

**DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DAN ANALISIS
GRANULOMETRI PADA SEDIMEN DASAR
DI PESISIR UTARA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

ARKAN AUFA WINA

NIM. 190702016

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

**DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DAN ANALISIS
GRANULOMETRI PADA SEDIMEN DASAR
DI PESISIR UTARA ACEH**

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:

ARKAN AUFA WINA

NIM. 190702016

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi**

Disetujui untuk di munaqasyahkan oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.

NIP. 198912132014031002

M. Faisi Ikhwali, M.Eng.

NIP. 199190082020121013

جامعة الرانيري

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, M.Sc.

NIP. 198311092014032002

**LEMBAR PERSETUJUAN
PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DAN ANALISIS
GRANULOMETRI PADA SEDIMEN DASAR
DI PESISIR UTARA 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: **10 November 2023 M**
26 Rabiul Akhir 1445 H

di Darussalam, Banda Aceh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.

NIP. 19891213 201403 1 002

M. Faisi Ikhwal, M.Eng.

NIP. 199190082020121013

Penguji I,

Penguji II,

Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198110102006041006

Dr. Ir. Juliansyah Harahap, M.Sc

NIP. 198207312014031001

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 : Arkan Aufa Wina
NIM : 190702016
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Distribusi Mikroplastik Dan Analisis Granulometri Pada Sedimen Dasar Di Pesisir Utara Aceh

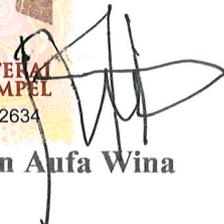
Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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 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, November 2023




Arkan Aufa Wina

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, saya mengawali kata pengantar ini dengan puji kepada Allah Swt. atas berkat dan ridha-Nya sehingga saya berhasil menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Tugas akhir ini berjudul "*Distribusi Mikroplastik Dan Analisis Granulometri Pada Sedimen Dasar Di Pesisir Utara Aceh*" dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan dari Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Perjalanan untuk menyelesaikan tugas akhir ini tidaklah mudah, dan butuh usaha keras serta dedikasi yang tinggi. Namun, prestasi ini bukanlah hasil individu semata. Saya ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan selama proses penelitian ini, antara lain:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, memberikan arahan, dan motivasi dalam perjalanan studi saya.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, atas bantuan administratif dan informasi yang berharga.
4. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., sebagai Dosen Pembimbing Akademik saya yang sabar memberikan bimbingan serta dukungan selama masa perkuliahan.
5. Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir 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. Orang tua saya, Ibunda Ema Fatrina dan Ayahanda Winta Roya, yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan dalam setiap langkah perjalanan hidup saya.
10. Seluruh dosen di Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah berbagi ilmu dan pengalaman selama proses perkuliahan.
11. Rekan-rekan pendamping penelitian, Asrul Waldiansyah Abda, Muqabil, Yunasar, Maulizul Barzan, Sayed Abdul Jabbar, Luthfi, Aisha Shakira, Amamullah, Khaleed Alhamzi, Kautsar Jusmi, Alfaniati Rahmatillah, yang membantu penelitian ini.
12. Teman-teman angkatan 2019 di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang memberikan masukan dan dukungan yang berarti.

Penelitian ini masih memiliki ruang untuk perbaikan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna meningkatkan kualitas laporan penelitian ini. Semoga semua yang baik dan segala pertolongan yang telah diberikan oleh Allah Swt. mendapat berkah dan balasan yang melimpah. Semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan. Terima kasih atas segala dukungan dan doa yang telah diberikan.

Banda Aceh, 2023

Penulis,

Arkan Aufa Wina

ABSTRAK

Nama : Arkan Aufa Wina
NIM : 190702016
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Distribusi Mikroplastik Dan Analisis Granulometri
Pada Sedimen Dasar Di Pesisir Utara Aceh
Tanggal Sidang : 10 November 2023
Jumlah Halaman : 126 Halaman
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Pembimbing II : M. Faisi Ikhwal, M.Eng.
Kata Kunci : Mikroplastik, polimer mikroplastik, Sedimen, Pantai, Muara

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, kelimpahan, jenis, dan hubungan mikroplastik dengan sedimen dasar di pantai dan muara sungai Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Proses penelitian dimulai dengan pengambilan sampel, persiapan sampel, analisis granulometri, dan sentrifugasi sampel. Identifikasi mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop stereo dengan pembesaran lensa okuler $10 \times 4,5$, dan identifikasi jenis polimer menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR). Beberapa jenis mikroplastik yang berhasil diidentifikasi adalah *fragmen*, *fiber*, dan *film*. Kelimpahan masing-masing berkisar antara 1 hingga 80 partikel per kilogram sedimen kering, 0 hingga 27 partikel per kilogram sedimen kering, dan 0 hingga 60 partikel per kilogram sedimen kering. Untuk analisis jenis polimer yang terkandung, hasil dari analisis FTIR telah memverifikasi beberapa jenis seperti *Polyethylene terephthalate*, *polypropylene*, *polystyrene*, *polyamides*, dan *high density polyethylene*, dengan gugus fungsi yang sesuai. Analisis Korelasi dengan metode Korelasi Pearson menunjukkan bahwa mikroplastik memiliki korelasi tinggi dengan jenis sedimen halus dengan nilai tertinggi 0.87, dan memiliki korelasi rendah dengan jenis sedimen kasar dengan angka terendah -0.49. Temuan mikroplastik ini menunjukkan bahwa di pesisir pantai dan muara sungai utara Aceh sudah terkontaminasi oleh mikroplastik yang dapat menimbulkan masalah serius bagi organisme di perairan tersebut. Identifikasi karakteristik fisik pada sedimen dasar, perilaku masyarakat dan kepadatan penduduk menjadi faktor dalam distribusi mikroplastik pada sedimen di pesisir utara Aceh.

ABSTRACT

Name : Arkan Aufa Wina
Student ID Number : 190702016
Study Program : Environmental Engineering
Title : *Microplastic Distribution and Granulometric Analysis on Bedloads on the North Coast of Aceh*
Session Date : November 10th 2023
Number of Pages : 126 Pages
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Advisor II : M. Faisi Ikhwal, M.Eng.
Keywords : *Microplastics, microplastic polymers, Sediment, Beach, Estuary*

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 life of organisms and can even endanger human health. This study aims to determine the distribution, abundance, types, and relationship of microplastics with bed loads on the beaches and estuaries of Banda Aceh and Aceh Besar Regency. The research process begins with sampling, sample preparation, granulometric analysis, and sample centrifugation. Microplastic identification is carried out using a stereo microscope with an ocular lens magnification of 10×4.5 , and polymer type identification using Fourier Transform Infra Red (FTIR). Several types of microplastics that have been successfully identified are fragments, fibers, and films. The abundance of each ranges from 1 to 80 particles per kilogram of dry sediment, 0 to 27 particles per kilogram of dry sediment, and 0 to 60 particles per kilogram of dry sediment. For the analysis of the types of polymers contained, the results of the FTIR analysis have verified several types such as Polyethylene terephthalate, polypropylene, polystyrene, polyamides, and high-density polyethylene, with the appropriate functional groups. Correlation Analysis with the Pearson Correlation method shows that microplastics have a high correlation with fine sediment types with the highest value of 0.87, and have a low correlation with coarse sediment types with the lowest number -0.49. These microplastic findings indicate that the coastal and river mouth areas of northern Aceh have been contaminated by microplastics which can pose serious problems for organisms in these waters. Identification of physical characteristics in bed loads, community behavior, and population density become factors in the distribution of microplastics in sediments on the north coast of Aceh.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mikroplastik.....	7
2.1.1 Morfologi Mikroplastik	7
2.1.2 Klasifikasi Mikroplastik	8
2.1.3 Distribusi Mikroplastik.....	9
2.1.4 Identifikasi Mikroplastik	9
2.1.5 Polimer Mikroplastik.....	10
2.2 Pesisir Pantai.....	10
2.3 Muara Sungai.....	12
2.4 Sedimen Dasar	13
2.4.1 Ukuran Sedimen.....	14
2.4.2 <i>Sieve Analysis</i>	14
2.5 Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan.....	15
2.6 Pemodelan Interpolasi	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Alur Penelitian	17
3.2 Lokasi Penelitian	19
3.3 Teknik Pengambilan Sampel	22
3.4 Teknik Preparasi Sampel	23
3.4.1 Alat Dan Bahan Preparasi Sampel.....	23
3.5 Analisis Data Mikroplastik	29
3.5.1 Analisis Ukuran Mikroplastik	29
3.5.2 Analisis jenis polimer	29
3.5.3 Analisis Granulometri.....	30
3.5.4 Interpolasi Distribusi Mikroplastik.....	30
3.6 Pengujian Korelasi Kelimpahan Mikroplastik	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Kelimpahan Mikoplastik	33
4.2 Pemodelan Ditribusi Mikroplastik.....	47
4.3 Hasil Analisis Granulometri	56
4.4 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen.....	80
4.5 Korelasi Mikroplastik Terhadap Sedimen	88
5.1 Kesimpulan.....	88
5.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	104

جامعة الرانري

AR - RANIRY

DAFTAR TABEL

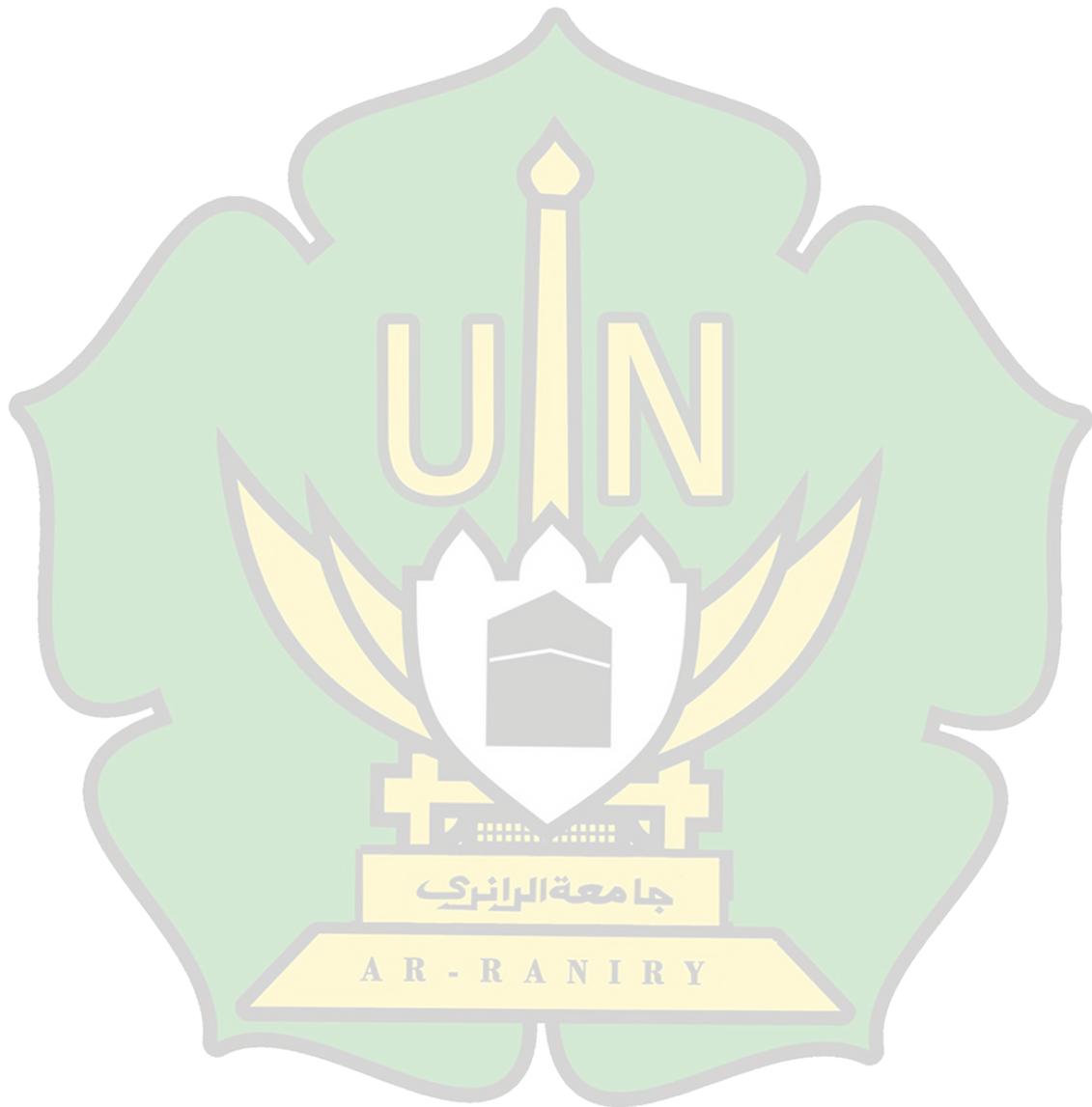
Tabel 3. 1 Alat Preparasi Sampel	23
Tabel 3. 2 Bahan Preparasi Sampel	24
Tabel 4. 1 Penelitian Terdahulu Terkait Kelimpahan Mikroplastik.....	34
Tabel 4. 2 Korelasi Kelimpahan Mikroplastik Terhadap Jumlah Penduduk.....	41
Tabel 4. 3 Tabel Hasil Korelasi Pearson	82
Tabel 4. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Kuta Pohoma.....	108
Tabel 5. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Gigieng.....	108
Tabel 6. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Lambada.....	108
Tabel 7. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Syiah Kuala.....	109
Tabel 8. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Kuala Gampong Jawa	109
Tabel 9. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Ulee Lheue	109
Tabel 10. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Masjid Baiturrahim	109
Tabel 11. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Lam Awee	110
Tabel 12 Kelimpahan Mikroplastik Pada Muara Sungai Krueng Aceh.....	110
Tabel 13 Kelimpahan Mikroplastik Pada Muara Sungai Alue Naga.....	110
Tabel 14. Kelimpahan Mikroplastik Pada Muara Sungai Krueng Lamnga.....	110



DAFTAR GAMBAR

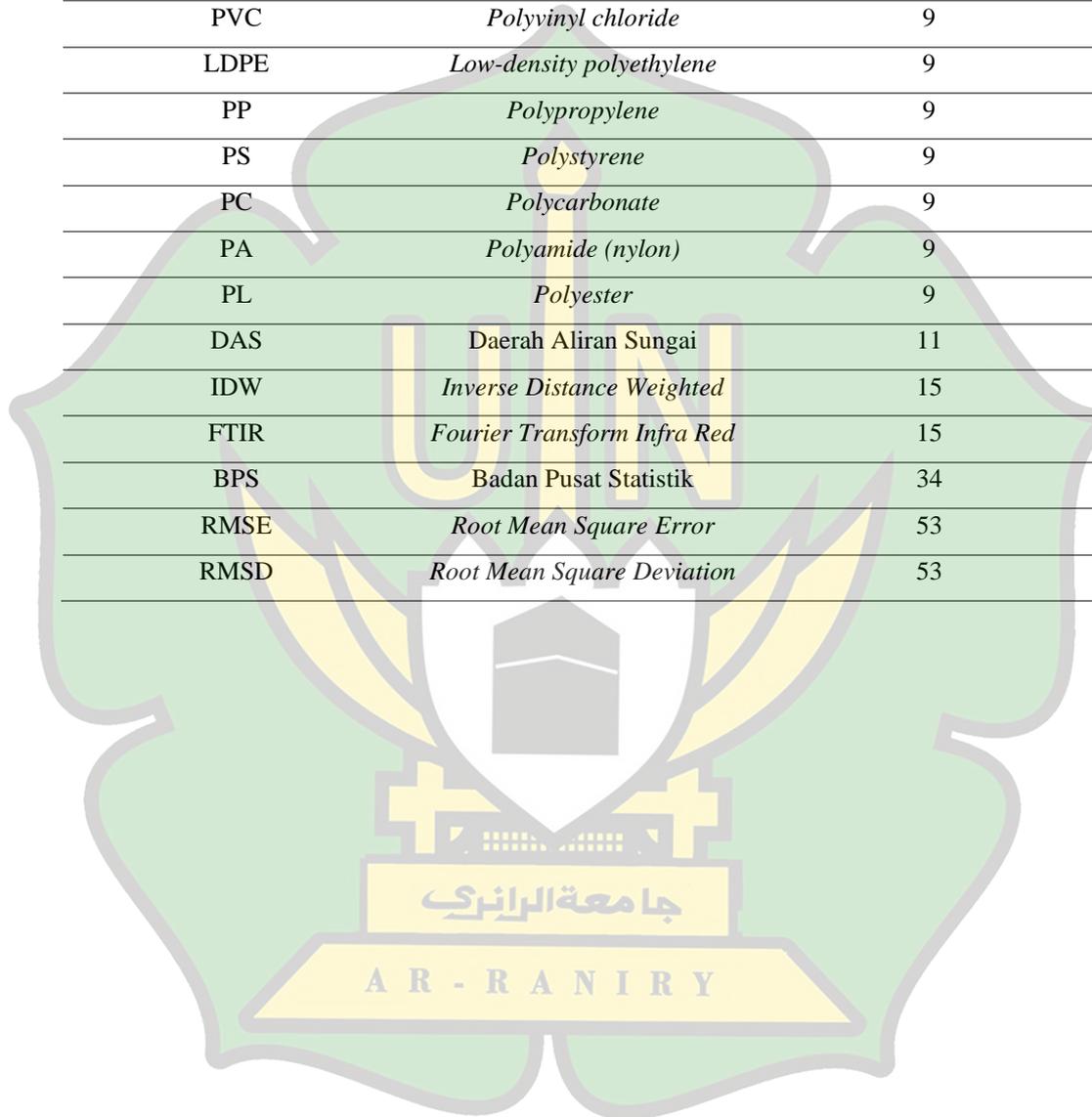
Gambar 2.1 Partikel fragment, partikel fiber, partikel film.....	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	21
Gambar 3.3 Alat Pengambil Sampel	22
Gambar 3.4 Pengeringan Sampel	25
Gambar 3.5 Penghalusan Sampel	25
Gambar 3.6 Pengayakan Sampel	25
Gambar 3.7 Penimbangan Sampel Sedimen Kering	26
Gambar 3.8 Penambahan NaCl Kedalam Sampel Sedimen	26
Gambar 3.9 Proses Pencampuran Sampel	27
Gambar 3.10 Proses Penyaringan Sampel.....	27
Gambar 4.1 Grafik Kelimpahan Mikroplastik Menurut Lokasi.....	33
Gambar 4. 2 Peta Distribusi Kelimpahan Mikroplastik	37
Gambar 4. 3 Korelasi Jumlah Penduduk Terhadap Kelimpahan Mikroplastik	40
Gambar 4. 4 Bentuk, Jenis, Dan Ukuran Mikroplastik	43
Gambar 4. 5 Grafik Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	44
Gambar 4. 6 Grafik Hasil FTIR.....	45
Gambar 4. 7 Peta Distribusi Kelimpahan Mikroplastik	48
Gambar 4. 8 Peta Distribusi Kelimpahan fiber.....	50
Gambar 4. 9 Peta Distribusi Kelimpahan fragmen.....	52
Gambar 4. 10 Peta Distribusi Kelimpahan film	54
Gambar 4. 11 Hasil Analisis RMSE.....	55
Gambar 4. 12 Grafik hasil sieve analysis	57
Gambar 4. 13 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 0.....	59
Gambar 4. 14 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 20.....	61
Gambar 4. 15 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 40.....	63
Gambar 4. 16 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 60.....	65
Gambar 4. 17 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 80.....	67
Gambar 4. 18 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 100.....	69
Gambar 4. 19 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 120.....	71

Gambar 4. 20 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 140..... 73
Gambar 4. 21 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 160..... 75
Gambar 4. 22 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 180..... 77
Gambar 4. 23 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 200..... 79



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Halaman awal Penggunaan
MP	Mikroplastik	2
PET	<i>Polyethylene terephthalate</i>	9
HDPE	<i>High-density polyethylene</i>	9
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>	9
LDPE	<i>Low-density polyethylene</i>	9
PP	<i>Polypropylene</i>	9
PS	<i>Polystyrene</i>	9
PC	<i>Polycarbonate</i>	9
PA	<i>Polyamide (nylon)</i>	9
PL	<i>Polyester</i>	9
DAS	Daerah Aliran Sungai	11
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i>	15
FTIR	<i>Fourier Transform Infra Red</i>	15
BPS	Badan Pusat Statistik	34
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>	53
RMSD	<i>Root Mean Square Deviation</i>	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data dari Forum Ekonomi Dunia pada tahun 2016, menunjukkan bahwa kerusakan terhadap masa depan lautan dunia semakin meningkat, dengan perkiraan bahwa pada tahun 2050, lautan akan mengandung lebih banyak plastik daripada sumber daya perikanan. Situasi ini sangat mengkhawatirkan, terutama di benua Asia yang mengalami lonjakan produksi sampah plastik yang signifikan. Benua Asia sendiri berkontribusi sekitar 50% dari total peningkatan sampah plastik di lautan global. Indonesia, sebagai salah satu negara di Asia, menghadapi masalah serius terkait sampah plastik (Avio, 2017). Menurut Kementerian Keuangan Republik Indonesia pada tahun 2019, Indonesia telah mengumumkan status darurat sampah plastik karena menjadi penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia. Pada tahun yang sama, Indonesia memproduksi sekitar 70 juta ton sampah plastik, dan perkiraan ini terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, 2020).

Sampah plastik memiliki karakteristik yang sangat tahan terhadap perubahan alam. Seiring dengan peningkatan produksi sampah plastik dan tingkat daur ulang yang rendah, plastik dapat ditemukan di berbagai lingkungan, termasuk garis pantai, permukaan perairan, berbagai kedalaman laut, dan bahkan dalam lapisan sedimen. Polutan plastik tersebar di berbagai ekosistem dengan berbagai bentuk, mulai dari megaplastik, makroplastik, mesoplastik, hingga mikroplastik dan nanoplastik, yang memiliki beragam ukuran (Thushari, 2020). Plastik yang telah dibuang ke lingkungan selama bertahun-tahun mengalami pelapukan, menjadi serpihan kecil yang kemudian berubah menjadi mikroplastik (Liu, 2020). Mikroplastik dapat memiliki berbagai bentuk, termasuk pecahan, fiber, bola, film, lembaran, dan berbagai bentuk lainnya (Angnunavuri, 2020).

Plastik yang terbenkakai di alam mengalami proses degradasi menjadi mikroplastik, yang umumnya memiliki ukuran kurang dari 5 mm (Ginting, 2017). Mikroplastik, saat ini, telah ditemukan dalam berbagai jenis dan berasal dari berbagai sumber pencemar di perairan. Partikel mikroplastik dapat dikelompokkan

menjadi dua kategori utama, yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder, yang memiliki karakteristik yang berbeda (Hiwari, 2019). Mikroplastik primer adalah jenis mikroplastik yang awalnya dibuat dalam bentuk sangat kecil. Contoh mikroplastik primer ini dapat ditemukan pada produk seperti *microbeads* yang sering digunakan dalam produk perawatan pribadi seperti scrub wajah.

Partikel-partikel ini memiliki ukuran awal kurang dari 5 mm dan secara langsung masuk ke lingkungan perairan (Manalu dkk., 2017). Di sisi lain, mikroplastik sekunder terbentuk melalui degradasi plastik yang lebih besar. Ini terjadi ketika plastik yang lebih besar mengalami proses pelapukan dan fragmentasi menjadi partikel-partikel yang lebih kecil (Ayuningtyas dkk., 2019). Kelompok mikroplastik sekunder ini terdiri dari pecahan, bagian, atau hasil fragmentasi partikel plastik yang sebelumnya memiliki ukuran lebih besar. Proses ini bisa terjadi secara alami, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti paparan sinar matahari, air, dan suhu. Mikroplastik sekunder sering kali lebih sulit untuk dilacak dan dikendalikan karena sumbernya bisa sangat bervariasi (Kapo dkk., 2020).

Berkaitan dengan dampak terhadap kesehatan manusia, sejumlah penelitian global telah memastikan bahwa mikroplastik memiliki kapabilitas untuk masuk ke dalam tubuh manusia, termasuk paru-paru serta aliran darah (Fitriyah, 2022). Sebanyak 39 partikel mikroplastik tercatat dalam 11 dari 13 sampel jaringan paru-paru yang telah diuji, dengan jenis polipropilen, polietilen tereftalat, dan resin menjadi yang paling sering ditemukan (Ahmad, 2020). Umumnya, serat-serat mikroplastik ini berasal dari produk kemasan, botol, pakaian, dan barang industri lainnya. Selain itu, terdapat pula temuan mikroplastik dalam aliran darah, di mana 17 partikel plastik terdeteksi dalam 22 sampel darah dari penduduk usia lanjut (Fidelis, 2022).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Sugandi, dkk (2021) mikroplastik memiliki potensi menjadi zat beracun bagi makhluk hidup dengan cara mengalirkan senyawa kimia dari lingkungan perairan ke tubuh organisme melalui proses pencernaan. Ketika mikroplastik memasuki dan tertahan dalam saluran pencernaan, partikel tersebut dapat bergerak melalui lapisan epitel pada usus sebelum akhirnya menembus ke dalam jaringan tubuh. Mikroplastik dalam sirkulasi

darah juga memiliki potensi untuk menghambat aliran darah, yang berpotensi menyebabkan gangguan pada sistem pembuluh darah dan mengakibatkan perubahan dalam fungsi jantung. Mikroplastik juga dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia, termasuk potensi menyebabkan peradangan pada otak dan stres oksidatif. Mikroplastik juga memiliki kemungkinan masuk ke dalam saluran pencernaan manusia dan sistem peredaran darah, yang dapat mengganggu proses pencernaan, meningkatkan risiko kanker, mengakibatkan iritasi kulit, memicu penyakit kardiovaskular, masalah pernapasan, serta komplikasi dalam sistem reproduksi (Sulistiani, 2023).

Selain berdampak pada kesehatan manusia, mikroplastik juga mengandung zat-zat beracun serta berpotensi karsinogenik yang mampu memengaruhi makhluk hidup dalam ekosistem perairan, baik di lingkungan laut maupun daratan (Rachmat dkk., 2023). Dampak yang serius ini menjadi perhatian utama karena mikroplastik dapat mengakumulasi diri dalam tubuh organisme laut dan menjadi komponen penting dalam rantai makanan (Adyasari dkk., 2021). Akumulasi mikroplastik sendiri dapat sangat bervariasi dari segi lokasi dan waktu, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti lokasi geografis, kondisi hidrodinamika, tekanan lingkungan, waktu, serta dampak aktivitas manusia. Semua faktor ini ikut berkontribusi pada perbedaan distribusi mikroplastik yang dapat memengaruhi kualitas air, keanekaragaman hayati, perlindungan lingkungan, dan kesehatan manusia dalam jangka panjang (Angnunavuri, 2020).

Pesisir Kota Banda Aceh telah menjadi destinasi wisata yang sangat diminati. Pantai-pantai yang terletak dekat dengan pusat Kota Banda Aceh menjadi daya tarik utama bagi para wisatawan. Tetapi, meskipun popularitasnya meningkat, laporan dari Kementerian Lingkungan Hidup, Kebersihan dan Keindahan menegaskan bahwa masalah sampah plastik masih menjadi permasalahan serius di sejumlah pantai di daerah ini. Transformasi dari sampah plastik menjadi MP merupakan salah satu fenomena yang terjadi di sini, dipicu oleh kombinasi sinar matahari dan gelombang laut yang memecah sampah plastik menjadi partikel-partikel yang sangat kecil.

Hasil penelitian yang dilakukan di wilayah ini telah mengungkapkan berbagai jenis MP, seperti Fiber, film, dan fragmen, yang berasal dari berbagai sumber, termasuk Sungai Krueng Aceh. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ardiansyah pada tahun 2021 mencatat bahwa konsentrasi MP di sedimen sungai Kota Banda Aceh mencapai tingkat sebanyak 77,92 partikel per kilogram. Temuan ini menyoroti pentingnya meningkatkan kesadaran akan dampak limbah plastik terhadap lingkungan, serta mendesak perlunya tindakan untuk mengurangi sampah plastik pada perairan. Analisis distribusi mikroplastik sangat penting dilakukan di pesisir utara Aceh.

Mikroplastik telah diidentifikasi sebagai ancaman besar bagi lingkungan, khususnya ekosistem laut. Dampak buruk mikroplastik pada organisme laut termasuk menurunkan laju pertumbuhan, mengurangi kemampuan reproduksi, dan menyebabkan stres oksidatif (Ajith dkk., 2020). Selain itu, mikroplastik juga dapat membahayakan kesehatan manusia. Daerah pesisir dan teluk sering kali berada di bawah tekanan dari aktivitas manusia, termasuk pariwisata, penangkapan ikan, dan akuakultur. Aktivitas-aktivitas ini dapat berkontribusi pada polusi mikroplastik. Faktor-faktor seperti properti morfologis, sedimentasi, dan iklim dari sistem pesisir menentukan waktu tinggal dan pola sirkulasi dalam sistem tersebut dan pada akhirnya menentukan dampak polutan (Ayat dkk., 2022). Dengan melakukan penelitian tentang distribusi mikroplastik, maka pemahaman tentang sumber, kondisi, dan proses transportasi mikroplastik ke lingkungan laut. Penelitian ini juga dapat membantu dalam mengidentifikasi solusi mitigasi yang lebih efektif. Oleh karena itu, analisis distribusi mikroplastik di pesisir utara Aceh sangat penting untuk dilakukan (Wei dkk., 2022). Upaya ini sangat penting untuk menjaga kebersihan alam dan mendukung keberlanjutan sektor pariwisata di wilayah pesisir utara Aceh, khususnya Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar (Khairuzzaman, 2021).

Analisis granulometri sangat penting dalam penelitian mikroplastik karena dapat memberikan informasi tentang ukuran sedimen dan distribusi partikel mikroplastik (Isobe dkk., 2021). Ukuran partikel adalah faktor penting yang mempengaruhi transportasi, bioavailabilitas, dan potensi toksisitas mikroplastik (Sholokhova dkk., 2022). Dengan demikian, analisis granulometri pada pesisir

utara Aceh memungkinkan peneliti untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat tentang sejauh mana mikroplastik tersebar dalam sampel tertentu dan bagaimana mereka mungkin berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah penelitian ini:

1. Bagaimana kelimpahan mikroplastik dan keterkaitan jenis polimer pada sedimen dasar di pesisir utara Aceh?
2. Bagaimana distribusi mikroplastik pada sedimen dasar di pesisir utara Aceh?
3. Bagaimana perbedaan karakter fisik dari sedimen dasar pesisir pantai dengan sedimen dasar di muara sungai pada pesisir utara Aceh?
4. Bagaimana korelasi antara kelimpahan mikroplastik dan karakteristik sedimen pada sedimen dasar di pesisir utara Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kelimpahan mikroplastik dan mengidentifikasi jenis polimer yang terkandung dalam sedimen dasar di pesisir utara Aceh.
2. Menganalisis serta mengidentifikasi pola distribusi kelimpahan mikroplastik pada sedimen dasar.
3. Membandingkan karakter fisik antara sedimen dasar pesisir pantai dan sedimen dasar di muara sungai yang mengandung mikroplastik untuk mengidentifikasi perbedaannya.
4. Mencari korelasi antara kelimpahan mikroplastik dan karakteristik sedimen pada sedimen dasar di pesisir pantai dan muara sungai di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menjadi informasi untuk upaya mengurangi produksi sampah plastik dengan mengetahui tingkat kontaminasi mikroplastik dan jenis polimer yang mendominasi di wilayah pesisir utara Aceh.
2. Berkontribusi pada literatur yang membahas pola distribusi mikroplastik pada sedimen dasar di pesisir utara Aceh.
3. Berkontribusi pada literatur yang membahas hubungan karakter sedimen dasar pada pesisir utara Aceh terhadap kelimpahan mikroplastik.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini akan memfokuskan pada identifikasi dan pengukuran kelimpahan mikroplastik dalam sedimen dasar yang diambil secara representatif dari 36 titik di pesisir utara Aceh, yang lokasi koordinatnya berada diantara garis lintang $5^{\circ}32'55.32''\text{U}$, Garis Bujur $95^{\circ}16'03.09''\text{T}$ sampai dengan garis lintang $5^{\circ}36'40.43''\text{U}$, garis bujur $95^{\circ}22'23.56''\text{T}$.
2. Penelitian ini tidak membahas beberapa faktor yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada suatu wilayah perairan seperti angin, pasang surut air laut, perilaku masyarakat dan iklim.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

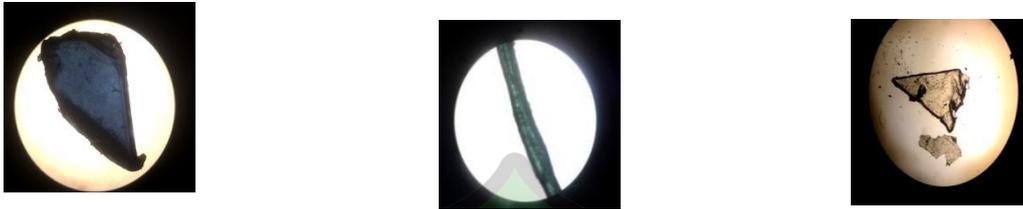
Polutan plastik tersebar di berbagai ekosistem dengan beragam morfologi dan ukuran, termasuk megaplastik, makroplastik, mesoplastik, MP, dan nanoplastik (Thushari, 2020). Permasalahan plastik menjadi semakin serius ketika plastik mengalami degradasi menjadi ukuran yang lebih kecil (Critchell, 2018). Proses penguraian sampah plastik ini dapat menghasilkan MP, yang merupakan kategori material yang sangat beragam dalam hal sifat partikel, bentuk, ukuran, dan komposisi kimia (Zimmermann dkk., 2020). Mikroplastik sendiri mengacu pada partikel plastik yang memiliki ukuran kurang dari 5 mm (Barboza, 2020) dan dapat dikelompokkan menjadi enam kelompok berdasarkan ukuran, yaitu Grup 1 (kurang dari 0,5 mm), Grup 2 (0,5–1 mm), Grup 3 (1–2 mm), Grup 4 (2–3 mm), Grup 5 (3–4 mm), dan Grup 6 (4–5 mm) (Wang, 2019).

Pengelolaan yang tidak baik terhadap sampah plastik menjadi ancaman serius bagi ekosistem air, tanah, dan udara (Lourenço dkk., 2020). Seiring berjalannya waktu, jumlah sampah plastik yang dibuang ke lingkungan telah meningkat, dan sampah plastik ini secara perlahan mengalami pelapukan dan penuaan (Paul, 2020).

2.1.1 Morfologi Mikroplastik

MP memiliki beragam morfologi, termasuk pecahan, fiber, bola, film, dan pelat (Mensah, 2020). Pecahan MP sering memiliki bentuk yang tidak beraturan dengan tepi plastik yang keras dan dapat memiliki berbagai warna. Film MP adalah lapisan plastik tipis yang umumnya lunak dan transparan, seringkali memiliki lipatan yang bulat dan ukuran yang biasanya lebih besar dari 5 mm. Busa MP biasanya ditemukan pada bahan seperti styrofoam dan memiliki sifat yang mudah berubah bentuk di bawah tekanan serta fleksibel tergantung pada kondisi cuaca dan waktu (GESAMP, 2019). Sedangkan fiber dan pecahan merupakan bentuk dan jenis plastik yang paling dominan digunakan di seluruh dunia (Zhang, 2020). Untuk mendeteksi muatan MP, terdapat tiga parameter yang digunakan, yaitu konsentrasi,

sifat fisik, warna, bentuk, dan jenis partikel polimer (Yusuf, 2021), seperti yang terlihat pada gambar 2.1 mengenai bentuk dari partikel mikroplastik.



Gambar 2. 1 Partikel fragment, partikel fiber, partikel film
(Ardhiansyah, 2021)

2.1.2 Klasifikasi Mikroplastik

Mikroplastik terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu MP primer dan sekunder (Kontrick, 2018). Perbedaan kunci antara keduanya terletak pada asal usul partikel tersebut, apakah mereka awalnya memiliki ukuran mikroplastik (primer) atau terbentuk melalui degradasi benda yang lebih besar (sekunder). Ini adalah perbedaan yang penting karena membantu dalam mengidentifikasi sumber dan memberikan wawasan tentang tindakan pencegahan yang dapat diambil untuk mengurangi pelepasan partikel ini ke lingkungan (GESAMP, 2019).

Mikroplastik, baik dalam bentuk primer maupun sekunder, tersebar luas di lingkungan perairan, sedimen, dan makhluk hidup di ekosistem laut dan pesisir (Thushari, 2020). Fiber, misalnya, yang berasal dari produk seperti pasta, kosmetik, cat, gel, dan tekstil, adalah contoh awal dari MP (Ajith, 2020). Serat tekstil biasanya dilepaskan ke lingkungan selama berbagai tahap produksi, penggunaan, dan pembuangan pakaian sintetis. Sebagian besar produk tekstil sintetis ini terbuat dari polimer organik berbasis minyak bumi seperti poliester, poliamida, dan akrilik (Henry, 2019).

MP primer juga digunakan dalam berbagai industri, termasuk dalam terapi (pengiriman obat, reagen diagnostik, biomaterial injeksi), ilmu makanan, dan bahkan sebagai bahan dalam produk perawatan pribadi seperti lulur kosmetik (Ahmad, 2020). Bahkan *glitter*, yang sering digunakan dalam produk kosmetik dan industri kertas, dapat menjadi bagian dari MP sekunder yang ditemukan di lingkungan karena penggunaan produk plastik yang lebih besar (Ajith, 2020). MP sekunder terbentuk melalui proses fragmentasi dari objek plastik yang lebih besar,

yang bisa terjadi melalui tumbukan, paparan terhadap cahaya matahari, oksidasi termal, proses mekanis, dan lainnya (Urbanek dkk., 2018).

