperti merah, biru, dan hitam (Laila dkk., 2020). *Fiber* bersumber dari tali pancing dan jaring pancing, *fiber* juga dapat berasal dari pakaian yang sudah tidak digunakan lagi dan mengalami gesekan sehingga terurai menjadi partikel plastik dengan ukuran yang sangat kecil, ataupun serat kain sisa-sisa pencucian pakaian yang terbawa arus masuk ke perairan (Hanif dkk., 2021). Penemuan mikroplastik yang dominan ditemukan di perairan Indonesia adalah *fiber* atau *fragmen*, hal ini seperti diungkapkan dalam penelitian Suharsono dkk., (2021) bahwa mayoritas mikroplastik yang ada di Indonesia rata-rata baik di air tawar, laut, dan dalam tubuh organisme bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan adalah *fiber* dibandingkan dengan bentuk lainnya. *Fragment* adalah potongan kecil atau pecahan dari plastik yang berukuran lebih besar (Ayuningtyas, 2019). *Fragment* memiliki permukaan yang kasar dan memiliki pori-pori yang berlimpah. *Fragment* dapat berasal dari penggunaan barang dari plastik yang keras seperti peralatan rumah tangga (Octarianita dkk., 2022). Mikroplastik jenis *film* adalah bagian produk plastik yang memiliki lapisan yang sangat tipis dan rapuh. Selain itu, *film* mengandung lebih banyak struktur terlipat dan tidak memiliki bentuk tetap di tepinya (Lestari dkk., 2021). *Film* dapat berasal dari aktivitas manusia seperti penggunaan kantong plastik, pembungkus plastik, dan botol plastik yang tidak di daur ulang (Sugandi dkk., 2021).

4.3 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis Polimer

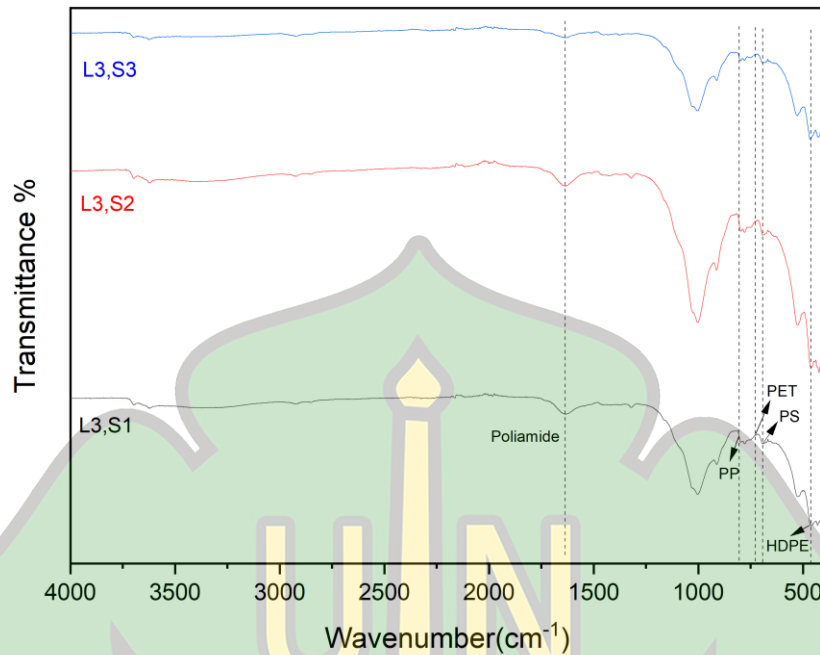
Hasil dari analisis FTIR dikonfirmasi dengan gugus fungsi yang menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis polimer mikroplastik seperti terlihat pada Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6.



