

Kelimpahan Mikroplastik dalam Sedimen Mangrove di Sepanjang Sungai Somber Kota Balikpapan

Louisa Dellia Sumale¹, Mohammad Sumiran Paputungan¹, Iwan Suyatna¹, Hamdhani Hamdhani^{2,3}, dan Irwan Ramadhan Ritonga^{1,3*}

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Indonesia; e-mail: ritonga_irwan@fpik.unmul.ac.id

²Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Indonesia

³Laboratory of Oceanography and Engineering, Integrated Laboratory, Universitas Mulawarman, Indonesia

ABSTRAK

Pencemaran mikroplastik merupakan salah satu ancaman serius terhadap ekosistem perairan. Selain perairan, mikroplastik juga dapat mencemari sedimen di wilayah pesisir, salah satunya di Sungai Somber, Balikpapan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jenis, kelimpahan, sebaran, dan tingkat pencemaran mikroplastik pada sedimen mangrove di sepanjang Sungai Somber, Kota Balikpapan. Sampel sedimen pada bagian permukaan (± 30 cm) diambil dari 10 stasiun (hulu-hilir) yang berbeda menggunakan sekop tangan, dan dianalisis menggunakan metode flotasi NaCl jenuh. Mikroplastik pada sedimen diidentifikasi dengan metode inspeksi visual mikroskopis. Ditemukan empat jenis mikroplastik pada sedimen, yaitu fragmen (1.733,33 partikel/kg), film (600,00 partikel/kg), fiber (6.166,67 partikel/kg), dan granul (233,33 partikel/kg). Kelimpahan mikroplastik pada sedimen berkisar 367–170 partikel/100 gr, dengan rata-rata $87,33 \pm 46,74$ partikel/100 gr, dan didominasi oleh fragmen (70%). Secara spasial, kelimpahan tidak menunjukkan pola linier yang konsisten dari hulu ke hilir; kelimpahan tertinggi ditemukan di bagian tengah (Stasiun 6 dan 7) yang berada di dekat aktivitas antropogenik, sedangkan di bagian hilir (Stasiun 8–10) kelimpahan cenderung lebih rendah. Analisis regresi linier menunjukkan hubungan yang lemah dan tidak signifikan secara statistik antara kelimpahan mikroplastik dan jarak dari hulu ($r = 0,45$; $R^2 = 0,199$; $p > 0,05$). Nilai Indeks Beban Pencemaran (PLI = 1,998) mengindikasikan tingkat risiko kontaminasi yang sangat rendah. Meskipun demikian, temuan ini menunjukkan perlunya pengelolaan limbah yang lebih terarah, khususnya di stasiun dengan kelimpahan relatif tinggi (Stasiun 6 dan 7), serta pemantauan berkala untuk mendukung kelestarian ekosistem Sungai Somber.

Kata kunci: Antropogenik, Bakau, *Pollution Load Index*, Sungai

ABSTRACT

Microplastic pollution poses a serious threat to aquatic ecosystems. Beyond the water column, microplastics can also accumulate in coastal sediments, including those of the Somber River in Balikpapan. This study was conducted to determine the types, abundance, distribution, and pollution levels of microplastics in mangrove sediments along the Somber River in Balikpapan City. Surface sediment samples (± 30 cm) were collected from 10 stations along the upstream – downstream gradient using a hand shovel and processed using the saturated NaCl flotation method. Microplastics were identified through microscopic visual inspection. Four microplastic types were observed: fragments (1,733.33 particles/kg), films (600.00 particles/kg), fibers (6,166.67 particles/kg), and granules (233.33 particles/kg). Total microplastic abundance ranged from 367 to 1,700 particles/kg, with a mean of 873.30 ± 467.40 particles/kg, and was predominantly composed of fragments (70%). Spatially, abundance did not follow a consistent linear trend from upstream to downstream; the highest values were recorded at mid-stream stations (Stations 6 and 7), which were situated close to anthropogenic activities, while downstream stations (Stations 8–10) showed relatively lower abundance. Linear regression analysis indicated a weak and non-significant correlation between microplastic abundance and distance from the upstream point ($r = 0.45$; $R^2 = 0.199$; $p > 0.05$). The Pollution Load Index (PLI = 1.998) suggested a very low level of contamination risk. Nonetheless, the findings highlight the importance of targeted waste management, particularly at high-abundance stations (Stations 6 and 7), and the need for routine monitoring to support the long-term sustainability of the Somber River ecosystem.

Keywords: Anthropogenic, Mangrove, *Pollution Load Index*, River

Citation: Sumale, L. D., Paputungan, M. S., Suyatna, I., Hamdhani, H., dan Ritonga, I. R. (2026). Kelimpahan Mikroplastik dalam Sedimen Mangrove di Sepanjang Sungai Somber Kota Balikpapan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(4), 870-878, doi:10.14710/jil.24.4.870-878

1. PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan sintetis yang sangat umum digunakan dalam kehidupan manusia modern. Hampir seluruh aspek kehidupan saat ini bergantung pada plastik karena sifatnya yang kuat, ringan, mudah dibentuk, serta biaya produksinya yang rendah. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat, produksi plastik pun terus mengalami peningkatan. Di Indonesia, produksi plastik pada tahun 2010 tercatat mencapai 2,4 juta ton dan meningkat menjadi 2,6 juta ton pada tahun-tahun berikutnya (Suidarma & Antini, 2023). Meskipun penggunaannya sangat membantu kehidupan sehari-hari, plastik memiliki karakteristik *non-biodegradable* yang menyebabkan penumpukan limbah plastik di lingkungan, terutama akibat pembuangan yang tidak tepat (Firmansyah *et al.*, 2021).