2.1.3 Distribusi Mikroplastik

Distribusi MP sangat dipengaruhi oleh faktor antropogenik serta berbagai proses lingkungan yang memengaruhi transportasi, transformasi, dan akumulasi MP (Yao, 2019). MP ditemukan dalam lingkungan laut dalam berbagai bentuk seperti pelet, lembaran, busa, atau serat yang terdiri dari berbagai jenis polimer (Smith, 2018). Fragmen MP dan fiber dengan ukuran kurang dari 5 mm telah menjadi polutan antropogenik yang tersebar di seluruh dunia (Dodson, 2020). Dalam konteks konsumsi plastik global, lumpur dan serat adalah bentuk dan jenis plastik yang paling sering dilaporkan dalam MP (Zhang, 2020). Fragmen MP terutama memengaruhi komposisi MP secara umum. Mikroplastik jenis ini terbentuk melalui fragmentasi potongan plastik besar menjadi partikel yang lebih kecil (Yona dkk., 2019).

2.1.4 Identifikasi Mikroplastik

Penentuan jumlah ukuran dan bentuk partikel secara akurat memberikan gambaran yang sangat komprehensif dan rinci tentang keberadaan MP dalam sampel lingkungan. Ukuran partikel nominal di mana penentuan ini dibuat juga harus ditentukan terlebih dahulu. Berbagai jenis partikel plastik dapat diukur secara seragam menurut bentuk, jumlah, dan ukuran partikel. Pembagian ke dalam kelas ukuran memungkinkan perbandingan konsentrasi total dari ukuran partikel tertentu. Pada prinsipnya ada lebih banyak partikel kecil daripada yang besar. Analisis partikel yang sangat kecil bersifat kompleks dan terkadang terbatas pada sampel nyata (<5 m). Metode penilaian harus memastikan homogenitas kumpulan sampel lingkungan yang dianalisis, karena seringkali hanya sebagian kecil dari sampel yang dapat dianalisis (Braun, 2018).

2.1.5 Polimer Mikroplastik

Plastik merupakan materi polimer yang terdiri dari rantai atom yang panjang yang saling terikat. Rantai ini membentuk berbagai unit molekul berulang, yang dikenal sebagai monomer. Jenis plastik yang umumnya ditemukan terdiri dari polimer yang terdiri dari unsur karbon, serta mungkin mengandung oksigen, nitrogen, klorin, atau sulfur (Amara, 2021). Mikroplastik dapat dikenali melalui karakteristik jenis dan nilai densitasnya. Nilai densitas partikel plastik dapat bervariasi tergantung pada jenis polimer dan metode produksinya, dengan nilai densitas polimer plastik berkisar antara 0,01 hingga 2,3 g/cm³. Pada Tabel 2.1 menjelaskan jenis-jenis polimer MP serta penggunaannya dalam pembuatan produk yang dibuat untuk kebutuhan industri.

Tabel 2.1 Jenis Polimer Mikroplastik

Jenis Polimer	Singkatan	Penggunaan Secara Umum
<i>Polyethylene terephthalate</i>	PET	Kemasan makanan, benang, material filler, botol minuman
<i>High-density polyethylene</i>	HDPE	Wadah bahan kimia, ember, pipa, kemasan makanan, rak plastik
<i>Polyvinyl chloride</i>	PVC	Wadah, kotak listrik, pipa, rangka jendela, insulator listrik, alas kaki, karpet
<i>Low-density polyethylene</i>	LDPE	Tas, botol olahraga, karton, furniture outdoor
<i>Polypropylene</i>	PP	Tutup botol, isolasi, pipa, tali
<i>Polystyrene</i>	PS	Pengemasan, insulator panas
<i>Polycarbonate</i>	PC	Compact disc, lensa lampu lalu lintas, perisai plastik, kacamata
<i>Polyamide (nylon)</i>	PA	Benang, senar
<i>Polyester</i>	PL	Tekstil

Sumber : Crawford dan Quinn (2017).

2.2 Pesisir Pantai

Pesisir pantai adalah area di mana daratan bertemu dengan lautan atau perairan lainnya. Ini adalah wilayah transisi antara darat dan air, di mana daratan secara berkala terkena oleh gelombang laut dan air laut. Pesisir pantai adalah zona yang sangat dinamis dan beragam, yang mencakup pantai berpasir, tebing batu, rawa-rawa, terumbu karang, dan pelabuhan. (Lautetu, 2019). Pantai menyediakan ekosistem bagi berbagai jenis makhluk hidup, termasuk tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Pesisir pantai juga merupakan tempat berkembang biak bagi banyak spesies laut. Selain itu, pesisir pantai sering digunakan untuk kegiatan

pariwisata, seperti liburan pantai, selancar, dan menyelam. Ini juga merupakan lokasi penting untuk pelabuhan dan perdagangan internasional. Karena kerentanannya terhadap perubahan lingkungan dan ancaman seperti peningkatan permukaan air laut akibat perubahan iklim, pesisir pantai menjadi fokus utama dalam upaya konservasi dan pengelolaan lingkungan. (Lautetu, 2019).

Kota Banda Aceh memiliki lokasi geografis antara 05°30'-05°35' LU dan 95°30'-99°16' BT. Kota ini terletak di sepanjang Selat Malaka dan memiliki perbatasan langsung dengan negara-negara di bagian selatan benua Asia. Kota ini memiliki garis pantai sepanjang 1.660 km dan luas perairan mencapai 295.370 km², yang terdiri dari 56.563 km² laut teritorial (termasuk perairan teritorial dan kepulauan) serta 238.807 km² zona ekonomi eksklusif (ZEE). Kabupaten Aceh Besar, di sisi lain, terletak antara 5.2°-5.8°LU dan 95.0°8BT. Pesisir pantai Kota Banda Aceh merupakan area yang terletak di sekitar garis pantai kota tersebut. Ini adalah wilayah di mana daratan bertemu dengan laut. Kota Banda Aceh terletak di pesisir barat laut Pulau Sumatra, Indonesia, dan memiliki garis pantai yang menghadap ke Selat Malaka.

Pesisir pantai Kota Banda Aceh memiliki daya tarik wisata yang signifikan karena keindahan alamnya. Beberapa pantai terkenal di daerah ini meliputi Pantai Lampuuk, Pantai Lhoknga, dan Pantai Ujong Batee. Pantai-pantai ini sering dikunjungi oleh wisatawan yang ingin menikmati pemandangan pantai yang menakjubkan, berenang, atau berpartisipasi dalam berbagai aktivitas air. Selain sebagai tujuan wisata, pesisir pantai Kota Banda Aceh juga memiliki nilai ekologis yang penting. Lingkungan pesisir ini mencakup berbagai ekosistem, termasuk hutan bakau, yang melindungi pantai dari erosi dan badai. Namun, salah satu tantangan yang dihadapi pesisir pantai Kota Banda Aceh adalah masalah sampah plastik yang dapat mencemari lingkungan. Perairan di sekitar Banda Aceh dan Aceh Besar memiliki peran penting sebagai sumber penghidupan bagi penduduk pesisir yang mayoritas berprofesi sebagai nelayan (Dinas Kelautan dan Perikanan Aceh, 2019).

2.3 Muara Sungai

Muara sungai adalah wilayah di mana sungai bertemu dengan laut. Ini adalah titik akhir sungai, di mana air tawar sungai bertemu dengan air asin. Muara sungai sering kali merupakan ekosistem yang sangat produktif dan penting karena menerima nutrisi dari sungai yang mengalirinya (Hamdini dan Kasman, 2017). Muara sungai sering menjadi area penting bagi manusia karena dapat digunakan untuk berbagai kegiatan seperti penangkapan ikan, perdagangan, dan transportasi. Namun, muara sungai juga rentan terhadap pencemaran, terutama akibat limbah manusia dan industri yang dibuang ke sungai dan akhirnya mencapai muara (Rangkuti, 2017).

Menurut Balai Wilayah Sungai Sumatera-1, Muara sungai Kota Banda Aceh adalah wilayah di mana sungai-sungai yang mengalir melalui Kota Banda Aceh bertemu dengan Samudra Hindia. Salah satu muara sungai yang cukup terkenal di Kota Banda Aceh adalah Muara Sungai Krueng Aceh. Muara Sungai Krueng Aceh adalah salah satu muara sungai utama yang terletak di Kota Banda Aceh. Sungai Krueng Aceh memiliki aliran yang cukup besar dan penting bagi wilayah tersebut. Muara sungai ini adalah area yang strategis dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena menjadi tempat pelabuhan dan berbagai aktivitas nelayan. Selain memiliki nilai ekonomi, Muara Sungai Krueng Aceh juga memiliki nilai ekologis yang penting. Ini adalah ekosistem bagi berbagai jenis flora dan fauna air tawar dan laut. Namun, seperti banyak muara sungai di seluruh dunia, Muara Sungai Krueng Aceh juga rentan terhadap pencemaran dan perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia.

2.3.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh

Sungai Krueng Aceh memiliki peran penting dalam memenuhi berbagai kebutuhan masyarakat di Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh (Rezeki, 2019). Sungai ini berawal dari pergunungan Aceh Besar di wilayah Jantho dan mengalir hingga bermuara di pesisir Banda Aceh, dengan panjang sekitar ± 145 kilometer (Rezeki, 2019). Selain itu, Sungai Krueng Aceh juga dikenal memiliki debit yang besar, sehingga menjadi sumber daya air yang melimpah untuk memenuhi berbagai kebutuhan sumber daya air penduduk di Kabupaten Aceh Besar

dan Kota Banda Aceh, termasuk untuk pemenuhan kebutuhan air bersih sehari-hari dan irigasi pertanian (Darwin dkk.,2021). Aliran sungai Krueng Aceh melintasi kawasan dengan berbagai aktivitas manusia, seperti industri, pembangkit listrik, hotel, pasar, pemukiman padat penduduk, dan industri rumah tangga, berlangsung. Aktivitas ini sering menghasilkan limbah domestik yang dibuang ke sungai, yang menjadi sumber masalah lingkungan dan mengancam kualitas air di Sungai Krueng Aceh (Hakim, 2020).

Peningkatan kerusakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) semakin mengkhawatirkan. Pertambahan jumlah penduduk dan meningkatnya kegiatan pembangunan turut berkontribusi pada perubahan pola penggunaan lahan di wilayah ini (Darwin dkk.,2021). Dampak perubahan tutupan lahan termasuk longsor dan banjir di daerah hilir yang erat kaitannya dengan perubahan ini (Darwin dkk.,2021). Efek lebih luas terhadap ekosistem mencakup penurunan dalam penyediaan layanan lingkungan, seperti kemampuan menyerap karbon, pelestarian sumber daya genetik, pengaturan siklus hidrologi, dan kehilangan beragam flora dan fauna (Hakim, 2020).

2.4 Sedimen Dasar

Kualitas sedimen dianggap sebagai indikator pencemaran air yang paling penting dan juga mudah menyerap banyak polutan. MP dapat memasuki sedimen sebagai sumber langsung yang penting dari permintaan industri dan sebagai sumber tambahan melalui dekomposisi limbah plastik dalam jumlah besar (Baysal, 2020). Sekitar 6,5 juta ton plastik tertinggal setelah dibuang oleh kapal setiap tahunnya (Coyle, 2020). Selama periode ini, wilayah penelitian diperluas dalam hal cakupan ruang dan tipe sedimen, dari tanah perkotaan ke pasir sungai dan pantai hingga inti laut dalam. Demikian pula, teknik metodologis yang digunakan dalam penilaian MP telah berubah untuk setiap jenis pengambilan sampel sedimen untuk memisahkan partikel plastik dari sampel lainnya (Campanale, 2020). Distribusi sedimen MP masih sangat bergantung pada faktor lingkungan yang mempengaruhinya, seperti angin dan arus, sedimen diambil langsung dari zona intertidal ke dasar laut terdalam, memungkinkan pengambilan sampel (Harris, 2020).

2.4.1 Ukuran Sedimen

Sedimen adalah materi padat yang terbentuk dari partikel-partikel kecil yang terdeposit di dasar perairan atau permukaan tanah. Salah satu aspek kunci dalam karakterisasi sedimen adalah ukuran butir, yang mengacu pada ukuran partikel-partikel yang membentuk sedimen (Ocampo, 2023). Ukuran butir adalah parameter penting karena dapat memengaruhi perilaku sedimen terhadap agen pengangkut seperti air atau arus. Sedimen dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama berdasarkan ukuran butirnya, yaitu lumpur, pasir, dan kerikil. Sedimen yang berukuran besar seperti kerikil dan kerakal memiliki resistensi yang tinggi terhadap gerakan arus. Ketika arus kuat, sedimen ini cenderung tetap berada di dasar perairan dengan kontak yang stabil, seringkali menggelinding, meluncur, atau melompat-lompat (Jiang, 2023).

Sedimen yang berukuran lebih kecil, seperti lumpur dengan konsentrasi rendah atau pasir halus, cenderung terangkut sebagai suspensi oleh air dengan kecepatan dan arah yang mengikuti aliran arus. Selain itu, sedimen juga dapat terdiri dari berbagai ukuran partikel yang berasal dari berbagai sumber. Hal ini menghasilkan variasi ukuran dalam endapan sedimen, yang disebut sebagai populasi sedimen. Populasi sedimen dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama:

1. *Gravel* (kerikil), terdiri dari partikel-partikel besar seperti *boulder*, *cobble*, dan *pebble*.
2. *Sand* (pasir), yang dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan ukuran butirnya, mulai dari pasir sangat kasar hingga sangat halus.
3. *Mud* (lumpur), yang terdiri dari partikel-partikel *clay* dan *silt*, yang cenderung memiliki ukuran butir yang sangat kecil.

2.4.2 Sieve Analysis

Test Sieve atau Ayakan Mesh adalah alat penting dalam penilaian ukuran partikel suatu bahan atau material. Alat ini digunakan untuk mengukur dan menentukan diameter nominal partikel berdasarkan standar nilai diameter yang telah disepakati secara internasional. Diameter nominal diukur berdasarkan ukuran lubang pada *test sieve* (Anagha, 2023). Penggunaannya cukup sederhana, dengan

menggoyangkan atau mengetarkan tangan saat melakukan pengukuran pada setiap ukuran partikel. Metode kedua adalah dengan menggunakan Bentuk dan Model *Test Sieve - Ayakan Mesh*. Alat *Test Sieve - Ayakan Mesh* memiliki bentuk silinder dengan anyaman kawat berdiameter 0,0021 inchi yang membentuk lubang berbentuk bujur sangkar. Diameter alat biasanya sekitar 8 inchi (sekitar 200 mm) dengan tinggi 2 inchi (50 mm) atau 1 inchi (25 mm). Lubang pada test sieve dibuat dalam berbagai ukuran standar, mulai dari 20 mikron hingga 125 mm. Ukuran alat test sieve sering diidentifikasi dengan istilah "Mesh" sebagai pengganti Mikron (Laondi, 2021).

2.5 Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan

Mikroplastik memiliki potensi menjadi ancaman serius bagi lingkungan karena ukurannya yang sangat kecil, yang dapat menyerupai plankton, yang merupakan sumber makanan bagi berbagai biota laut dalam rantai makanan laut. Rantai makanan ini melibatkan makhluk kecil hingga besar di ekosistem laut, dan akhirnya, mikroplastik ini bisa masuk ke dalam produk olahan hasil laut yang dikonsumsi oleh manusia (Yunanto dkk., 2021). Dampak dari keberadaan mikroplastik ini terlihat dalam kontaminasi yang merata pada berbagai jenis biota laut, termasuk hewan-hewan bentos dan ikan pelagis (Hiwari dkk., 2019).

Selain berdampak pada ikan dan biota laut, mikroplastik yang berasal dari produk kosmetik juga dapat merusak komunitas terumbu karang, mengakibatkan kerusakan karena penyumbatan pencernaan. Dengan demikian, mikroplastik dapat memberikan dampak kimiawi, fisik, dan biologis pada organisme yang langsung atau tidak langsung mengonsumsinya. Organisme yang terpengaruh secara tidak langsung adalah yang mengonsumsi mangsa yang telah terkontaminasi oleh mikroplastik (Amelinda, 2020). Hal ini mengkhawatirkan karena bisa berdampak negatif pada kondisi biota yang mengonsumsi mikroplastik yang terakumulasi dalam sedimen perairan. Dampaknya mencakup kerusakan fisik dan kimia pada organ internal biota tersebut, serta potensi gangguan pada sistem pencernaan (Azizah dkk., 2020).

2.6 Pemodelan Interpolasi

Pemodelan interpolasi pada peta adalah teknik yang digunakan untuk memahami dan menganalisis fenomena di suatu wilayah. Teknik ini sering kali digunakan ketika data yang ada tidak lengkap. Interpolasi membantu dalam mengisi nilai yang hilang atau tidak diketahui di antara titik-titik data yang diketahui (Hadi, 2023). Dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), interpolasi digunakan untuk membuat peta dengan resolusi yang lebih tinggi dari data asli. Masing-masing metode tersebut juga memiliki ragam yang lebih spesifik untuk diterapkan pada berbagai jenis medan (Arsmtrong, 2023). Interpolasi spasial juga digunakan untuk memprediksi nilai pada wilayah-wilayah yang tidak memiliki sampel atau tidak diukur untuk keperluan penyusunan peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah yang ingin dipetakan. Metode *Inverse Distance Weighted (IDW)* adalah salah satu metode interpolasi yang digunakan untuk menaksir suatu nilai pada lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data disekitarnya. Metode ini sering digunakan dalam kegiatan eksplorasi karena dalam proses perhitungannya lebih sederhana dan mudah difahami (Purnomo, 2018).

IDW merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (weight) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Dalam konteks pemetaan, IDW telah digunakan dalam berbagai studi, termasuk pembuatan Zona Nilai Tanah (ZNT). Metode ini dipengaruhi oleh inverse jarak yang diperoleh dari persamaan matematika dan kita dapat menyesuaikan pengaruh relatif dari titik-titik sampel (Yudanegara, 2018). Berdasarkan perhitungan standar deviasi dan nilai *Mean Square Error*, hasil interpolasi IDW dengan power 5, input 12, dan radius 2000 meter memiliki ketelitian data yang paling baik dan semakin mirip data hasil prediksi dari suatu pemodelan dengan data sebenarnya.

BAB III

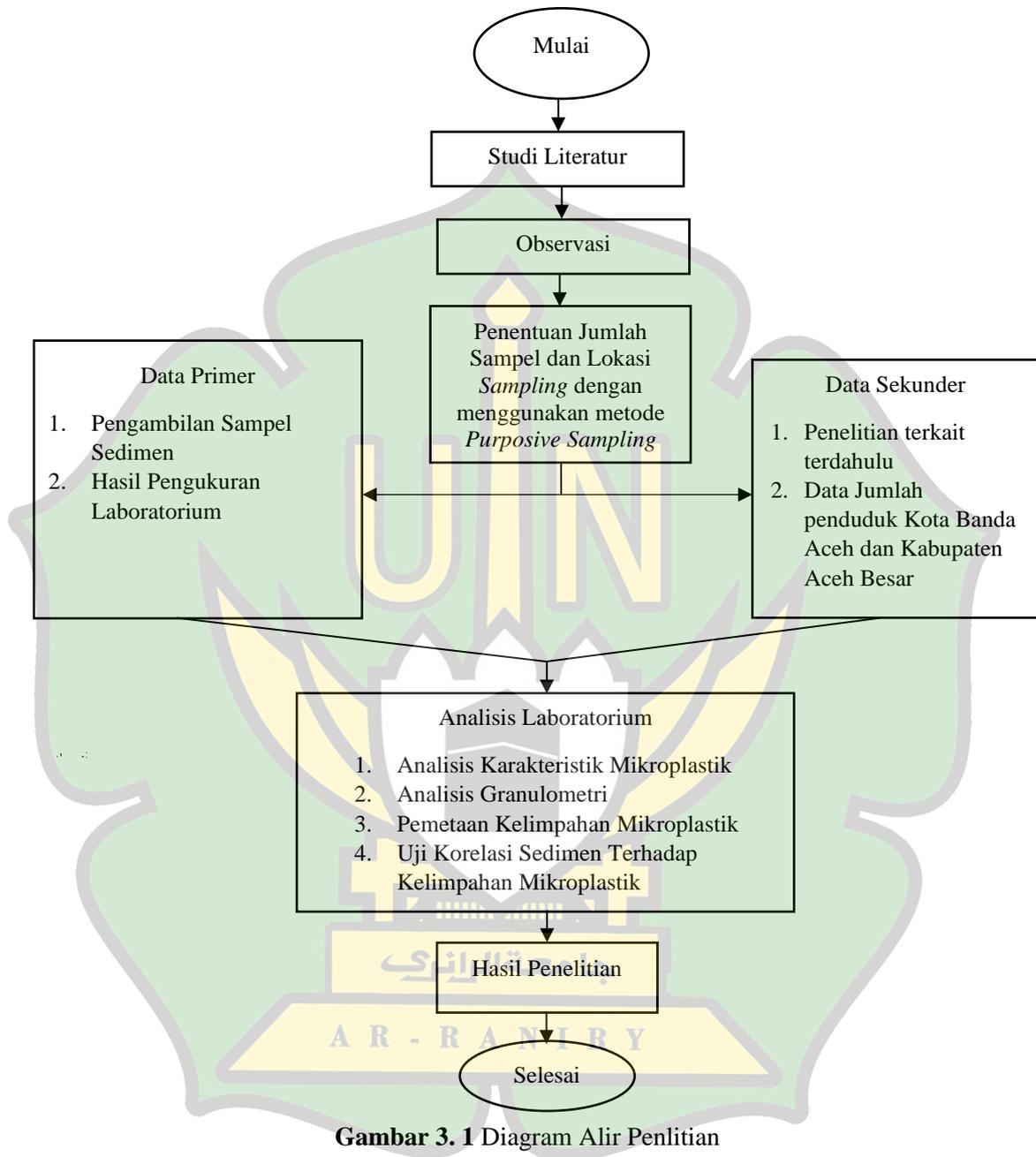
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Adapun Tahapan penelitian ini dibagi menjadi beberapa langkah utama, yaitu:

1. Studi Literatur: Pengumpulan data dari jurnal terindeks seperti Sinta, Scopus, dan MDPI dengan kata kunci "*Microplastics In The Marine Environment*", "Karakteristik Sedimen," dan "Korelasi Mikroplastik Terhadap Sedimen." Penelitian juga mencakup referensi dari buku dan skripsi terkait.
2. Observasi Awal: Identifikasi kondisi lokasi pengambilan sampel, analisis masalah terkait paparan MP, serta penentuan metode analisis yang efisien.
3. Pengambilan Sampel: Pengambilan sampel sedimen dari 12 lokasi dengan tiga titik pengambilan di setiap lokasi, total 36 titik pengambilan. Lokasi ini melibatkan 9 lokasi pesisir pantai dan 3 lokasi di muara sungai pesisir utara Aceh, yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.
4. Persiapan: Persiapan alat dan bahan untuk uji laboratorium, perangkat lunak untuk pemetaan dan analisis data, serta peralatan pengayakan sampel sedimen.
5. Analisis Data Mikroplastik: Klasifikasi karakteristik mikroplastik dan kandungan polimer pada sampel sedimen dasar.
6. Analisis Granulometri: Penggunaan metode *sieve analysis* pada sampel sedimen.
7. Pemetaan: Pemetaan menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*) untuk menghasilkan informasi yang lebih informatif dan efektif.
8. Pengujian Korelasi: Pengujian korelasi antara kelimpahan mikroplastik dan karakteristik sedimen dasar menggunakan Metode Korelasi Pearson dengan bantuan perangkat lunak SPSS.
9. Penarikan Kesimpulan: Menjawab rumusan masalah penelitian tentang karakteristik mikroplastik di muara sungai dan pesisir laut Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, serta korelasi antara kelimpahan mikroplastik

dengan karakteristik sedimen. Untuk tahapan umum penelitian tertera pada Gambar 3.1



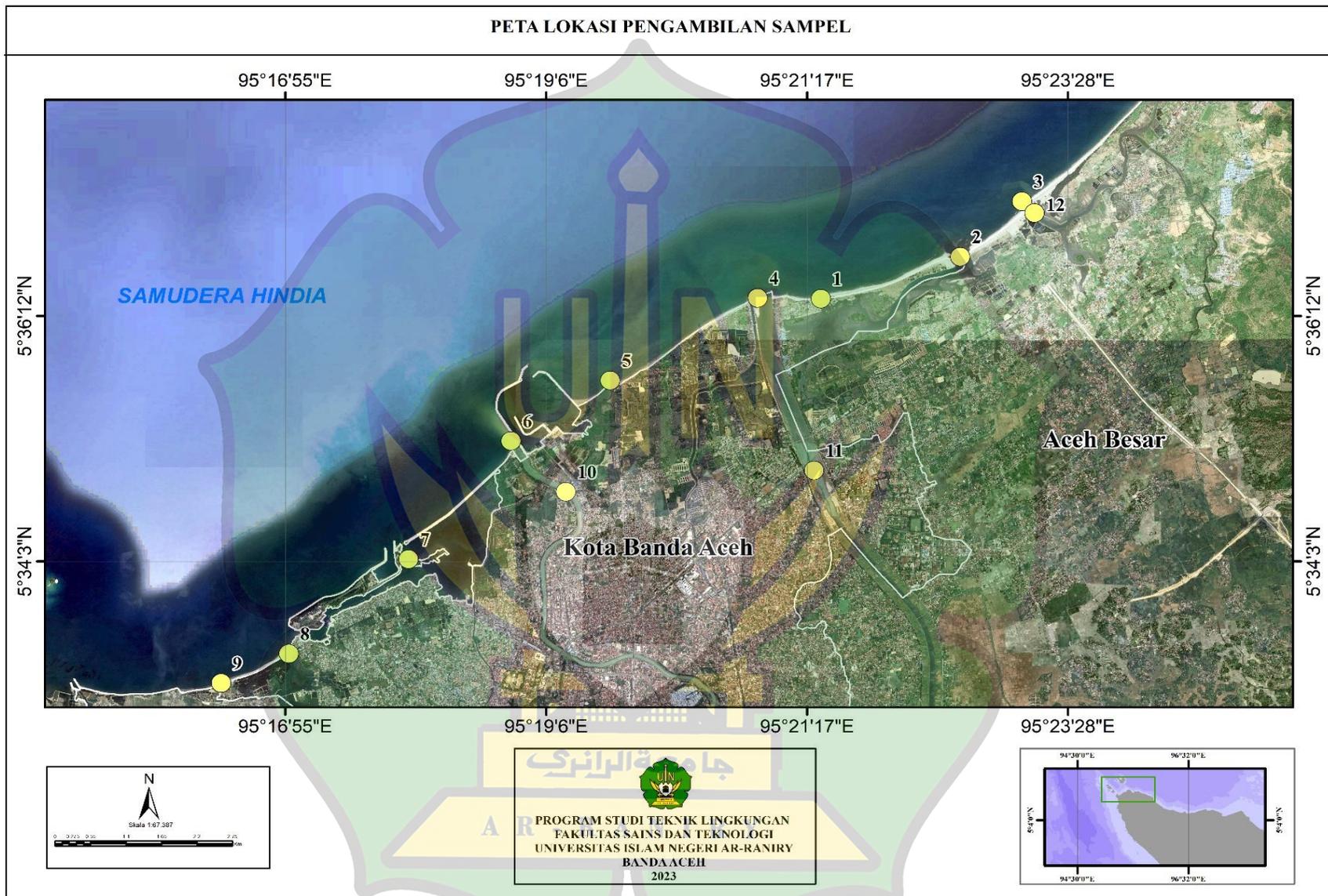
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di pesisir utara Aceh, yang meliputi Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh, Indonesia. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 5 November 2022. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 12 lokasi dengan 3 titik pengambilan di setiap lokasi, total 36 titik pengambilan. Ini termasuk 9 lokasi pesisir pantai dan 3 lokasi di muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pada tiap lokasi pengambilan sampel akan diambil pula sampel yang berjarak 10-meter dari titik awal, hal ini bertujuan untuk mewakili seluruh wilayah pengambilan sampel dan agar menambah keakuratan data. Lokasi, koordinat titik sampling terlihat pada Gambar 3.2 dengan detail lokasi sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan sampel 1 berada di pesisir Pantai Alue Naga, desa Alue Naga, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Dengan titik koordinat $5^{\circ}36'17.76''\text{LU}$, $95^{\circ}20'45.72''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan tidak padat penduduk.
2. Lokasi pengambilan sampel 2 berada di kawasan pesisir pantai Kuta Pohoma Desa Alue Naga, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, dengan titik koordinat $5^{\circ}36'22.85''\text{LU}$, $95^{\circ}21'27.59''\text{BT}$. Lokasi ini juga merupakan kawasan yang tidak penduduk.
3. Lokasi Pengambilan sampel 3 berada di kawasan pesisir pantai Gigieng, Desa Kajhu, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar, dengan titik koordinat $5^{\circ}36'40.43''\text{LU}$, $95^{\circ}22'23.56''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.
4. Lokasi pengambilan sampel 4 berada di kawasan pesisir pantai Lambada Klieng, Desa Lambada Lhok, Kec. Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar. dengan titik koordinat $5^{\circ}37'09.53''\text{LU}$, $95^{\circ}23'.0756''\text{BT}$ Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.
5. Lokasi pengambilan sampel 5 berada di kawasan pesisir pantai Syiah Kuala, Desa Deah Raya, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}35'35.07''\text{LU}$, $95^{\circ}19'37.69''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang padat penduduk.

6. Lokasi pengambilan sampel 6 berada di kawasan pesisir pantai Kuala Gampong Jawa, Desa Gampong Pande, Kec. Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}35'00.88''\text{LU}$, $95^{\circ}18'47.17''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan padat penduduk.
7. Lokasi pengambilan sampel 7 berada di kawasan pesisir pantai Ulee Lheue, Desa Ulee Lheue, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}34'15.76''\text{LU}$, $95^{\circ}17'59.99''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang padat penduduk.
8. Lokasi pengambilan sampel 8 berada di kawasan pesisir pantai Masjid Baiturrahim, Desa Ulee Lheue, kecamatan Meuraksa, Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}33'23.60''\text{LU}$, $5^{\circ}33'23.60''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang padat penduduk.
9. Lokasi pengambilan sampel 9 berada di kawasan pesisir pantai Desa Lam Awee, Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar, dengan titik koordinat $5^{\circ}32'55.32''\text{LU}$, $95^{\circ}16'03.09''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.
10. Lokasi pengambilan sampel 10 berada di kawasan bantaran sungai Krueng Aceh, Desa Gampong Pande, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Dengan titik koordinat $5^{\circ}34'51.28''\text{LU}$, $95^{\circ}18'59.01''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan padat penduduk.
11. Lokasi pengambilan sampel 11 berada di muara sungai Alue Naga, desa Alue Naga, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Dengan titik koordinat $5^{\circ}36'11.95''\text{LU}$, $95^{\circ}20'51.87''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan penduduk.
12. Lokasi pengambilan sampel 12 berada di kawasan muara sungai Krueng Lamnga, Desa Lam Ujong, Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar. Dengan titik koordinat $5^{\circ}37'2.49''\text{LU}$, $95^{\circ}23'17.28''\text{BT}$. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan yang tidak padat penduduk.

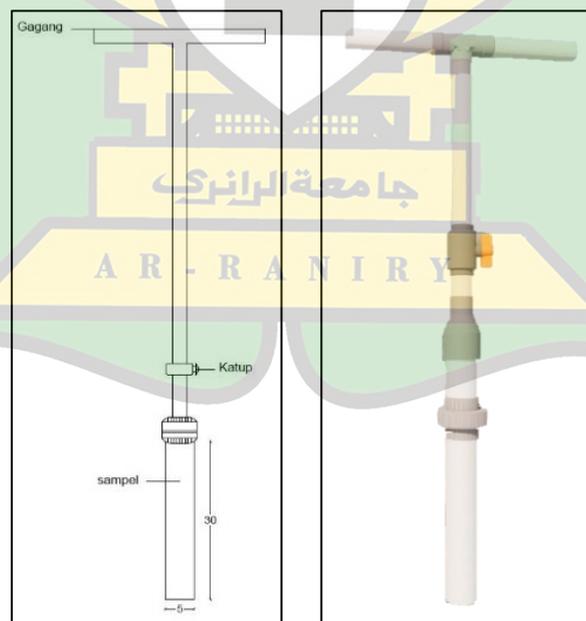


Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Prosedur pengambilan sampel sedimen dasar lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Titik Pengambilan Sampel
 - Lokasi titik pengambilan sampel ditentukan sesuai dengan rencana penelitian.
2. Penyediaan Alat dan Bahan
 - Alat pengambilan sampel menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inci dengan panjang 30 cm, seperti yang terlihat pada Gambar 3.3.
 - Kantung plastik yang akan digunakan untuk menyimpan sampel sedimen.
 - Label yang mencantumkan informasi tentang lokasi pengambilan sampel.
3. Pengambilan Sampel Sedimen
 - Pipa PVC dimasukkan secara vertikal ke dalam muara sungai dengan hati-hati hingga mencapai dasar sungai dan pesisir pantai.
 - Tutup pipa PVC yang berada di bagian atasnya dibuka untuk memungkinkan sedimen masuk ke dalam pipa.
 - Sampel sedimen diambil dengan menarik pipa PVC secara perlahan, sehingga sedimen terperangkap di dalam pipa.
 - Tutup pipa PVC kembali ditutup setelah sampel diambil.



Gambar 3.3 Alat Pengambil Sampel

4. Penyimpanan Sampel Sedimen
 - Sampel sedimen yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah plastik yang telah disediakan dengan hati-hati. Wadah plastik akan ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi.
5. *Labeling* Sampel
 - Pada wadah plastik yang berisi sampel sedimen, diberikan label yang mencantumkan informasi lengkap tentang lokasi pengambilan sampel, dan nomor sampel.

3.4 Teknik Preparasi Sampel

3.4.1 Alat Dan Bahan Preparasi Sampel

Untuk memastikan bahwa persiapan sampel dalam penelitian ini berjalan dengan lancar, identifikasi merinci semua alat dan bahan yang digunakan. Informasi lengkap mengenai alat yang digunakan dapat ditemukan dalam Tabel 3.1, sedangkan daftar bahan yang digunakan tertera dalam Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Alat Preparasi Sampel

No	Alat	Jumlah	Fungsi
1.	Pipa PVC	1	Untuk mengambil sedimen di dasar Sungai
2.	<i>Aluminium foil</i>	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>	1	Untuk membantu pengadukan larutan dan menghomogenkan larutan sampel
11.	<i>Hot plate</i>	1	Sebagai pengaduk dan pemanas larutan sampel
12.	Kertas saring Whatman No.42	36	Sebagai media filter
13.	Pinset	1	Untuk mengambil media filter
14.	<i>Stereo Microscope</i>	1	Sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi mikroplastik

Tabel 3. 2 Bahan Preparasi Sampel

No	Bahan	Jumlah	Fungsi
1.	Sedimen Dasar	100 gram	Sebagai sampel
2.	NaCl	300 ml/ sampel	Untuk pemisahan densitas plastik yang lebih kecil dari sedimen
3.	H ₂ O ₂ 30%	20 ml/ sampel	Untuk menghilangkan bahan organik pada sedimen
4.	Aquades	secukupnya	Untuk membersihkan alat Dari zat kontaminan

Langkah penggunaan bahan-bahan dalam preparasi sampel mikroplastik memiliki peran yang penting dalam mempersiapkan sampel untuk analisis kelimpahan mikroplastik yang akurat. Sedimen dasar pesisir pantai dan muara sungai, yang merupakan sampel utama sebanyak 100 gram. Natrium klorida (NaCl) sebanyak 2700 ml digunakan untuk pemisahan berdasarkan densitas. NaCl membantu memisahkan mikroplastik yang lebih kecil dari sedimen, mengendapkannya sehingga dapat mengisolasi mikroplastik dengan lebih mudah.

Hidrogen peroksida (H₂O₂) 30% sebanyak 180 ml digunakan untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang ada dalam sedimen. Aquades digunakan secukupnya untuk membersihkan alat dan peralatan yang digunakan selama prosedur. Setelah proses pemisahan, tahap terakhir adalah identifikasi visual mikroplastik. Dalam tahap ini, mikroplastik akan diidentifikasi berdasarkan karakteristik fisiknya seperti warna, bentuk, dan tekstur. Mikroskop stereoskopik dengan perbesaran yang sesuai digunakan untuk melihat mikroplastik.

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.



Gambar 3.4 Pengeringan Sampel

2. Sampel sedimen yang telah di oven 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 gram 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.
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. 9 Proses Pencampuran Sampel

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. 10 Proses Penyaringan Sampel

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

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.
3. Atur kekuatan lampu dengan memutar sekrup pengatur intensitas cahaya
4. Atur ketinggian cahaya lampu dengan memutar makrometer
5. Cari bagian dari objek sampel yang terdapat mikroplastik (dicari dan diperkirakan memiliki Gambar yang jelas) dengan memutar sekrup vertikal dan horizontal
6. Putar Revolving nosepiece pada perbesaran objektif 10× lalu putar sekrup kasar sehingga cahaya lampu bergerak ke atas untuk mencari fokus
7. Putar sekrup halus untuk mendapatkan Gambaran yang lebih terfokus
8. Perjelas bayangan dengan mengatur condenser pada posisi tertinggi (cahaya penuh)
9. 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 (Laila dkk., 2020). Analisis kelimpahan mikroplastik dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$K = \frac{n}{m} \text{ partikel/kg}$$

Keterangan:

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

3.5 Analisis Data Mikroplastik

3.5.1 Analisis Ukuran Mikroplastik

Dalam proses analisis ukuran mikroplastik pada sampel sedimen, serangkaian langkah harus dilakukan guna mencapai hasil yang teliti dan akurat (Aristya, 2019). Pertama-tama, objek yang ingin diamati di-*capture* menggunakan *Optilab Viewer* pada perbesaran mikroskop yang diinginkan, yaitu 10×. Kemudian, lakukan kalibrasi Image Raster dengan menggunakan mikrometer objektif pada setiap perbesaran. Ini adalah langkah penting untuk memastikan akurasi pengukuran. Setelah berhasil dikalibrasi, akan didapat mengukur panjang dan luas mikroplastik dalam berbagai bentuk seperti fiber, fragmen, dan film dengan menggunakan satuan mikrometer.