Gambar 4.8 Grafik FTIR Lokasi 1



Gambar 4.9 Grafik FTIR Lokasi 2



Gambar 4.10 Grafik FTIR Lokasi 3

Polimer yang teridentifikasi diantaranya yaitu *Polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyamides* (PA), dan *high density polyethylene* (HDPE). Polimer PET ditandai dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 720 cm^{-1} yang merupakan vibrasi CH. Mikroplastik berjenis PET merupakan plastik yang berbahan dasar halus, transparan dan tipis, biasanya digunakan untuk pembungkus minuman ringan dan botol air, biasanya diproduksi untuk sekali pakai. Polimer PP ditandai dengan adanya serapan pada 840 cm^{-1} dan merupakan vibrasi CH bending. CH merupakan penyusun utama dari polimer jenis PET dan PP. Mikroplastik berjenis PP memiliki karakteristik lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah dan dapat berasal dari tutup botol, sedotan, dan mainan berbahan plastik.

Keberadaan polimer poliamida diperkuat dengan munculnya serapan pada 1634 cm^{-1} yang merupakan ikatan NH primary amine (bending). Ikatan NH merupakan ikatan penyusun poliamida atau biasa disebut *nylon*. Poliamida dapat berasal dari alat tangkap ikan yang digunakan nelayan setempat maupun dari serat – serat kain yang hanyut ke laut.

Plastik jenis polistirena dicirikan dengan adanya gugus fungsi C-H phenyl, CH alifatis, CH₂ aromatik dan phenyl yang teridentifikasi pada IR dengan adanya serapan pada 694 cm⁻¹. Polistirena digunakan untuk pembungkus/isolasi serta kemasan gelas minuman dan makanan ringan. Polimer aromatik yang dapat mengeluarkan bahan *styrene* ke makanan. Bahan ini harus dihindari karena dapat mengganggu hormon estrogen pada wanita.

Polimer HDPE ditemukan pada serapan 460 cm⁻¹. HDPE mempunyai rantai polimer tanpa cabang panjang sehingga sangat padat serta lebih kuat dan lebih tebal dari PET. HDPE biasanya dipakai untuk tas belanja, botol susu, wadah jus, botol shampoo, dan botol obat. Selain dapat didaur ulang, HDPE lebih stabil dibandingkan PET. Hal ini karena HDPE dianggap lebih aman untuk makanan dan minuman walaupun beberapa penelitian menyatakan jika HDPE melepaskan senyawa kimia yang bisa merusak sistem hormon manusia jika terkena sinar ultraviolet.

4.4 Ancaman Mikroplastik Pada Muara Sungai

Air yang mengalir membawa sedimen, nutrien, sampah, dan material lainnya. Sampah yang terbawa akan terendap dan mengambang di permukaan. Sampah plastik yang terendap di sedimen akan terurai menjadi ukuran yang lebih kecil melalui berbagai proses, meskipun membutuhkan waktu 10 sampai 100 tahun. Dampak yang dihasilkan dari tercemarnya mikroplastik adalah melalui sistem pencernaan dan terperangkapnya biota, di sistem pencernaan akan melukai lambung hewan-hewan atau biota air lainnya. Kemudian berdampak ke rantai makanan, berdampak terhadap habitat dan kehidupan seluruh makhluk hidup (Satriawanputri, 2022).

Mikroplastik mengancam biota bentik dan pelagis, apalagi pada perairan yang dangkal, dimana karakteristik perairan yang dangkal adalah airnya yang mudah tercampur, sehingga kemungkinan biota memakan mikroplastik lebih besar. Mikroplastik berpotensi mengancam lebih serius dibanding dengan material plastik yang berukuran besar sebagai organisme yang mendiami tingkatan tropik yang lebih rendah, seperti plankton yang mempunyai partikel