Salah satu bentuk limbah plastik yang menjadi perhatian khusus adalah mikroplastik. Mikroplastik merupakan fragmen plastik berukuran kecil yang berasal dari degradasi plastik berukuran lebih besar. Karena densitasnya yang lebih tinggi dibandingkan air, mikroplastik cenderung mengendap dan terakumulasi di dalam sedimen perairan (Laila *et al.*, 2020). Akumulasi mikroplastik ini berpotensi memberikan dampak toksik terhadap organisme perairan, terutama melalui gangguan sistem pencernaan, serta risiko bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam rantai makanan. Dalam jangka panjang, mikroplastik dapat mencapai tubuh manusia melalui konsumsi produk perikanan, dengan potensi risiko kesehatan seperti gangguan pencernaan, peradangan, hingga kanker (Taylor *et al.*, 2025).

Sungai merupakan jalur utama transportasi limbah plastik dari daratan menuju laut (Bahri *et al.*, 2025; Meijer *et al.*, 2021). Keberadaan ekosistem mangrove di sepanjang aliran sungai menjadikan kawasan ini rawan terhadap akumulasi mikroplastik, mengingat struktur akar mangrove mampu menyaring partikel-partikel kecil yang terbawa arus. Selain itu, mangrove memiliki peran ekologis dan ekonomis penting, mulai dari tempat hidup biota, perlindungan garis pantai dari abrasi, hingga penyerap karbon (Apriani *et al.*, 2022; Senoaji & Hidayat, 2017).

Sungai Sember di Kota Balikpapan merupakan kawasan yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas antropogenik seperti permukiman, industri, dan perkapalan (Syafira *et al.*, 2023). Aktivitas tersebut berpotensi menjadi sumber utama pencemar mikroplastik di wilayah ini. Selain itu, distribusi mikroplastik di perairan sangat dipengaruhi oleh dinamika arus air serta jarak terhadap sumber pencemar, di mana daerah dekat permukiman umumnya memiliki konsentrasi yang lebih tinggi (Laila *et al.*, 2020). Keberadaan vegetasi mangrove sepanjang sungai diduga juga berperan dalam proses akumulasi mikroplastik karena kemampuan akar untuk menjebak partikel (Zega *et al.*, 2024).

Pada dasarnya kawasan pesisir Balikpapan telah menjadi objek beberapa penelitian terkait paparan mikroplastik. Beberapa diantaranya investigasi mikroplastik pada air (Maulia *et al.*, 2026; Ritonga *et al.*, 2025), sedimen (Putri *et al.*, 2023; Wulandari *et al.*, 2021), dan biota perairan (Lestari *et al.*, 2024). Namun demikian, investigasi mengenai mikroplastik dalam sedimen mangrove di sepanjang Sungai Sember yang merupakan kawasan mangrove dengan tekanan antropogenik berupa permukiman, pelabuhan, industri, galangan kapal, dan aktivitas perikanan masih sangat terbatas. Selain itu, beberapa nilai kebaruan dari penelitian ini terletak pada: (1) lokasi spesifik berupa kandungan mikroplastik di pada sedimen mangrove di sepanjang Sungai Sember yang belum dilaporkan sebelumnya; (2) matriks yang diteliti yaitu mikroplastik pada sedimen mangrove, berbeda dengan studi sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada sedimen pantai terbuka atau biota perairan; serta (3) pendekatan analisis yang mengadaptasi *Pollution Load Index* (PLI) yang umum digunakan untuk logam berat sebagai alat pembandingan relatif tingkat kontaminasi mikroplastik antar stasiun, sebagaimana diterapkan dalam studi terkini (Liang *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk : (1) mengidentifikasi jenis dan kelimpahan mikroplastik pada sedimen mangrove di sepanjang Sungai Sember; (2) memetakan sebaran spasial mikroplastik serta mengkaji hubungannya dengan jarak dari hulu dan aktivitas antropogenik di sekitar stasiun; dan (3) mengevaluasi tingkat kontaminasi relatif menggunakan indeks PLI sebagai pendekatan eksploratif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dasar (*baseline data*) bagi pengelolaan lingkungan pesisir Balikpapan serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang lebih komprehensif.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di sepanjang Sungai Sember, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada bulan Agustus 2024 dengan pemilihan lokasi penelitian di sepuluh stasiun yang tersebar dari hulu hingga hilir sungai Sember (Gambar 1).

Penentuan lokasi pengambilan sampel sedimen menggunakan metode survei. Sedangkan teknik pengambilan sampel sedimen di penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* untuk memastikan representativitas data yang diperoleh.

2.2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini melibatkan tahapan pengambilan sampel, preparasi sampel, analisis mikroplastik di laboratorium, serta analisis data untuk menggambarkan kelimpahan mikroplastik dalam sedimen mangrove. Dikarenakan penelitian ini bersifat survei eksploratif untuk memperoleh data awal, pengambilan sedimen dilakukan secara sekop

tangan sampling (*hand scoop/trowel sampling*) di masing – masing stasiun sampling (1 sampel tunggal per stasiun) pada kedalaman ± 30 cm dari permukaan sedimen, luas kuadran 50×50 cm dengan mempertimbangkan beberapa aktivitas manusia (*anthropogenic activities*) yang diduga sebagai sumber pencemar mikroplastik seperti: galangan kapal, pemukiman warga, dermaga, nelayan dan tambak. Sampel sedimen kemudian disimpan dalam kantong plastik yang telah diberi kode. Sampel selanjutnya dikeringkan dengan suhu 60°C selama ± 24 jam menggunakan *oven Thermo Scientific*. Sekitar 10 gr sampel sedimen kering dicampurkan dengan larutan NaCl jenuh dalam proses ekstraksi mikroplastik, dimana NaCl jenuh dibuat dengan mencampurkan sebanyak 315 gram garam dapur (merk *Dolphin*) ke dalam 1 liter aquades. Masing – masing sampel mikroplastik kemudian diidentifikasi dengan mikroskop stereo *Relife RL M3T* dengan perbesaran $10\times/20$. Hasil ekstraksi mikroplastik kemudian diidentifikasi menggunakan metode inspeksi visual mikroskopis sesuai dengan panduan *Guide for the Visual Identification & Classification of Plastic Particles* (Markley *et al.*, 2024).