3.5.2 Analisis jenis polimer

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, 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 (Frias dkk., 2018). 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).

FTIR mengidentifikasi berdasarkan hasil penelitian spektrum polimer dan melihat rentang standar karakteristik *IR Absorption* (Suprijanto dkk., 2021). 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 (Illing, 2017).

3.5.3 Analisis Granulometri

Metode uji saringan adalah cara efisien untuk mengukur ukuran partikel dalam sampel sedimen, dengan rentang ukuran mulai dari 125 mm hingga 20 mikron. Proses ini dilakukan di laboratorium setelah sampel sedimen melalui tahap pencucian dan pengeringan. Saat sampel sedimen sudah kering, pengukuran dilakukan dengan menggunakan serangkaian ayakan bertingkat, masing-masing memiliki lubang dengan diameter yang berbeda, seperti 0,84 mm, 0,42 mm, 0,25 mm, 0,18 mm, 0,15 mm, 0,125 mm, 0,105 mm, 0,8 mm, 0,080 mm, dan 0,074 mm. Partikel-partikel sedimen yang tersaring di setiap ayakan kemudian ditimbang, dan hasilnya direkam dalam bentuk grafik distribusi granulometri (Dermawan, 2020).

Pada penelitian ini, 100 gram sedimen disaring melalui sejumlah saringan, mulai dari 20 mesh, 40 mesh, 60 mesh, hingga 200 mesh. Setiap kelompok sedimen yang terbentuk diberi label sesuai dengan hasil penyaringan, seperti -S20 untuk sedimen yang tidak lolos saringan 20 mesh, +S20 untuk yang lolos 20 mesh, +S40 untuk yang lolos 40 mesh, dan seterusnya, hingga kelompok sedimen dengan label +S200. Persentase fraksi dari masing-masing kelompok sedimen dihitung berdasarkan perbandingan beratnya terhadap total berat sedimen yang telah disaring.

3.5.4 Interpolasi Distribusi Mikroplastik

Pada penelitian ini, proses pengolahan data menggunakan aplikasi ArcGIS dengan menerapkan metode IDW untuk membuat peta sebaran. Berikut adalah langkah-langkah untuk membuat peta sebaran menggunakan metode IDW:

1. Persiapkan data koordinat X, Y, dan data sebaran yang akan digunakan.
2. Ubah koordinat bujur (X) dan lintang (Y) dari derajat, menit, dan detik ke dalam format yang dapat digunakan oleh ArcGIS.
3. Konversi data dari format excel ke format CSV (*Comma Delimited*).

4. Buka aplikasi ArcGIS dan tambahkan peta Kota Banda Aceh dan Sungai Krueng Aceh ke dalam proyek.
5. Pilih menu "File" pada aplikasi, lalu pilih "Add Data" dan "Add XY Data", lalu hubungkan ke folder yang berisi data yang telah disiapkan.
6. Atur koordinat sistem proyek menjadi "Geographic Coordinate System - WGS 1984".
7. Setelah langkah-langkah di atas selesai, data titik sampling akan ditampilkan pada peta.
8. Selanjutnya, lakukan interpolasi dengan memilih menu "Arc Toolbox", "Spatial Analyst Tools", dan "Interpolation", lalu pilih "IDW".
9. Pada pengaturan lingkungan (*environment settings*), pilih "Processing Extent" dan atur menjadi "Same as Layer".
10. Selanjutnya, dalam proses *Raster Analysis*, pilih opsi "Mask" untuk membuat penyebaran data.
11. Setelah langkah-langkah di atas selesai, hasil interpolasi menggunakan metode Kriging akan ditampilkan.

Metode IDW dipilih dikarenakan memberikan hasil interpolasi yang lebih akurat dari metode lainnya. Hal ini dikarenakan semua hasil dengan metode IDW memberikan nilai mendekati nilai minimum dan maksimum dari sampel data. Sedangkan metode lain terkadang memberikan hasil interpolasi dengan kisaran yang rendah. Opsi power dan jumlah sampel tidak memberikan perubahan yang signifikan pada hasil interpolasi. Persamaan IDW yang digunakan dalam pemodelan adalah sebagai berikut (Isaak dan Srivastava, 1989):

$$w_i = \frac{1}{d_i^p} \bigg/ \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}$$

Untuk menghitung nilai titik yang ditaksir digunakan persamaan berikut :

$$\hat{Z}_0 = \sum_{i=1}^n w_i \cdot Z_i$$

Keterangan :

Z_c : Nilai titik yang ditaksir.

u_i : Faktor bobot dari titik-;

z_t : Nilai dari titik penaksir-;

d_i : Jarak antara titik i dengan titik yang ditaksir

j_j : Faktor eksponen (*power*) 1, 2, 3, 4, 5

3.6 Pengujian Korelasi Kelimpahan Mikroplastik

Dalam penelitian ini, analisis korelasi Pearson akan digunakan dengan bantuan aplikasi statistik SPSS untuk mengeksplorasi hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan jenis sedimen serta hubungannya terhadap jumlah penduduk. Tujuannya untuk mengidentifikasi apakah terdapat korelasi antara kelimpahan mikroplastik dengan sampel sedimen. Proses analisis korelasi Pearson ini akan menentukan seberapa kuat dan arah hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan jenis sedimen. Hasil analisis akan memberikan informasi tentang seberapa besar korelasi antara variabel kelimpahan mikroplastik dan jenis-jenis sedimen yang mungkin hadir dalam sampel sedimen yang telah diambil.

Rumus korelasi Pearson :

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

Keterangan :

r = nilai korelasi

x = variabel x

y = variabel y

Kekuatan hubungan korelasi, sebagai berikut :

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

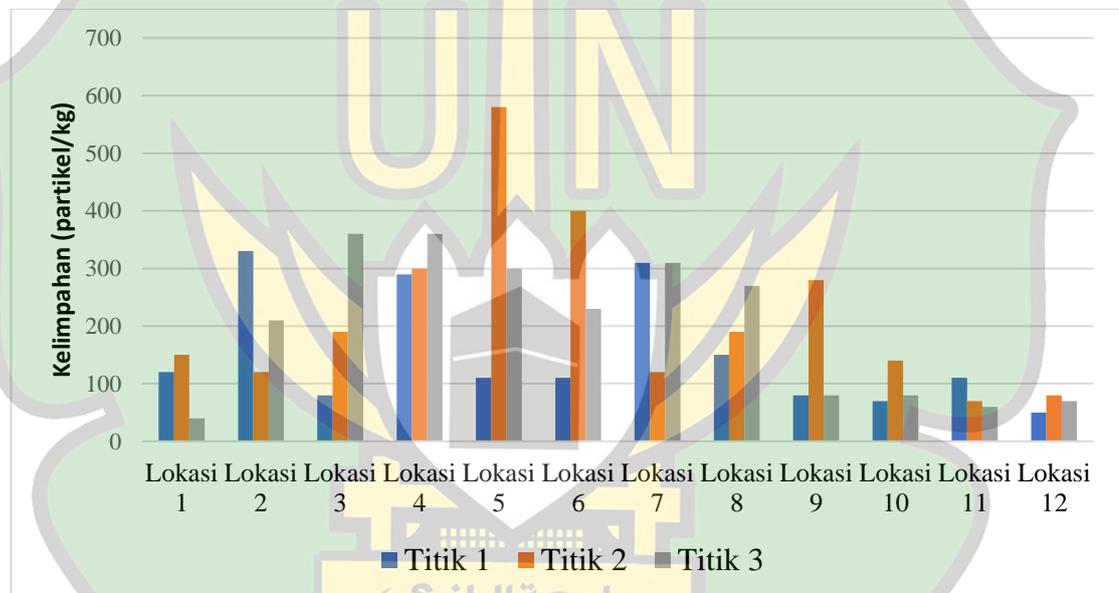
1 : korelasi sempurna

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelimpahan Mikoplastik

Hasil analisis kelimpahan mikroplastik menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik pada sedimen dasar pada 12 lokasi pengambilan sampel yang tiap lokasinya masing-masing diambil tiga titik menjadi 36 titik pengambilan sampel yang diantaranya lokasi 1-9 berada di pesisir pantai, dan lokasi 10-12 berada di muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar seperti terlihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Kelimpahan Mikroplastik Menurut Lokasi

Dalam Gambar 4.1, terlihat distribusi mikroplastik pada berbagai lokasi pengambilan sampel. Kelimpahan mikroplastik dalam sedimen dasar di pesisir utara Aceh berkisar antara 0 hingga 580 partikel per kilogram sedimen kering. Jenis *fiber* memiliki kelimpahan berkisar antara 1-80 partikel per kilogram sedimen kering, dengan rata-rata sebesar 23,08 partikel per kilogram sedimen kering. Sementara itu, jenis fragmen mikroplastik memiliki kelimpahan berkisar antara 0-27 partikel per kilogram sedimen kering, dengan rata-rata sebesar 8,77 partikel per kilogram sedimen kering. Jenis film mikroplastik memiliki kelimpahan berkisar

antara 0 hingga 60 partikel per kilogram sedimen kering, dengan rata-rata sebesar 5,27 partikel per kilogram sedimen kering. Tabel 4.1 menunjukkan beberapa penelitian terdahulu dalam menganalisis kelimpahan mikroplastik dari berbagai daerah.

Tabel 4. 1 Penelitian Terdahulu Terkait Kelimpahan Mikroplastik

Daerah	Temuan	Referensi
Sedimen di Teluk Jakarta	Kelimpahan mikroplastik sampel sedimen ditemukan sebanyak 18405- 38790 partikel/kg	(Manalu dkk., 2017),
Perairan Banyuurip, Gresik	Hasil kelimpahan total yang ditemukan sebesar $57,11 \times 10^2$ partikel/m ³ .	(Ayuningtyas dkk., 2019)
Sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara	Kelimpahan berkisar antara 40-207 partikel/kg	(Tuhumury dan Ritonga, 2020),
Kolom permukaan air di perairan teluk kupang	Kelimpahan mikroplastik didominasi jenis fiber saat pasang (0,0902 partikel/l)	(Kapo dkk., 2020),
Sungai kalimas, surabaya, jawa timur	mikroplastik dengan konsentrasi rata-rata sebesar 0,07 item/m ³ .	(Fitriyah., 2022)
Sedimen di perairan teluk kendari	Mikroplastik dengan kelimpahan 2 partikel/gr.	(Layn dkk., 2020).
Sungai di sub das batanghari hilir kota jambi	kelimpahan mikroplastik sebesar 8000-11000 partikel/m ³	(Sulistiani dkk., 2023)
Sedimen di aliran dan muara sungai musi Provinsi sumatera selatan	Total kelimpahan mikroplastik yang didapatkan sebesar 17,82 partikel/gr	(Ahmad dkk., 2018)
Sedimen di Pesisir Lamongan, Jawa Timur	mikroplastik sebesar 409,72 partikel/kg sedimen kering.	(Yuwandita dkk., 2018)
Mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta	mikroplastik sebanyak 93 partikel mikroplastik	(Rachmat dkk., 2019)
Sedimen pesisir pantai Arab timur laut	Kelimpahan 4.400 hingga 15.300 item/kg	(Gurjar dkk.,2023)
Sedimen permukaan di sepanjang wilayah pesisir Istanbul, Turki	Konsentrasi rata-rata bervariasi antara 2000-20,300 partikel/kg	(Erkan., 2023)
Pantai barat daya India	Muatan mikroplastik sebesar $230,429 \pm 62,87$ partikel per 100 g.	(Purushothaman dkk.,2023).
Teluk Brasil	Kelimpahan mikroplastik, (kebanyakan <150 μ m), hingga 33.000 item m ⁻³ ,	(Trindade dkk., 2023).
Sungai Ofanto di Italia tenggara	Mikroplastik total partikel yang dihitung sebanyak 42.725	(Campanale dkk., 2020).
Sungai po, italia utara	konsentrasi mikroplastik sedimen hingga 78 partikel/kg (berat kering).	(Atwood dkk., 2019).

Danau besar laurentian.	kelimpahan rata-rata 43.000 partikel mikroplastik/km ² ,	(Marcus Eriksen dkk., 2013).
Sungai di Dataran Tinggi Tibet.	Kelimpahan mikroplastik hingga 967 item/m ³	(Jiang. 2019).
Sungai di cekungan Laut Adriatik di Montenegro	Kelimpahan 96,1 MP / kg sedimen kering.	(Bošković. 2023)
Palung rockall, samudra atlantik utara	mikroplastik diidentifikasi konsentrasi 70,8 partikel m ⁻³	(Courtene-Jones dkk., 2017).
Sedimen intertidal Scapa Flow, orkney	Konsentrasi 730 dan 2300 kg- 1 sedimen (DW)	(Blumenröder dkk., 2017).
Lingkungan air tawar alami di cekungan Carpathian, Eropa	MP pada sampel sedimen hingga 1,62 partikel / kg.	(Bordós dkk., 2019).
Trench Area of Kuril-Kamchatka	konsentrasi tertinggi lebih dari 2000 buah per m ² .	(Fischer dkk., 2015).
Swan-canning estuary, western australia	Mikroplastik pada sedimen sebesar 1000 partikel/kg	(Wright dkk., 2023).
Danau Aha di barat daya Cina.	kelimpahan mikroplastik hingga 1700 item / kg	(Gao dkk., 2023).
Suzhou Creek di kota besar Shanghai Cina	Kelimpahan mikroplastik 1241,0 partikel / L	(Sun dkk., 2023).
Zona limbah kota dan medis Kota Hamadan, Iran.	18766 item / kg	(Rahmani dkk., 2023).
Pantai Teluk Persia	Kelimpahan adalah 226,2 partikel / kg	(Sheikhi dkk., 2023).
River thames, uk	Sebanyak 4480 partikel, mayoritas fiber	(Devereux dkk., 2023).
Laut aegae selatan, pantai ölüdeniz kumburnu (türkiye).	Kelimpahan mikroplastik tertinggi ditentukan di 360,00 partikel/kg	(Şener dkk., 2023).
Pabrik pengolahan limbah di Nanjing, Cina	Kelimpahan rata-rata adalah 41,0 item / L	(Huang dkk., 2023).
Danau Vembanad – Situs Ramsar di Kerala, India.	Distribusi kelimpahan rata-rata 26,79 item/L	(Anagha dkk., 2023).
Zona hiporeik karst sungai perkotaan. Southwest China	mikroplastik dalam sedimen berkisar antara 800-4400 item/kg	(Jiang dkk., 2023).
Sedimen pantai Tampico, Negara Bagian Tamaulipas, Teluk Meksiko selatan.	Jumlah MP dalam 20 g sedimen bervariasi dari 256 hingga 283 partikel.	(Flores-Ocampo dkk., 2023).

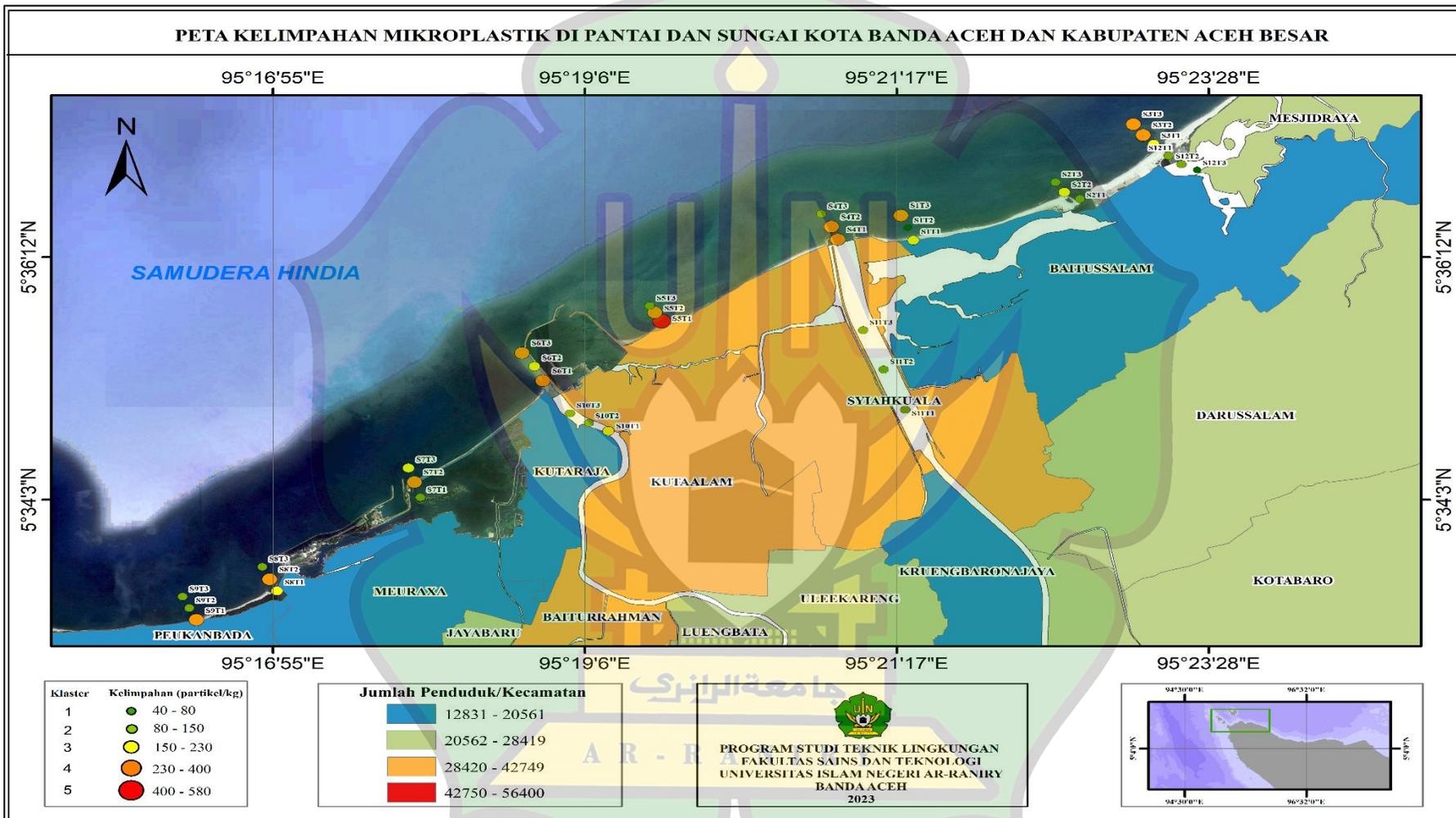
Berdasarkan penelitian sebelumnya, kelimpahan mikroplastik rata-rata pada sedimen dasar pantai dan muara sungai di pesisir utara Aceh ditemukan lebih tinggi pada beberapa lokasi, hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya beberapa perbedaan faktor, seperti sumber mikroplastik, karakteristik lingkungan, musim, aktivitas manusia dan faktor geografis pada lokasi penelitian sebelumnya. Dapat diperhatikan bahwa di area pantai, mikroplastik cenderung lebih banyak berupa fragmen daripada jenis lainnya, dikarenakan kelimpahan fragmen akibat tingginya aktifitas manusia di daerah pesisir pantai (Yona, 2019). Di sisi lain, di area muara

sungai terdapat sekitar 510 mikroplastik berjenis fiber. Perbedaan dalam kelimpahan mikroplastik di kedua lokasi ini dapat dijelaskan oleh perbedaan dalam aktivitas manusia dan jumlah penduduk.

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. Dengan temuan ini menjadi dasar yang sangat penting bagi upaya konservasi dan perlindungan lingkungan di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh, serta menjadi panduan dalam merancang tindakan yang efektif untuk mengurangi dampak mikroplastik.

Dalam penelitian ini, terdapat dua lokasi yang menjadi fokus utama, yaitu lokasi 5 (Pesisir Pantai Syiah Kuala) dan lokasi 6 (Pesisir Pantai Kuala Gampong Jawa). Lokasi 5 menunjukkan tingkat kontaminasi mikroplastik tertinggi dalam penelitian ini, mencapai 990 partikel per kilogram sedimen kering. Temuan ini menunjukkan tingkat mikroplastik yang sangat tinggi. Sementara itu, lokasi 6 juga menunjukkan tingkat kandungan mikroplastik yang cukup tinggi, meskipun tidak setinggi lokasi 5, dengan kandungan sebesar 740 partikel per kilogram sedimen kering, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2





Gambar 4. 2 Peta Distribusi Kelimpahan Mikroplastik

Mikroplastik yang telah diidentifikasi pada titik pengambilan sampel dapat dijelaskan oleh mekanisme transportasi vertikal dan horizontal yang kompleks (Rosal, 2021). Ini disebabkan oleh perbedaan massa jenis antara air laut dan air tawar, yang memungkinkan air laut untuk masuk ke dalam sungai dan berinteraksi dengan air sungai (Utami, 2023). Akibatnya, polutan, termasuk mikroplastik, terakumulasi di muara sungai. Perlu diperhatikan bahwa semua sungai yang menjadi lokasi pengambilan sampel melewati wilayah Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, yang padat penduduk dan memiliki beragam aktivitas seperti industri, pasar, dan pemukiman padat penduduk. Wilayah ini juga merupakan jalur masuk dan keluar kapal nelayan. Peran manusia dalam permasalahan ini sangat penting, karena produksi limbah yang tidak dikelola dengan baik mencemari sungai. Jenis limbah yang mencakup limbah padat seperti plastik dan limbah cair dari saluran pembuangan umumnya mengalir ke dalam sistem drainase yang akhirnya bermuara di sungai (Seikhi, 2023).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa mikrofiber menjadi jenis mikroplastik yang paling dominan dalam kelimpahannya dibandingkan dengan mikroplastik jenis film dan fragmen, dikarenakan Infrastruktur pengelolaan limbah yang buruk ditambah dengan kurangnya kesadaran dan insentif masyarakat juga menyebabkan keberadaan sampah plastik dimana-mana (Li, 2020). Hasil ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya bahwa mikrofiber adalah mikroplastik yang paling dominan ditemui pada lingkungan akuatik secara global (Rahmani, 2023). Sumber sampah mikroplastik didominasi oleh limbah domestik atau dari aktivitas rumah tangga (Handayani, 2021). sesuai dengan karakteristik distribusi masing-masing jenis mikroplastik tersebut.

Transportasi vertikal mikroplastik dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ukuran, bentuk, dan massa jenisnya dalam perairan. Ini adalah faktor penting yang memengaruhi distribusi dan dampak mikroplastik pada lingkungan. Mikroplastik yang memiliki kecepatan rendah akan cenderung mengalami transportasi horizontal mengikuti energi hidrodinamika pada lingkungan yang ditentukan oleh kecepatan aliran, laju angin, kemiringan bed, gaya turbulensi, dan pasang-surut (Kumar, 2021). Di sisi lain, arus yang mengandung mikroplastik dengan kecepatan sedimentasi yang lebih tinggi biasanya terdeposisi lebih dekat ke sumbernya dan

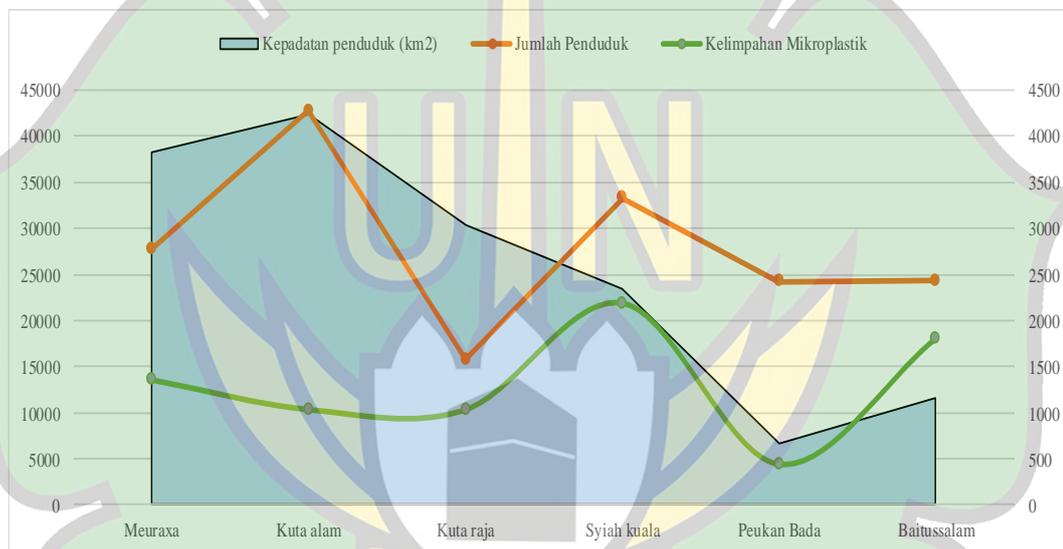
mengalami pergerakan melalui pergeseran atau rotasi di permukaan lantai (Kumar, 2021). Selain itu, arus air juga memainkan peran kunci dalam variasi sebaran sedimen di perairan, dan mekanisme pantai seperti arus dan arah angin dapat mempengaruhi distribusi mikroplastik pada sedimen pantai. Kecepatan arus air berkaitan dengan ukuran butiran sedimen; semakin tinggi kecepatan arus, semakin besar ukuran butiran sedimen tersebut.

Keberadaan mikroplastik pada dasar sedimen sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan perbedaan densitas antara mikroplastik dan air (Rahmani, 2023). Karena densitas mikroplastik lebih besar daripada densitas air, mikroplastik cenderung tenggelam dan terakumulasi pada sedimen perairan. Walaupun secara alami mikroplastik cenderung mengapung di permukaan air karena densitasnya yang rendah, namun melalui proses modifikasi densitas, partikel mikroplastik dengan densitas rendah dapat tenggelam ke dasar perairan (Rachmayanti, 2020). Selain itu, mikroplastik juga dapat mencapai dasar perairan melalui proses agregasi partikel kecil yang ditingkatkan secara biologis. Agregasi ini mengurangi luas permukaan dalam kaitannya dengan volume dan menciptakan struktur permukaan baru (Rahmani, 2023). Biasanya, mikroagregat ini terdiri dari partikel tanah liat yang saling melekat. Dengan bergabungnya mikroplastik dalam mikroagregat ini, bahkan mikroplastik dengan densitas rendah yang biasanya mengapung di permukaan air dapat tenggelam ke dasar perairan (Pradiptaadi, 2022).

Kelimpahan mikroplastik di kawasan perairan pesisir pantai dan muara sungai seperti di Krueng Aceh secara pasti dipengaruhi oleh tingkat kepadatan penduduk di sekitar muara, hal ini memperkuat hasil penelitian Rachmayanti (2020). Hasil penelitian wilayah ini memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga tingkat mikroplastik yang ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan Muara Alue Naga dan Muara Lambada Lhok. Muara Alue Naga memiliki tingkat kepadatan penduduk yang sedang, sementara Muara Lambada Lhok adalah wilayah dengan kepadatan penduduk yang rendah. Kepadatan penduduk ini memengaruhi variasi aktivitas manusia di sekitar sungai dan produksi limbah yang lebih tinggi, yang meningkatkan jumlah mikroplastik yang mencemari perairan.

4.1.1 Korelasi Kelimpahan Mikroplastik Terhadap Jumlah Penduduk

Dari 12 lokasi pengambilan sampel, lokasi tersebut termasuk ke dalam 6 kecamatan di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Kecamatan tersebut adalah Meuraxa, Kuta Alam, Kuta Raja, Syiah Kuala yang berada di Banda Aceh, serta Peukan Bada dan Baitussalam yang berada di Kabupaten Aceh Besar. Data kepadatan dan jumlah penduduk diambil dari BPS Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar pada tahun 2022, lalu dibuat untuk melihat apakah ada hubungan antara kepadatan dan jumlah penduduk terhadap kelimpahan mikroplastik, seperti yang terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Korelasi Jumlah Penduduk Terhadap Kelimpahan Mikroplastik

Di Meuraxa, kepadatan penduduk mencapai 3820 orang per km² dengan jumlah penduduk total sebanyak 27740 orang dan kelimpahan mikroplastik mencapai 1350 partikel per kg. Di Kuta Alam, kepadatan penduduk mencapai 4240 orang per km² dengan jumlah penduduk total sebanyak 42750 orang dan kelimpahan mikroplastik mencapai 1030 partikel per kg. Di Kuta Raja, kepadatan penduduk mencapai 3030 orang per km² dengan jumlah penduduk total sebanyak 15770 orang dan kelimpahan mikroplastik mencapai 1030 partikel per kg. Di Syiah Kuala, kepadatan penduduk mencapai 2340 orang per km² dengan jumlah penduduk total sebanyak 33290 orang dan kelimpahan mikroplastik mencapai 2180 partikel per kg. Di Peukan Bada, kepadatan penduduk mencapai 668 orang per km²

dengan jumlah penduduk total sebanyak 24227 orang dan kelimpahan mikroplastik mencapai 440 partikel per kg. Terakhir, di Baitussalam, kepadatan penduduk mencapai 1160 orang per km² dengan jumlah penduduk total sebanyak 24264 orang dan kelimpahan mikroplastik mencapai 1800 partikel per kg.

Kepadatan dan jumlah penduduk yang tinggi pada suatu kawasan berarti lebih banyak aktivitas manusia, yang dapat berkontribusi pada peningkatan jumlah mikroplastik (Peng, 2017). Dengan memahami hubungan antara kepadatan penduduk dan kelimpahan mikroplastik, dapat diketahui apakah jumlah dan kepadatan penduduk Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada sedimen dasar pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Untuk mengetahui korelasi ini, dapat dilihat pada Tabel 4.2 yang telah dianalisis menggunakan metode analisis korelasi Pearson.

Tabel 4. 2 Korelasi Pearson Kelimpahan Mikroplastik Terhadap Jumlah Penduduk

	Kelimpahan	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk
Kelimpahan	1	0.574	0.357
Jumlah Penduduk		1	0.365
Kepadatan Penduduk			1

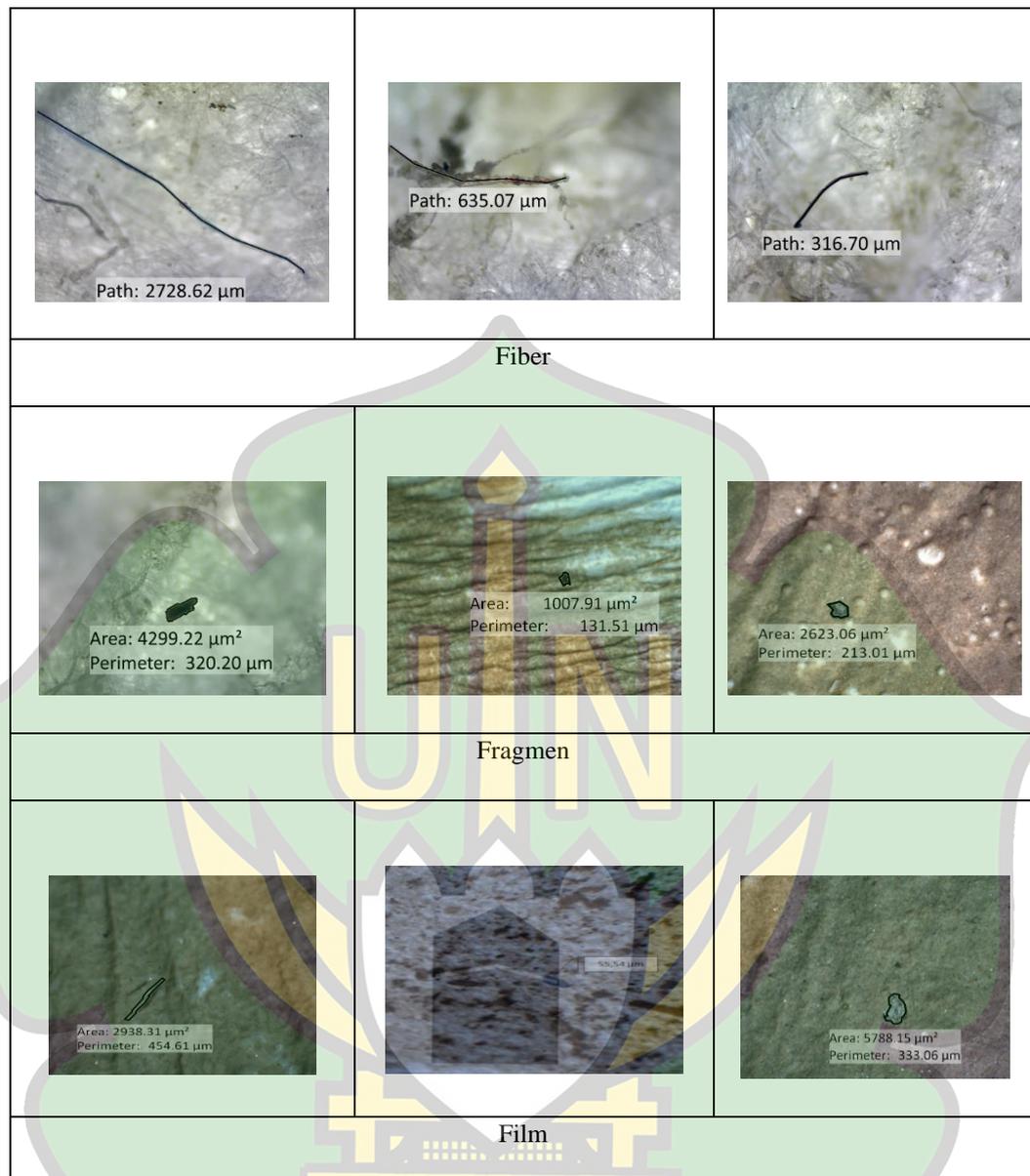
Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan antara kelimpahan mikroplastik, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Korelasi antara kelimpahan mikroplastik dan jumlah penduduk adalah 0.574, yang menunjukkan hubungan positif yang signifikan. Hubungan ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah penduduk, cenderung semakin banyak juga kelimpahan mikroplastik. Korelasi ini memperkuat penelitian sebelumnya mengenai sumber mikroplastik yang signifikan di lingkungan ramai penduduk, khususnya di kawasan perkotaan dan industri (Townsend dkk., 2019). Sementara itu, korelasi antara kelimpahan mikroplastik dan kepadatan penduduk adalah 0.357, yang menunjukkan hubungan positif yang lemah. Hal ini berarti bahwa peningkatan kepadatan penduduk tidak selalu diikuti oleh peningkatan kelimpahan mikroplastik. Korelasi antara jumlah penduduk dan kepadatan penduduk adalah 0.365, yang juga menunjukkan hubungan positif yang lemah. Ini

berarti bahwa peningkatan jumlah penduduk tidak selalu diikuti oleh peningkatan kepadatan penduduk.

4.1.2 Karakteristik Mikroplastik

Dari dua belas titik pengambilan sampel yang tersebar di pantai dan muara sungai di Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar, telah diidentifikasi tiga bentuk mikroplastik utama, yaitu mikroplastik jenis fiber, fragmen, dan film seperti yang terlihat pada Gambar 4.3. Berdasarkan asal-usulnya, mikroplastik yang dikategorikan sebagai fiber dapat berasal dari sisa-sisa pencucian pakaian atau alat penangkap ikan yang digunakan oleh nelayan (Nainggolan, 2020). Sebaliknya, mikroplastik fragmen berasal dari penggunaan barang-barang plastik keras seperti peralatan rumah tangga. Sedangkan mikroplastik jenis film dapat terbentuk dari aktivitas manusia, seperti penggunaan kantong plastik, pembungkus plastik, dan botol plastik yang tidak didaur ulang.

Distribusi mikrofiber pada titik pengambilan sampel menunjukkan perbedaan yang signifikan antara mulut muara dan titik-titik pengambilan sampel lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa sedimen di muara Sungai Krueng Aceh dan Sungai Krueng Lamnyong berfungsi sebagai penyaring mikrofiber sebelum mencapai lautan. Temuan ini mendukung hasil sejumlah penelitian yang menyatakan bahwa muara sungai sering menjadi perangkap bagi mikroplastik sebelum mereka mencapai lautan (Sun, 2023). Mikrofiber, yang memiliki polimer dengan densitas lebih tinggi daripada densitas air, cenderung mengalami transportasi vertikal dan kemungkinan besar terdeposisi pada sedimen permukaan yang tidak jauh dari sumbernya (Zhou, 2021). Hal ini menunjukkan kompleksitas pergerakan mikroplastik di lingkungan perairan dan pentingnya memahami peran berbagai faktor dalam distribusi dan akumulasi mikroplastik di seluruh lokasi penelitian.