rentan terhadap proses pencernaan mikroplastik sebagai akibatnya dapat mempengaruhi organisme tropik tingkat tinggi melalui proses bioakumulasi (Lestari dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sugandi dkk (2021) mikroplastik dapat menjadi racun bagi organisme dengan cara mentransfer senyawa kimia dari air laut ke organisme melalui pencernaan. Ketika ada mikroplastik yang masuk dan terperangkap, maka partikel tersebut dapat tertahan di bagian pencernaan dan dapat berpindah melalui garis epitel pada usus lalu masuk ke dalam jaringan tubuh. Keberadaan partikel mikroplastik pada sistem sirkulasi juga dapat menghambat aliran darah yang akan menyebabkan kerusakan sistem vaskular dan perubahan aktivitas jantung. Selain mengancam biota bentik dan pelagis, mikroplastik juga berdampak negatif bagi kesehatan manusia seperti dapat menyebabkan peradangan pada otak dan stres oksidatif. Mikroplastik juga dapat masuk ke rongga usus hingga sistem peredaran darah yang dapat mengganggu sistem pencernaan, menyebabkan kanker, iritasi kulit, penyakit kardiovaskular dan masalah pernapasan hingga masalah reproduksi.

Mikroplastik dapat menyerap berbagai macam kontaminan termasuk *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), yang terdistribusi cukup besar di ekosistem air sungai dan laut. Diantara senyawa PAHs, *phenanthrene* (Phe) adalah salah satu dari PAHs yang kontaminasinya sudah tersebar luas dan telah dibuktikan menyebabkan toksisitas pada ikan dan manusia. Terlepasnya monomer *ethylene* dari partikel HDPE menyebabkan pembentukan etilen oksida dan etilen glikol yang telah diketahui memiliki efek toksik bagi manusia dan hewan. Sejauh ini belum ada penelitian secara detail tentang bahaya mikropartikel atau mikroplastik. Walaupun dapat diprediksi bahwa mikroplastik dapat berada pada lambung dan akan terjadi reaksi adsorpsi yang didukung dengan luas permukaannya yang besar menyebabkan protein dan glikoprotein akan teradsorpsi ke permukaan partikel. Hal ini dapat berdampak pada sistem imun dan terjadi inflamasi pada bagian pencernaan (Johan dkk., 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, mikroplastik sudah menyebabkan kematian pada organisme laut yang berukuran besar seperti mamalia laut, burung

laut dan penyus. Bahkan beberapa biota bentik sudah terbukti menelan mikroplastik yaitu tiram, kerang biru, lobster, dan teritip. Beberapa jenis teritip sudah ditemukan mengonsumsi mikroplastik diantaranya *Holothurians* (teritip) *Thyonella gemmate*, *Holothuria floridana*, *Holothuria grisea* dan *Cucumaria frondosa* (Lestari dkk., 2021). Pencemaran mikroplastik pada sungai tidak hanya berdampak pada spesies flora dan fauna, tetapi juga populasi yang terlayani oleh airnya. Telah dilaporkan bahwa salah satu sumber paparan utama pada manusia adalah melalui konsumsi makanan seperti ikan dan air yang terkontaminasi mikroplastik (Singh dkk., 2022).