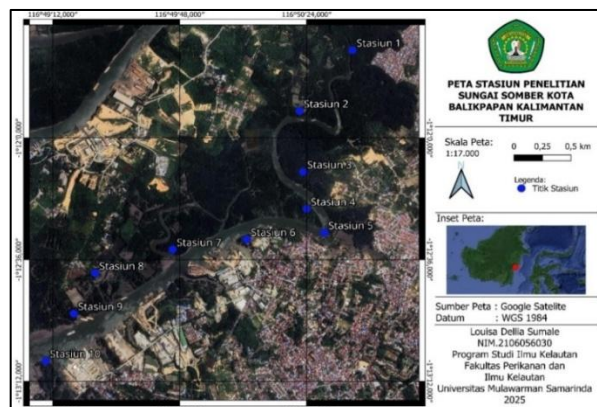
Pada saat meminimalkan risiko salah klasifikasi, partikel yang memiliki struktur seluler atau ciri-ciri organik (seperti serat alami) tidak dimasukkan dalam penghitungan. Namun demikian, penelitian ini tidak dilengkapi dengan analisis konfirmasi polimer menggunakan menggunakan FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) atau Spektroskopi Raman, sehingga jenis polimer penyusun tidak dapat dipastikan. Analisis statistik dilakukan untuk memeriksa hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan faktor-faktor lingkungan seperti jarak dari hulu sungai Sumber dan beberapa aktivitas manusia di sekitarnya.

2.3. Analisis Data

Kelimpahan mikroplastik dihitung dalam satuan partikel per kilogram (partikel/kg) berat sedimen kering. Karena nilai referensi (C_0) yang digunakan mengacu pada Wulandari *et al.* (2021) adalah 39 partikel per 100 gram, maka untuk menjaga konsistensi satuan, seluruh data kelimpahan (C) dari

setiap stasiun dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan partikel per 100 gram dengan membagi nilai kelimpahan (partikel/kg) dengan angka 10. Faktor kontaminasi (CF) kemudian dihitung menggunakan persamaan $CF = C \text{ (partikel/100 gr)}/39$. Karena penelitian ini memiliki 10 stasiun ($n=10$), Indeks Beban Pencemaran (PLI) dihitung sebagai indeks tunggal gabungan seluruh stasiun menggunakan formula akar pangkat-n, yaitu $PLI = (CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_{10})^{(1/10)}$. Pendekatan ini mengadaptasi indeks PLI yang umum digunakan untuk logam berat, dengan mengganti parameter konsentrasi logam menjadi kelimpahan mikroplastik, sejalan dengan studi terkini (Liang *et al.*, 2024; Siregar *et al.*, 2025). Tingkat pencemaran berdasarkan nilai PLI di penelitian ini diinterpretasikan menggunakan klasifikasi tingkat bahaya dari Custodio *et al.* (2025), dengan rentang nilai $PLI < 10$ (sangat rendah), $10-20$ (rendah), $20-30$ (sedang), dan > 30 (tinggi).

Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan kelimpahan mikroplastik, jenis mikroplastik, serta distribusi warna mikroplastik. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan perangkat lunak *Ms. Excel* untuk menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan distribusi kelimpahan. Hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan jarak stasiun dari hulu dieksplorasi secara pendahuluan menggunakan regresi linier sederhana. Namun, mengingat jumlah stasiun yang terbatas ($n=10$) dan desain pengambilan sampel secara *purposif*, hasil uji statistik ini tidak digunakan untuk menarik kesimpulan kausal. Interpretasi utama di penelitian ini dilakukan secara deskriptif dengan mempertimbangkan faktor hidrodinamika dan distribusi aktivitas antropogenik di setiap stasiun. Selain itu, penelitian ini juga memiliki keterbatasan berupa belum diukurnya parameter lingkungan (seperti kecepatan arus, pasang surut, sifat sedimen, dan bahan organik) secara kuantitatif di setiap stasiun. Oleh karena itu, interpretasi mengenai pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap kelimpahan dan sebaran mikroplastik bersifat eksploratif dan memerlukan verifikasi lebih lanjut melalui penelitian yang mengintegrasikan pengukuran parameter lingkungan secara simultan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen

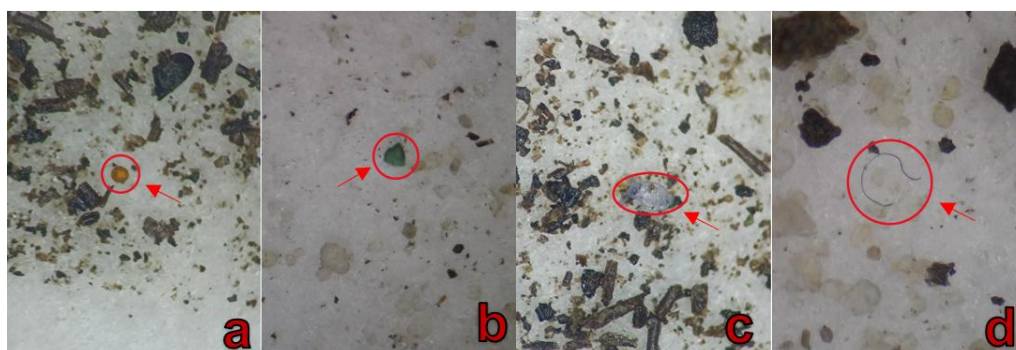
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Jenis Kelimpahan

Hasil analisis mikroplastik yang dilakukan di laboratorium, menunjukkan adanya variasi jenis terkait bentuk dan warna dari mikroplastik yang ditemukan di Sungai Sumber. Berdasarkan bentuknya, ditemukan empat jenis mikroplastik yang berbeda, di antaranya yaitu fiber, fragmen, film, dan granul (Gambar 2).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh stasiun pengamatan di Sungai Sumber teridentifikasi mengandung partikel mikroplastik dalam sedimen mangrove. Temuan ini mengindikasikan bahwa pencemaran mikroplastik telah meluas di sepanjang sungai. Mikroplastik yang ditemukan umumnya didominasi oleh jenis fragmen (Tabel 1). Jenis fragmen berasal dari degradasi plastik berukuran besar, seperti kantong plastik dan kemasan botol, yang mengalami proses fragmentasi akibat pengaruh fisik maupun kimia seperti paparan sinar ultraviolet (UV) dan abrasi (Azizah *et al.*, 2020; Hanif *et al.*, 2021).