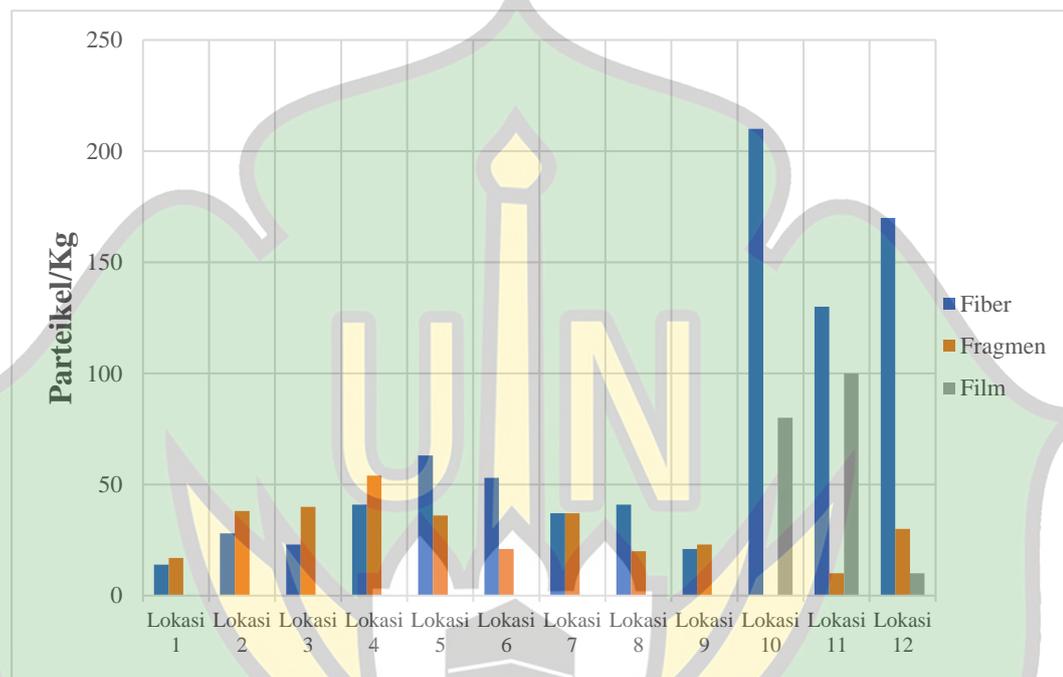


Gambar 4.4 Bentuk, Jenis, Dan Ukuran Mikroplastik Berdasarkan Uji Mikroskop

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 145.41 μm (ukuran terkecil) hingga 2728.62 μm (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran sekitar 642.94 μm . Pada mikroplastik jenis fragmen, ukuran area yang diukur bervariasi dari 1007.91 μm^2 (ukuran terkecil) hingga 15976.4 μm^2 (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran area sekitar 5976.65 μm^2 . Sementara itu, pada mikroplastik jenis film, ukuran area berkisar antara 2938.31 μm^2 (ukuran terkecil) hingga 5788.15 μm^2 (ukuran terbesar), dengan rata-rata ukuran area sekitar 4363.23

μm^2 . Hasil ini menunjukkan keragaman yang cukup besar dalam ukuran mikroplastik yang ditemukan, baik dalam panjang maupun area permukaan.

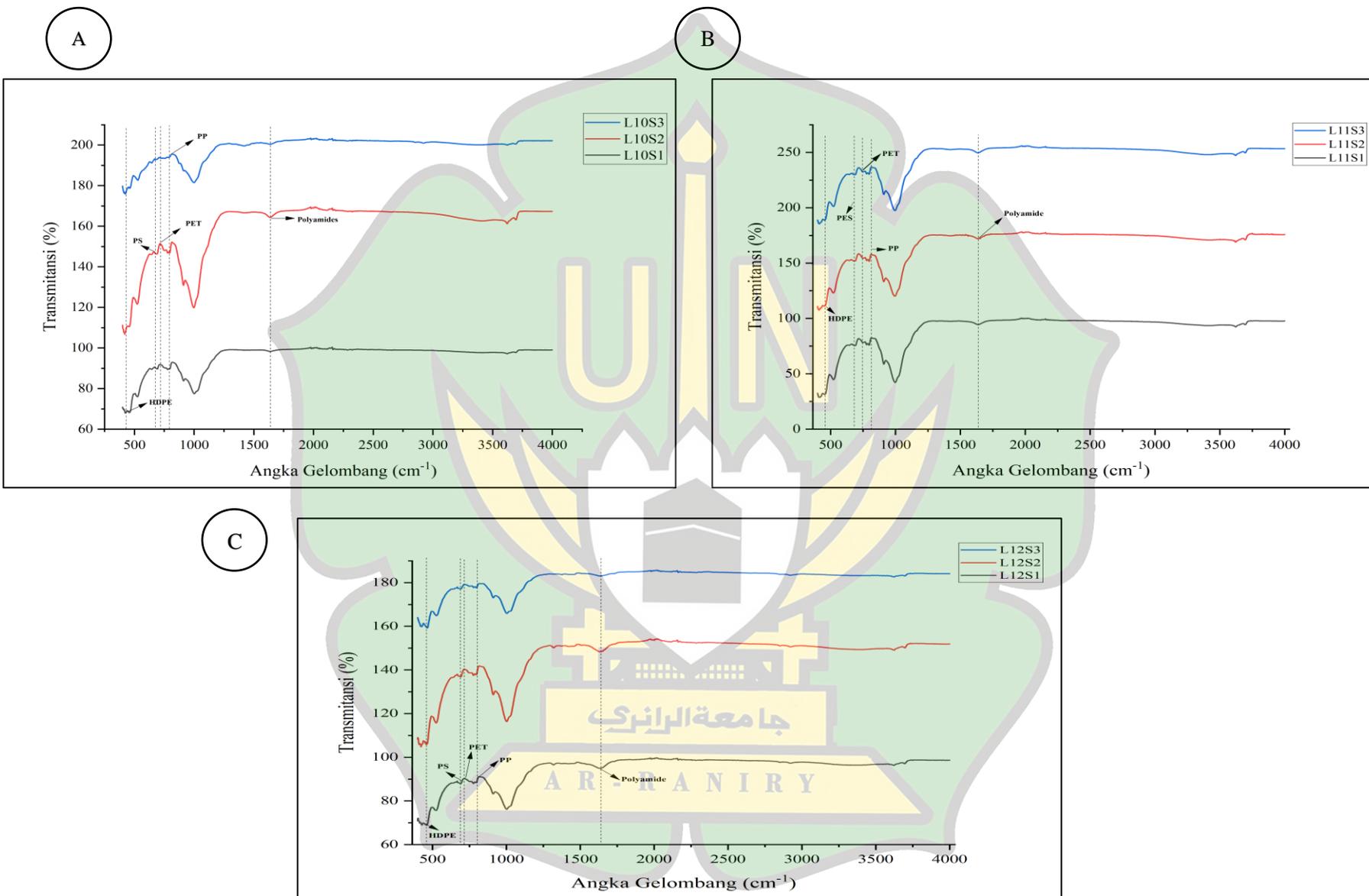
Terdapat objek mikroplastik yang jauh lebih besar atau lebih kecil daripada yang lainnya. Selain itu, perbedaan dalam jenis mikroplastik juga teramati antara titik pengambilan sampel di pesisir pantai dan muara sungai, seperti yang terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Hasil ini konsisten dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa mikrofiber adalah jenis mikroplastik yang paling umum ditemukan dalam lingkungan akuatik secara global (Peng, 2017). Mikroplastik jenis fiber ini ditemukan terutama pada lokasi dengan tingkat kelimpahan tinggi, terutama di area muara Sungai Krueng Aceh dan Sungai Krueng Lamnyong. Hasil ini juga mengindikasikan peningkatan aktivitas antropogenik yang menjadi sumber mikrofiber.

Setelah sampel diuji dengan mikroskop, tahap selanjutnya adalah analisis kandungan polimer mikroplastik untuk menentukan bentuk, warna, dan jenis polimer menggunakan analisis FTIR. Hasil analisis FTIR kemudian dikonfirmasi dengan gugus fungsi yang mengidentifikasi beberapa jenis polimer mikroplastik (Rahmatillah, 2022), sebagaimana terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.6 Grafik Hasil FTIR

Hasil dari pengujian telah berhasil mengidentifikasi beberapa jenis polimer mikroplastik yang termasuk dalam temuan. Beberapa jenis polimer yang berhasil diidentifikasi meliputi *Polyethylene terephthalate* (PET) dapat diidentifikasi melalui puncak serapan pada bilangan gelombang 720 cm^{-1} yang merupakan hasil dari vibrasi CH. Mikroplastik berbahan PET umumnya digunakan dalam pembungkus minuman ringan dan botol air sekali pakai karena memiliki sifat yang halus, transparan, dan tipis. *Polypropylene* (PP), Polimer PP dapat dikenali melalui serapan pada bilangan gelombang 840 cm^{-1} yang berasal dari vibrasi CH *bending*. CH adalah komponen utama dalam struktur polimer PET dan PP. Mikroplastik jenis PP memiliki karakteristik yang lebih kuat dan ringan, dengan daya tembus uap yang rendah, dan biasanya ditemukan dalam produk seperti tutup botol, sedotan, dan mainan plastik. *Polyamides* (PA). Polimer poliamida dapat diidentifikasi melalui munculnya serapan pada bilangan gelombang 1634 cm^{-1} yang merupakan akibat dari ikatan NH *primary amine (bending)*.

Ikatan NH merupakan bagian integral dalam struktur poliamida, yang sering disebut sebagai *nylon*. Poliamida dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk alat tangkap ikan yang digunakan oleh nelayan setempat atau serat kain yang terbawa oleh aliran air ke laut. *Polystyrene* (PS). Plastik polistirena dapat dikenali melalui gugus fungsi seperti C-H phenyl, CH alifatis, CH₂ aromatik, dan phenyl yang teridentifikasi melalui serapan pada bilangan gelombang 694 cm^{-1} . Polistirena umumnya digunakan dalam pembungkus, isolasi, serta kemasan produk makanan dan minuman. Polimer HDPE (*High-Density Polyethylene*) dapat diidentifikasi melalui serapan pada bilangan gelombang 460 cm^{-1} . HDPE memiliki rantai polimer yang panjang tanpa cabang, sehingga lebih padat, kuat, dan tebal dibandingkan dengan PET. HDPE sering digunakan dalam berbagai produk, termasuk tas belanja, botol susu, wadah jus, botol shampoo, dan botol obat. HDPE juga dikenal lebih stabil daripada PET.

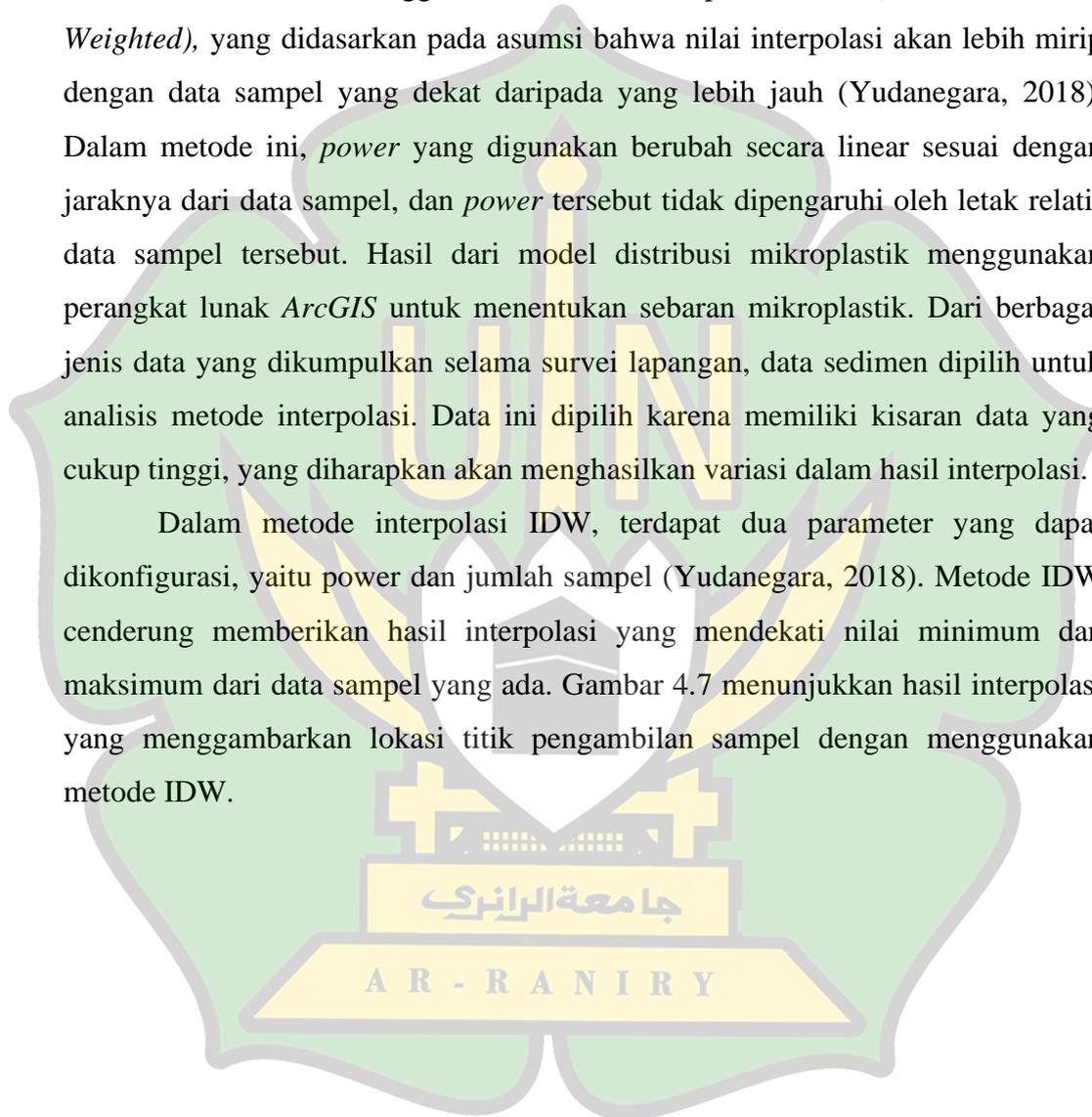
Setiap jenis polimer memiliki karakteristik yang berbeda, termasuk kekuatan, kepadatan, dan potensi dampaknya terhadap organisme dan ekosistem. Namun, perlu diingat bahwa beberapa penelitian telah mencatat bahwa HDPE dapat melepaskan senyawa kimia yang berpotensi merusak sistem hormon manusia jika terpapar sinar ultraviolet. Oleh karena itu, pemahaman lebih lanjut mengenai efek

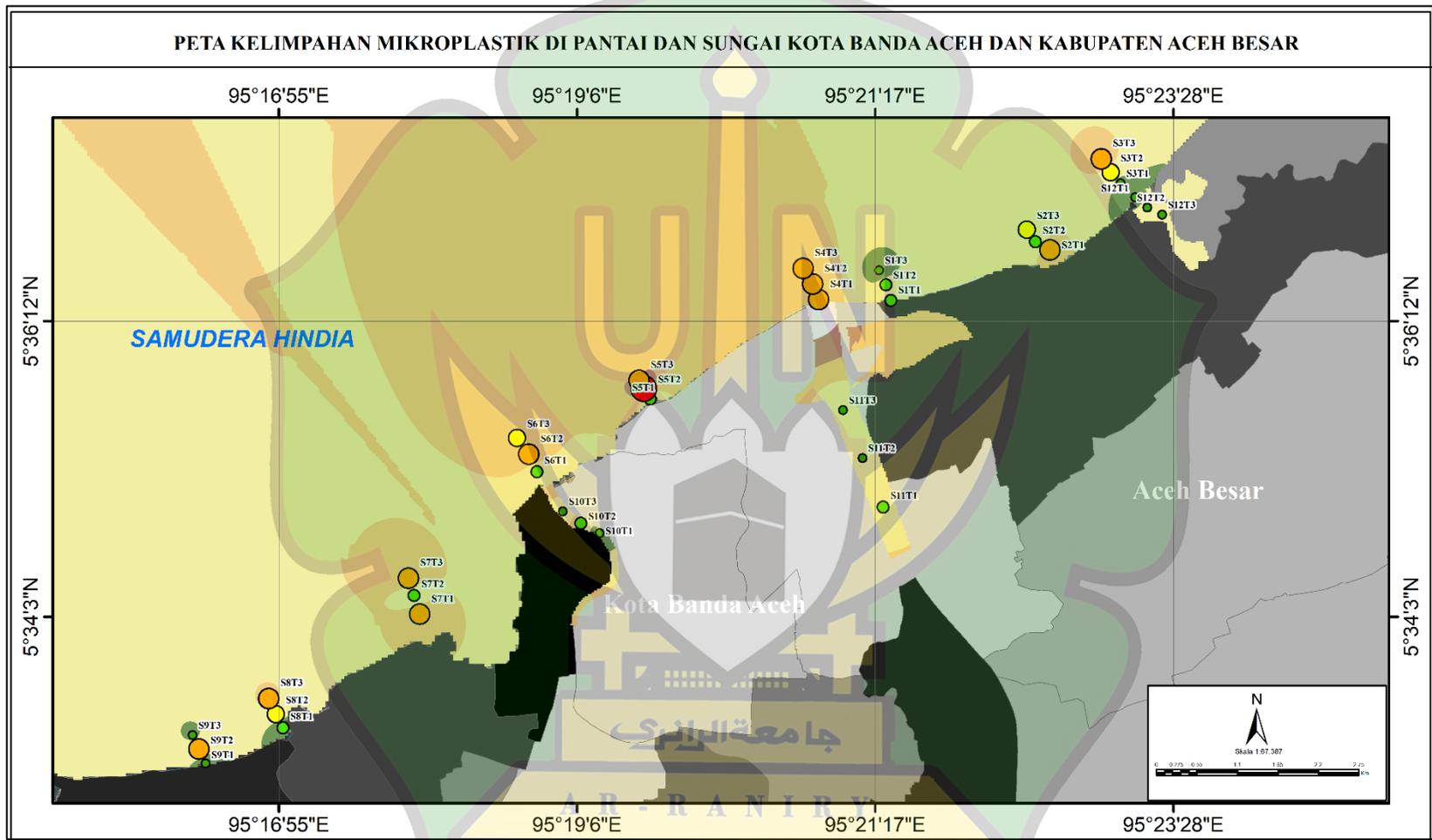
kesehatan dan lingkungan dari mikroplastik HDPE sangat penting untuk mengevaluasi risiko potensial dan mengambil tindakan yang sesuai dalam pengelolaan limbah plastik.

4.2 Pemodelan Ditribusi Mikroplastik

Penelitian ini menggunakan metode interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*), yang didasarkan pada asumsi bahwa nilai interpolasi akan lebih mirip dengan data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh (Yudanegara, 2018). Dalam metode ini, *power* yang digunakan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dari data sampel, dan *power* tersebut tidak dipengaruhi oleh letak relatif data sampel tersebut. Hasil dari model distribusi mikroplastik menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* untuk menentukan sebaran mikroplastik. Dari berbagai jenis data yang dikumpulkan selama survei lapangan, data sedimen dipilih untuk analisis metode interpolasi. Data ini dipilih karena memiliki kisaran data yang cukup tinggi, yang diharapkan akan menghasilkan variasi dalam hasil interpolasi.

Dalam metode interpolasi IDW, terdapat dua parameter yang dapat dikonfigurasi, yaitu *power* dan jumlah sampel (Yudanegara, 2018). Metode IDW cenderung memberikan hasil interpolasi yang mendekati nilai minimum dan maksimum dari data sampel yang ada. Gambar 4.7 menunjukkan hasil interpolasi yang menggambarkan lokasi titik pengambilan sampel dengan menggunakan metode IDW.





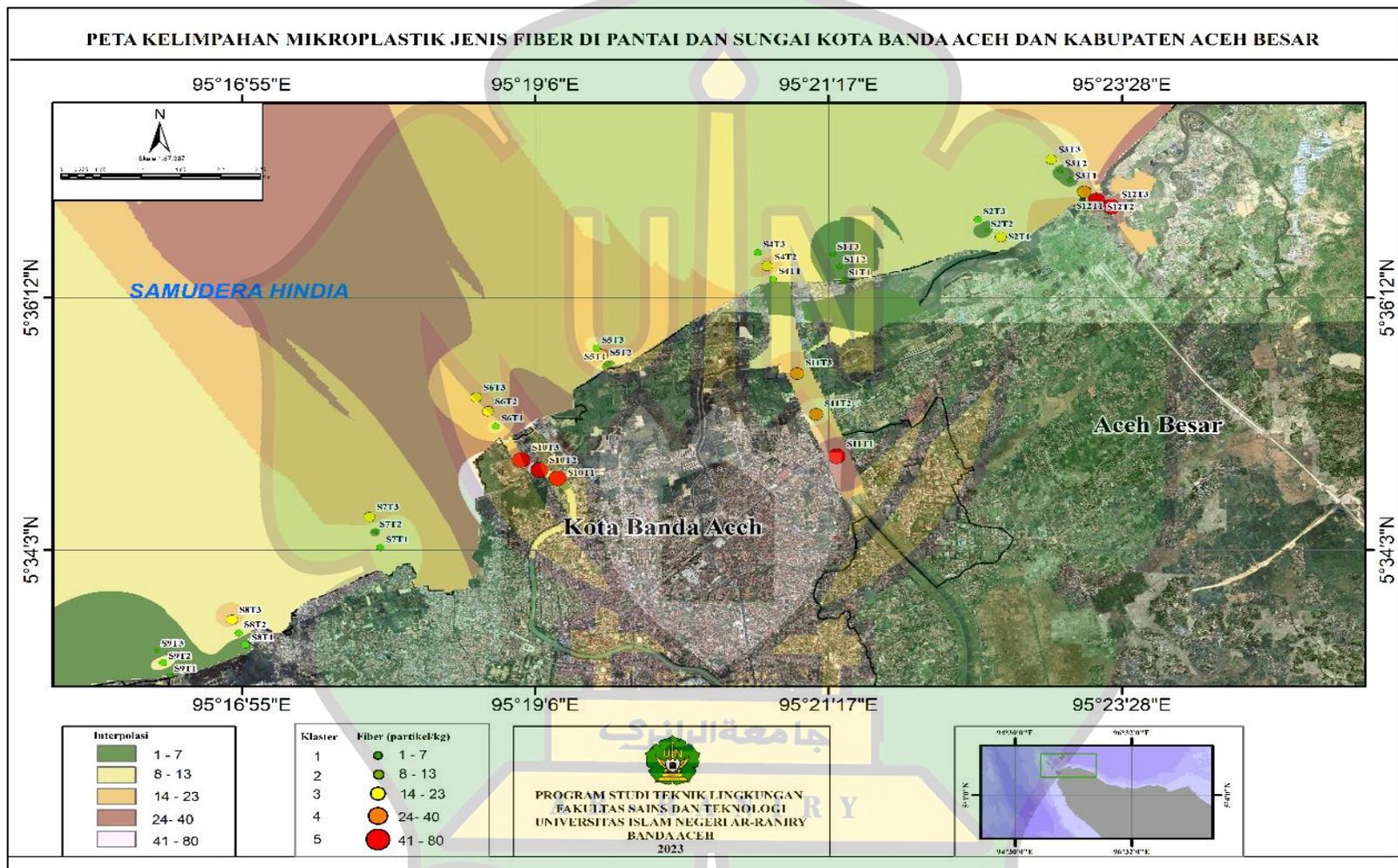
Gambar 4. 7 Peta Distribusi Total Kelimpahan Mikroplastik

Hasil interpolasi distribusi kelimpahan mikroplastik pada sedimen dasar Pantai dan Sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar disajikan dalam lima warna yang masing-masing memiliki kisaran nilai tertentu. Titik berwarna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 400-580, sedangkan titik berwarna oranye mencerminkan distribusi tingkat ke empat dengan rentang 230-400. Titik berwarna kuning digunakan untuk distribusi tingkat ke tiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 150-230. Warna hijau muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 80-150, dan titik berwarna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan rentang 40-80.

Upaya mengurangi dampak pencemaran mikroplastik dapat dilakukan dengan penelitian lanjutan tentang efek mikroplastik terhadap ekosistem dan perlu diperdalam untuk memahami dampaknya dengan lebih baik dan mengidentifikasi solusi mitigasi yang lebih efektif. Upaya kolaboratif antara pemerintah, industri, dan masyarakat sipil juga sangat penting dalam mengatasi masalah mikroplastik secara menyeluruh. Hal itu mengacu pada Peraturan Pemerintah No.81 Tahun 2012 mengenai Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, sehingga keputusan untuk mengolah dan memanfaatkan sampah menjadi langkah nyata dalam mengelola sampah (Wright, 2023). Selanjutnya, Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 masing-masing menunjukkan hasil interpolasi mikroplastik berdasarkan bentuknya, yaitu fiber, fragmen, dan film.

جامعة الرانيري

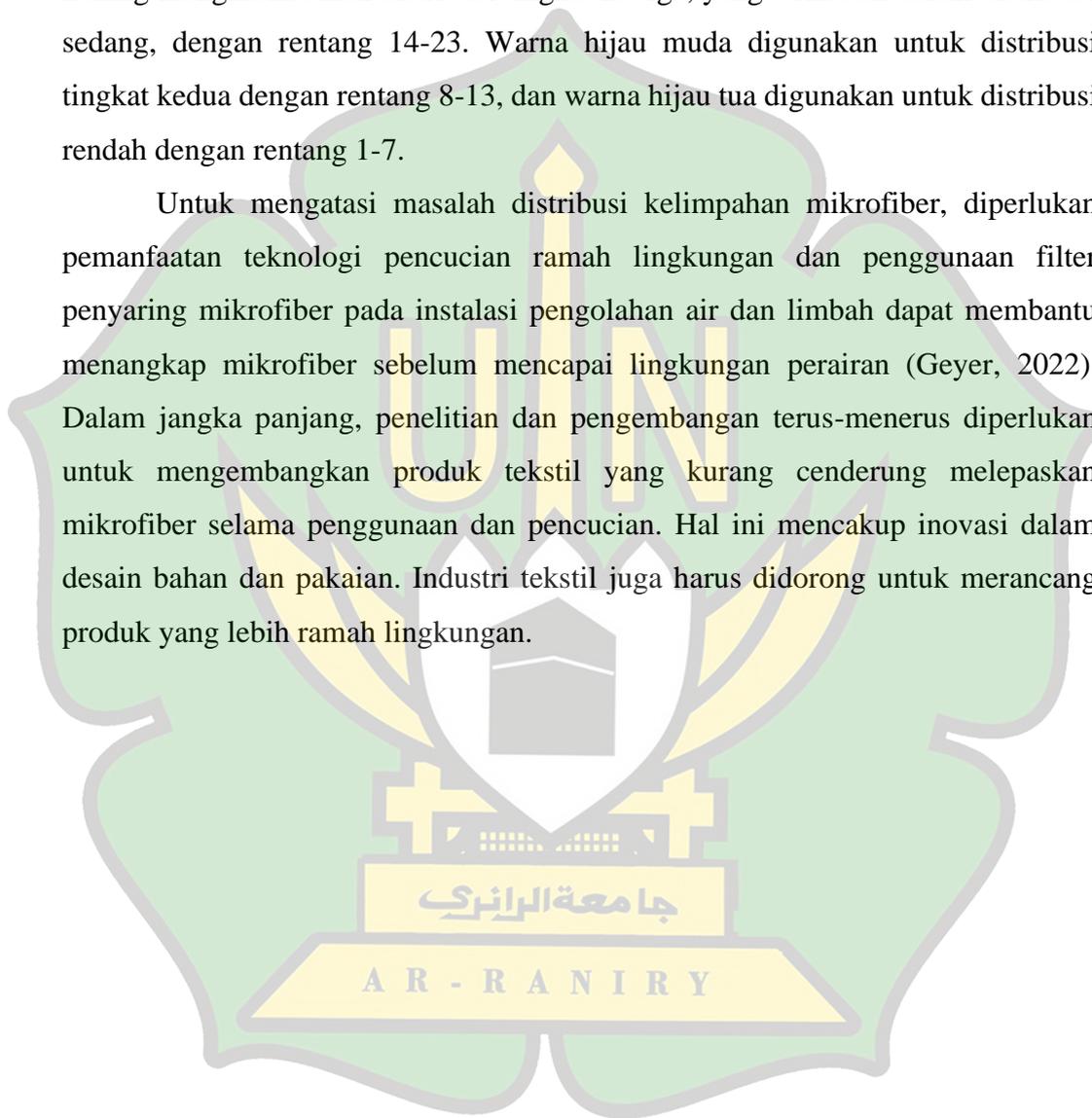
AR - RANIRY

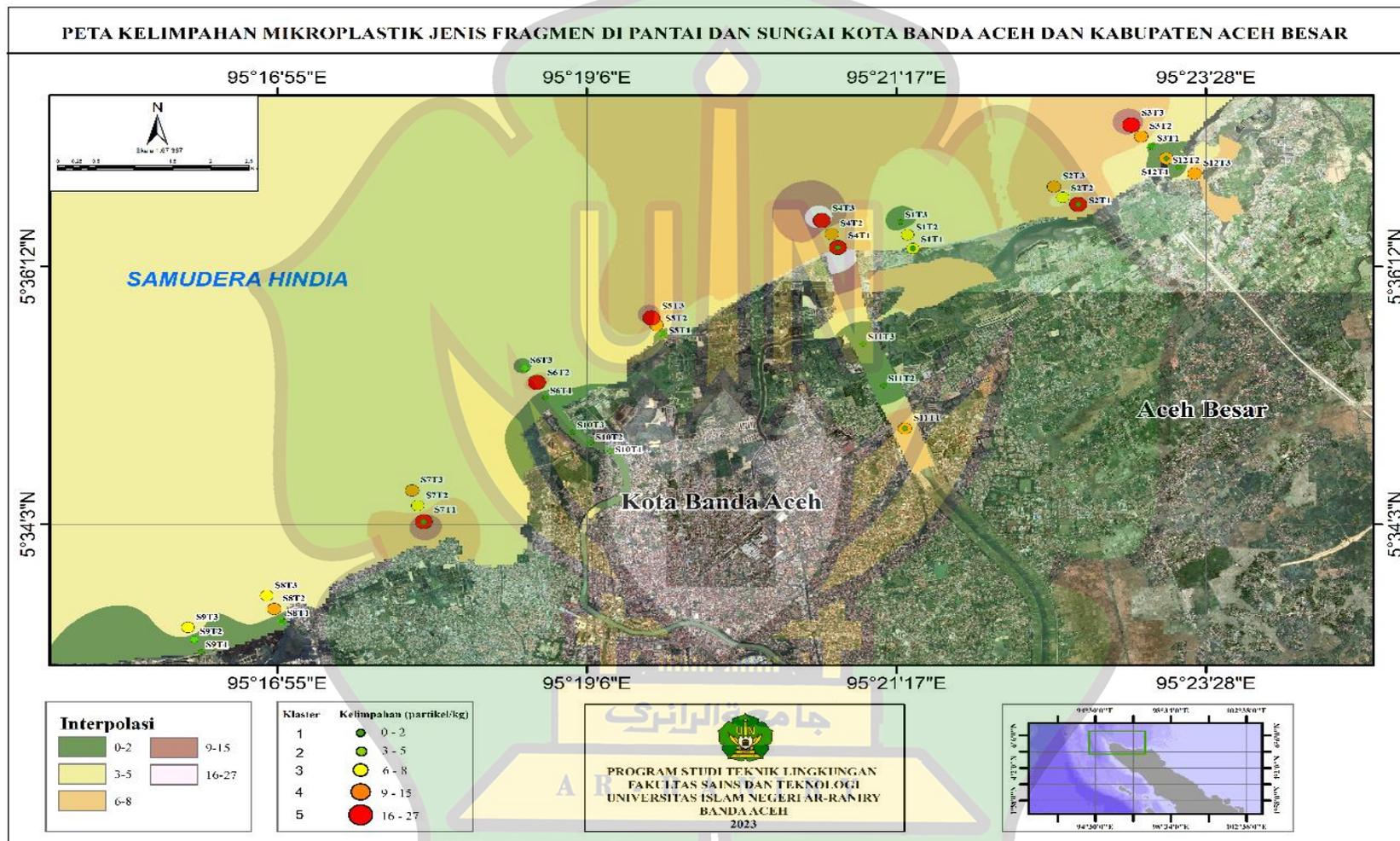


Gambar 4. 8 Peta Distribusi Kelimpahan Fiber

Hasil interpolasi distribusi mikrofiber pada sedimen dasar Pantai dan Sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar memiliki kategori berdasarkan lima warna dengan kisaran nilai tertentu. Warna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 41-80, sementara warna oranye mencerminkan distribusi tingkat ke empat dengan rentang 24-40. Warna kuning mengindikasikan distribusi tingkat ke tiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 14-23. Warna hijau muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 8-13, dan warna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan rentang 1-7.

Untuk mengatasi masalah distribusi kelimpahan mikrofiber, diperlukan pemanfaatan teknologi pencucian ramah lingkungan dan penggunaan filter penyaring mikrofiber pada instalasi pengolahan air dan limbah dapat membantu menangkap mikrofiber sebelum mencapai lingkungan perairan (Geyer, 2022). Dalam jangka panjang, penelitian dan pengembangan terus-menerus diperlukan untuk mengembangkan produk tekstil yang kurang cenderung melepaskan mikrofiber selama penggunaan dan pencucian. Hal ini mencakup inovasi dalam desain bahan dan pakaian. Industri tekstil juga harus didorong untuk merancang produk yang lebih ramah lingkungan.

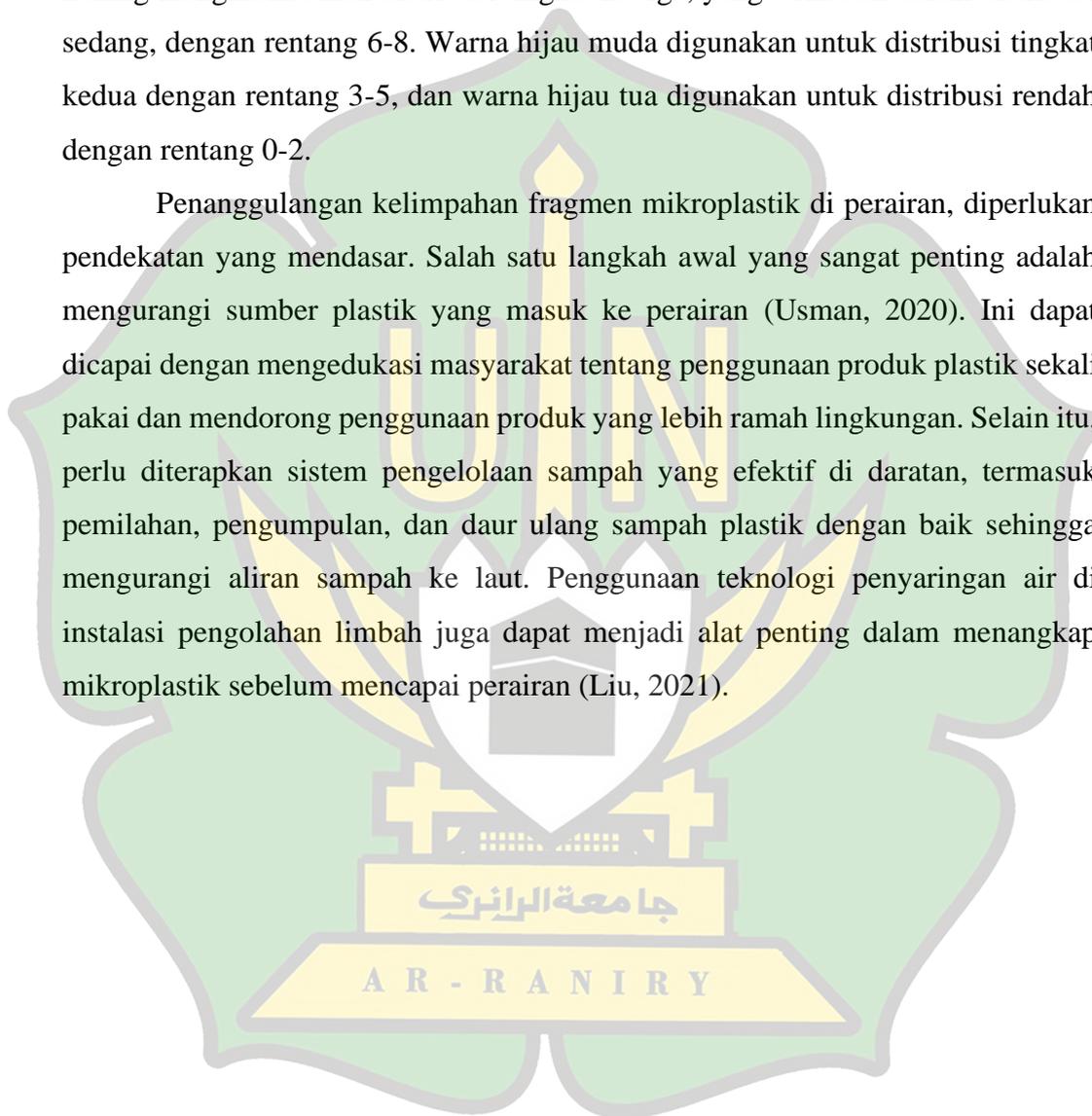


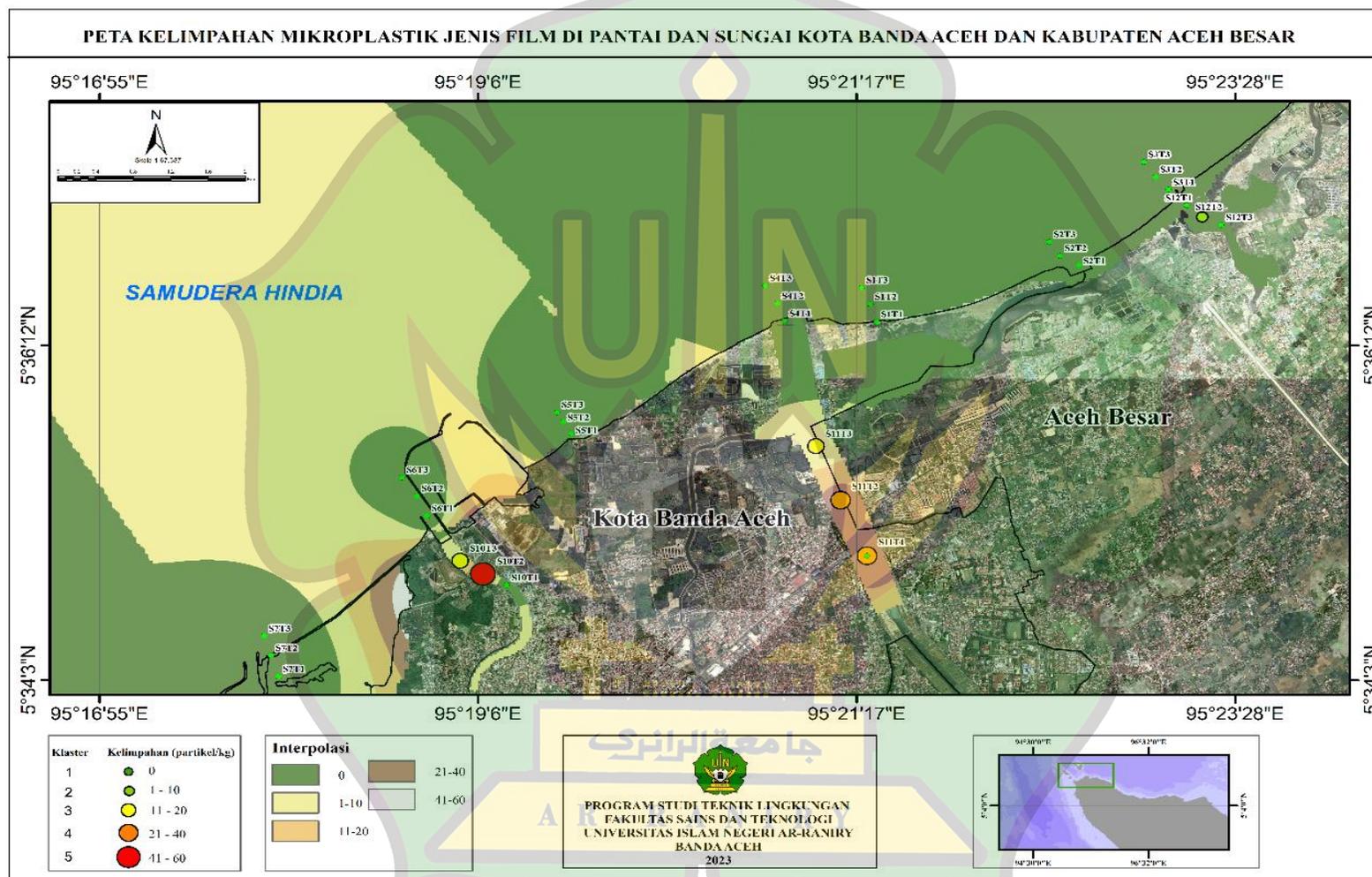


Gambar 4. 9 Peta Distribusi Kelimpahan fragmen

Hasil interpolasi distribusi fragmen mikroplastik pada sedimen dasar Pantai dan Sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar dibagi menjadi lima kategori berdasarkan warna dan kisaran nilai. Warna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 0-2, sementara warna oranye mencerminkan distribusi tingkat ke empat dengan rentang 3-5. Warna kuning mengindikasikan distribusi tingkat ke tiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 6-8. Warna hijau muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 3-5, dan warna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan rentang 0-2.