Di tingkat Internasional, banyak negara maju telah mengadopsi undang-undang dan langkah-langkah kebijakan untuk menangani masalah mikroplastik. Mengingat skala dan banyaknya mikroplastik saat ini di lingkungan perairan, masih terdapat kekurangan mengenai perkiraan tentang tingkat pencemaran akibat mikroplastik, terlebih lagi kasus mikroplastik belum menjadi perhatian khusus untuk segera ditangani (Wang dkk., 2018). Di Indonesia sendiri belum ada regulasi mengenai mikroplastik. Oleh karena itu, semua pemangku kepentingan (termasuk masyarakat umum, ilmuwan, dan LSM) memiliki tanggung jawab untuk melakukan upaya bersama untuk mengatasi masalah mikroplastik. Dalam rangka kepentingan manajemen dan tata kelola lingkungan pesisir, muara dan sungai, maka pentingnya untuk dilakukan penelitian yang mengidentifikasi mikroplastik agar mengetahui sumber pencemarnya supaya dapat dilakukan pengendalian dan manajemen pencemaran dari sumbernya. Agar strategi pengelolaan yang efisien dan efektif dapat diterapkan, hal yang perlu segera dilakukan adalah mengembangkan peraturan dan undang-undang yang terkait dengan mikroplastik, menetapkan metode pemantauan standar, mengidentifikasi pengetahuan, teknik dan kesenjangan pengelolaan limbah, mendesak larangan di seluruh dunia pada *microbeads* dalam produk kecantikan, dan mendukung pekerjaan penelitian ilmiah tentang kuantifikasi, sumber dan dampak ekologis mikroplastik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis dari data pengamatan dapat diambil kesimpulan yaitu, kelimpahan total partikel mikroplastik yang ditemukan pada Muara Sungai Krueng Aceh, Alue Naga, dan Lambada Lhok adalah 730 partikel/kg. Berdasarkan lokasi, pada muara sungai Krueng Aceh mikroplastik yang ditemukan sebanyak 96,67 partikel/kg, pada muara sungai Alue Naga mikroplastik yang ditemukan sebanyak 80 partikel/kg, dan pada muara sungai Lambada Lhok mikroplastik yang ditemukan sebanyak 66,67 partikel/kg. Berdasarkan bentuknya kelimpahan mikroplastik di titik pengambilan sampel sedimen memiliki rata-rata kelimpahan mikroplastik yang mendominasi yaitu mikroplastik jenis *fiber* yaitu sebanyak 56,67 partikel/kg sedimen kering, mikroplastik jenis film yaitu sebanyak 21,11 partikel/kg, dan jenis mikroplastik yang paling jarang ditemui adalah fragmen yaitu sebanyak 3,33 partikel/kg sedimen kering. Hasil dari analisis FTIR dikonfirmasi dengan gugus fungsi polimer yang teridentifikasi diantaranya yaitu *Polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyamides* (PA), dan *high density polyethylene* (HDPE).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Setelah melakukan pengamatan menggunakan mikroskop dan analisis menggunakan instrumen Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) perlu dilanjutkan melakukan pengukuran di setiap partikel mikroplastik untuk mengelompokkan besar kecilnya dari partikel mikroplastik tersebut.

2. Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan mikroplastik menjadi salah satu parameter yang dijadikan sebagai acuan dalam pemantauan kualitas lingkungan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Nuraini, S. P., Purnawan, S., & Siregar, E. E. W. (2020). Identifikasi Awal Sampah Apung Anorganik di Muara Sungai Krueng Aceh, Kota Banda Aceh. *Depik*, 9(1), 131–140.
- Alam, F. C., & Rachmawati, M. (2020). Development of Microplastic Research in Indonesia. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(3), 344–352. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v17i3.344-352>
- Amelinda, C. (2020). Keberadaan Partikel Mikroplastik Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Desa Bonto Manai Kabupaten Pangkep. *Skripsi*.
- Andriansyah, I., Wijaya, H. N. M., & Purwaniati, P. (2021). Analisis Adulteran Pada Kopi Luwak Dengan Metode Fourier Transform Infrared (FTIR). *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), 26.
- Ardiansyah, R. (2021). Pemodelan Daerah Kekeruhan Dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Melayang Di Sungai Krueng Aceh. *Skripsi*.
- Arnani, M. (2022). Pertama Kalinya, Mikroplastik Ditemukan di Organ Paru-paru Manusia. *Kompas.com*.
- Ayuningtyas, W. C. (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.
- Darwin, Syahrul, & Basri, H. B. (2021). Analisis Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh, Provinsi Aceh (Studi Kasus Sub DAS Krueng Jreu dan Sub DAS Krueng Khea). *Rona Teknik Pertanian*, 14(1), 58–72.

- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., & O'Connor, I. (2018). Standardised Protocol for Monitoring Microplastics in Sediments. *JPI-Oceans BASEMAN project*.
- Hamdan, A. M., Kirana, K. H., Hakim, F., Iksan, M., Bijaksana, S., Mariyanto, M., Ashari, T. M., Ngkoimani, L. O., Kurniawan, H., Pratama, A., & Wahid, M. A. (2022). Magnetic susceptibilities of surface sediments from estuary rivers in volcanic regions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09891-z>
- Hamdini, & Kasman. (2017). Studi Pola Aliran di Muara Sungai dengan Bangunan Dasar Type Persegi Panjang. *skripsi*.
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1–6.
- Harpah, N., Suryati, I., Leonardo, R., Risky, A., Ageng, P., & Addauwiyah, R. (2020). Analisa Jenis, Bentuk Dan Kelimpahan Mikroplastik di Sungai Sei Sikaming Medan. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(2), 108.
- Hasibuan, L. (2022). Ilmuwan Temukan Mikroplastik dalam Darah Manusia. *cnbcindonesia.com*.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi Sampah Mikroplastik di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang dan Rote , Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2), 165–171.
- Ikhwal, M. F., Ersan, N. S., Khairi, A., Prayogo, W., & Wesli, W. (2022). Development of Soil & Water Assessment Tool Application in Krueng Aceh Watershed Review. *Teras Jurnal*, 12(1), 191. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.703>
- Islami, M. N., Fatahillah, R., Suriana, S., Wati, A., & Aini, S. K. (2020). Analisis Lemak Babi pada Bakso Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform

Infrared (FTIR). *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 3(2), 75–78.

Johan, Y., Renta, P. P., Muqsit, A., Purnama, D., Maryani, L., Hiriman, P., Rizky, F., Astuti, A. F., & Yunisti, T. (2020). Analisis Sampah Laut (Marine Debris) Di Pantai Kualo Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 5(2), 273–289.

K, S. B., Basri, K., Aulia, U., & Maksum, T. S. (2022). Keberadaan Pencemaran Mikroplastik Secara Global di Lingkungan Akuatik. *Graha Medika Public Health Journal*, 1(2), 124–135.

Khairuzzaman, H. (2021). Model Spasial Daerah Estuary Turbidity Maxima Di Sungai Krueng Aceh Dan Korelasinya Dengan Kelimpahan Mikroplastik Dan Nilai Suseptibilitas Magnetik. *Skripsi*.

Laila, Q. N., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2020). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1), 28–35.

Lestari, C. S., Warsidah, & Nurdiansyah, S. I. (2019). Identifikasi dan Kepadatan Mikroplastik pada Sedimen di Mempawah Mangrove Park (MMP) Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2(3), 96–101.

Lestari, K., Haeruddin, H., & Jati, O. E. (2021). Karakterisasi Mikroplastik Dari Sedimen Padang Lamun, Pulau Panjang, Jepara, Dengan Ft-Ir Infra Red. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 135–154.

Maghfirah, A. (2018). Identifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh. *Skripsi*.

Mauludy, M. S., Yunanto, A., & Yona, D. (2019). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 73.

MB, S., & Illing, I. (2017). Uji FTIR Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Jurnal Dinamika*, 08(2),

1–13.

Miller, E., Sedlak, M., Lin, D., Box, C., Holleman, C., Rochman, C. M., & Sutton, R. (2021). Recommended Best Practices for Collecting, Analyzing, and Reporting Microplastics in Environmental media: Lessons Learned from Comprehensive Monitoring of San Francisco Bay. *Journal of Hazardous Materials*, 409, 124770.

Musfiroh, I., Nur Hasanah, A., Faradiba, G. A., Ayumiati, I., Mutakin, M., & Muchtaridi, M. (2019). Modification of Extraction Methods on Determining Simeticone Suspension Using FTIR Method. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology* Musfiroh, I., Nur Hasanah, A., Faradiba, G. A., Ayumiati, I., Mutakin, M., & Muchtaridi, M. (2019). *Modification of Extraction Methods on Determining Simeticone Suspension Using FTIR Method. Indon*, 6(3), 125.

Mustaqin, R. (2022). Monitoring Kelimpahan Mikroplastik di Sungai Krueng Aceh serta Hubungannya dengan Kekeruhan, Debit Air Sungai dan Curah Hujan. *Skripsi*.

Nugraha, G. S., Marwan, M., & Muhni, A. (2019). Aplikasi Metode Resistivitas 2D untuk Menentukan Intrusi Air Laut di Lambada Lhok Aceh Besar Aceh. *Jurnal Teknosains*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.22146/teknosains.34368>

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), 80–90. <https://doi.org/10.24843/ctas.2018.v01.i01.p11>

Octarianita, E., Widiastuti, E. L., & Tugiyono, T. (2022). Analisis Mikroplastik pada Air dan Sedimen di Pantai Teluk Lampung Dengan Metode Ft-Ir (Fourier Transform Infrared). *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(2), 165–172.

