



# Kajian Cemaran Mikroplastik di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir (Sisi Kiri Sungai), Sumatera Selatan

*Study of Microplastics Pollution in the Left Bank Waters of the Musi River, South Sumatra*

Ahmad<sup>1✉</sup>, Melki<sup>1</sup>, Wike Ayu Eka Putri<sup>1</sup>, Riris Aryawati<sup>1</sup>, Fitri Agustriani<sup>1</sup>, Thalia Dwi Ananda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Indonesia 30662

## Info Artikel:

Diterima: 11 Februari 2026

Revisi: 18 April 2026

Disetujui: 25 Mei 2026

Dipublikasi: 30 Mei 2026

## Kata Kunci:

Fiber, Mikroplastik (MPs), Sungai Musi Bagian Hilir, Spectra-FTIR

## Penulis Korespondensi:

Ahmad

Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia 30662

Email: [ahmad@unsri.ac.id](mailto:ahmad@unsri.ac.id)



This is an open access article under the [CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2026 by Authors.

Published by Program Studi

Manajemen Sumberdaya Perairan

Universitas Maritim Raja Ali Haji.

## How to cite this article:

Ahmad, Melki, Putri, W. A. E., Aryawati, R., Agustriani, F., & Ananda, T. D. (2026). Kajian Cemaran Mikroplastik di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir (Sisi Kiri Sungai), Sumatera Selatan. *Jurnal Akuatiklestari*, 9(2), 172-184. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v9i2.8239>

## 1. PENDAHULUAN

Sampah laut adalah isu lingkungan global yang semakin mendapat perhatian, terutama yang bersumber dari aktivitas antropogenik seperti pembuangan limbah ke sungai, estuari, pesisir hingga laut (Chen *et al.*, 2021; Pawar *et al.*, 2016). Sampah laut juga dapat berasal dari kehilangan material di laut akibat kondisi cuaca ekstrem dan aktivitas pelayaran (Tran *et al.*, 2021). Sumber sampah laut yang beragam tersebut berpotensi menimbulkan dampak yang signifikan terhadap lingkungan, perekonomian, keselamatan, kesehatan manusia, serta aspek sosial dan budaya, sehingga memerlukan perhatian dan pengelolaan yang berkelanjutan (Karbalaei *et al.*, 2018; Mafuta *et al.*, 2021). Sifat persisten dari sebagian besar komponen sampah laut, khususnya plastik, yang dikombinasikan dengan peningkatan volume sampah dan limbah yang terus-menerus dibuang ke lingkungan laut. Hal ini menyebabkan peningkatan bertahap keberadaan sampah laut baik di perairan laut maupun di sepanjang wilayah pesisir (Bayo *et al.*, 2022). Salah satu jenis

sampah laut ukuran kecil adalah mikroplastik.

Mikroplastik (MPs) didefinisikan sebagai partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm, dengan ukuran partikel terkecil sekitar 1  $\mu\text{m}$  (Shiu *et al.*, 2020). MPs diklasifikasikan ke dalam dua kategori yaitu MPs primer dan MPs sekunder (Lehtiniemi *et al.*, 2018). MPs menjadi perhatian serius karena sifatnya yang persisten serta potensi dampak negatifnya termasuk kemampuan untuk terakumulasi secara biologis (Issac & Kandasubramanian, 2021). Setelah terlepas ke lingkungan, MPs dapat bertahan selama ribuan tahun dan hampir tidak mungkin dihilangkan. Ketahanan dan persistensinya menjadikan MPs sebagai ancaman yang signifikan lingkungan ekosistem perairan. Ukuran MPs yang sangat kecil dan bersifat mikroskopis menyebabkan partikel ini mudah disalahartikan sebagai makanan oleh organisme hidup di perairan (Cordova *et al.*, 2025; Walkinshaw *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020). Akibatnya, MPs telah dilaporkan ditemukan pada berbagai organisme akuatik, mulai dari zooplankton, ikan, kerang, tiram, dan remis hingga organisme berukuran besar seperti paus dan mamalia laut ukuran besar lainnya (Digka *et al.*, 2018; Ding *et al.*, 2021; Jovanović, 2017; Long *et al.*, 2015; Moore *et al.*, 2020; Shiu *et al.*, 2020). MPs dan senyawa penyusunnya diketahui dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap sistem biologis organisme, termasuk gangguan fisiologis, stres oksidatif, dan kerusakan jaringan (Prata *et al.*, 2021). Selain itu, MPs berperan sebagai vektor yang mampu mengadsorpsi dan mengangkut berbagai polutan berbahaya, seperti logam berat, polutan karbon organik dan senyawa organik persisten, sehingga berpotensi meningkatkan risiko toksik bagi organisme akuatik (Ahmadi *et al.*, 2022; Purwiyanto *et al.*, 2020).