Penanggulangan kelimpahan fragmen mikroplastik di perairan, diperlukan pendekatan yang mendasar. Salah satu langkah awal yang sangat penting adalah mengurangi sumber plastik yang masuk ke perairan (Usman, 2020). Ini dapat dicapai dengan mengedukasi masyarakat tentang penggunaan produk plastik sekali pakai dan mendorong penggunaan produk yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, perlu diterapkan sistem pengelolaan sampah yang efektif di daratan, termasuk pemilahan, pengumpulan, dan daur ulang sampah plastik dengan baik sehingga mengurangi aliran sampah ke laut. Penggunaan teknologi penyaringan air di instalasi pengolahan limbah juga dapat menjadi alat penting dalam menangkap mikroplastik sebelum mencapai perairan (Liu, 2021).



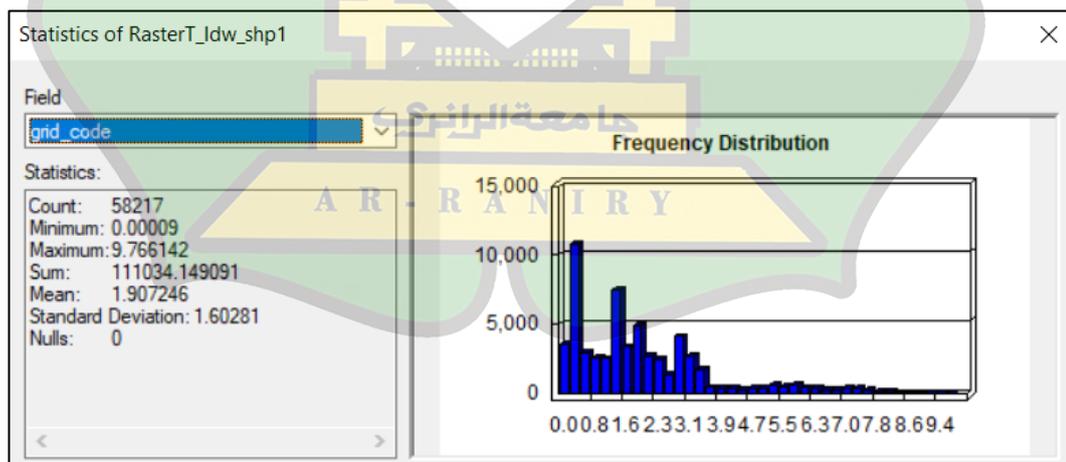


Gambar 4. 10 Peta Distribusi Kelimpahan film

Hasil interpolasi distribusi mikroplastik dalam bentuk film pada sedimen dasar Pantai dan Sungai Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar dibagi menjadi lima kategori berdasarkan warna dan kisaran nilai. Warna merah digunakan untuk menggambarkan distribusi tertinggi, yaitu dalam rentang 41-60. Warna oranye mencerminkan distribusi tingkat ke empat dengan rentang 21-40, sementara warna kuning mengindikasikan distribusi tingkat ke tiga, yang termasuk dalam distribusi sedang, dengan rentang 11-20. Warna hijau muda digunakan untuk distribusi tingkat kedua dengan rentang 1-10, dan warna hijau tua digunakan untuk distribusi rendah dengan nilai 0.

4.2.1 Analisis Akurasi Interpolasi

Root Mean Square Error (RMSE), juga dikenal sebagai *Root Mean Square Deviation (RMSD)*, dihitung berdasarkan kesalahan residual dan menunjukkan sejauh mana transformasi yang diperoleh itu baik (Prainanta, 2023). Dalam konteks interpolasi di ArcGIS, RMSE digunakan untuk mengukur sejauh mana variasi antara nilai yang diprediksi dan nilai sebenarnya. Nilai RMSE yang lebih rendah menunjukkan bahwa model interpolasi memiliki akurasi yang lebih baik dalam memprediksi nilai di lokasi yang tidak diketahui berdasarkan sampel data yang ada. Oleh karena itu, RMSE sangat penting dalam analisis geospasial untuk memvalidasi kualitas model interpolasi (Prainanta, 2023).



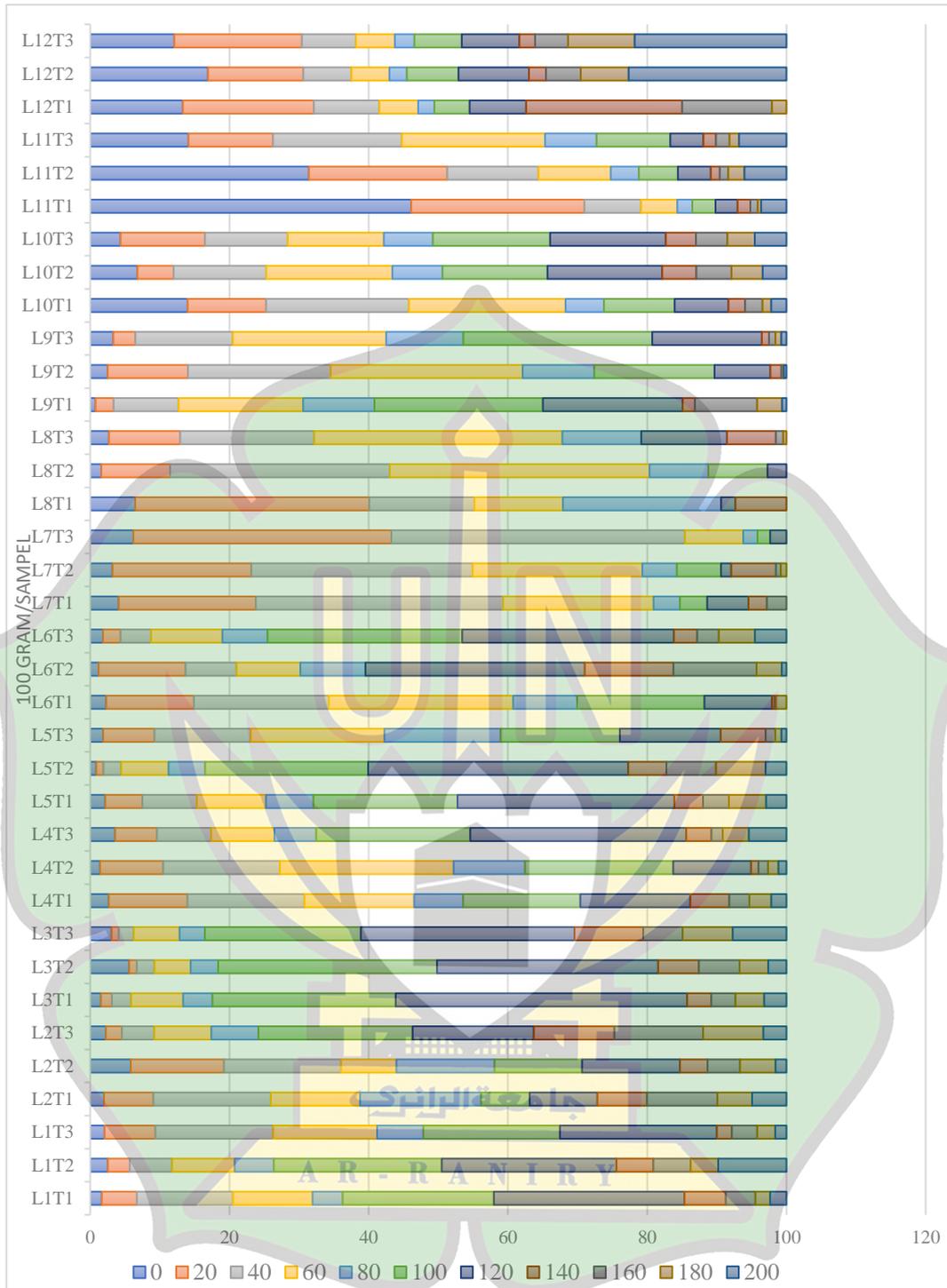
Gambar 4. 11 Hasil Analisis RMSE

Berdasarkan analisis *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dilakukan pada aplikasi *ArcGIS*, ditemukan bahwa standar deviasi sebesar 1,60 dari nilai akurasi sempurna dengan nilai 1. Ini menunjukkan bahwa rata-rata jarak antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai sebenarnya adalah 1,60. Nilai ini memberikan gambaran tentang sejauh mana variasi antara nilai yang diprediksi dan nilai sebenarnya. Dengan kata lain, ini menunjukkan tingkat akurasi model dalam memprediksi nilai berdasarkan data yang ada. Semakin rendah nilai standar deviasi, semakin akurat model dalam membuat prediksi (Meiryani, 2021). Nilai standar deviasi pada penelitian ini mencapai 1,60 dikarenakan semakin besar nilai standar deviasi maka semakin beragam angka pada hasil penelitian.

4.3 Hasil Analisis Granulometri

Pengambilan sampel sedimen dasar melibatkan 36 titik lokasi yang selanjutnya akan di klasifikasikan menggunakan metode *Sieve Analysis*. Proses ini menerapkan beberapa langkah yang terinci, pertama, dari setiap titik lokasi sampel yang telah ditentukan, diambil sebanyak 100 gram sedimen dasar sebagai perwakilan sampel. Kemudian, untuk menyaring sedimen ini, digunakan saringan berukuran 20 mesh. Fungsi saringan ini adalah untuk menahan butiran sedimen dengan ukuran yang lebih besar daripada 20 mesh, sementara yang lebih kecil akan melewati saringan ini. Setelah proses penyaringan selesai, selanjutnya adalah mengelompokkan sedimen berdasarkan ukuran butirannya. Setiap kelompok sedimen diberi label yang sesuai dengan ukuran saringan yang digunakan. Sebagai ilustrasi, sedimen yang tidak melewati saringan 20 mesh akan diberi label "0," sedangkan yang melewati saringan 20 mesh tetapi tidak saringan 40 mesh akan diberi label "20," dan seterusnya.

Proses penyaringan dilanjutkan dengan menggunakan saringan berukuran 40 mesh, 60 mesh, dan seterusnya, hingga mencapai kelompok sedimen dengan label "200". Terakhir, perhitungan persentase fraksi dilakukan untuk setiap kelompok sedimen. Ini dilakukan dengan membagi berat kelompok sedimen tersebut dengan berat total sedimen yang telah berhasil disaring. Metode sieve analysis adalah komponen penting dalam pemahaman tentang komposisi dan distribusi sedimen dasar di berbagai lokasi (Gemilang, 2017).



Gambar 4. 12 Grafik hasil *sieve analysis*

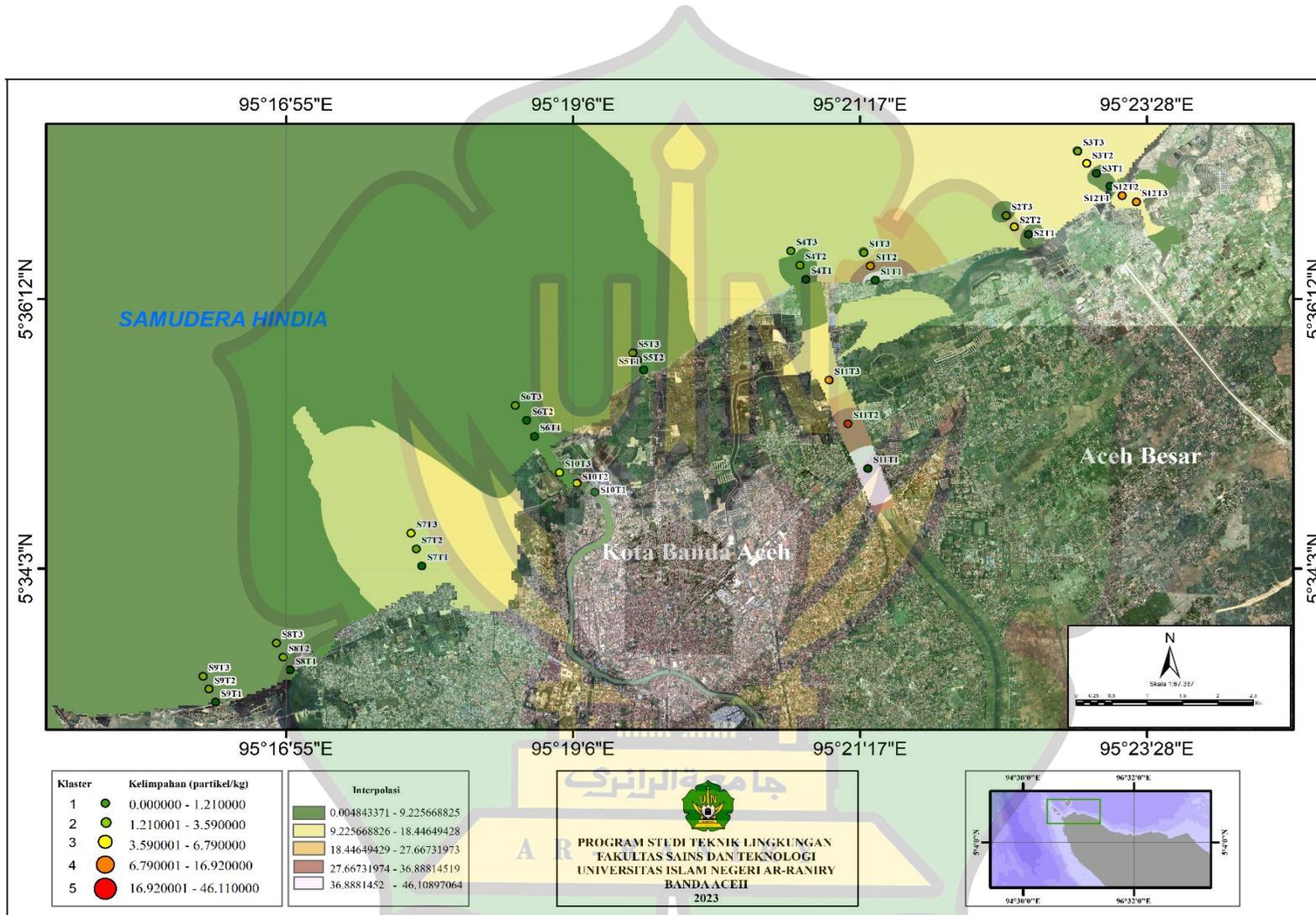
Beberapa temuan menarik dapat diperhatikan dari perbedaan fraksi sedimen antara titik-titik pengambilan sampel. Perbedaan fraksi sedimen di titik pengambilan sampel terdapat variasi yang signifikan dalam komposisi fraksi sedimen antara titik-titik pengambilan sampel. Ini bisa disebabkan oleh beberapa

faktor, termasuk perbedaan dalam sumber sedimen dan karakteristik hidrodinamika di masing-masing lokasi (Froditus, 2018). Fraksi Sedimen 180 pada titik pengambilan sampel L12 dan L11 menunjukkan fraksi sedimen 180 yang lebih tinggi dibandingkan dengan L10. Hal ini bisa mengindikasikan adanya pengayakan sedimen dengan butiran halus (clay) di titik-titik tersebut.

Proses sedimentasi sedimen butiran halus di titik ini mungkin terjadi karena daerah tersebut merupakan daerah pembelokan aliran sungai, sehingga energi hidrodinamika melambat, memungkinkan partikel-partikel halus untuk mengendap (Yuwandita, 2018). Fraksi Sedimen 20 Mesh dan 40 Mesh pada titik pengambilan sampel L10 hingga L12, yang berada di mulut muara, terlihat penurunan fraksi sedimen halus dengan ukuran 200 dan 180 mesh menuju lautan. Di sisi lain, fraksi sedimen dengan ukuran 20 mesh cenderung meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh perubahan dalam energi hidrodinamika dan pola aliran di daerah muara yang mempengaruhi pergerakan dan sedimentasi sedimen berdasarkan ukuran partikelnya (Layn, 2020).

Pada Lokasi 11, terdapat dominasi sedimen dengan kelimpahan mencapai 46.11, menunjukkan adanya partikel sedimen yang cukup besar yang dapat mempengaruhi karakteristik dasar di lokasi ini. Seluruh lokasi dari Lokasi 7 hingga 12 juga menunjukkan dominasi sedimen yang tinggi, dengan nilai kelimpahan mencapai 42.16 di Lokasi 7. Begitu juga, di seluruh lokasi, terutama dengan mesh ayakan ukuran 100, dominasi sedimen cukup tinggi dengan nilai kelimpahan sedimen mencapai 41.86. Namun, di lokasi 1 hingga 3, dominasi sedimen cukup rendah, dengan nilai kelimpahan sedimen hanya mencapai 12.9. Ini menggambarkan partikel sedimen yang lebih halus yang mendominasi wilayah ini. Demikian pula, di lokasi 1 hingga 3, dominasi sedimen rendah dengan kelimpahan sedimen mencapai 9.57, menunjukkan dominasi partikel sedimen yang sangat halus, terutama di lokasi 2.

Data ini dipresentasikan dalam bentuk peta dengan menunjukkan lokasi pengambilan sampel yang berbeda pada sejumlah gambar yang berbeda, mulai dari Gambar 4.11 hingga Gambar 4.21. Setiap peta memfokuskan pada dominasi sedimen berdasarkan ukuran ayakan mesh yang berbeda, yaitu 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, dan 200.



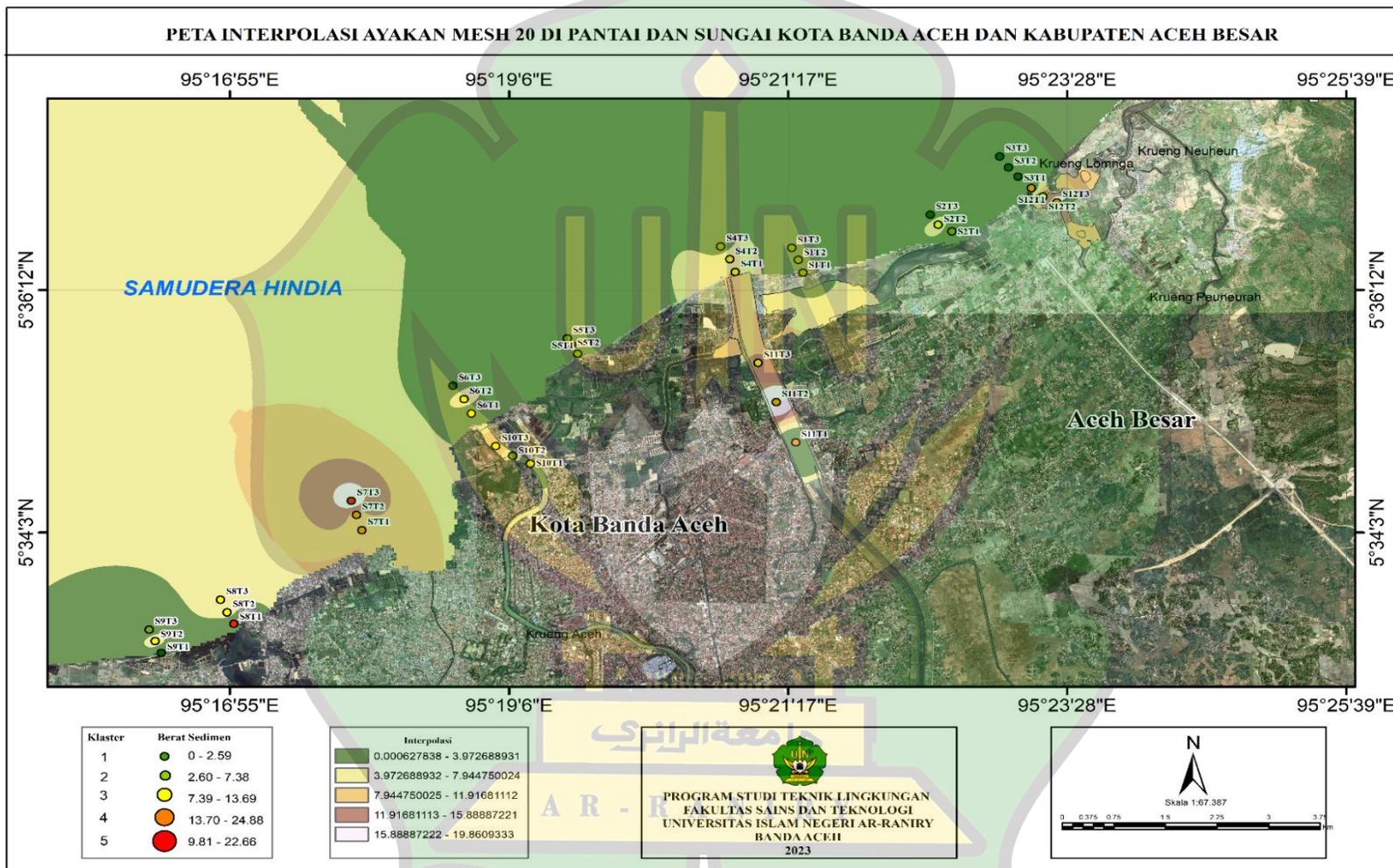
Gambar 4. 13 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 0

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan interpolasi terhadap komposisi sedimen dasar yang telah dianalisis menggunakan metode *sieve analysis* dengan mesh ukuran 0. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kelimpahan sedimen di lokasi tertinggi di S11 mencapai angka 46.11. Selain itu, hasil penelitian juga mengungkapkan bahwa seluruh muara sungai di wilayah ini memiliki ketinggian yang relatif tinggi. Namun, yang menarik, pesisir pantai di sekitar wilayah S11 dapat tergolong rendah, kecuali pada titik S1 yang masih tergolong tinggi. Hal ini mengindikasikan perbedaan karakteristik sedimen dasar di berbagai wilayah sekitar S11, temuan ini memperkuat penelitian terdahulu oleh (Tahumury, 2020), bahwa pola umum distribusi sedimen dapat dibagi menjadi dua jenis utama: sedimen fraksi kasar dan sedimen fraksi halus. Sedimen fraksi kasar, seperti pasir dan pasir lanauan, cenderung tersebar luas di lingkungan sungai. Di sisi lain, sedimen fraksi halus seperti lanau, lanau pasiran, dan lumpur pasiran lebih cenderung ditemukan di laut lepas atau daerah teluk, dengan sedikit kerikilannya.

Dalam data ini, lokasi yang memiliki sedimen dengan ukuran partikel yang lebih besar, seperti L10T1 dengan nilai 14, sedangkan ada juga lokasi yang memiliki sedimen dengan ukuran partikel yang lebih kecil, seperti L5T2 dengan nilai 0.87. Ini menunjukkan variasi dalam kondisi lingkungan di sekitar lokasi pengambilan sampel. Selain itu, beberapa titik pengambilan sampel, seperti L11T1, L11T2, dan L11T3, memiliki kelimpahan sedimen yang sangat tinggi, dengan nilai masing-masing sekitar 46.11, 31.42, dan 14.12. Hal ini mungkin mengindikasikan adanya akumulasi sedimen yang signifikan di lokasi-lokasi tersebut.

جامعة الرانري

AR - RANIRY

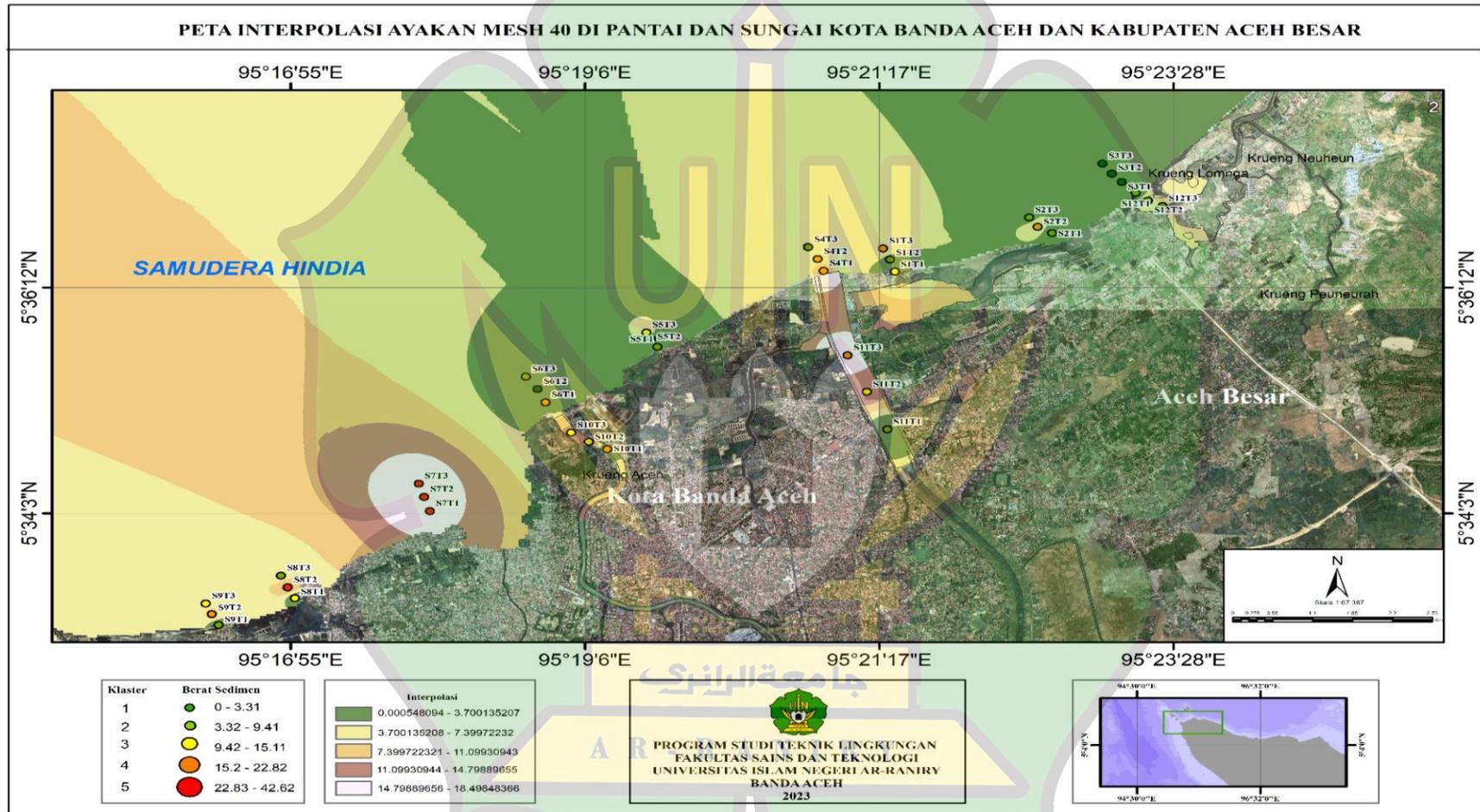


Gambar 4. 14 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 20

Dalam penelitian sedimentologi yang dilakukan di wilayah S7, telah dilakukan interpolasi komposisi sedimen dasar menggunakan metode sieve analysis dengan mesh ukuran 20. Data yang diperoleh berasal dari 36 titik pengambilan sampel sedimen. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelimpahan sedimen di lokasi tertinggi di S7 adalah sebesar 22.06. Selain itu, hasil penelitian juga mengungkapkan bahwa di wilayah S8T1, terdapat ketinggian yang signifikan karena adanya banyak batuan di sekitarnya. Meskipun demikian, rata-rata pesisir pantai di wilayah ini masih tergolong rendah. Fenomena ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam karakteristik geologi dan geomorfologi antara bagian dalam wilayah S7 dan wilayah S8T1.

Seluruh muara sungai di wilayah ini memiliki ketinggian yang tinggi, yang mungkin mencerminkan pengaruh dari kondisi geologis dan topografi di sekitar muara-muara sungai tersebut. Interpolasi sedimen dasar dengan menggunakan metode sieve analysis mesh 20 memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang komposisi sedimen dan lingkungan geologi di wilayah ini. Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 20 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar di berbagai wilayah yang berbeda. Pada beberapa lokasi seperti L7T3, L8T1, dan L8T2, terdapat kelimpahan sedimen yang cukup tinggi, dengan nilai yang mencapai 37.06, 33.63, dan 19.93. Hal ini mungkin mengindikasikan adanya akumulasi besar-besaran sedimen di lokasi-lokasi tersebut.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L3T1, L3T2, dan L3T3 memiliki kelimpahan sedimen yang jauh lebih rendah, dengan nilai di sekitar 1.03 hingga 1.57. Ini menunjukkan variasi yang signifikan dalam komposisi sedimen di berbagai wilayah. Selain itu, terdapat juga variasi dalam ukuran partikel sedimen. Beberapa lokasi memiliki sedimen dengan ukuran partikel yang relatif besar, sementara yang lain memiliki ukuran partikel yang lebih kecil (Ritonga, 2020).

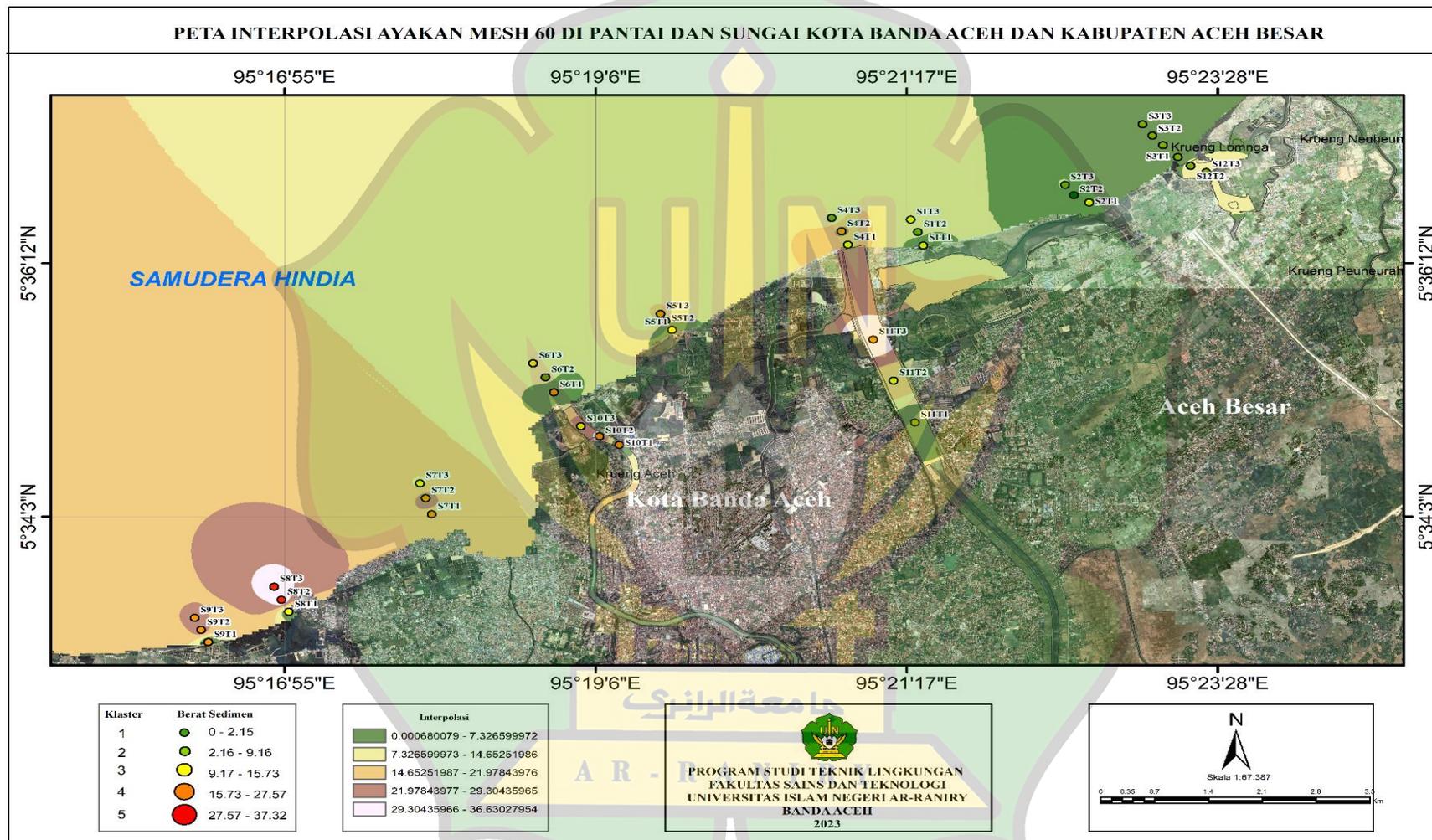


Gambar 4. 15 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 40

Dalam studi sedimentologi yang dilakukan di wilayah S7, dilakukan interpolasi komposisi sedimen dasar menggunakan metode sieve analysis dengan mesh ukuran 40. Data yang diperoleh berasal dari 36 titik pengambilan sampel sedimen. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelimpahan sedimen di titik tertinggi di S7 adalah sebesar 42.62. Selain itu, hasil penelitian juga mengungkapkan bahwa muara sungai Krueng Aceh dan Lamnyong juga tergolong tinggi, dengan kisaran nilai antara 15 hingga 22.83. Namun, secara umum, rata-rata pesisir pantai di wilayah Banda Aceh masih tergolong rendah. Berbeda dengan wilayah Kabupaten Aceh Besar yang memiliki kondisi pantai yang normal, dengan perubahan topografi yang tidak terlalu signifikan.

Menariknya, seluruh muara sungai di wilayah ini, kecuali muara sungai di S12, juga memiliki ketinggian yang tinggi. Hal ini menunjukkan adanya variasi yang cukup besar dalam karakteristik sedimentasi dan geomorfologi di sepanjang pantai Aceh. Interpolasi sedimen dasar dengan menggunakan metode sieve analysis mesh 40 memberikan wawasan yang lebih rinci tentang komposisi sedimen dan perubahan lingkungan di wilayah S7 dan sekitarnya. Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 40 telah berhasil dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang lebih halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L7T3, L7T1, dan L8T2, menunjukkan kelimpahan sedimen yang tinggi, dengan nilai mencapai 42.16, 35.5, dan 31.54. Hal ini bisa mengindikasikan adanya akumulasi sedimen yang signifikan di wilayah-wilayah tersebut.