Ondara, K., & Dhiauddin, R. (2021). Identification of Floating Marine Debris in The Banda Aceh Estuary. *Jurnal Segara*, 17(2), 75–82.

- Pradiptaadi, B. P. A., & Fallahian, F. (2022). Analisis kelimpahan mikroplastik pada air dan sedimen di Kawasan Hilir DAS Brantas. *Environmental Pollution Journal*, 2(1), 344–352.
- Pramudianto, A. (2020). the Role of International Law and National Law in Handling Marine Plastic Litter. *Lampung Journal of International Law*, 1(2), 43–54. <https://doi.org/10.25041/lajil.v1i2.2024>
- Rachmat, S., Purba, N., Agung, M., & Yuliadi, L. (2019). Karakteristik Sampah Mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta. *Depik*, 8(1), 9–17.
- Rachmayanti. (2020). Konsentrasi Mikroplastik Pada Sedimen Di Perairan Burau Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. *Skripsi*.
- Rangkuti, A. N. (2017). Analisis Pasang Surut Muara Sungai Belawan Kota Medan Sumatera Utara. *skripsi*.
- Riandi, I., Ikhsan, M., & Amir, A. (2018). Perencanaan Ulang Jetty Di Muara Batu Putih Meulaboh. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 1(1), 96–107. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v1i1.725>
- Riskiana, R., Effendi, H., & Wardiatno, Y. (2020). Kelimpahan dan Komposisi Sampah Plastik di DAS Baturusa Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(4), 650–659.
- Sari Dewi, I., Aditya Budiarsa, A., & Ramadhan Ritonga, I. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, 4(3). <https://doi.org/10.13170/depik.4.3.2888>
- Sari, K. (2018). Keberadaan Mikroplastik Pada Hewan Filter Feeder di Padang Lamun Kepulauan Spermonde Kota Makassar. *Skripsi*.
- Sari, N. W., Fajri, M. Y., & W, A. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(1), 30–34.

- Satriawanputri, I. S. A. (2022). Analisis Karakteristik Fisik Kimia Mikroplastik Pada Sedimen di Sungai Winongo Yogyakarta. *Skripsi*.
- Shafani, R. H., Nuraini, R. A. T., & Endrawati, H. (2022). Identifikasi Dan Kepadatan Mikroplastik Di Sekitar Muara Sungai Banjir Kanal Barat Dan Banjir Kanal Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(2), 245–254. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31885>
- Singh, S., Chakma, S., Alawa, B., Kalyanasundaram, M., & Diwan, V. (2022). Identification, characterization, and implications of microplastics in soil – A case study of Bhopal, central India. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 9(2023). <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100225>
- Sugandi, D., Agustawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron*, 11(2), 112.
- Suharsono, M., Ikhtiar, M., & Baharuddin, A. (2021). Analisis Spasial Risk Assesment dan Identifikasi Mikroplastik dan Keberadaan Pseudomonas Sebagai Bioremediasi di Perairan Kota Makassar. *Journal of Aafiyah Health Research (JAHR)*, 2(1).
- Suprijanto, J., Senduk, J. L., & Makrma, D. B. (2021). Penggunaan Fourier Transform Infrared untuk Analisis Mikroplastik pada Loligo sp. dan Rastrelliger sp. dari TPI Tambak Lorok Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 291–298.
- Sutanhaji, A. T., Rahadi, B., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), 74–84. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3>
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Gunganathan, L., Aboobacker, V. M., & Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier

transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681–2743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>

Victoria, A. V. (2017). Kontaminasi Mikroplastik di Perairan Tawar. *Teknik Kimia ITB*, 1–10.