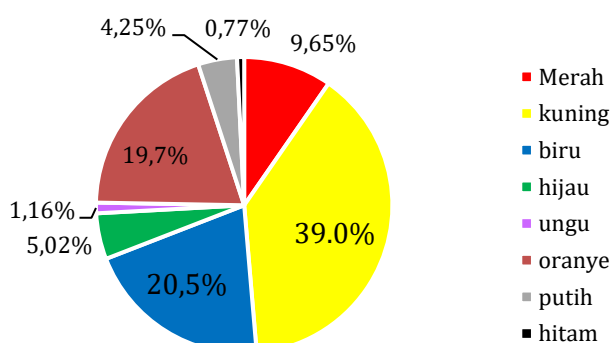
Jenis lainnya yang ditemukan yaitu Fiber merupakan jenis mikroplastik yang memiliki ukuran berupa helai memanjang dan tipis, bentuk ini biasanya memiliki ukuran yang sama (rapih) dari ujung yang satu ke ujung yang lainnya. Jenis fiber ini berasal dari limbah-limbah tekstil seperti kain atau tali pancing dan jaring nelayan yang terdegradasi (Basri *et al.*, 2021). Di penelitian ini, jenis fiber ditemukan dengan jumlah yang cukup banyak, hal ini dapat disebabkan oleh adanya aktivitas manusia seperti nelayan yang menggunakan tali pancing ataupun jaring dan juga adanya aktivitas perkapalan (dok kapal) dimana tali yang digunakan di kapal dapat mengalami degradasi dan masuk ke lingkungan perairan. Film yang merupakan jenis mikroplastik dengan bentuk yang tipis, melebar, dan transparan. Kemudian granul yang merupakan mikroplastik primer berbentuk bulat dengan permukaan yang halus.



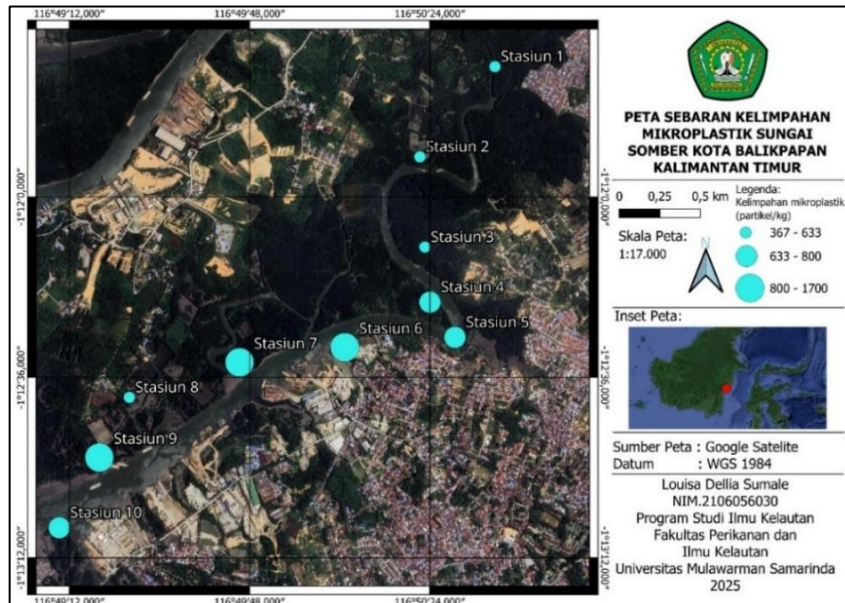
Gambar 2. Bentuk Mikroplastik yang Ditemukan (a. Granul; b. Fragmen; c. Film; d. Fiber) yang Ditunjukkan oleh Garis Panah Warna Merah

Tabel 1. Kelimpahan Jenis Bentuk Mikroplastik yang Ditemukan di Sungai Sumber

Jenis Bentuk Mikroplastik	Kelimpahan Mikroplastik (partikel/kg)	Persentase
Fiber	1733,33	20%
Film	600,00	7%
Fragmen	6166,67	70%
Granul	233,33	3%



Gambar 3. Komposisi Jenis Warna Mikroplastik yang Ditemukan di Sungai Sumber Kota Balikpapan



Gambar 4. Sebaran Kelimpahan Mikroplastik dalam Sedimen Mangrove Sungai Sember, Kota Balikpapan

3.2. Kelimpahan Jenis Mikroplastik

Kelimpahan jenis mikroplastik menunjukkan fragmen sebagai jenis yang paling mendominasi. Dominasi ini dapat diakibatkan oleh kondisi fisik lingkungan Sungai Sember. Adanya akar-akar mangrove yang kompleks dapat menyebabkan terjadinya gesekan atau abrasi yang juga didukung oleh perubahan hidrodinamika air, melalui pasang-surut, sehingga mempercepat proses fragmentasi sampah menjadi ukuran yang lebih kecil. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Govender *et al.* (2020) dimana fragmen juga merupakan jenis bentuk mikroplastik terbanyak yang ditemukan di estuari Afrika Selatan. Bentuk mikroplastik ini yang kecil dan tidak beraturan ini dapat memberikan dampak yang buruk bagi ekosistem karena dapat mencemari makanan sehingga dapat mengubah perilaku makan, mengganggu reproduksi, bahkan merusak jaringan dari biota di ekosistem tersebut (Zhu *et al.*, 2019).