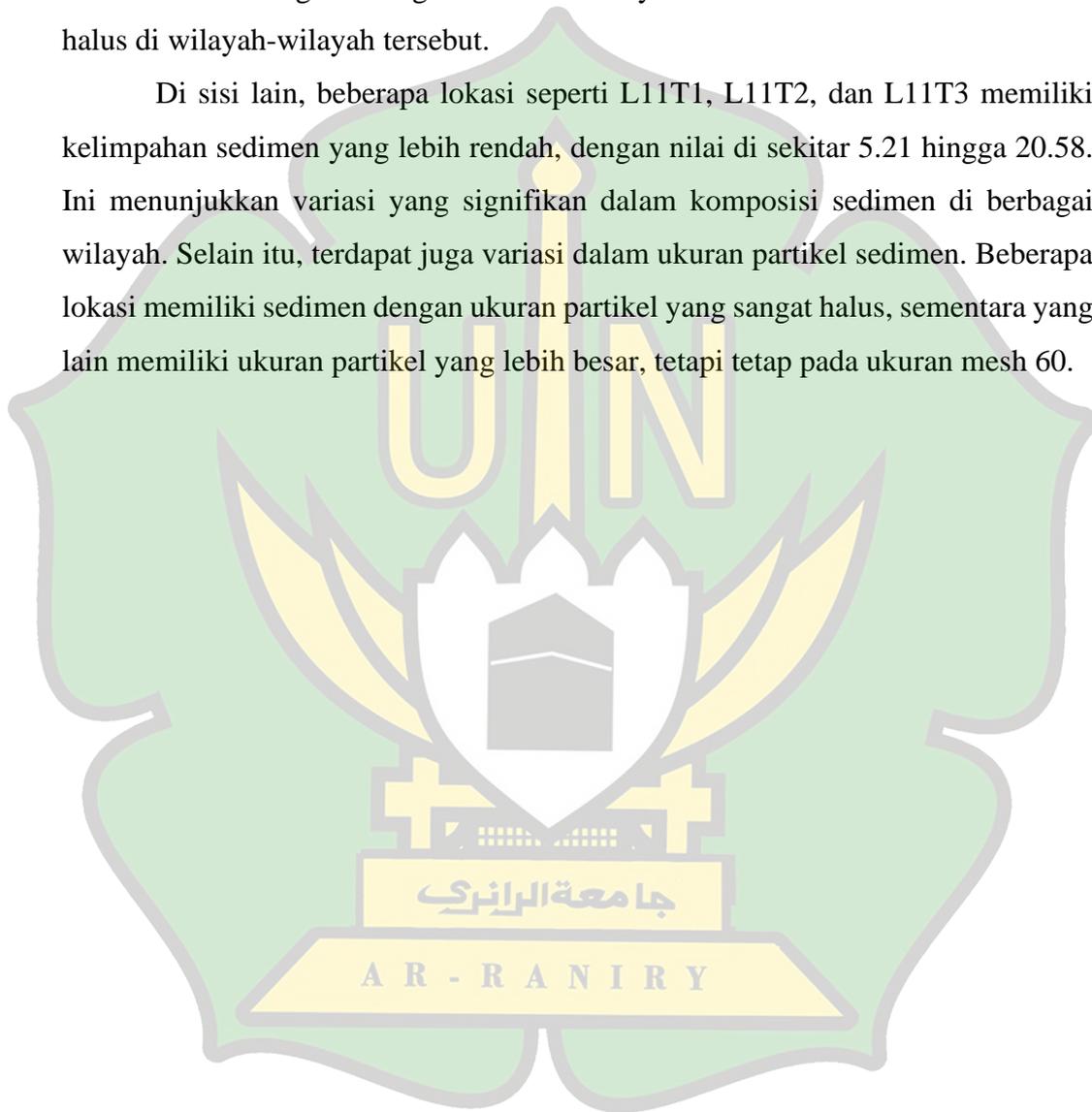
Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L3T1, L3T2, dan L3T3 memiliki kelimpahan sedimen yang jauh lebih rendah, dengan nilai di sekitar 2.14 hingga 2.76. Ini menunjukkan variasi yang signifikan dalam komposisi sedimen di berbagai wilayah. Selain itu, terdapat juga variasi dalam ukuran partikel sedimen. Beberapa lokasi memiliki sedimen dengan ukuran partikel yang relatif kecil, sementara yang lain memiliki ukuran partikel yang lebih besar.

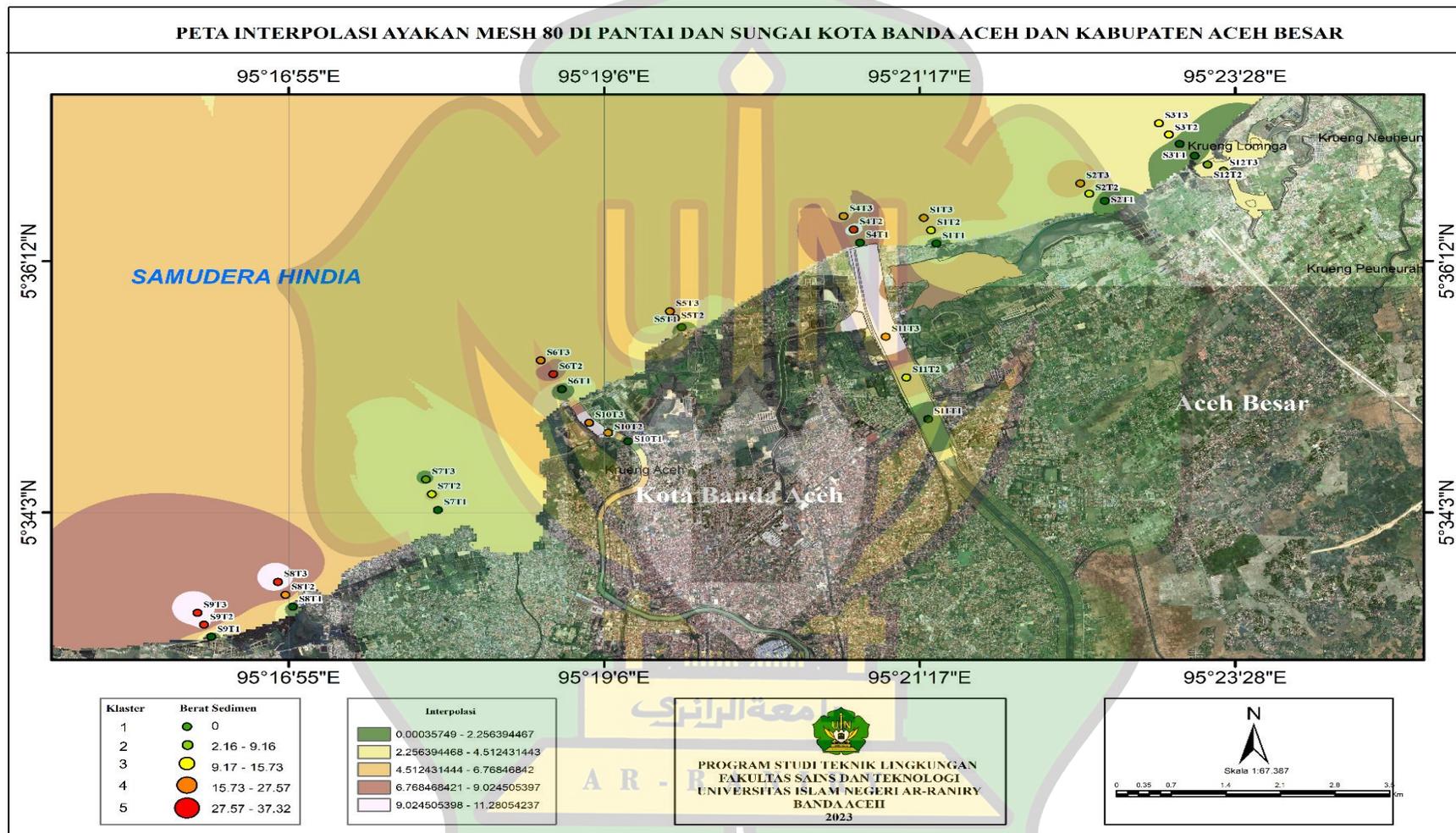


Gambar 4. 16 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 60

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 60 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L8T2, L8T3, dan L9T2, menunjukkan kelimpahan sedimen yang sangat tinggi, dengan nilai mencapai 37.32, 35.64, dan 27.57. Hal ini mungkin mengindikasikan adanya akumulasi besar-besaran sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L11T1, L11T2, dan L11T3 memiliki kelimpahan sedimen yang lebih rendah, dengan nilai di sekitar 5.21 hingga 20.58. Ini menunjukkan variasi yang signifikan dalam komposisi sedimen di berbagai wilayah. Selain itu, terdapat juga variasi dalam ukuran partikel sedimen. Beberapa lokasi memiliki sedimen dengan ukuran partikel yang sangat halus, sementara yang lain memiliki ukuran partikel yang lebih besar, tetapi tetap pada ukuran mesh 60.

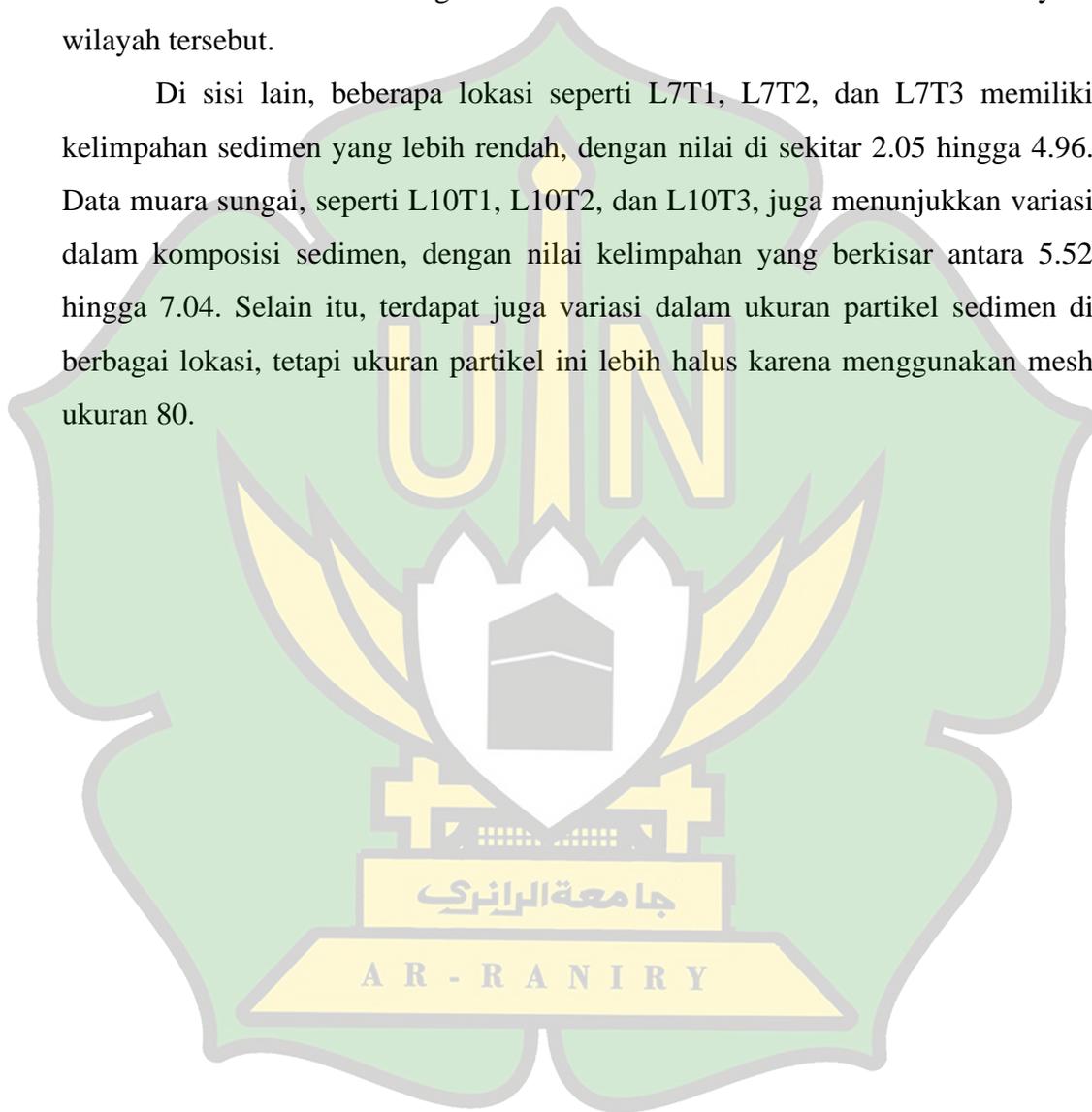


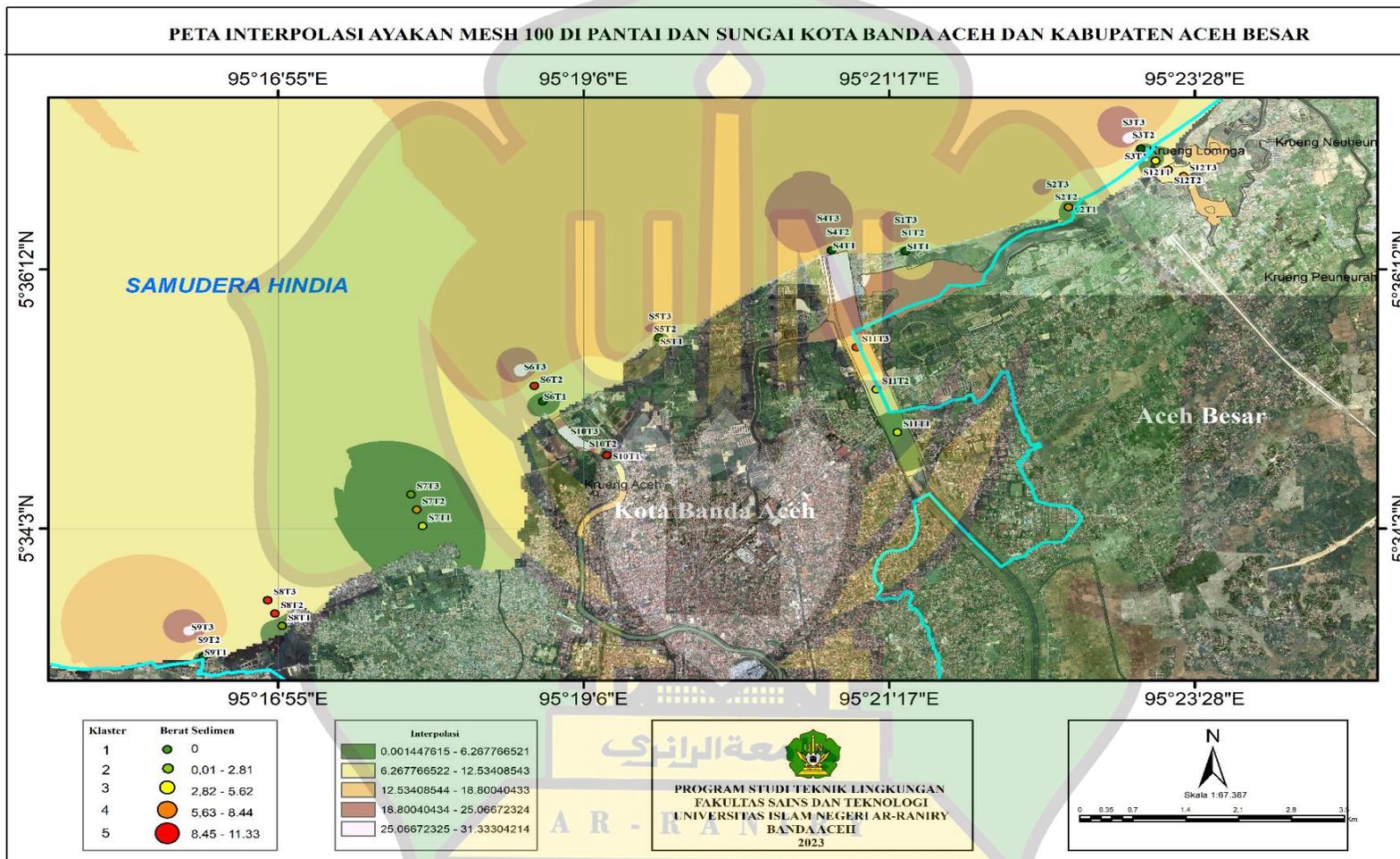


Gambar 4. 17 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 80

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 80 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel, termasuk beberapa lokasi di muara sungai. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L8T1 dan L8T3, menunjukkan kelimpahan sedimen yang tinggi, dengan nilai mencapai 22.72 dan 11.33. Hal ini bisa mengindikasikan akumulasi sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L7T1, L7T2, dan L7T3 memiliki kelimpahan sedimen yang lebih rendah, dengan nilai di sekitar 2.05 hingga 4.96. Data muara sungai, seperti L10T1, L10T2, dan L10T3, juga menunjukkan variasi dalam komposisi sedimen, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 5.52 hingga 7.04. Selain itu, terdapat juga variasi dalam ukuran partikel sedimen di berbagai lokasi, tetapi ukuran partikel ini lebih halus karena menggunakan mesh ukuran 80.



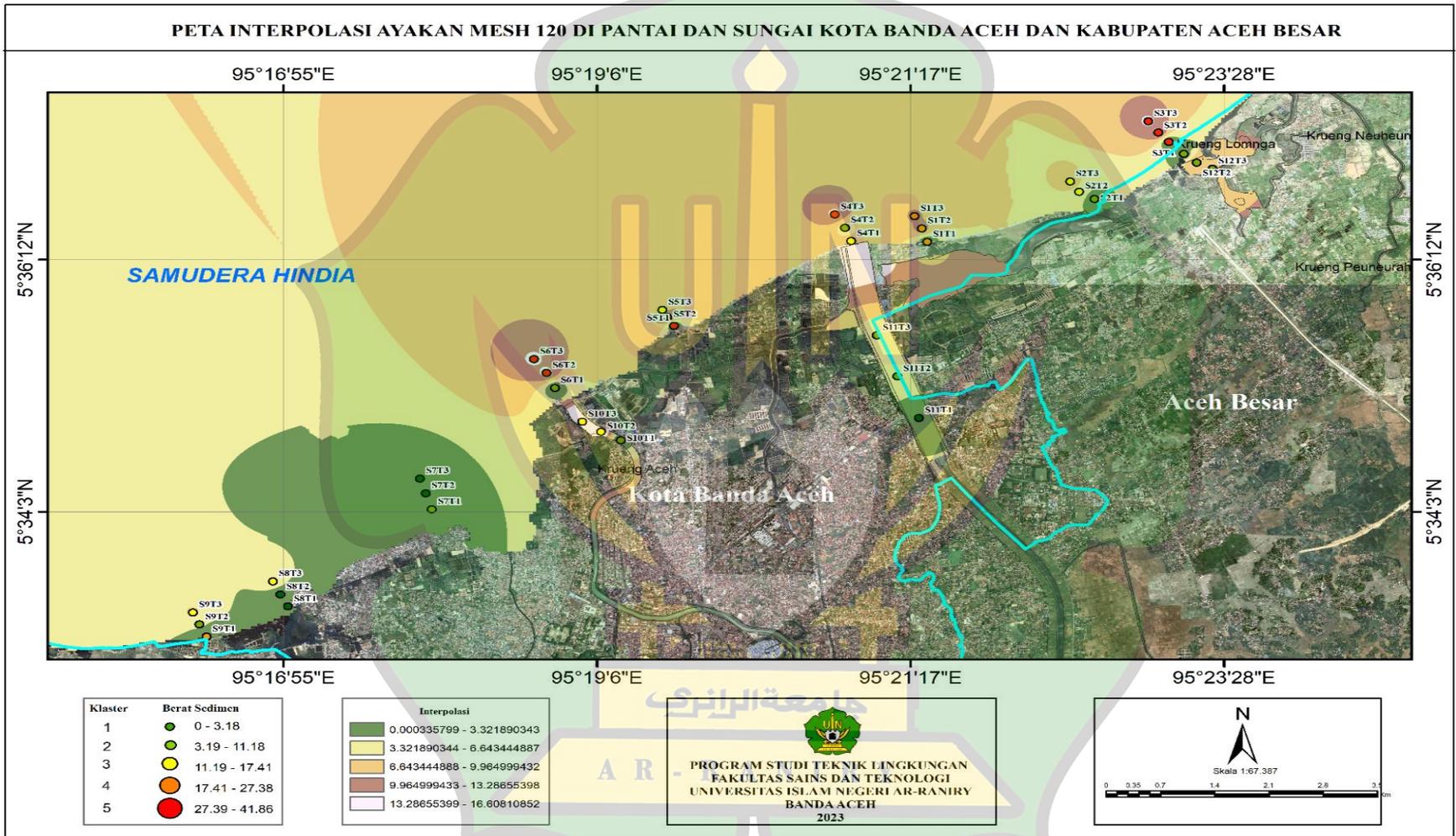


Gambar 4. 18 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 100

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 100 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel, termasuk beberapa lokasi di muara sungai. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L3T2 dan L3T3, menunjukkan kelimpahan sedimen yang tinggi, dengan nilai mencapai 31.44 dan 27.13. Ini mengindikasikan adanya akumulasi sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L8T1 dan L8T3 menunjukkan nilai kelimpahan sedimen yang sangat rendah, bahkan nol. Hal ini mungkin menandakan kurangnya sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut. Data muara sungai, seperti L10T1, L10T2, dan L10T3, juga menunjukkan variasi dalam komposisi sedimen, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 10.15 hingga 16.84. Selain itu, terdapat variasi dalam ukuran partikel sedimen di berbagai lokasi, dengan ukuran partikel yang sangat halus karena menggunakan mesh ukuran 100.

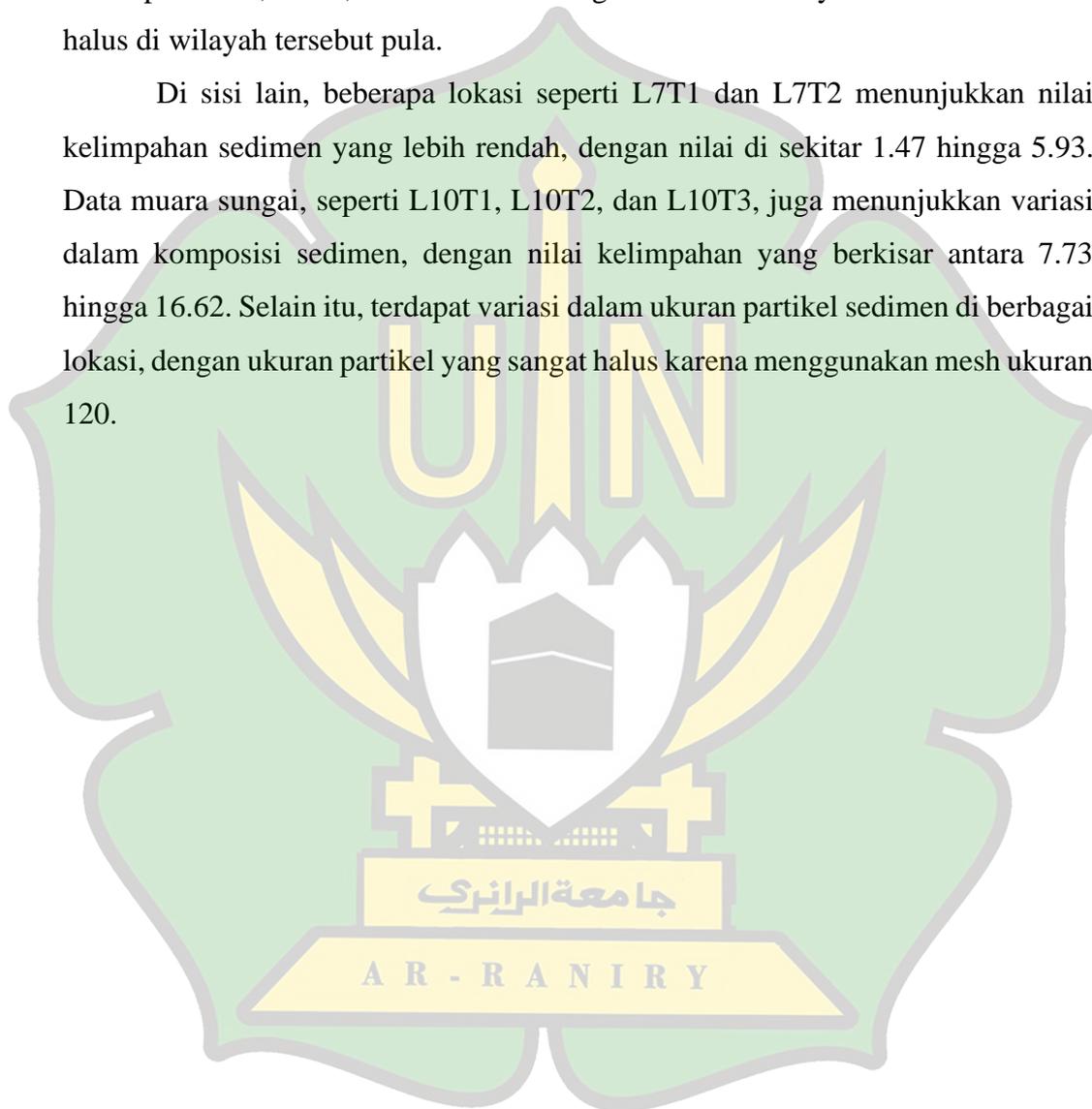


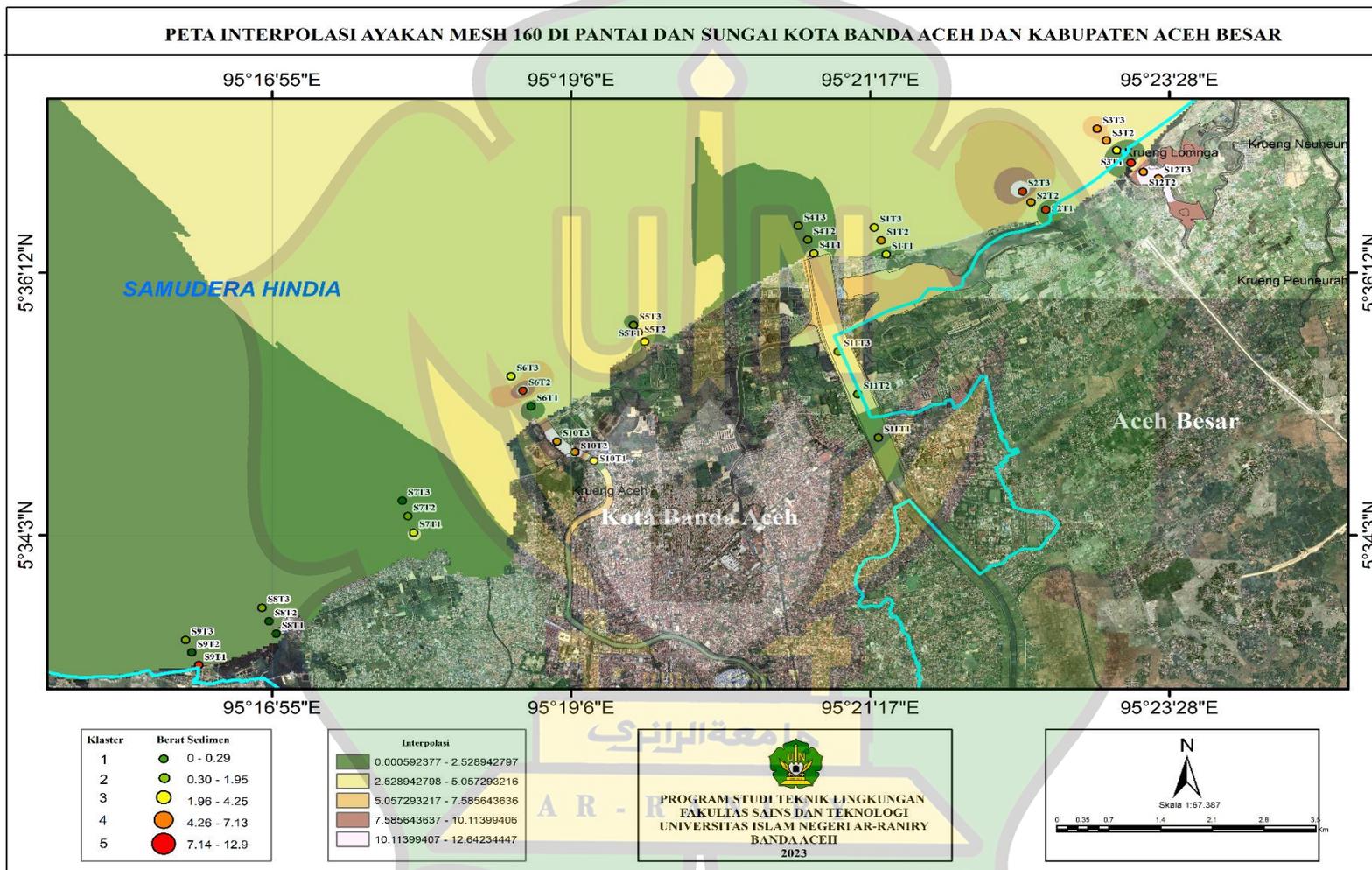


Gambar 4. 19 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 120

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 120 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel, termasuk beberapa lokasi di muara sungai. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L3T1, L3T2, dan L3T3, menunjukkan kelimpahan sedimen yang tinggi, dengan nilai mencapai 41.86, 31.76, dan 30.69. Ini mengindikasikan adanya akumulasi sedimen halus di wilayah tersebut pula.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L7T1 dan L7T2 menunjukkan nilai kelimpahan sedimen yang lebih rendah, dengan nilai di sekitar 1.47 hingga 5.93. Data muara sungai, seperti L10T1, L10T2, dan L10T3, juga menunjukkan variasi dalam komposisi sedimen, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 7.73 hingga 16.62. Selain itu, terdapat variasi dalam ukuran partikel sedimen di berbagai lokasi, dengan ukuran partikel yang sangat halus karena menggunakan mesh ukuran 120.



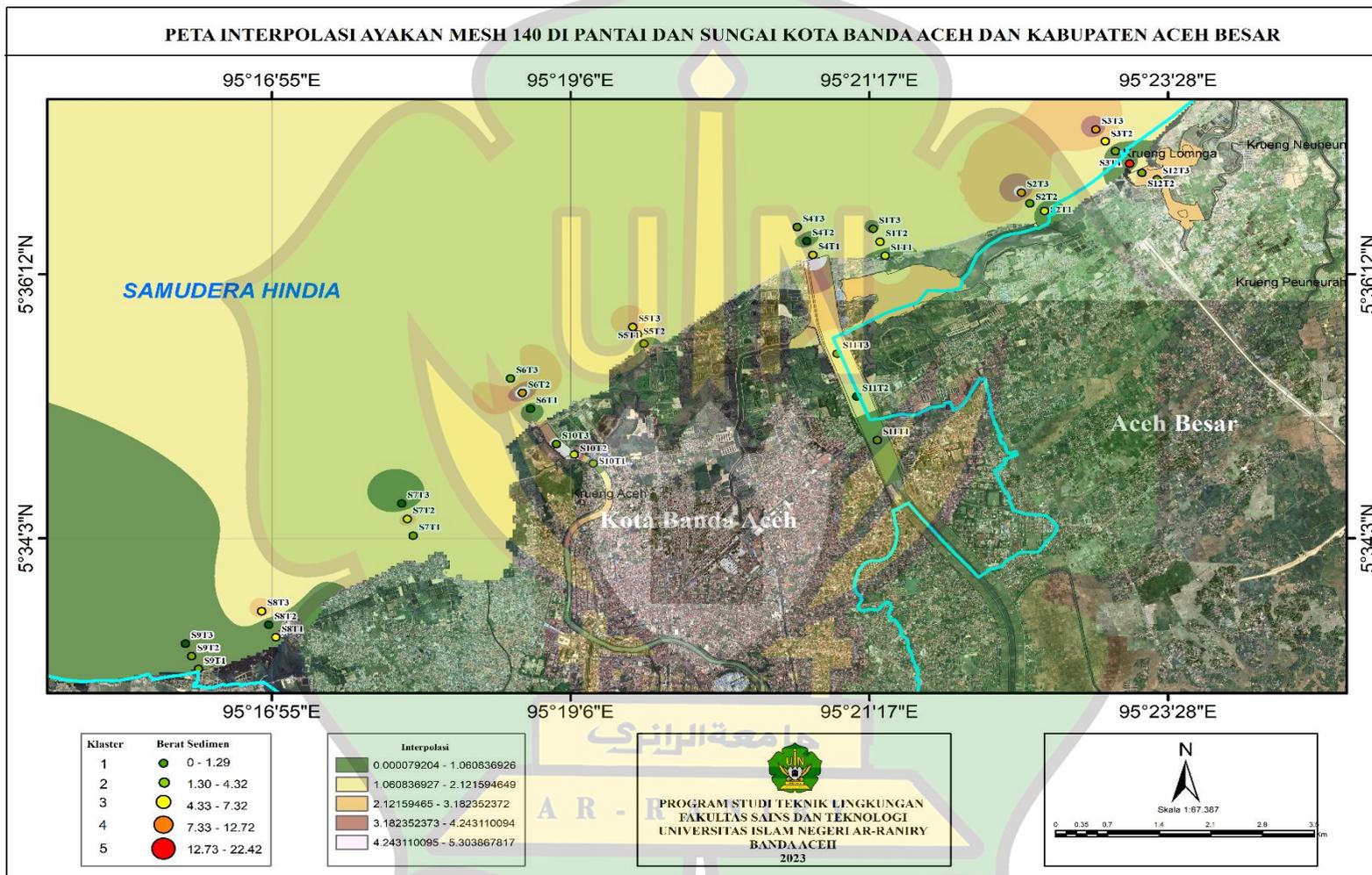


Gambar 4. 20 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 140

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 140 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel, termasuk beberapa lokasi di muara sungai. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L6T2, L12T1, dan L2T3, menunjukkan kelimpahan sedimen yang tinggi, dengan nilai mencapai 12.72, 22.42, dan 11.57. Ini mengindikasikan adanya akumulasi sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L7T3 dan L8T2 menunjukkan nilai kelimpahan sedimen yang sangat rendah, bahkan nol. Hal ini mungkin menandakan kurangnya sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut. Data muara sungai, seperti L10T1, L10T2, dan L10T3, juga menunjukkan variasi dalam komposisi sedimen, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 2.39 hingga 4.9. Selain itu, terdapat variasi dalam ukuran partikel sedimen di berbagai lokasi, dengan ukuran partikel yang sangat halus karena menggunakan mesh ukuran 140.