Salah satu sungai yang diindikasikan tercemar oleh partikel MPs adalah Sungai Musi di Provinsi Sumatera Selatan. Sungai Musi merupakan salah satu sungai utama yang memiliki panjang sekitar 750 km mengalir melalui wilayah Kota Palembang. Sungai Musi merupakan salah satu sungai utama (*major river*) yang berfungsi strategis sebagai sumber air untuk kebutuhan domestik, pertanian, dan perikanan, serta sebagai sarana transportasi dan aktivitas perdagangan (Apri *et al.*, 2021; Putri & Melki, 2020). Meskipun demikian, Sungai Musi saat ini mengalami tekanan pencemaran yang cukup serius akibat masuknya limbah dari sektor industri, aktivitas rumah tangga, dan kegiatan pertanian serta perikanan. Keberadaan berbagai industri di sepanjang aliran sungai menyebabkan pelepasan limbah yang mengandung logam berat seperti Pb dan Cd ke perairan Sungai Musi sehingga menurunkan kualitas air dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat, khususnya melalui konsumsi ikan yang berasal dari perairan tersebut (Anwar *et al.*, 2025; Purwiyanto *et al.*, 2025; Purwiyanto *et al.*, 2020). Partikel MPs diperkirakan muncul dari disintegrasi fisik dan kimia sampah plastik yang dibuang ke perairan, khususnya dari aktivitas industri dan daerah padat penduduk di dekat Kota Palembang. Masyarakat yang mengonsumsi ikan atau minum air sungai mungkin berisiko mengalami masalah kesehatan akibat MPs yang masuk ke rantai makanan melalui spesies akuatik. Buktinya terdapat keberadaan MPs yang terdeteksi dalam feses warga yang bermukim di sekitar bantaran Sungai Musi (Anwar *et al.*, 2025).

Terdapat kesenjangan yang cukup besar dalam penelitian ilmiah dan pemantauan MPs, sebagaimana dibuktikan oleh kurangnya data MPs di Sungai Musi Bagian Hilir. Selain itu, sistem aliran sungai utama di Sumatera Selatan telah diidentifikasi sebagai salah satu sumber MPs yang berkontribusi terhadap transportasi partikel tersebut menuju ekosistem estuari, pesisir dan laut. Namun demikian, informasi mengenai tingkat kelimpahan MPs di wilayah hilir khususnya pada perairan Sungai Musi masih relatif terbatas dan belum banyak dilaporkan secara komprehensif. Keterbatasan data ini mengakibatkan belum optimalnya pemahaman terhadap pola distribusi spasial MPs, karakteristiknya, serta pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas antropogenik terhadap akumulasi MPs di bagian hilir sungai. Hal ini mempersulit pengambilan kebijakan berbasis bukti untuk mengurangi polusi plastik dan melindungi ekosistem sungai, pesisir dan laut.

Dengan demikian, kajian penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi, mengidentifikasi dan menganalisis kelimpahan, sebaran dan karakteristik MPs di wilayah Sungai Musi Bagian Hilir. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai pola distribusi MPs serta potensi dampaknya terhadap lingkungan perairan Sungai Musi sebagai satu sistem sungai utama di Indonesia.