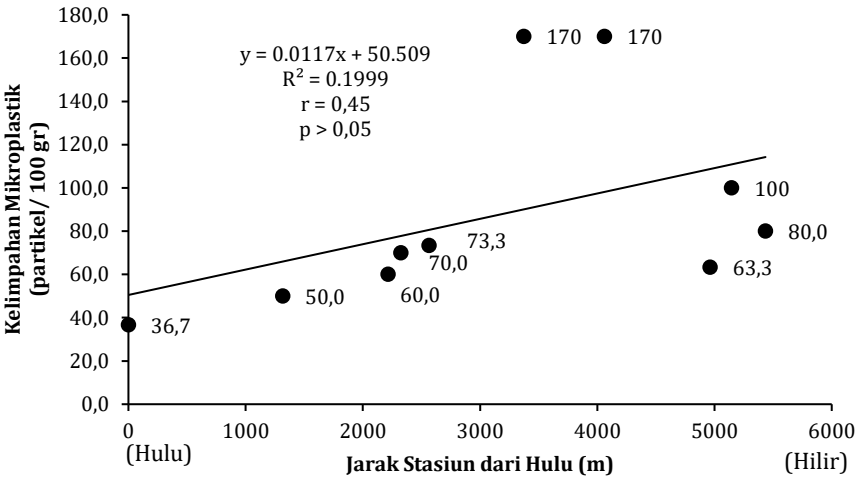
Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen di sepanjang Sungai Sember kota Balikpapan juga menunjukkan adanya variasi warna yang berbeda. Hal ini dapat disebabkan karena, sampah-sampah plastik yang dibuang ke alam memiliki berbagai jenis warna. Terdapat delapan jenis warna mikroplastik yang bervariasi yang ditemukan di lokasi sampling dengan warna kuning sebagai warna yang paling mendominasi (Gambar 3). Dominasi warna kuning dalam penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh perubahan warna akibat paparan sinar matahari. Temuan ini relatif sama dengan yang ditemukan dalam penelitian oleh Gewert (2015) yang menyebutkan bahwa *photo-induced degradation* dan *hydrolitic degradation* merupakan aspek yang berkontribusi dalam terjadinya penguningan pada warna mikroplastik. Selain itu, terjadinya proses oksidasi antioksidan fenolik yang ada di dalam plastik dapat menghasilkan senyawa seperti quinone

yang menjadi penyebab perubahan warna pada plastik menjadi kuning (Pospšil *et al.*, 2002).

3.3. Kelimpahan dan Sebaran Mikroplastik Perstasiun

Hasil analisis menunjukkan bahwa mikroplastik ditemukan di seluruh stasiun pengamatan. Secara umum, kelimpahan mikroplastik di penelitian ini antara 3,67 dan 170 partikel/ 100 gr sedimen kering, dengan rata-rata $87,33 \pm 46,74$ partikel/100 gr sedimen kering. Secara spasial, sebaran kelimpahan mikroplastik (Gambar 4) menunjukkan pola yang tidak merata. Kelimpahan rendah hingga sedang mendominasi stasiun hulu (Stasiun 1-5), kemudian meningkat di bagian tengah (Stasiun 6 dan 7), dan cenderung menurun kembali di bagian hilir (Stasiun 8-10). Penurunan di bagian hilir diduga dipengaruhi oleh peningkatan kekuatan arus di muara yang menghambat akumulasi partikel pada lapisan sedimen (Pamungkas *et al.*, 2022).

Pola sebaran tersebut diduga berkaitan dengan kedekatan stasiun terhadap sumber antropogenik lokal. Stasiun 6 dan 7 yang berada di kawasan padat pemukiman, industri, pelabuhan, dan wisata menunjukkan kelimpahan tertinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Yona *et al.*, (2020) dan Damanik & Widada (2024) yang mengaitkan tingginya kelimpahan mikroplastik di ekosistem pesisir dengan masukan limbah domestik dan kegiatan ekonomi lokal. Selain faktor antropogenik, hidrodinamika perairan seperti kecepatan arus dan pasang surut juga dilaporkan memiliki hubungan erat dengan kelimpahan mikroplastik di sedimen mangrove (Pamungkas *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2020). Parameter lain seperti jarak dari sumber pencemar, karbon organik total (TOC), dan fosfor total (TP) turut dilaporkan memengaruhi distribusi mikroplastik (Ahmed *et al.*, 2025).



Gambar 5. Grafik Hubungan Kelimpahan Mikroplastik dan Jarak Stasiun dari Hulu

Tabel 2. Nilai Indeks Beban Pencemaran (PLI) pada Sedimen (Liang *et al.*, 2024)

Stasiun	Kelimpahan Mikroplastik partikel/100 gr	Cf = (C/Co)
1	36,7	0,94
2	50,0	1,28
3	60,0	1,54
4	70,0	1,79
5	73,3	1,88
6	170	4,36
7	170	4,36
8	63,3	1,62
9	100	2,56
10	80,0	2,05
PLI Keseluruhan		1,998

Penelitian ini tidak mengkaji parameter hidrodinamika dan kimiawi secara langsung, sehingga diperlukan studi lanjutan untuk mengevaluasi pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap pola distribusi mikroplastik di Sungai Sumber.

Hasil uji regresi linier antara jarak stasiun dari hulu terhadap kelimpahan mikroplastik menunjukkan hubungan positif yang lemah ($R^2 = 19,99\%$) dan tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa distribusi mikroplastik di lokasi penelitian tidak mengikuti kecenderungan linier hulu-hilir. Pola yang berbeda dilaporkan oleh Adjornor (2024) di White River, Indiana, Amerika Serikat yang menemukan kelimpahan lebih tinggi di bagian hulu akibat penggunaan plastik dalam kegiatan pertanian. Perbedaan ini menunjukkan bahwa faktor pengendali distribusi mikroplastik bersifat spesifik lokasi (site-specific) dan dipengaruhi oleh kombinasi antara morfologi sungai, dinamika pasang surut, sistem perakaran mangrove, serta pola aktivitas manusia di masing-masing wilayah (Chen *et al.*, 2025; Siwolo *et al.*, 2024; Tan & Zanuri, 2023).