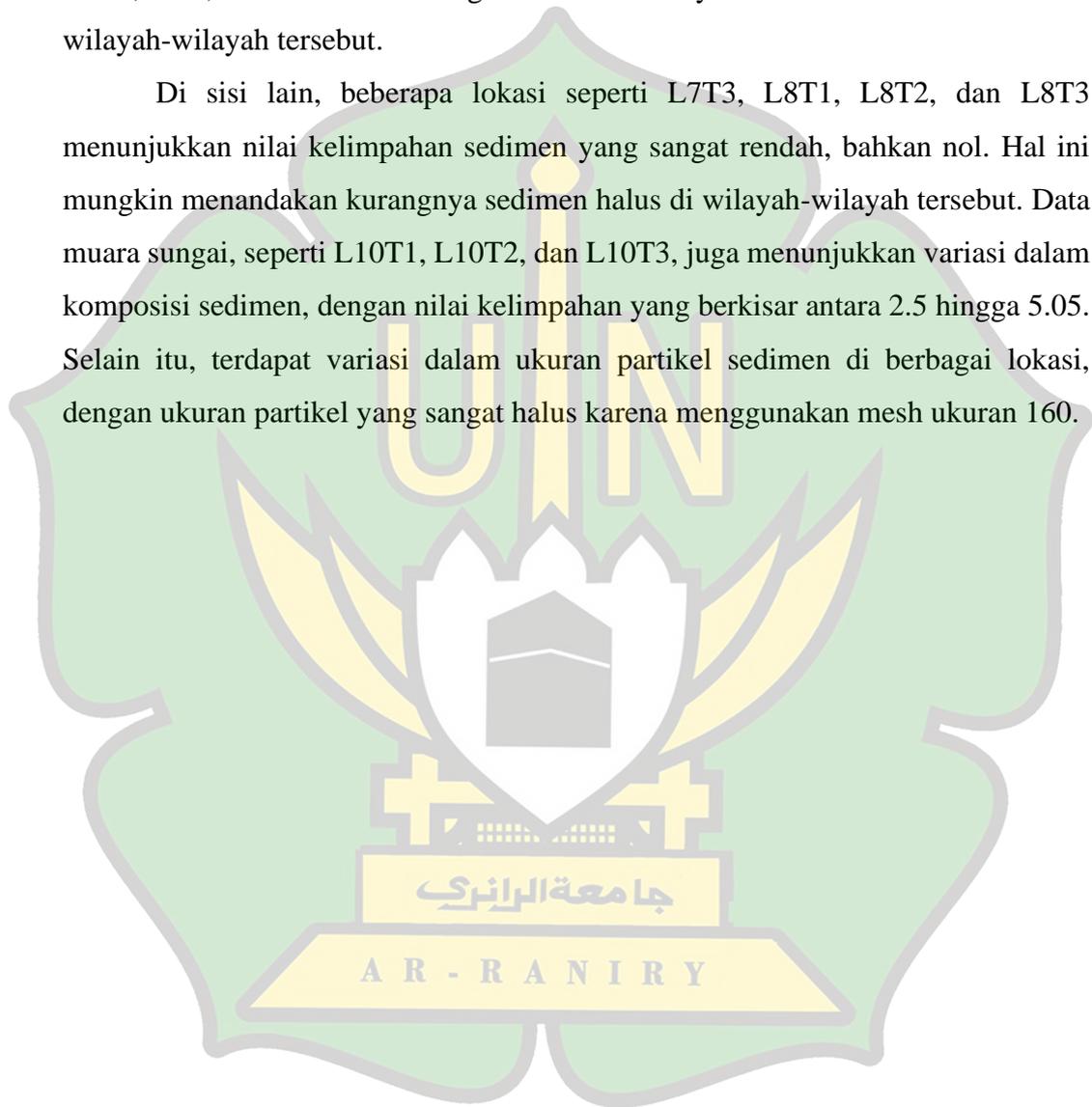


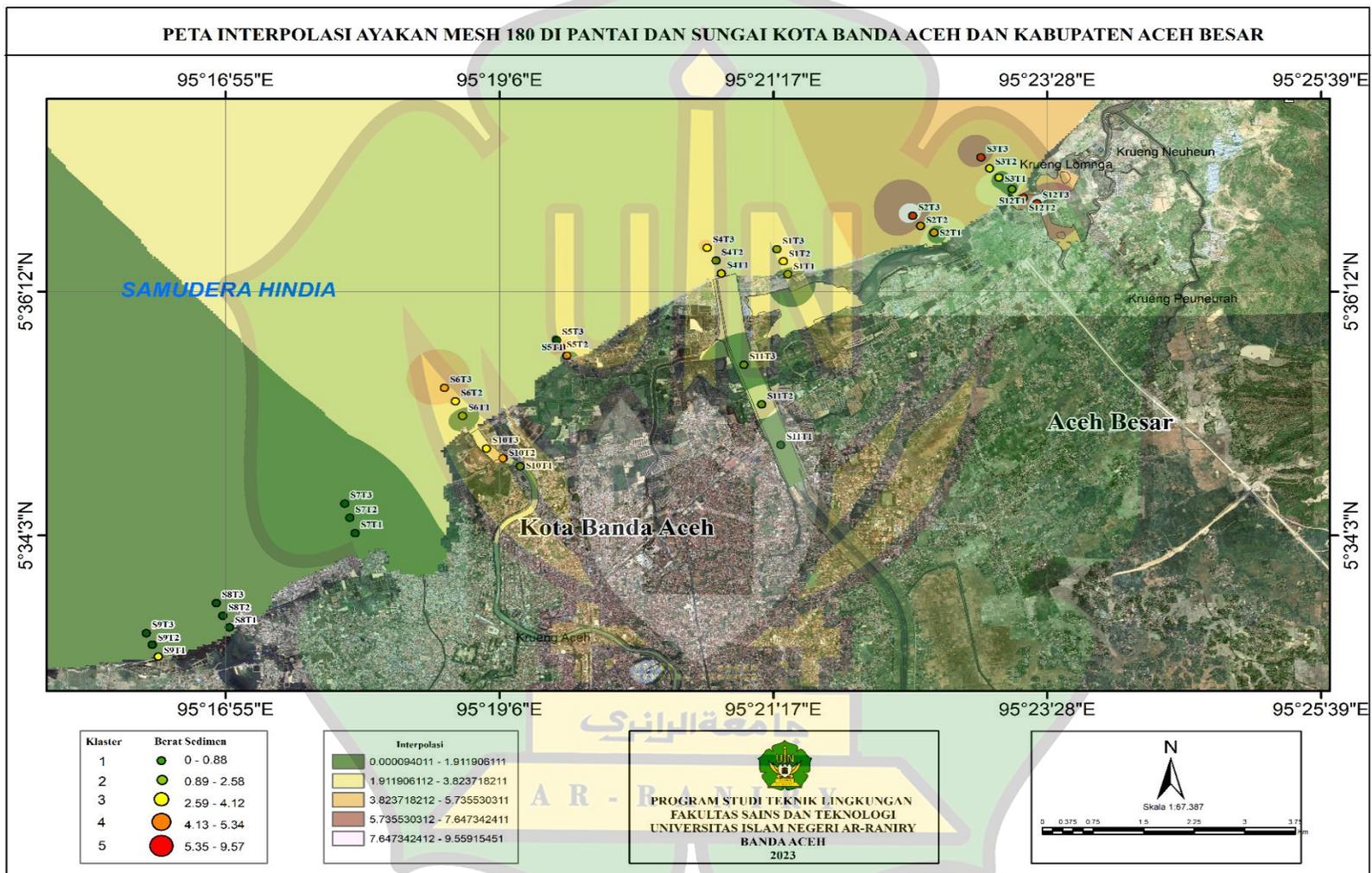


Gambar 4. 21 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 160

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 160 telah dilakukan pada berbagai lokasi pengambilan sampel, termasuk beberapa lokasi di muara sungai. Data ini menggambarkan komposisi sedimen dasar dengan ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah. Beberapa lokasi, seperti L6T2, L12T1, dan L2T3, menunjukkan kelimpahan sedimen yang tinggi, dengan nilai mencapai 12.75, 12.9, dan 11.94. Ini mengindikasikan adanya akumulasi sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L7T3, L8T1, L8T2, dan L8T3 menunjukkan nilai kelimpahan sedimen yang sangat rendah, bahkan nol. Hal ini mungkin menandakan kurangnya sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut. Data muara sungai, seperti L10T1, L10T2, dan L10T3, juga menunjukkan variasi dalam komposisi sedimen, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 2.5 hingga 5.05. Selain itu, terdapat variasi dalam ukuran partikel sedimen di berbagai lokasi, dengan ukuran partikel yang sangat halus karena menggunakan mesh ukuran 160.





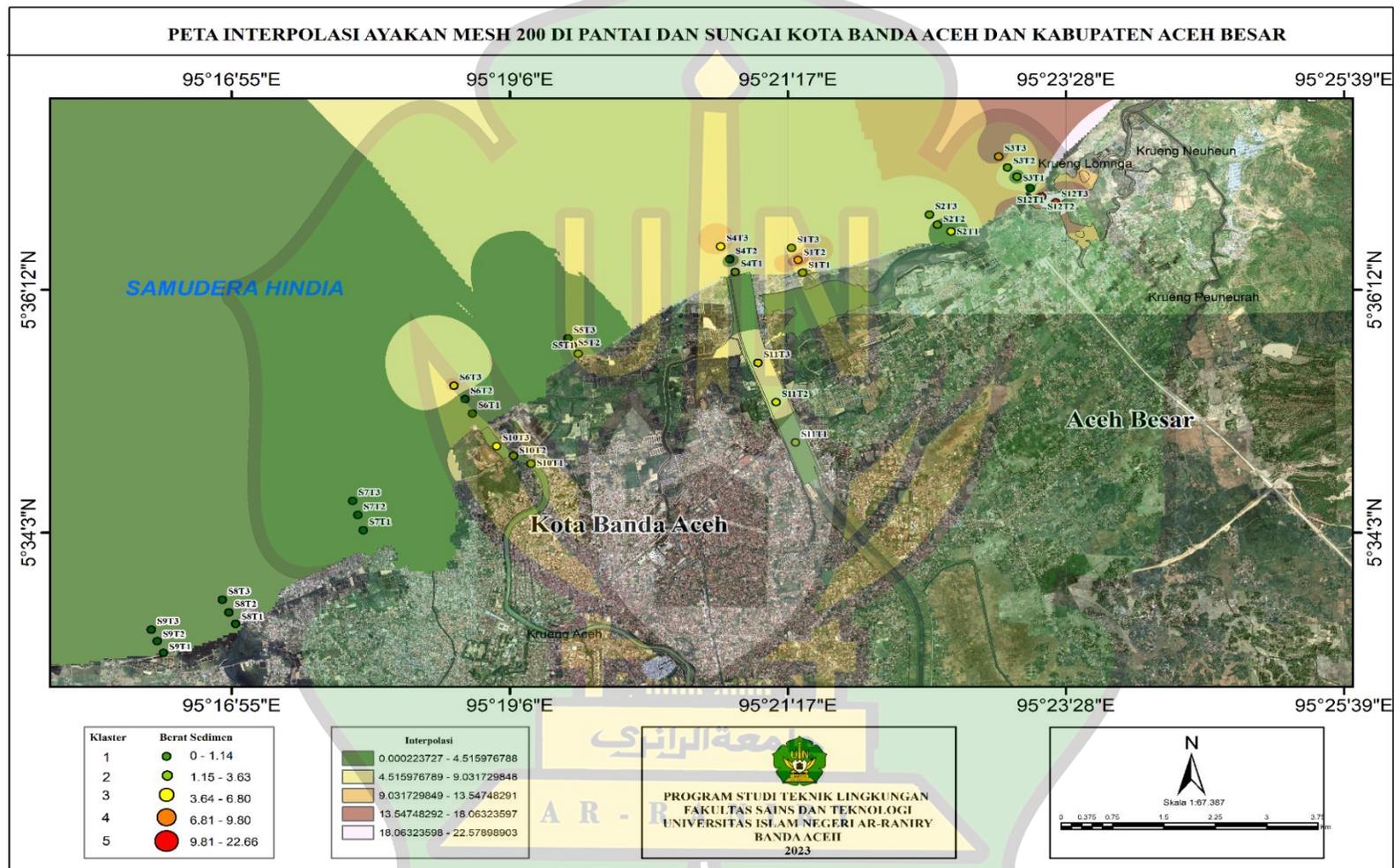
Gambar 4. 22 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 180

Interpolasi sedimen dasar dengan metode ayakan mesh ukuran 180 memberikan informasi tentang komposisi sedimen di berbagai lokasi pengambilan sampel, termasuk beberapa lokasi di muara sungai. Data ini menunjukkan kelimpahan sedimen dalam ukuran partikel yang sangat halus di berbagai wilayah, dan hal ini sangat relevan dalam pemahaman karakteristik sedimen dasar di wilayah-wilayah tersebut. Beberapa lokasi menonjol dengan kelimpahan sedimen yang tinggi. Misalnya, L2T3 memiliki nilai kelimpahan sedimen mencapai 8.65, dan L3T3 mencapai 7.2. Hal ini mengindikasikan adanya akumulasi sedimen halus yang signifikan di wilayah-wilayah ini. Sedimen halus ini bisa menjadi indikator penting dalam analisis sedimentasi dan perubahan morfologi di wilayah-wilayah ini.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti L7T1, L7T3, L8T1, L8T2, L8T3, L9T2, dan L9T3 menunjukkan nilai kelimpahan sedimen yang sangat rendah, bahkan nol. Ini bisa mengindikasikan kurangnya sedimen halus di wilayah-wilayah tersebut, yang dapat memiliki implikasi pada proses sedimentasi dan morfologi di wilayah-wilayah ini. Data muara sungai, seperti L10T1, L10T2, dan L10T3, juga menunjukkan variasi dalam kelimpahan sedimen, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 1.25 hingga 4.48. Ini menunjukkan perbedaan dalam karakteristik sedimen di muara sungai yang berbeda. Selain itu, data ini juga mengungkapkan variasi dalam ukuran partikel sedimen di berbagai lokasi, dengan ukuran partikel yang sangat halus karena menggunakan mesh ukuran 180.

جامعة الرانري

AR - RANIRY



Gambar 4. 23 Peta interpolasi sedimen dasar dengan metode sieve mesh 200

Di pesisir pantai (L1 hingga L9), hasil pengambilan sampel mengungkap variasi yang mencolok dalam konsentrasi sedimen yang mampu melewati ayakan mesh berukuran 200. Pada lokasi L1, konsentrasi sedimen ini mencapai 2.33, namun di L2, angka tersebut melonjak tajam menjadi 4.93, menunjukkan peningkatan yang signifikan. Selanjutnya, di L3, terjadi penurunan ringan hingga mencapai 3.19, yang kemudian kembali meningkat di L4 dengan nilai sebesar 2.17. Perubahan signifikan terjadi di lokasi L5, dengan konsentrasi sedimen yang mampu melewati ayakan mencapai puncaknya pada 2.92. Namun, di L6, angka tersebut tiba-tiba menurun drastis hingga mencapai 0, mencerminkan variasi luar biasa dalam kondisi perairan di sekitar area ini. Selanjutnya, di L7, L8, dan L9, tidak ada sedimen yang dapat melewati ayakan berukuran 200, menandakan bahwa sedimen di lokasi ini mungkin sangat halus atau bahkan tidak mengandung sedimen yang diukur.

Pada muara sungai (L10 hingga L12), konsentrasi sedimen yang mampu melewati ayakan mesh ukuran 200 kembali meningkat secara signifikan. Di L10, konsentrasi mencapai 2.18, kemudian meningkat menjadi 3.63 di L11, dan mencapai titik tertinggi di L12 dengan angka mencolok yaitu 22.66. Temuan ini mengindikasikan adanya peningkatan yang mencolok dalam jumlah sedimen kasar yang melewati ayakan di wilayah muara sungai. Data ini mencerminkan dinamika perubahan dalam komposisi sedimen sungai, mulai dari hulu hingga muara, serta fluktuasi yang signifikan dalam konsentrasi sedimen yang dapat melewati ayakan mesh ukuran 200 di berbagai titik pengukuran.

4.4 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen

Klasifikasi ukuran butir sedimen sesuai dengan *American Geophysical Union* menunjukkan hasil yang informatif dari pengklasifikasian ukuran butir sedimen berdasarkan ayakan mesh. Dalam analisis ini, sepuluh ayakan mesh berbeda digunakan untuk memisahkan dan menggolongkan sedimen. Hasilnya mengungkapkan variasi yang signifikan dalam ukuran butir sedimen dalam sampel yang diayak. Ayakan Mesh 20 digunakan untuk mengklasifikasikan batu sedang, yang merupakan pasir sangat halus. Ini adalah ukuran butir terbesar dalam sampel ini. Selanjutnya, pada Ayakan Mesh 40, kita mendapati batu kecil dengan lumpur kasar. Di Ayakan Mesh 60 hingga 100, kita melihat klasifikasi sebagai kerakal besar

dengan lumpur sedang. Ini menunjukkan adanya sedimen dengan ukuran butir yang lebih halus dan seragam dalam sampel ini.

Pada Ayakan Mesh 120 hingga 200, ukuran butir semakin kecil dan lebih seragam, menghasilkan klasifikasi sebagai kerakal kecil dengan lumpur halus. Hal ini menunjukkan adanya fraksi sedimen yang sangat halus dalam sampel ini. Secara keseluruhan, Standar dari *American Geophysical Union* memberikan gambaran yang jelas tentang distribusi ukuran butir sedimen dalam sampel, dengan rentang dari pasir sangat halus hingga lumpur halus, dan berbagai ukuran di antaranya (Lutfitasari, 2015).

4.5 Korelasi Mikroplastik Terhadap Sedimen

Analisis korelasi antara jenis mikroplastik dan kelompok ukuran sedimen di muara menghasilkan temuan yang menarik. Jenis mikroplastik berbentuk serat (Fiber) menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan sedimen berukuran halus, terutama pada kelompok sedimen dengan ukuran 200+. Di sisi lain, jenis mikroplastik fragmen dan film tidak menunjukkan pola korelasi yang jelas dengan kelompok sedimen berukuran halus. Hasil ini menggambarkan bahwa mikroplastik berjenis fiber memiliki interaksi yang kuat dengan sedimen berukuran halus di muara (Rahmatillah, 2022), sementara jenis mikroplastik lainnya tidak memiliki asosiasi yang signifikan dengan sedimen berukuran halus.

Korelasi positif antara kelimpahan mikroplastik dan sedimen berukuran halus mengindikasikan bahwa mikroplastik cenderung mengakumulasi pada sedimen halus, terutama di daerah muara sungai. Interaksi ini terjadi selama proses pengendapan, yang dapat menjelaskan mengapa kelimpahan mikroplastik lebih tinggi di area ini. Hasil ini juga menyoroti bahwa pergerakan dan distribusi mikroplastik di lingkungan muara sangat dipengaruhi oleh karakteristik sedimen, terutama ukuran butirnya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 4 Tabel Hasil Korelasi Pearson

	Fiber	Fragmen	Film	Total	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Fiber	1.00	0.56	-0.20	0.92	-0.49	-0.37	0.02	0.42	0.25	0.26	0.31	0.21	0.21	0.48	0.53
Fragmen		1.00	-0.01	0.71	-0.08	-0.21	0.08	0.16	0.35	-0.15	0.07	0.41	-0.50	-0.13	0.15
Film			1.00	0.26	0.22	0.15	-0.61	-0.42	-0.37	-0.03	0.08	-0.13	0.39	0.18	0.20
Total				1.00	0.63	0.21	-0.12	-0.18	-0.31	-0.45	-0.26	-0.04	0.00	0.87	0.48
0					1.00	0.46	0.78	-0.28	-0.34	-0.54	-0.43	-0.14	-0.18	-0.17	0.28
20						1.00	0.58	-0.01	0.03	-0.85	-0.73	0.04	-0.22	-0.32	0.30
40							1.00	0.60	0.09	-0.60	-0.68	-0.23	-0.44	-0.64	-0.29
60								1.00	0.34	-0.10	-0.43	-0.31	-0.52	-0.66	-0.45
80									1.00	0.18	-0.17	-0.02	-0.02	-0.25	-0.46
100										1.00	0.83	-0.09	0.04	0.14	-0.41
120											1.00	0.11	0.27	0.40	-0.21
140												1.00	0.73	0.16	-0.13
160													1.00	0.54	0.04
180														1.00	0.56
200															1.00

Dalam analisis korelasi berdasarkan matriks data yang disajikan, terungkap sejumlah hubungan yang kompleks antara jenis kontaminan (Fiber, Fragmen, dan Film), total konsentrasi, dan nilai-nilai konsentrasi spesifik dalam sampel sedimen dasar. Fiber menunjukkan korelasi positif yang kuat dengan sedimen berukuran halus yang diayak menggunakan mesh 160 hingga 200, dengan nilai korelasi mencapai 0.53. Ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Fiber dalam sampel cenderung berkorelasi positif dengan kandungan sedimen halus. Dengan kata lain, semakin halus sedimen, semakin tinggi kecenderungan kontaminan mikrofiber.

Selanjutnya, Film menunjukkan korelasi negatif dengan Fiber (-0.20), menandakan hubungan yang berlawanan arah. Sementara itu, Fragmen menunjukkan korelasi yang kuat dengan sedimen yang diayak menggunakan mesh 80 dan 140, dengan nilai korelasi masing-masing adalah 0.35 dan 0.41. Ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Fragmen dalam sampel berkorelasi positif dengan kandungan sedimen dalam ukuran tertentu yang diayak menggunakan mesh 80 dan 140. Hubungan positif antara Fragmen dan Film dengan nilai korelasi mencapai 0.71, menunjukkan adanya hubungan positif antara kedua jenis kontaminan ini. Selain itu, hubungan antara Fragmen dan total konsentrasi juga positif (0.63), mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi Fragmen seringkali disertai dengan peningkatan total konsentrasi dalam sampel. Film juga memiliki korelasi yang kuat dengan sedimen yang diayak menggunakan mesh 160, dengan nilai korelasi sebesar 0.39, menggambarkan bahwa konsentrasi Film dalam sampel

berkorelasi positif dengan kandungan sedimen dalam ukuran yang diayak menggunakan mesh 160.

Pada analisis nilai-nilai konsentrasi spesifik, ditemukan variasi yang kompleks dalam interaksi antara jenis kontaminan dan nilai konsentrasi spesifik. Seperti, nilai konsentrasi 0 memiliki korelasi positif dengan Fiber (0.48) dan Fragmen (0.53), tetapi korelasi negatif dengan Film (-0.20). Temuan ini menggambarkan kompleksitas hubungan antara jenis kontaminan dan nilai-nilai konsentrasi spesifik dalam sampel, hal ini sama seperti teori penggunaan rumus metode korelasi pearson yang dijelaskan oleh Bimo (2010), bahwa Jika menghasilkan angka negatif berarti hubungan bersifat tidak searah. Tidak searah artinya jika nilai variabel bebas besar, variabel tergantung semakin kecil. angka korelasi berkisar antara 0-1.

Total kelimpahan, yang mewakili total konsentrasi kontaminan, memiliki korelasi paling kuat dengan sedimen yang diayak menggunakan mesh 180, dengan nilai korelasi mencapai 0.87. Korelasi yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa konsentrasi total kontaminan dalam sampel sangat berkorelasi positif dengan kandungan sedimen dalam ukuran yang diayak menggunakan mesh 180. Hasil analisis menunjukkan sejumlah temuan yang signifikan mengenai korelasi antara kelimpahan mikroplastik, jenis mikroplastik, dan ukuran butir sedimen di dasar pesisir pantai dan muara di Kota Banda Aceh serta Kabupaten Aceh Besar.

Korelasi positif yang paling signifikan teramati pada kelompok sedimen dengan mesh 180, dengan nilai korelasi mencapai 0.87, mengindikasikan bahwa mikroplastik memiliki afinitas yang kuat terhadap sedimen yang memiliki ukuran butir yang halus. Sebaliknya, kelimpahan mikroplastik menunjukkan korelasi negatif yang paling rendah pada kelompok sedimen berukuran kasar, dengan nilai korelasi sebesar -0.49 pada kelompok sedimen dengan mesh 0. Nilai-nilai koefisien korelasi ini mencerminkan kecenderungan yang nyata bahwa mikroplastik lebih melimpah dalam sedimen berukuran halus, terutama di daerah muara sungai. Temuan ini memiliki implikasi yang sangat penting karena sedimen berukuran halus memengaruhi berbagai proses, termasuk transportasi, distribusi, dan akumulasi mikroplastik di muara.

4.6 Rekomendasi Manajemen Lingkungan Dari Ancaman Mikroplastik

Mikroplastik telah menjadi masalah lingkungan global yang serius, termasuk di pesisir pantai dan muara sungai Kota Banda Aceh. Rekomendasi kebijakan ini bertujuan untuk memberikan saran bagi pembaca beberapa upaya dalam mengurangi polusi mikroplastik dan melindungi ekosistem maritim dan sungai Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar. Berikut adalah beberapa kebijakan yang dapat dipertimbangkan dalam membuat kebijakan lingkungan tentang mikroplastik:

1. Memahami sumber dan dampak mikroplastik

Harus dapat dipahami sumber dan dampak mikroplastik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Mikroplastik dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk produk tekstil, pengelolaan sampah yang belum maksimal, yang diidentifikasi sebagai sumber utama mikroplastik di seluruh ekosistem perairan (oecd, 2021). Mikroplastik memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dalam lingkungan, mikroplastik dapat diserap oleh organisme laut dan mengganggu rantai makanan. Mikroplastik juga dapat mengangkut polutan organik yang berbahaya ke dalam sistem biologis.

2. Pengendalian sumber mikroplastik

Pengendalian dapat dilakukan dengan bekerja sama dengan industri lokal untuk menerapkan teknologi dan praktik terbaik guna mengurangi pelepasan mikroplastik. Ini dapat mencakup penggunaan bahan alternatif, peningkatan proses produksi, dan pengolahan limbah yang lebih baik. Penelitian yang mencakup perairan dan polusi serta pencemaran dari sampah akan dilakukan oleh tim peneliti lingkungan yang bekerja sama dengan universitas dan lembaga swadaya masyarakat. Mendorong penggunaan produk alternatif yang ramah lingkungan, seperti tas belanja kain, sedotan bambu, dan peralatan makan dari bahan biodegradable.

3. Teknologi mitigasi dan praktik terbaik

Menerapkan teknologi mitigasi dan praktik terbaik sepanjang siklus persampahan serta mengurangi pelepasan potensi pencemar ke lingkungan, seperti penggunaan desain produk ramah lingkungan, dengan mengimplementasikan produk yang ramah lingkungan untuk mengurangi produksi sampah pada sumbernya. Penggunaan teknologi hemat air untuk mengurangi konsumsi air dan pembuangan air limbah. Mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, untuk mencegah penggunaan plastik sekali pakai dapat secara signifikan mengurangi jumlah mikroplastik yang masuk ke perairan.

Donasi barang yang masih berguna dapat mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan. Dan penerapan konsep memaksimalkan nilai penggunaan suatu produk dan komponennya secara berulang, sehingga tidak ada sumber daya yang terbuang (*resource efficiency*). yang bertujuan untuk menghasilkan pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian selama mungkin, sehingga meminimalkan kerusakan sosial dan lingkungan.

4. Kerjasama dengan pihak berkepentingan

Melibatkan semua pihak berkepentingan, termasuk industri, peneliti, dan masyarakat, dalam proses pembuatan kebijakan, seperti kampanye pendidikan publik yang diluncurkan melalui berbagai media, termasuk televisi, radio, media sosial, dan acara komunitas. Dinas Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Provinsi Aceh dan Balai Wilayah Sungai Sumatera I termasuk pihak yang paling bertanggung jawab atas pengawasan dan penegakan peraturan daerah dan qanun terkait pantai dan sungai. Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Aceh Bertanggung jawab atas pengawasan dan pihak yang bertanggung jawab dalam potensi pencemaran lingkungan pada daerah perairan. Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Aceh juga ikut bertanggung jawab atas pengawasan perencanaan perkembangan infrastruktur dan teknologi yang berkaitan dengan lingkungan masyarakat dan perkembangan pembangunan daerah.

Bekerja sama mencari kemitraan dengan pihak ketiga jika dibutuhkan, pemerintah provinsi lain, pemerintah pusat, dan organisasi terkait untuk berbagi pengetahuan dan sumber daya dalam upaya pengendalian mikroplastik, seperti Yayasan Laut Nusantara yang merupakan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) yang aktif dalam advokasi dan edukasi masyarakat tentang bahaya mikroplastik. Greenpeace Indonesia juga aktif dalam kampanye perlindungan lingkungan, termasuk isu mikroplastik.

5. Pendidikan dan kesadaran masyarakat

Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang dampak mikroplastik dan bagaimana mereka dapat membantu mengurangi penggunaan sampah plastik dan pastinya dapat mengurangi polusi mikroplastik. Pendidikan dan kesadaran masyarakat seperti meluncurkan kampanye pendidikan publik untuk meningkatkan kesadaran tentang masalah mikroplastik dan bagaimana masyarakat dapat membantu. Kebijakan dapat difokuskan pada sumber utama polusi mikroplastik, seperti pengelolaan sampah yang belum optimal. Pembersihan pantai dan sungai juga dapat dilakukan secara berkala untuk mengumpulkan sampah plastik dan mencegahnya berubah menjadi mikroplastik. Kegiatan pembersihan ini akan melibatkan sukarelawan dari masyarakat, organisasi lingkungan lokal, juga akan bekerja sama dengan sekolah dan universitas dalam upaya pembersihan pemerintah dapat membuat regulasi yang mendorong pengurangan penggunaan plastik, seperti pajak plastik, larangan tas plastik sekali pakai, dan insentif untuk industri yang menggunakan bahan ramah lingkungan.

6. Pengawasan dan penegakan hukum

Pengawasan dan penegakan hukum untuk memantau kepatuhan terhadap kebijakan dan penegakan hukum yang efektif akan memperkuat penegakan hukum terhadap pembuangan sampah plastik di pantai dan sungai. Ini dapat mencakup denda bagi pelanggar dan insentif bagi mereka yang membantu dalam upaya pembersihan. Berdasarkan Qanun Aceh Nomor 1 Tahun 2023 tentang rencana perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, lingkungan hidup yang baik dan sehat merupakan hak asasi setiap warga Aceh. Kualitas lingkungan hidup yang semakin menurun telah mengancam kelangsungan perikehidupan manusia dan

mahluk hidup lainnya sehingga perlu upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang sungguh-sungguh dan konsisten oleh semua pemangku kepentingan. Qanun Aceh No. 2 Tahun 2023 tentang perlindungan lingkungan hidup. Qanun ini mencakup perlindungan terhadap lingkungan hidup dari berbagai ancaman, termasuk pencemaran air di pantai dan sungai. Qanun Aceh No. 7 Tahun 2023 tentang perlindungan lingkungan hidup. Qanun ini mencakup perlindungan terhadap lingkungan hidup dari pencemaran oleh mikroplastik. Kebijakan ini sejalan dengan qanun tersebut karena bertujuan untuk melindungi lingkungan hidup dari dampak negatif mikroplastik.

7. Evaluasi dan peninjauan kebijakan

Lakukan evaluasi dan tinjauan berkala terhadap kebijakan untuk memastikan efektivitasnya dan membuat penyesuaian jika diperlukan. Evaluasi kebijakan ini dilakukan pada setiap pembaharuan peraturan untuk mengevaluasi efektivitasnya dan membuat penyesuaian jika diperlukan. Evaluasi kebijakan juga harus dapat dilakukan oleh tim peneliti independen yang akan menilai efektivitas kebijakan dan memberikan rekomendasi untuk peningkatan. Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Aceh (DLHK) memiliki peran yang paling penting dalam implementasi kebijakan ini, misalnya melalui penegakan hukum terhadap pelanggaran, penyelenggaraan kegiatan pembersihan pantai dan sungai, serta penyuluhan kepada masyarakat tentang dampak mikroplastik. Evaluasi dan peninjauan kebijakan dapat mengacu pada Qanun Provinsi Aceh No. 3 Tahun 2023 tentang pengelolaan dan perlindungan pantai dan sungai mengatur tentang pengelolaan dan perlindungan pantai dan sungai di wilayah Aceh, termasuk pengendalian pencemaran air, dan konservasi ekosistem sungai. Qanun Provinsi Aceh No. 5 Tahun 2023 tentang pengelolaan dan pemantauan dan pengelolaan sampah yang berpotensi menjadi mikroplastik. Di wilayah Aceh, termasuk pantai dan sungai. Dengan demikian, kebijakan ini dapat menjadi bagian dari upaya lebih luas untuk perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di provinsi Aceh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis dari data pengamatan dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Kelimpahan mikroplastik dalam sedimen dasar di pantai dan muara sungai Pesisir utara Aceh berkisar dari 0 hingga mencapai 580 partikel per kilogram sedimen kering. Jenis mikroplastik ini terdiri dari fiber, fragmen, dan film dengan kelimpahan masing-masing berkisar antara 1 hingga 80 partikel per kilogram sedimen kering, 0 hingga 27 partikel per kilogram sedimen kering, dan 0 hingga 60 partikel per kilogram sedimen kering. Secara rata-rata, fiber mikroplastik memiliki kelimpahan sekitar 23 partikel per kilogram sedimen kering, fragmen sekitar 8 partikel per kilogram sedimen kering, dan film sekitar 5 partikel per kilogram sedimen kering. Sedangkan untuk analisis jenis polimer yang terkandung, hasil dari analisis FTIR telah memverifikasi beberapa jenis seperti, Polyethylene terephthalate (PET), polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyamides (PA), dan high density polyethylene (HDPE), dengan gugus fungsi yang sesuai.
2. Distribusi mikroplastik pada Pantai Alue Naga (Lokasi 1) memiliki tingkat kelimpahan mikroplastik sebesar 31 partikel/kilogram, Pantai Kuta Pohoma (Lokasi 2) memiliki tingkat yang lebih tinggi, mencapai 66 partikel/kilogram. Pantai Gigieng (Lokasi 3) dan Pantai Lambada Klieng (Lokasi 4) juga memiliki tingkat kelimpahan mikroplastik yang cukup signifikan, yaitu 63 partikel/kilogram dan 95 partikel/kilogram. Kondisi yang mirip terlihat di Pantai Syiah Kuala (Lokasi 5) dan Pantai Gampong Jawa (Lokasi 6), keduanya memiliki tingkat mikroplastik sekitar 89 partikel/kilogram dan 74 partikel/kilogram. Pantai Ulee Lheue (Lokasi 7) dan Pantai Masjid Baiturrahim (Lokasi 8) memiliki kelimpahan mikroplastik 74 partikel/kilogram dan 61 partikel/kilogram. Sementara itu, Pantai Lam Awee (Lokasi 9) menunjukkan tingkat kelimpahan mikroplastik yang lebih rendah, sekitar 44 partikel/kilogram. Selain pantai, muara sungai

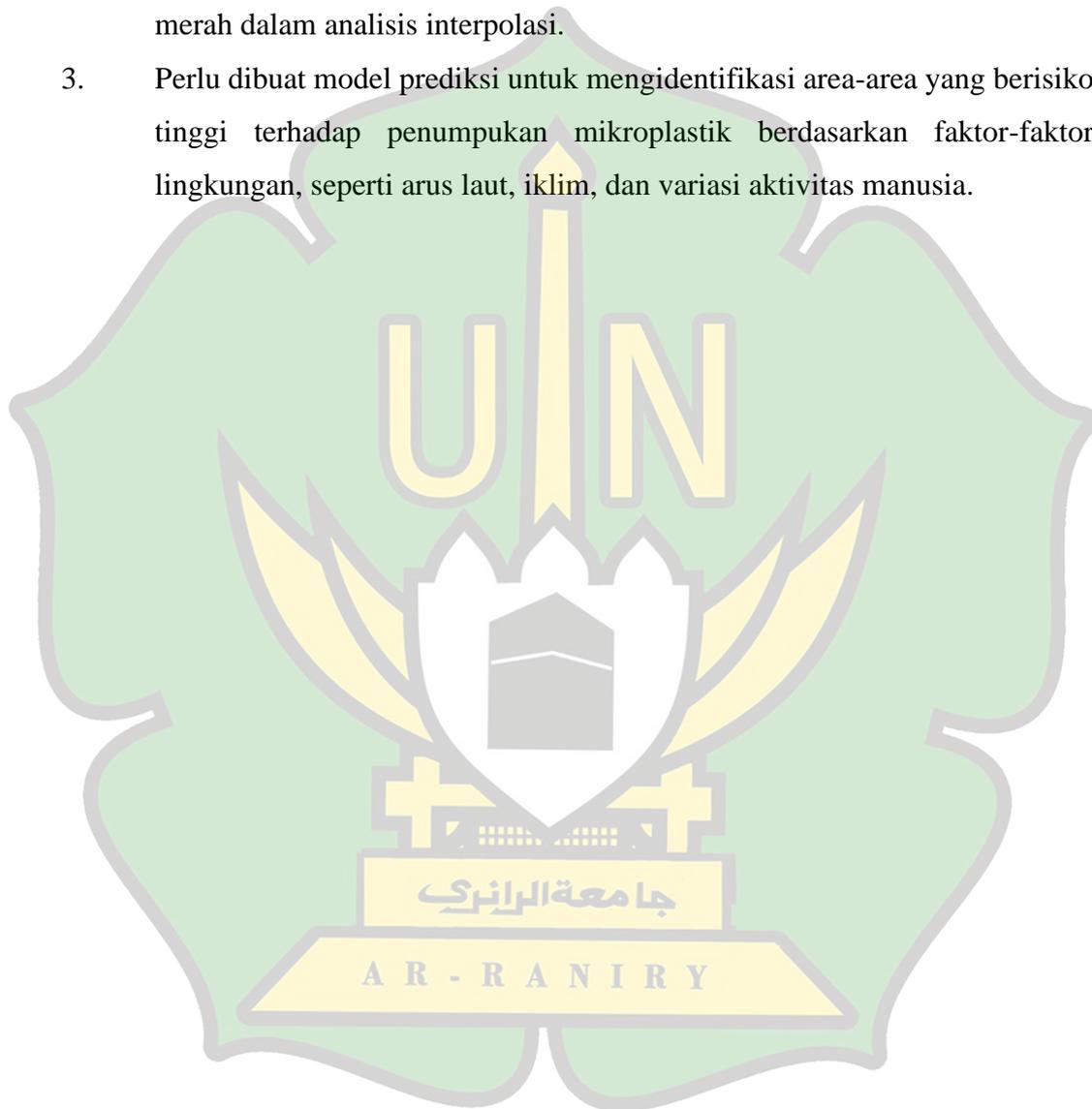
di kota Banda Aceh juga memiliki nilai distribusi kelimpahan mikroplastik yang substansial, Sungai Krueng Aceh (Lokasi 10) menunjukkan tingkat kelimpahan mikroplastik yang sangat tinggi, mencapai 290 partikel/kilogram. Sungai Alue Naga (Lokasi 11) dan Sungai Krueng Lamnga (Lokasi 12) juga memiliki tingkat yang signifikan, yaitu 240 partikel/kilogram dan 200 partikel/kilogram, masing-masing.

3. Sedimen di pesisir pantai, seperti yang terungkap dalam data analisis ayakan dengan referensi klasifikasi dari *American Geophysical Union*, menunjukkan dominasi karakter sedimen kerakal kecil dengan tekstur lumpur halus pada seluruh sampel sedimen yang dianalisis, masing-masing seberat 100 gram. Sementara itu, sedimen di muara sungai, yang dianalisis dengan menggunakan acuan yang sama, didominasi oleh karakter sedimen Batu sedang dengan tekstur pasir sangat halus.
4. Dalam analisis korelasi berdasarkan matriks data yang disajikan, terungkap hubungan jenis mikroplastik (Fiber, Fragmen, dan Film), dalam sampel sedimen dasar. Terutama, Fiber menunjukkan korelasi positif yang kuat dengan sedimen berukuran halus yang diayak menggunakan mesh 160 hingga 200, dengan nilai korelasi mencapai 0.53. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Fiber dalam sampel cenderung berkorelasi positif dengan kandungan sedimen halus. . Sementara itu, Fragmen menunjukkan korelasi yang kuat dengan sedimen yang diayak menggunakan mesh 80 dan 140, dengan nilai korelasi masing-masing adalah 0.35 dan 0.41. Ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Fragmen dalam sampel berkorelasi positif dengan kandungan sedimen dalam ukuran yang diayak menggunakan mesh 80 dan 140. Film juga memiliki korelasi yang kuat dengan sedimen yang diayak menggunakan mesh 160, dengan nilai korelasi sebesar 0.39, menggambarkan bahwa konsentrasi Film dalam sampel berkorelasi positif dengan sedimen dalam ukuran yang diayak menggunakan mesh 160.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yaitu:

1. Berdasarkan temuan dari penelitian ini, diharapkan mikroplastik dapat menjadi salah satu indikator dalam pemantauan kualitas lingkungan.
2. Perlu dibandingkan evaluasi terhadap titik-titik pengambilan sampel dan upaya pemantauan berkesinambungan yang ditunjukkan dengan warna merah dalam analisis interpolasi.
3. Perlu dibuat model prediksi untuk mengidentifikasi area-area yang berisiko tinggi terhadap penumpukan mikroplastik berdasarkan faktor-faktor lingkungan, seperti arus laut, iklim, dan variasi aktivitas manusia.