Vironita, F., Rispiningtati, & Marsudi, S. (2010). Analisis Stabilitas Penyumbatan Muara Sungai Akibat Fenomena Gelombang, Pasang Surut, Aliran Sungai dan Pola Pergerakan Sedimen pada Muara Sungai Bang, Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik ...*, 1(2), 1–13.

Wang, J., Zheng, L., & Li, J. (2018). A Critical Review on the Sources and Instruments of Marine Microplastics and Prospects on the Relevant Management in China. *Waste Management and Research*, 36(10), 898–911.

Wibowo, Y. G., Maryani, A. T., Rosanti, D., & Rosarina, D. (2019). Microplastic in Marine Environment and Its Impact. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(1), 81. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v16i1.2884>

Yang, Y., Liu, W., Zhang, Z., Grossart, H. P., & Gadd, G. M. (2020). Microplastics Provide New Microbial Niches in Aquatic Environments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(15), 6501–6511. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10704-x>

Yunanto, A., Fitriah, N., & Widagti, N. (2021). Karakteristik Mikroplastik pada Ekosistem Pesisir di Kawasan Mangrove Perancak, Bali. *journal of fisheries and marine research*, 5(2), 436–444.

Yuwandita, A. Y. (2018). PENGARUH KEDALAMAN PENGAMBILAN SAMPEL TERHADAP JENIS DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI PESISIR LAMONGAN, JAWA TIMUR. *Skripsi*.

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN

Perhitungan Mikroplastik

1. Muara Sungai Krueng Aceh

- Titik 1

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{7}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 70 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

- Titik 2

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{14}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 140 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

- Titik 3

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{8}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 80 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

2. Muara Sungai Alue Naga

- Titik 1

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{11}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 110 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

- Titik 2

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{7}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 70 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

- Titik 3

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{6}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 60 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

3. Muara Sungai Lambada Lhok

- Titik 1

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan mikroplastik partikel/kg } K &= \frac{5}{0.1} \text{ partikel/kg} \\ &= 50 \text{ partikel/kg} \end{aligned}$$

- **Titik 2**



Kelimpahan mikroplastik partikel/kg $K = \frac{8}{0.1}$ partikel/kg
= 80 partikel/kg

- **Titik 3**

Kelimpahan mikroplastik partikel/kg $K = \frac{7}{0.1}$ partikel/kg
= 70 partikel/kg



LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENELITIAN

GAMBAR	KETERANGAN
	Proses pengambilan sampel sedimen
	Sampel sedimen muara sungai



Sampel sedimen dipindahkan ke aluminium foil



Sampel di oven selama 24 jam



Sampel dihaluskan menggunakan alu dan mortar.



Sampel yang telah dihaluskan
lalu disaring dengan saringan
mesh 40



Sampel ditambahkan larutan
NaCl sebanyak 3x berat sampel.



Lalu homogenkan sampel
menggunakan magnetic stirrer
dan didiamkan sampel selama
24 jam.



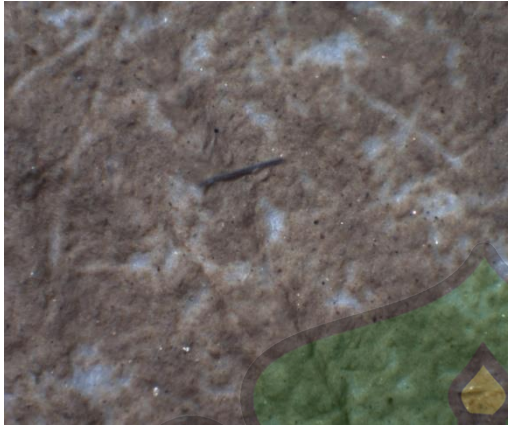
Penambahan larutan H_2O_2
sebanyak 20 ml.



Penyaringan sampel
mikroplastik menggunakan
vakum filtrasi.



Identifikasi mikroplastik
menggunakan mikroskop.



Mikroplastik jenis fiber.



Mikroplastik jenis fiber.



Mikroplastik jenis film.



Mikroplastik jenis film.



Mikroplastik jenis fragmen.



Mikroplastik jenis fragmen.