3.4. Analisis Indeks Beban Pencemaran (PLI)

Berdasarkan hasil perhitungan PLI, ditemukan bahwa indeks pencemaran mulai dari 0,94 sampai 4,36. Nilai PLI tertinggi terdapat pada Stasiun 6 dan 7 masing-masing sebesar 4,36 (Tabel 2). Nilai PLI

keseluruhan di penelitian ini adalah 1,998 mengindikasikan tingkat pencemaran dalam kategori risiko sangat rendah (*very low hazard*) berdasarkan klasifikasi PLI untuk mikroplastik ($PLI < 10$) (Custodio *et al.*, 2025). Disisi lain, nilai CF (*Contamination Factor*) pada Stasiun 6 dan 7 ($CF = 4,36$) di penelitian ini termasuk kategori sedang dan tinggi menurut klasifikasi Timalsina *et al.* (2026). Tingginya nilai CF di stasiun 6 dan 7 di penelitian ini menunjukkan perlunya perhatian terhadap pengelolaan limbah plastik di sekitar kawasan industri dan pemukiman. Salah satu perhatian yang mungkin perlu dilakukan adalah dengan melakukan himbauan kepada masyarakat sekitar agar tidak membuang sampah di sepanjang sungai Sumber. Selain itu, pemantauan lingkungan di Sungai Sumber secara spasial dengan menetapkan stasiun prioritas, terutama Stasiun 6 dan 7 sebagai lokasi dengan kelimpahan mikroplastik tertinggi. Pemantauan temporal disarankan dilakukan dengan frekuensi minimal dua kali setahun, yaitu pada musim kemarau dan musim hujan, untuk mengetahui variabilitas hidrodinamika dan input limbah mikroplastik yang mungkin berbeda antar musim. Proses penguatan interpretasi mengenai faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sebaran mikroplastik, pemantauan lanjutan jangka panjang perlu mengintegrasikan pengukuran parameter lingkungan pendukung secara kuantitatif di setiap stasiun, meliputi: kecepatan arus, tinggi pasang surut, ukuran butir

sedimen, dan kandungan bahan organik total (*Total Organic Carbon/TOC*). Selain itu, konfirmasi jenis polimer menggunakan *FT-IR* (*Fourier Transform Infrared*) atau Spektroskopi Raman sangat direkomendasikan untuk mengurangi bias identifikasi visual mikroplastik yang menjadi keterbatasan penelitian ini.

Walaupun tingkat pencemaran mikroplastik di penelitian ini termasuk kategori risiko sangat rendah, mikroplastik yang telah terakumulasi dalam ekosistem mangrove dapat berdampak terhadap penurunan kualitas sedimen, dan kehidupan biota di sepanjang sungai Sember. Talukdar *et al.*, (2023) menjelaskan bahwa mikroplastik di ekosistem mangrove menimbulkan berbagai dampak negatif, mulai dari gangguan terhadap fungsi ekologis seperti penyerapan karbon dan kelestarian habitat, hingga pencemaran sedimen yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman mangrove. Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa mikroplastik dapat terakumulasi dalam tubuh organisme yang hidup di sekitar ekosistem mangrove seperti ikan, kepiting, kerang, dan zooplankton, yang kemudian dapat berpindah melalui rantai makanan hingga ke manusia. Jika mikroplastik pada organisme tersebut dikonsumsi secara terus menerus, maka dapat berpotensi menimbulkan efek toksik bagi konsumen seperti gangguan metabolik, imunotoksitas, dan risiko kanker (Taylor *et al.*, 2025). Langkah-langkah pencegahan atau mitigasi terhadap permasalahan di penelitian ini perlu dilakukan, seperti mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, menggunakan pakaian atau produk kecantikan yang berbahan alami, lebih memperhatikan pembuangan dan pengelolaan sampah. Beberapa negara seperti: Selandia Baru, Kanada, Inggris, Amerika Serikat, Swedia, Thailand, Irlandia, India, Italia, Korea Selatan, juga melarang penambahan bahan seperti *beads* ke dalam produk kosmetik, dan juga adanya pengurangan produksi plastik yang tidak perlu (Anić-Vučinić *et al.*, 2025). Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memperkuat bukti bahwa ekosistem mangrove menjadi tempat akumulasi utama mikroplastik, namun juga menekankan perlunya kebijakan pengelolaan sampah plastik yang lebih efektif, serta peningkatan kesadaran masyarakat dan penguatan regulasi pemerintah terhadap penggunaan plastik sekali pakai (Kastilon *et al.*, 2024).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa mikroplastik terdistribusi di seluruh stasiun sepanjang Sungai Sember dengan kelimpahan berkisar 36,7 – 170 partikel/100 gr sedimen kering (rata – rata $87,33 \pm 46,74$). Empat jenis mikroplastik teridentifikasi, didominasi oleh fragmen (70%), diikuti fiber (20%), film (7%), dan granul (3%), dengan warna kuning sebagai warna yang paling dominan. Kelimpahan tertinggi tercatat di Stasiun 6 dan 7 (170 partikel/100 gr) yang berada di dekat permukiman