DAFTAR PUSTAKA

- Adyasari, D., Pratama, M. A., Teguh, N. A., Sabdaningsih, A., Kusumaningtyas, M. A., & Dimova, N. (2021). Anthropogenic impact on Indonesian coastal water and ecosystems: Current status and future opportunities. *Marine Pollution Bulletin*, 171, Article 112689. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112689>
- Ahmad, A., Purwiyanto, A.I.S. and Cordova, M.R., 2018. Identifikasi dan Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Aliran dan Muara Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- 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 & Technology*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s42995-020-00056-w>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09015-5>
- Alemina, E. Basri, H. Muslimsyah. Affan, M. Halim, A. Alvisyahrin, T. (2011). Penyimpangan Penggunaan Lahan di DAS Krueng Aceh Berdasarkan Zona Agroekologi. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Kebencanaan TDMRC-Unsyiah, Tanggal 13 – 19 April 2011 di Banda Aceh. Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC) Universitas Syiah Kuala.
- Alfajriandi, Hamzah, F., & Hamzah, F. H. (2017). Perbedaan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Briket Arang Daun Pisang Kering. *JOM Faperta UR*, Vol. 4 No. 1.
- Aljaradin, M. (2021). Biodegradation of Microplastics in Drinking Water, A review. *Sustainable Resources Management Journal*, 2020(1), 1–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4454872>
- Amato-Lourenço, L. F., dos Santos Galvão, L., de Weger, L. A., Hiemstra, P. S., Vijver, M. G., & Mauad, T. (2020). An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? *Science of The Total Environment*, 749, 141676. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141676>
- Amelinda, C. (2020). Keberadaan Partikel Mikroplastik Pada Ikan Bandeng (Chanos chanos) di Tambak Desa Bonto Manai Kabupaten Pangkep. Skripsi
- Anagha. (2023). Distribution and abundance of microplastics in the water column of Vembanad Lake—A Ramsar site in Kerala, India. *Marine Pollution*

Bulletin Volume 194, Part B, September 2023, 115433.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115433>

- 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.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00546>
- Ardiansyah, R. (2021). *Pemodelan Daerah Kekeruhan Dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Melayang Di Sungai Krueng Aceh*. Skripsi.
- Aristya. (2019). Karakterisasi Kromosom Spesies Anggota Familia Solanaceae. *Biotropic The Journal of Tropical Biology* Vol. 3 No. 1 February 2019 ISSN 2580-5029
- Arsmtrong. (2023). Apa Itu Interpolasi Dan Ekstrapolasi Dalam Gis?. <https://Konsultanpemetaan.Com/Apa-Itu-Interpolasi-Dan-Ekstrapolasi-Dalam-Gis/>
- Atwood. (2019). Coastal accumulation of microplastic particles emitted from the Po River, Northern Italy: Comparing remote sensing and hydrodynamic modelling with in situ sample collections. *Marine Pollution Bulletin* Volume 138, January 2019, Pages 561-574. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.045>
- Avio CG, Cardelli LR, Gorbi S, Pelegrini D, Regoli F. 2017. Microplastics pollution after the removal of the Costa Concordia wreck: First evidences from a biomonitoring case study. *Journal Environmental Pollution*. Vol. 227 (2017) : 207-214.
- Ayat, B., Aydoğan, B., & Gündoğdu, S. (2022). Modeling the Fate and Transport of Microplastics in Coastal Areas BT - *Microplastic Pollution: Environmental Occurrence and Treatment Technologies* (M. Z. Hashmi (ed.); pp. 241–255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89220-3_12
- 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.

- Banik, P., Hossain, M. B., Nur, A. U., Choudhury, T. R., & De-la-torre, G. E. (2022). Microplastics in Sediment of Kuakata Beach , Bangladesh : Occurrence , Spatial Distribution , and Risk Assessment. 9(April), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.860989>
- Basri, D. D. S. S. H. (2021). Analisis Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh, Provinsi Aceh (Studi Kasus Sub DAS Krueng Jreu dan Sub DAS Krueng Khea). *Rona Teknik Pertanian*, Vol 14, No 1 (2021): Volume 14, No.1, April 2021, 58–72. <https://jurnal.usk.ac.id/RTP/article/view/21606/14402>
- Baysal, A., Saygin, H., & Ustabasi, G. S. (2020). Microplastic Occurrences in Sediments Collected from Marmara Sea-Istanbul, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105(4), 522–529. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02993-9>
- Blumenröder. (2017). Microplastic contamination of intertidal sediments of Scapa Flow, Orkney: A first assessment. *Marine Pollution Bulletin* Volume 124, Issue 1, 15 November 2017, Pages 112-120. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.009>
- Bordós. (2019). Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere* Volume 216, February 2019, Pages 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.110>
- Bošković. (2023). Microplastic pollution in rivers of the Adriatic Sea basin in Montenegro: Impact on pollution of the Montenegrin coastline. *Science of The Total Environment* Volume 905, 20 December 2023, 167206. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167206>
- Braun, U., Jekel, M., Gerdt, G., P. Ivleva, N., & Reiber, J. (2018). *Microplastics Analytics*. (October).
- Budiyanto (2020). *Diklat Fungsional Statistisi Tingkat Ahli – BPS Angkatan XXI* Jakarta, Februari 2020
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>
- Campanale. (2020). Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in southeast Italy. *Environmental Pollution* Volume 258, March 2020, 113284. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113284>
- Chaisanguansuk P, Phantuwongraj S, Jirapinyakul A and Assawincharoenkij T (2023) Preliminary study on microplastic abundance in mangrove sediment

cores at Mae Klong River, upper Gulf of Thailand. *Front. Environ. Sci.* 11:1134988. doi: 10.3389/fenvs.2023.1134988

Chapron, L., Peru, E., Engler, A., Ghiglione, J. F., Meistertzheim, A. L., Pruski, A. M., ... Lartaud, F. (2018). Macro- and microplastics affect cold-water corals growth, feeding and behaviour. *Scientific Reports*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33683-6>

Cordova, M. R. (2017). Pencemaran Plastik Di Laut. *Oseana*, 42(3), 21–30. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.3.82>

Courtene-Jones. (2017). Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution Volume 231, Part 1, December 2017, Pages 271-280.* <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.026>

Courtene-Jones. (2017). Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution Volume 231, Part 1, December 2017, Pages 271-280.* <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.026>

Coyle, R., Hardiman, G., & Driscoll, K. O. (2020). Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010>

Crawford, C.B. & Quinn, Brian. (2017). Microplastic Pollutants.

Critchell, K., & Hoogenboom, M. O. (2018). Effects of microplastic exposure on the body condition and behaviour of planktivorous reef fish (*Acanthochromis polyacanthus*). *PLoS ONE*, 13(3), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193308>

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.

Dermawan. (2020). Uji Saringan (Sieve Analysis) Astm D-1140. Universitas Pendidikan Indonesia. Laboratorium Mekanika Tanah. Jl. Dr.Setabudi 229-Bandaung 40154-Indonesia-Telp.622220013161/4 ext.34033

Devereux. (2023). Impact of the Covid-19 pandemic on microplastic abundance along the River Thames. *Marine Pollution Bulletin Volume 189, April 2023, 114763.* <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114763>

Dinas Kelautan dan Perikanan Aceh. (2019). Profil Peluang Usaha dan Investasi Kelautan dan Perikanan Provinsi Aceh. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 1–25.

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110869>
- Erkan. (2023). Spatio-temporal distribution of microplastic pollution in surface sediments along the coastal areas of Istanbul, Turkey. *Marine Pollution Bulletin* Volume 195, October 2023, 115461. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115461>
- Fathul Hakim, 150702029 (2020) Uji Reliabilitas Metode Suseptibilitas Magnetik dalam Memonitoring Logam Berat pada Sedimen Dasar Sungai Krueng Aceh. Skripsi thesis, UIN Ar-Raniry
- Fidelis. (2022) Peneliti : Dampak Mikroplastik Terhadap Kesehatan Manusia Perlu Kajian Lebih Lanjut. <https://www.mongabay.co.id/byline/fidelis-eka-satriastanti-jakarta>
- Fischer. (2015). Plastic pollution of the Kuril–Kamchatka Trench area (NW pacific). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* Volume 111, January 2015, Pages 399-405. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.08.012>
- Fitriyah A, Syafrudin S, Sudarno S. Identifikasi Karakteristik Fisik Mikroplastik di Sungai Kalimas, Surabaya, Jawa Timur. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia* [Online]. 2022 Oct;21(3):350-357. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.350-357>.
- Flores-Ocampo. (2023). Abundance and composition of microplastics in Tampico beach sediments, Tamaulipas State, southern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin* Volume 191, June 2023, 114891. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114891>
- Flores-Ocampo. (2023). Abundance and composition of microplastics in Tampico beach sediments, Tamaulipas State, southern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin* Volume 191, June 2023, 114891. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114891>
- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., & O'Connor, I. (2018). Standardised Protocol for Monitoring Microplastics in Sediments. JPI-Oceans BASEMAN Project
- Gao. (2023). Rapid urbanization affects microplastic communities in lake sediments: A case study of Lake Aha in southwest China. *Journal of Environmental Management*. Volume 338, 15 July 2023, 117824. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117824>

- GESAMP. (2015). Sources, fate and effects of MP in the marine environment : A Global Assessment. Journal Series GESAMP Reports and Studies, 90, 98. Retrieved from www.imo.org
- GESAMP. (2019). Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors). Rep. Stud. GESAMP, 99(1020–4873), 130. Retrieved from <http://gesamp.org>
- Ginting S. 2017. Identifikasi dan Kelimpahan Marine Debris Anorganik di Desa Sungsang IV Kecamatan Banyuasin II Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan [Skripsi]. Inderalaya : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. 102 hal.
- Gurjar. (2023). Seasonal distribution and abundance of microplastics in the coastal sediments of north eastern Arabian Sea. Marine Pollution Bulletin Volume 187, February 2023, 114545. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114545>
- Hadi. (2023). Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi (Ulasan Singkat Dan Contoh Aplikasinya). Pendidikan Geografi, Fis, Uny. Geomedia Volume 11 Nomor 2 November 2013
- Hamdini, & Kasman. (2017). Studi Pola Aliran di Muara Sungai dengan Bangunan Dasar Type Persegi Panjang. Skripsi.
- 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.
- Huang. (2023). Abundance, characteristics and seasonal variation of microplastics in a domestic sewage treatment plant in Nanjing, China. Journal of Water Process Engineering Volume 55, October 2023, 104200. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104200>
- Jiang. (2019). Microplastic pollution in the rivers of the Tibet Plateau. Environmental Pollution Volume 249, June 2019, Pages 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.022>
- Jiang. (2023). Extensive abundances and characteristics of microplastic pollution in the karst hyporheic zones of urban rivers. 159616 Science of The Total Environment Volume 857, Part 3, 20 January 2023, 159616. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022>.
- Kapo, F.A., Toruan, L., dan Paulus, C. 2020. Jenis dan kelimpahan mikroplastik pada kolom permukaan air di Perairan Teluk Kupang. Jurnal Bahari Papadak. 1(1):1-12.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia. (2020). KLHK: Indonesia Memasuki Era Baru Pengelolaan Sampah. Retrieved from https://www.menlhk.go.id/site/single_post/2753
- Kementrian Keuangan Republik Indonesia. (2019). Bumi Dalam Kantong Plastik. Media Keuangan, XIV(144), 1–30.
- Khairuzzaman, H. (2021). Model Spasial Daerah Estuary Turbidity Maxima Di Sungai Krueng Aceh Dan Korelasinya Dengan Kelimpahan Mikroplastik Dan Nilai Suseptibilitas Magnetik. Skripsi.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>
- Kontrick, A. v. (2018). Microplastics and Human Health: Our Great Future to Think About Now. In *Journal of Medical Toxicology* (Vol. 14, Issue 2, pp. 117–119). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s13181-018-0661-9>
- Kumar, R.; Sharma, P.; Verma, A.; Jha, P.K.; Singh, P.; Gupta, P.K.; Chandra, R.; Prasad, P.V.V. Effect of Physical Characteristics and Hydrodynamic Conditions on Transport and Deposition of Microplastics in Riverine Ecosystem. *Water* 2021, 13, 2710. <https://doi.org/10.3390/w13192710>
- 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
- Laondi, Moses Aprivalen (2021) Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Arang Terhadap Karakteristik Briket Arang Kulit Kakao. Skripsi Thesis, Universitas Hasanuddin.
- 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.
- Layn, A. A., Emiyarti., & Ira. (2020). Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Teluk Kendari. *Sapa Laut*, 5(2): 115–122.
- Li, Mingkun; Zhu, Shanying; Ouyang, Tingping; Tang, Jianhui; Tang, Zhihua (2020). Magnetic properties of the surface sediments in the Yellow River Estuary and Laizhou Bay, Bohai Sea, China: Implications for monitoring heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, (), 124579–. [doi:10.1016/j.jhazmat.2020.124579](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124579)

- Liu, J., Zhang, T., Piché-Choquette, S., Wang, G., & Li, J. (2020). Microplastic Pollution in China, an Invisible Threat Exacerbated by Food Delivery Services. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, (eMarketer 2018). <https://doi.org/10.1007/s00128-020-03018-1>
- Mada, U. G. (2019). *Jurnal perikanan*. 5066. <https://doi.org/10.22146/jfs.45871>
- Manalu, A. A., Hariyadi, S., & Wardiatno, Y. (2017). Microplastics Abundance in Coastal Sediments of Jakarta Bay, Indonesia. *AAEL Bioflux*, 10(5): 1164–1173.
- Marcus Eriksen. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin* Volume 77, Issues 1–2, 15 December 2013, Pages 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- Meiryani. (2021). Memahami Nilai Standard Deviation (Standar Deviasi) Dalam Penelitian Ilmiah. *Artikel Binus University. School Of Accounting*. <https://Accounting.Binus.Ac.Id/2021/08/12/Memahami-Nilai-Standard-Deviation-Standar-Deviiasi-Dalam-Penelitian-Ilmiah>.
- Mercy. (2023). Abundance and characteristics of microplastics in major urban lakes of Dhaka, Bangladesh. *Journal home page for Heliyon Research article* Volume 9, Issue 4, April 2023, e14587. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14587>
- Oecd (2021), policies to reduce microplastics pollution in water: focus on textiles and tyres, oecd publishing, paris, <https://doi.org/10.1787/7ec7e5ef-en>.
- Osorio ED, Tanchuling MAN and Diola MBLD (2021) Microplastics Occurrence in Surface Waters and Sediments in Five River Mouths of Manila Bay. *Front. Environ. Sci.* 9:719274. doi:...
- Paul, M. B., Stock, V., Cara-Carmona, J., Lisicki, E., Shopova, S., Fessard, V., ... Böhmert, L. (2020). Micro- And nanoplastics-current state of knowledge with the focus on oral uptake and toxicity. *Nanoscale Advances*, 2(10), 4350–4367. <https://doi.org/10.1039/d0na00539h>
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
- Permatasari, R. 2017. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Rezim Hidrologi DAS, Studi Kasus : DAS Komering. *Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung*, 24 (1), 91-98. doi: 10.5614/jts.2017.24.1.11
- 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. <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>

- PUPR Balai Wilayah Sungai Sumatera-1. Penataan Floodway Sungai krueng aceh selesai 100%, djkn Aceh memberikan apresiasi kepada bws sumatera 1. <https://sda.pu.go.id/balai/bwssumatera1/article/penataan-flodway-sungai-krueng-aceh-selesai-100-djkn-aceh-memberikan-apresiasi-kepada-bws-sumatera-i>
- Purnomo. (2018). Aplikasi Metode Interpolasi Inverse Distance Weighting Dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel (Studi Kasus Di Blok R, Kabupaten Konawe-Sulawesi Tenggara). *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, [S.L.], V. 10, N. 1, P. 49-60, May 2018. Issn 2581-1355.
- Purnomo. (2018). Aplikasi Metode Interpolasi Inverse Distance Weighting Dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel (Studi Kasus Di Blok R, Kabupaten Konawe-Sulawesi Tenggara). *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, [S.L.], V. 10, N. 1, P. 49-60, May 2018. Issn 2581-1355.
- Purushothaman. (2023). Patterns and variability in the microplastic contamination along the southwest coast of India with emphasis on submarine groundwater discharge sites. *Marine Pollution Bulletin Volume 194, Part A, September 2023*, 115432. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115432>
- 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. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Rahmani. (2023). Abundance and characteristics of microplastics in different zones of waste landfill site: A case study of Hamadan, Iran. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering Volume 8*, December 2023, 100494. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100494>
- Rahmani. (2023). Abundance and characteristics of microplastics in different zones of waste landfill site: A case study of Hamadan, Iran. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering Volume 8*, December 2023, 100494. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100494>
- Rangkuti, A. N. (2017). Analisis Pasang Surut Muara Sungai Belawan Kota Medan Sumatera Utara. Skripsi.
- Rezeki, S. (2019): Pengaruh Peletakan Krib Terhadap Pola Aliran Sungai Krueng Aceh Pada Jembatan Pango. Tesis. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Rosal, R. (2021). Morphological description of microplastic particles for environmental fate studies. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112716. [doi:10.1016/j.marpolbul.2021.112716](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112716).

- 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 Rezekia, Eldina Fatimah, Masimin. (2020). PENGARUH KRIB TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SUNGAI KRUENG ACEH, *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 3(4), 292-301 (2020) <https://doi.org/10.24815/jarsp.v3i4.16726>
- Sari, N. W., Fajri, M. Y., & W, A. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminate* (L)). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(1), 30–34.
- Scherer, C., Weber, A., Stock, F., Vurusic, S., Egerci, H., Kochleus, C., ... Reifferscheid, G. (2020). Comparative assessment of microplastics in water and sediment of a large European river. *Science of the Total Environment*, 738, 139866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139866>
- Şener. (2023). Macro- and microplastic abundance from recreational beaches along the South Aegean Sea (Türkiye). *Marine Pollution Bulletin Volume 194, Part B, September 2023*, 115329. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115329>
- Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. (2018). Marine microplastics: Abundance, distribution, and composition. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*
- 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.hzadv.2022.100225>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Sofiyani. (2023). Penerapan Metode Cubic Spline Interpolation untuk Menentukan Peluang Kematian pada Tabel Mortalita. *Jurnal Riset Matematika Volume 3, No.1, Juli 2023. (JRM)* <https://journals.unisba.ac.id/index.php/JRM/issue/view/170>
- 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.
- Sulistiani, Yunika (2023) Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Sungai Di Sub Das Batanghari Hilir Kota Jambi. S1 Thesis, Universitas Jambi.

- Sulistiani, Yunika (2023) Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Sungai Di Sub Das Batanghari Hilir Kota Jambi. S1 Thesis, Universitas Jambi.
- Sun. (2023). Real-time variabilities in microplastic abundance and characteristics of urban surface runoff and sewer overflow in wet weather as impacted by land use and storm factors. *Science of The Total Environment* Volume 859, Part 2, 10 February 2023, 160148. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160148>
- 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.
- Tanjung, M, S. (2016). Kajian Perletakan Krib Pada Aliran Sungai Krueng Aceh. Tesis. Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>
- Trindade. (2023). Microplastics in surface waters of tropical estuaries around a densely populated Brazilian bay. *Environmental Pollution* Volume 323, 15 April 2023, 121224 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121224>
- Trindade. (2023). Microplastics in surface waters of tropical estuaries around a densely populated Brazilian bay. *Environmental Pollution* Volume 323, 15 April 2023, 121224 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121224>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Urbanek, A. K., Rymowicz, W., & Mirończuk, A. M. (2018). Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine ekosistems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(18), 7669–7678. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9195-y>
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Gunganathan, L., Aboobacker, V. M., and 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>
- Wang, J., Zheng, L., & Li, J. (2018). A Critical Review on the Sources and Instruments of Marine Microplastics and Prospects on the Relevant Management in China. *Waste Management and Research*, 36(10), 898–911.

- Wang, X., Bolan, N., Tsang, D. C. W., Binoy, S., Bradney, L., & Li, Y. (2021). A review of microplastics aggregation in aquatic environment: Influence factors, analytical methods, and environmental implications. *Journal of Hazardous Materials*, 123496. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123496
- Wei Y, Ma W, Xu Q, Sun C, Wang X and Gao F (2022) Microplastic Distribution and Influence Factor Analysis of Seawater and Surface Sediments in a Typical Bay With Diverse Functional Areas: A Case Study in Xincun Lagoon, China. *Front. Environ. Sci.* 10:829942. doi: 10.3389/fenvs.2022.829942
- World Bank Group. (2018). Hotspot Sampah Laut Indonesia. Public Disclosure Authorized, (April), 1–49. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/642751527664372193/pdf/126686-INDONESIA-29-5-2018-14-34-5-SynthesisFullReportAPRILIND.pdf>
- World Economic Forum. (2016) More Plastic than Fish in the Ocean by 2050: Report Offers Blueprint for Change. <https://www.weforum.org/press/2016/01/more-plastic-than-fish-in-the-ocean-by-2050-report-offers-blueprint-for-change/>
- Wright. (2023). Microplastic accumulation in *Halophila ovalis* beds in the Swan-Canning Estuary, Western Australia. *Marine Pollution Bulletin* Volume 187, February 2023, 114480. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114480>
- 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>
- 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(March), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.028>
- Yona, D. Mauludy, M. S., Yunanto, A., & (2019). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 73.
- Yudanegara. (2018). Penggunaan Metode Inverse Distance Weighted (Idw) Untuk Pemetaan Zona Nilai Tanah (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Meneng, Bandar Lampung). Departemen Teknik Geodesi Undip. Issn 2621-9883 Elipsoida Vol 04 No 02, Desember 2021 (85-90).

- 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.
- Yusuf. (2021). Studi Konsentrasi Mikroplastik Pada Air Dan Usus Ikan Hasil Tangkapan Di Danau Towuti, Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Tesis. Program Magister Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar 2021
- Yuwandita, A. Y. (2018). Pengaruh Kedalaman Pengambilan Sampel Terhadap Jenis Dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Pesisir Lamongan, Jawa Timur. Skripsi.
- Zaki, M. R. M., Ying, P. X., Zainuddin, A. H., Razak, M. R., & Aris, A. Z. (2021). Occurrence, abundance, and distribution of microplastics pollution: an evidence in surface tropical water of Klang River estuary, Malaysia. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(9), 3733–3748. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00872-8>
- 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(September 2019), 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
- Zhou, Q., Zhang, H., Waniek, J. J., & Luo, Y. (2020). The Distribution and Characteristics of Microplastics in Coastal Beaches and Mangrove Wetlands BT - Microplastics in Terrestrial Environments: Emerging Contaminants and Major Challenges (D. He & Y. Luo (eds.); pp. 77–92). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/698_2020_459
- Zhou, Q., Zhang, H., Waniek, J. J., & Luo, Y. (2020). The Distribution and Characteristics of Microplastics in Coastal Beaches and Mangrove Wetlands BT - Microplastics in Terrestrial Environments: Emerging Contaminants and Major Challenges (D. He & Y. Luo (eds.); pp. 77–92). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/698_2020_459
- Zhou, Z., Zhang, P., Zhang, G., Wang, S., Cai, Y., Wang, H., 2021. Vertical microplastic distribution in sediments of Fuhe River estuary to Baiyangdian Wetland in Northern China. *Chemosphere* 280, 130800. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130800>.
- Zimmermann, L., Göttlich, S., Oehlmann, J., Wagner, M., & Völker, C. (2020). What are the drivers of microplastic toxicity? Comparing the toxicity of plastic chemicals and particles to *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115392>

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

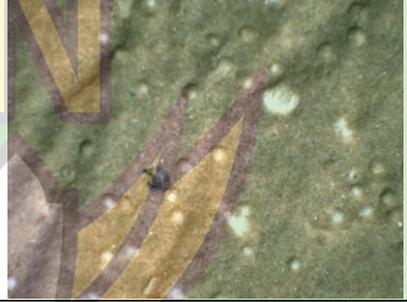
Pantai Alue Naga (L1)		Pantai Kuta Pohoma (L2)	
1	$K = \frac{12}{0,1}$ = 120 Partikel/Kg	1	$K = \frac{33}{0,1}$ = 330 Partikel/Kg
2	$K = \frac{15}{0,1}$ = 150 Partikel/Kg	2	$K = \frac{12}{0,1}$ = 120 Partikel/Kg
3	$K = \frac{4}{0,1}$ = 40 Partikel/Kg	3	$K = \frac{21}{0,1}$ = 210 Partikel/Kg
Pantai Gigieng (L3)		Pantai Lambada Klieng (L4)	
1	$K = \frac{8}{0,1}$ = 80 Partikel/Kg	1	$K = \frac{29}{0,1}$ = 290 Partikel/Kg
2	$K = \frac{19}{0,1}$ = 190 Partikel/Kg	2	$K = \frac{30}{0,1}$ = 300 Partikel/Kg
3	$K = \frac{36}{0,1}$ = 360 Partikel/Kg	3	$K = \frac{36}{0,1}$ = 360 Partikel/Kg
Pantai Syiah Kuala (L5)		Pantai Kuala Gampong Jawa (L6)	
1	$K = \frac{30}{0,1}$ = 300 Partikel/Kg	1	$K = \frac{11}{0,1}$ = 110 Partikel/Kg
2	$K = \frac{58}{0,1}$ = 580 Partikel/Kg	2	$K = \frac{40}{0,1}$ = 400 Partikel/Kg
3	$K = \frac{30}{0,1}$ = 300 Partikel/Kg	3	$K = \frac{23}{0,1}$ = 230 Partikel/Kg
Pantai Ulee Lheue (L7)		Pantai Masjid Baiturrahim (L8)	
1	$K = \frac{31}{0,1}$ = 310 Partikel/Kg	1	$K = \frac{15}{0,1}$ = 150 Partikel/Kg
2	$K = \frac{12}{0,1}$ = 120 Partikel/Kg	2	$K = \frac{19}{0,1}$ = 190 Partikel/Kg
3	$K = \frac{31}{0,1}$ = 310 Partikel/Kg	3	$K = \frac{27}{0,1}$ = 270 Partikel/Kg
Pantai Desa Lam Awee (L9)		Muara Sungai Krueng Aceh (L10)	
1	$K = \frac{8}{0,1}$ = 80 Partikel/Kg	1	$K = \frac{7}{0,1}$ = 70 Partikel/Kg
2	$K = \frac{28}{0,1}$ = 280 Partikel/Kg	2	$K = \frac{14}{0,1}$ = 140 Partikel/Kg
3	$K = \frac{8}{0,1}$ = 80 Partikel/Kg	3	$K = \frac{8}{0,1}$ = 80 Partikel/Kg

Titik	Muara Sungai Alue Naga (L11)	Titik	Muara Sungai Lambada Lhok (L12)
1	$K = \frac{11}{0,1}$ = 110 Partikel/Kg	1	$K = \frac{5}{0,1}$ = 50 Partikel/Kg
2	$K = \frac{7}{0,1}$ = 70 Partikel/Kg	2	$K = \frac{8}{0,1}$ = 80 Partikel/Kg
3	$K = \frac{6}{0,1}$ = 60 Partikel/Kg	3	$K = \frac{7}{0,1}$ = 70 Partikel/Kg



LAMPIRAN B DOKUMENTASI PENELITIAN

	
<p>Proses pengambilan sampel sedimen</p>	<p>Sampel sedimen dipindahkan ke aluminium foil</p>
	
<p>Sampel di oven selama 24 jam</p>	<p>Sampel dihaluskan menggunakan alu dan mortar</p>
	
<p>Sampel yang telah dihaluskan lalu disaring dengan saringan mesh 40</p>	<p>Sampel ditambahkan larutan NaCl sebanyak 3x berat sampel.</p>
	
<p>Lalu homogenkan sampel menggunakan magnetic stirrer dan didiamkan sampel selama 24 jam.</p>	<p>Penambahan larutan H₂O₂ sebanyak 20 ml.</p>

	
Penyaringan sampel mikroplastik menggunakan vakum filtrasi.	Mikroplastik jenis fiber.
	
Mikroplastik jenis film.	Mikroplastik jenis film.
	
Mikroplastik jenis fragmen.	Mikroplastik jenis fragmen.

جامعة الرانري

AR - RANIRY

LAMPIRAN C DATA KELIMPAHAN MIKROPLASTIK

Tabel 1 Kelimpahan Mikroplastik pada 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	L1.T1	5°36'11.95"N.	100	0.1	5	7	0	120
2	L1.T2	95°20'51.87"E	100	0.1	7	8	0	150
3	L1.T3		100	0.1	2	2	0	40
Jumlah					14	17	0	310
Rata-rata								103

Tabel 3. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Kuta Pohoma

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
4	L2.T1	5°36'17.76"N.	100	0.1	16	17	0	330
5	L2.T2	95°20'45.72"E	100	0.1	4	8	0	120
6	L2.T3		100	0.1	8	13	0	210
Jumlah					28	38	0	660
Rata-rata								220

Tabel 4. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Gigieng

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
7	L3.T1	5°36'22.85"N.	100	0.1	4	4	0	80
8	L3.T2	95°21'27.59"E	100	0.1	4	15	0	190
9	L3.T3		100	0.1	15	21	0	360
Jumlah					23	40	0	630
Rata-rata								210

Tabel 5. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Lambada

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
10	L4.T1	5°36'40.43"N.	100	0.1	12	17	0	290
11	L4.T2	95°22'23.56"E	100	0.1	20	10	0	300
12	L4.T3		100	0.1	9	27	0	360
Jumlah					41	54	0	950
Rata-rata								316

Tabel 6. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Syiah Kuala

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
13	L5.T1	5°37'09.53"N.	100	0.1	7	4	0	110
14	L5.T2	95°23'.0756"E	100	0.1	38	10	0	580
15	L5.T3		100	0.1	8	22	0	300
Jumlah					63	36	0	990
Rata-rata								330

Tabel 7. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Kuala Gampong Jawa

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
16	L6.T1	5°37'2.49"N.	100	0.1	11	0	0	110
17	L6.T2	95°23'17.28"E	100	0.1	23	17	0	400
18	L6.T3		100	0.1	19	4	0	230
Jumlah					53	21	0	740
Rata-rata								246

Tabel 8. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Ulee Lheue

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
19	L7.T1	5°35'35.07"N.	100	0.1	10	21	0	310
20	L7.T2	95°19'37.69"E	100	0.1	6	6	0	120
21	L7.T3		100	0.1	21	10	0	310
Jumlah					37	37	0	740
Rata-rata								246

Tabel 9. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Masjid Baiturrahim

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
22	L8.T1	5°34'51.28"N.	100	0.1	12	3	0	150
23	L8.T2	95°18'59.01"E	100	0.1	9	10	0	190
24	L8.T3		100	0.1	20	7	0	270
Jumlah					41	20	0	610
Rata-rata								203

Tabel 10. Kelimpahan Mikroplastik Pada Pantai Lam Awee

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
25	L9.T1	5°35'00.88"N.	100	0.1	7	1	0	80
26	L9.T2	95°18'47.17"E	100	0.1	13	15	0	280
27	L9.T3		100	0.1	1	7	0	80
Jumlah					21	23	0	440
Rata-rata								146

Tabel 11 Kelimpahan Mikroplastik Pada Muara Sungai Krueng Aceh

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
28	L10.T1	5°34'15.76"N.	100	0.1	70	0	0	70
29	L10.T2	95°17'59.99"E	100	0.1	80	0	60	140
30	L10.T3		100	0.1	60	0	20	80
Jumlah					210	0	80	290
Rata-rata								96

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	
31	L11.T1	5°33'23.60"N.	100	0.1	60	10	40	110
32	L11.T2	5°33'23.60"N	100	0.1	30	0	40	70
33	L11.T3		100	0.1	40	0	20	60
Jumlah					130	10	100	240
Rata-rata								80

Tabel 13. Kelimpahan Mikroplastik Pada Muara Sungai Krueng Lamnga

No.	Kode Sampling	Koordinat	Berat Kering Sedimen		Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/kg			Kelimpahan (Partikel/kg)
			(gr)	(kg)	Fiber	Fragmen	Film	
34	L12.T1	5°32'55.32"N.	100	0.1	40	10	0	50
35	L12.T2	95°16'03.09"E	100	0.1	70	0	10	80
36	L12.T3		100	0.1	60	10	0	70
Jumlah					170	30	10	200
Rata-rata								66.67

Tabel 13. Rata-rata kelimpahan mikroplastik di pesisir pantai berdasarkan bentuk

No	Kelimpahan (Partikel/Kg)		
	Fiber	Fragmen	Film
1	5	7	0
2	7	8	0
3	2	2	0
4	16	17	0
5	4	8	0
6	8	13	0
7	4	4	0
8	4	15	0
9	15	21	0
10	12	17	0
11	20	10	0
12	9	27	0
13	7	4	0
14	48	10	0
15	8	22	0
16	11	0	0
17	23	17	0
18	19	4	0
19	10	21	0
20	6	6	0
21	21	10	0
22	12	3	0
23	9	10	0
24	20	7	0
25	7	1	0
26	13	15	0
27	1	7	0
28	70	0	0
29	80	0	60
30	60	0	20
31	60	10	40
32	30	0	40
33	40	0	20
34	40	10	0
35	70	0	10
36	60	10	0
Jumlah	831	316	190
Rata-Rata	23.08	8.77	5.27

LAMPIRAN D DATA HASIL AYAKAN

LOKASI	MESH AYAKAN										
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
L1T1	1.67	5.03	13.82	11.42	4.33	21.71	27.38	5.94	4.25	2.12	2.33
L1T2	2.54	3.14	6.09	8.99	5.62	24.12	25.09	5.3	5.36	3.95	9.8
L1T3	2.07	7.3	16.91	14.93	6.64	19.62	22.54	2.16	3.64	2.58	1.61
L2T1	1.98	7.1	16.86	12.82	17.39	6.97	9.73	7.14	10.1	4.98	4.93
L2T2	5.83	13.39	16.82	7.94	14.1	12.57	14.06	3.96	4.67	5.1	1.56
L2T3	2.25	2.31	4.64	8.2	6.76	22.15	17.41	11.57	12.75	8.65	3.31
L3T1	1.55	1.57	2.76	7.47	4.21	26.32	41.86	3.48	3.47	4.12	3.19
L3T2	5.61	1.09	2.53	5.2	3.95	31.44	31.76	5.85	5.84	4.12	2.61
L3T3	3.08	1.03	2.14	6.59	3.63	22.4	30.69	9.87	5.66	7.2	7.71
L4T1	2.67	11.31	16.81	15.73	7.05	16.83	15.79	5.61	2.88	3.15	2.17
L4T2	1.42	9.07	16.77	24.94	10.26	21.28	11.18	1.07	1.37	1.5	1.14
L4T3	3.59	6.01	7.78	9.08	6	22.13	31.02	3.62	1.62	3.76	5.39
L5T1	2.16	5.34	7.83	9.92	6.82	20.69	31.14	4.12	3.72	5.34	2.92
L5T2	0.87	1.04	2.54	6.81	5.25	23.41	37.36	5.48	7.13	7.12	2.99
L5T3	1.86	7.38	13.82	19.21	16.68	17.13	14.48	6.47	1.37	0.88	0.72
L6T1	2.3	12.6	19.38	26.48	9.19	18.27	9.73	0.39	0.14	1.52	0
L6T2	1.21	12.5	7.31	9.16	9.35	38.68	31.52	12.72	11.94	3.63	0.66
L6T3	1.84	2.52	4.39	10.24	6.49	27.95	30.42	3.34	3.1	5.19	4.52
L7T1	4.1	19.7	35.5	21.62	3.79	3.91	5.93	2.65	2.8	0	0
L7T2	3.21	19.93	31.8	24.37	4.96	6.34	1.47	6.42	0.7	0.8	0
L7T3	6.2	37.06	42.16	8.38	2.05	1.82	2.33	0	0	0	0
L8T1	6.46	33.63	15.11	12.7	22.72	0	2.06	7.32	0	0	0
L8T2	1.6	9.88	31.54	37.32	8.44	8.51	2.71	0	0	0	0
L8T3	2.7	10.23	19.25	35.64	11.33	0	12.31	7.03	1.05	0.46	0
L9T1	0.77	2.59	9.34	17.89	10.24	24.19	20.08	1.75	8.95	3.58	0.62
L9T2	2.52	11.52	20.5	27.57	10.3	17.26	8.03	1.57	0.29	0.07	0.37
L9T3	3.32	3.17	13.99	22.04	11.08	27.13	15.74	1.03	0.92	0.84	0.74
L10T1	14	11.27	20.51	22.5	5.52	10.15	7.73	2.39	2.5	1.25	2.18
L10T2	6.79	5.19	13.31	18.12	7.2	15.07	16.48	4.9	5.05	4.48	3.41
L10T3	4.36	12.13	11.88	13.81	7.04	16.84	16.62	4.32	4.53	3.93	4.54
L11T1	46.11	24.88	8.13	5.21	2.15	3.33	3.18	1.83	1.08	0.47	3.63
L11T2	31.42	19.87	13.1	10.38	4.04	5.6	4.73	1.29	1.22	2.32	6.03
L11T3	14.12	12.14	18.5	20.58	7.39	10.59	4.76	1.8	1.95	1.37	6.8
L12T1	13.31	18.82	9.41	5.57	2.33	5.06	8.11	22.42	12.9	2.07	0
L12T2	16.92	13.69	6.91	5.46	2.51	7.41	10.12	2.45	4.99	6.88	22.66
L12T3	12.08	18.33	7.75	5.6	2.81	6.8	8.28	2.25	4.74	9.57	21.79