dan galangan kapal, sedangkan terendah di Stasiun 1 (36,7 partikel/100 gr). Nilai PLI keseluruhan adalah 1,998 yang mengindikasikan tingkat risiko kontaminasi sangat rendah. Sebaran spasial tidak mengikuti pola linier hulu–hilir, dan secara statistik tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kelimpahan mikroplastik dengan jarak dari titik hulu. Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk mengukur parameter lingkungan secara kuantitatif di setiap stasiun termasuk kecepatan arus, pasang surut, ukuran butir sedimen, kandungan bahan organik, dan jenis vegetasi mangrove untuk mengidentifikasi faktor-faktor pengendali kelimpahan mikroplastik secara lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kualitas Air FPIK, dan *Oceanography Integrated Laboratory* Universitas Mulawarman yang telah berpartisipasi dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjornor, B. Y., Han, B., Zahran, E. M., Pichtel, J., & Wood, R. (2024). Transport and Deposition of Microplastics at the Water–Sediment Interface: A Case Study of the White River Near Muncie, Indiana. *Hydrology*, 11(9), 141. doi: 10.3390/hydrology11090141
- Ahmed, A. S. S., Billah, M. M., Ali, M. M., Guo, L., Akhtar, S., Bhuiyan, M. K. A., & Islam, M. S. (2025). Microplastic Characterization and Factors Influencing Its Abundance in Coastal Wetlands: Insights from the World's Largest Mangrove Ecosystem, Sundarbans. *Environmental Science and Pollution Research International*, 32(9), 5435–5456. doi: 10.1007/s11356-025-36044-9
- Anić-Vučinić, A., Turk, D., & Bek, A. (2025). Macroissues with Microplastics: A Review on Distribution, Environmental Impacts, Pollutant Interactions, Toxicity, Analytical Methodology and Mitigation Strategies. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(7), 4057. doi: 10.3390/app15074057
- Apriani, A., Akbar, A. A., & Jumiaty, J. (2022). Valuasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kayong Utara, Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 553–562. doi: 10.14710/jil.20.3.553-562
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326–332. doi: 10.14710/jmr.v9i3.28197
- Bahri, S., Nufus, H., Heriansyah, H., & Isbah, F. (2025). Study on the Type and Density of Marine Debris at Lhok Bubon Beach, West Aceh. *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 7(1), 8–12. doi: 10.51179/jipsbp.v7i1.2740
- Basri K, S., K, B., Syaputra, E. M., & Handayani, S. (2021). Microplastic Pollution in Waters and its Impact on Health and Environment in Indonesia: A Review. *Journal of Public Health for Tropical and Coastal Region*, 4(2), 63–77. doi: 10.14710/jphtcr.v4i2.10809
- Chen, X., Zhang, P., Lu, J., Chen, Y., & Zhang, J. (2025). Hydrology Modulates the Microplastics Composition and Transport Flux Across the River–Sea Interface in Zhanjiang Bay, China. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(3), 428. doi:

- Sumale, L. D., Paputungan, M. S., Suyatna, I., Hamdhani., dan Ritonga, I. R. (2026). Kelimpahan Mikroplastik dalam Sedimen Mangrove di Sepanjang Sungai Sumber Kota Balikpapan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(4), 890-878. doi:10.14710/jil.24.4.890-878
- 10.3390/jmse.13030428
- Custodio, M., Pizarro, S., Huarcaya, J., Ortega, K., & Ccopi, D. (2025). Ecological and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Mining-Affected River Sediments in the Peruvian Central Highlands. *Toxics*, 13(9), 783. doi: 10.3390/toxics13090783
- Damanik, D. A., Widada, S., & Widiarati, R. (2024). Analisis Konsentrasi dan Sebaran Mikroplastik di Muara Sungai Bedahan, Wonokerto, Kabupaten Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(4), 344–356. doi: 10.14710/ijoce.v6i4.24673
- Farras Abida Lestari, Masitah, Jailani, & Nasution, R. (2024). Identifikasi Mikroplastik pada Beberapa Jenis Ikan di Sungai Manggar Balikpapan Sebagai Daerah Penyangga IKN. *Jurnal Biosense*, 7(02), 237–250. doi: 10.36526/biosense.v7i02.4216
- Firmansyah, Y. W., Fuadi, M. F., Ramadhansyah, M. F., Sugiesther S, F., Widyantoro, W., Lewinsca, M. Y., Diyana, S., Marlina, N. I. V., Arumdani, I. S., Pratama, A. Y., Azhari, D., Sukaningtyas, R., & Hardiyanto, A. (2021). Keberadaan Plastik di Lingkungan, Bahaya terhadap Kesehatan Manusia, dan Upaya Mitigasi: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2279–2285. doi: 10.32672/jse.v6i4.3471
- Gewert, B., Plassmann, M. M., & Macleod, M. (2015). Pathways for Degradation of Plastic Polymers Floating in the Marine Environment. *Environmental Sciences: Processes and Impacts*, 17(9), 1513–1521. doi: 10.1039/c5em00207a
- Govender, J., Naidoo, T., Rajkaran, A., Cebekhulu, S., Bhugeloo, A., & Naidoo, S. (2020). Towards Characterising Microplastic Abundance, Typology and Retention in Mangrove-Dominated Estuaries. *Water (Switzerland)*, 12(10), 2802. doi: 10.3390/w12102802
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1–6. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/26832>
- Kastilon, K., Novianto Saputra, D., Ritonga, A. I., Reflis, R., & Satria P. Utama. (2024). Dampak Mikroplastik terhadap Ekosistem Pesisir: Sebuah Telaah Pustaka. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(3), 352–358. doi: 10.55123/insologi.v3i3.3628
- Laila, Q. N., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2020). LLKelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1), 28–35. doi: 10.14710/jpl.2020.30524
- Liang, T., Ho, Y. W., Wang, Q., Wang, P., Sun, S., Fang, J. K. H., & Liu, X. (2024). Distribution and Risk Assessment of Microplastics in Water, Sediment and Brine Shrimps in a Remote Salt Lake on the Tibetan Plateau, China. *Journal of Hazardous Materials*, 476(April), 134959. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134959
- Markley, L. A. T., Driscoll, C. T., Hartnett, B., Mark, N., Cárdenas, A. M., & Hapich, H. (2024). *Guide for the Visual Identification and Classification of Plastic*. Syracuse University. doi: 10.13140/RG.2.2.27505.45927
- Maulia, R., Eryati, R., & Ritonga, I. R. (2026). Analysis of Microplastic Species and Abundance in Seraya Beach Waters, Balikpapan City. *Journal of Tropical Marine Science*, 9(1), 97–104. doi: 10.33019/jour.trop.mar.sci.v9i1.5326
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 Rivers Account for 80% of Global Riverine Plastic Emissions Into the Ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803. doi: 10.1126/sciadv.aaz5803
- Pamungkas, N. A. G., Hartati, R., Redjeki, S., Riniatsih, I., Suprijanto, J., Supriyo, E., & Widianingsih, W. (2022). Karakteristik Mikroplastik pada Sedimen dan Air laut di Muara Sungai Wulan Demak. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 421–431. doi: 10.14710/jkt.v25i3.14923
- Pospíšil, J., Habicher, W. D., Zweifel, H., Pilař, J., Nešpůrek, S., & Piringer, O. G. (2002). Antioxidants as Sources of Plastics Discoloration: Structural Effects. *Polymers and Polymer Composites*, 10(1), 37–47. doi: 10.1177/096739110201000103
- Putri, R., Rafi'i, A., & Ghitarina. (2023). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Wilayah pesisir Pantai Monpera Kota Balikpapan Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, 2(2), 191–195. doi: 10.30872/tas.v2i2.773
- Ritonga, I. R., Eryati, R., Manukrante, A., & Muthy, N. A. (2025). Perbandingan Kelimpahan Plankton dan Mikroplastik di Perairan Manggar Kota Balikpapan. *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 21(2), 88–96. doi: 10.14710/ijfst.21.2.88-96
- Senoaji, G., & Hidayat, M. F. (2017). The Role of Mangrove Ecosystem in the Coastal City of Bengkulu in Mitigating Global Warming through Carbon Sequestration. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 327–333. doi: 10.22146/jml.18806
- Siregar, L. Y., Yucharoen, M., Muchlisin, Z. A., & Pradit, S. (2025). Accumulation of Microplastics (<300 Mm) in Mangrove Sediments of Banda Aceh City, Indonesia. *Applied Ecology and Environmental Research*, 23(2), 3245–3258. doi: 10.15666/aeer/2302_32453258
- Siwolo, A. B., Prianto, E., & Adriman, A. (2024). Identifikasi Jenis dan Kelimpahan Sampah Laut pada Kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah di Desa Kayu Ara Permai Kecamatan Sungai Apit Kabupaten Siak. *South East Asian Water Resources Management*, 2(1), 1–12. doi: 10.61761/seawarm.2.1.1-12
- Suidarma, I. M., & Antini, N. L. A. S. (2023). Penerapan Ecobrick Sebagai Solusi dalam Mengurangi Jumlah Sampah Plastik di Desa Pemogan. *JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 7(1), 157. doi: 10.30595/jppm.v7i1.9918
- Syafira, A. R., Ritonga, I. R., Paputungan, M. S., & Suryana, I. (2023). Analisis kandungan Timbal (Pb) pada sedimen mangrove di kawasan Mangrove Center Graha Indah, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(1), 220–231. doi: 10.29303/jp.v13i1.465
- Talukdar, A., Kundu, P., Bhattacharjee, S., Dey, S., Dey, A., Biswas, J. K., Chaudhuri, P., & Bhattacharya, S. (2023). Microplastics in Mangroves with Special Reference to Asia: Occurrence, Distribution, Bioaccumulation and Remediation Options. *Science of the Total Environment*, 904(July), 166165. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166165
- Tan, E., & Mohd Zanuri, N. B. (2023). Abundance and Distribution of Microplastics in Tropical Estuarine Mangrove Areas Around Penang, Malaysia. *Frontiers*

- in *Marine Science*, 10, 1148804. doi: 10.3389/fmars.2023.1148804
- Taylor, B., Ofori, K. F., Parsaeimehr, A., Akdemir Evrendilek, G., Attarwala, T., & Ozbay, G. (2025). Exploring the Complexities of Seafood: From Benefits to Contaminants. *Foods*, 14(9), 1461. doi: 10.3390/foods14091461
- Timalsina, B., Ghimire, N. P., & Uprety, Y. (2026). First Evidence of Microplastic Contamination in High Altitude Ground Dwelling Birds: Connecting Local Findings to Global Biodiversity and Sustainability Goals. *Journal of Ecology and Environment*, 50(14), 1–12. doi: 10.5141/jee.26.001
- Wulandari, M., Prasaningtyas, A., Ma'arij Harfadli, M., & Handayani, A. M. (2021). Distribution of Microplastic at Sediment on Balikpapan Coastal Area. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(1), 153–160. doi: 10.14710/presipitasi.v18i1.153-160
- Yona, D., Di Prikah, F. A., & As'adi, M. A. (2020). Identifikasi dan Perbandingan Kelimpahan Sampah Plastik Berdasarkan Ukuran pada Sedimen di Beberapa Pantai Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 375–383. doi: 10.14710/jil.18.2.375-383
- Zega, A., Susanti, N. M., Tillah, R., & Laoli, D. (2024). Innovative Strategies In The Face Of Ecosystem Degradation : An Updated Assessment Of The Vital Role Of Mangrove Forests In Environmental Conservation. *Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 2(2), 71–83. doi: 10.62951/zoologi.v2i2.65
- Zhang, L., Zhang, S., Guo, J., Yu, K., Wang, Y., & Li, R. (2020). Dynamic Distribution of Microplastics in Mangrove Sediments in Beibu Gulf, South China: Implications of Tidal Current Velocity and Tidal Range. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 122849. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.122849
- Zhu, F., Zhu, C., Wang, C., & Gu, C. (2019). Occurrence and Ecological Impacts of Microplastics in Soil Systems: A Review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102(6), 741–749. doi: 10.1007/s00128-019-02623-z