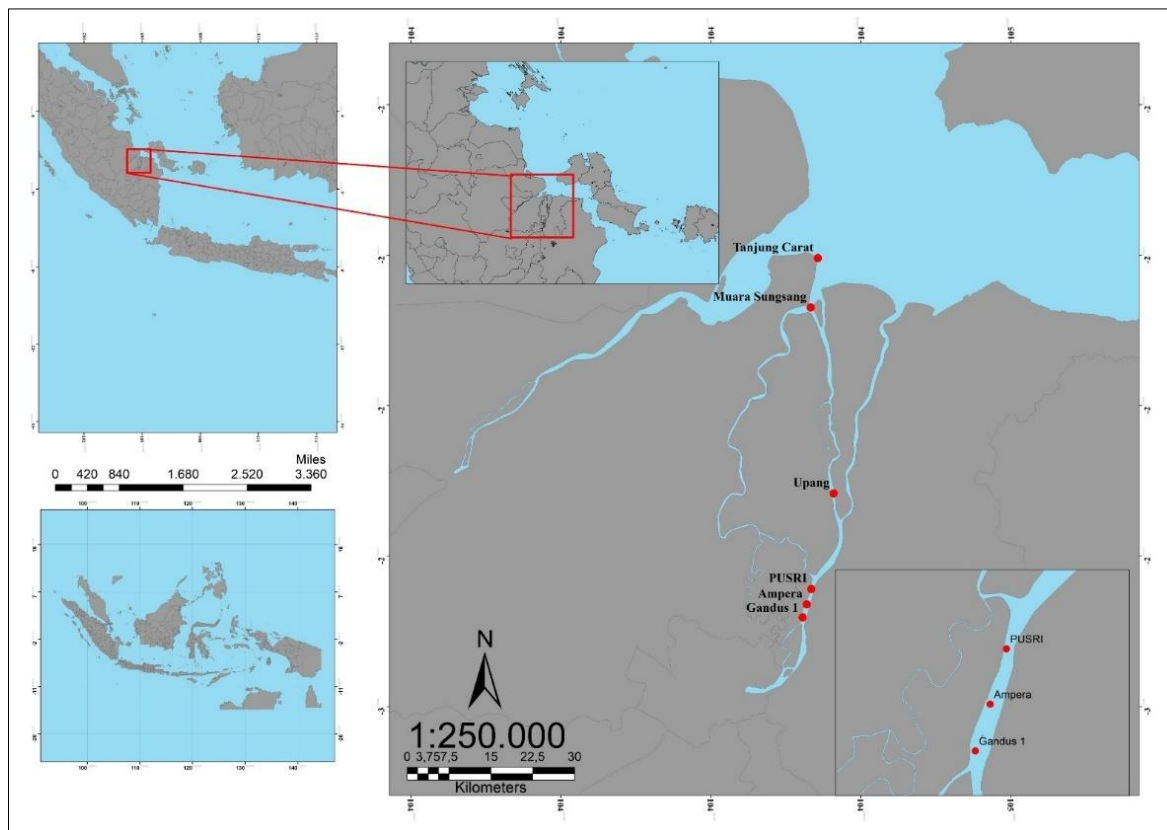
## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September 2021. Pengambilan sampel dilakukan di Sepanjang Perairan Sungai Musi Bagian Hilir, Provinsi Sumatera Selatan dengan 6 stasiun penelitian yakni Gandus, Ampera, PUSRI, Upang, Muara Sungsang dan Tanjung Carat. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Bagian Hilir didefinisikan sebagai sisi kiri sungai (*left bank*) apabila ditinjau berdasarkan arah aliran arus sungai yaitu dari hulu menuju muara. Penentuan sisi kiri sungai ini mengikuti kaidah hidrografi, dimana orientasi kiri dan kanan sungai ditetapkan sesuai dengan arah aliran air. Hal ini dapat dijelaskan karena Sungai Musi membagi Kota Palembang ke dalam dua wilayah utama yaitu kawasan Ulu dan Ilir (Hilir). Pendefinisian tersebut digunakan untuk memastikan kejelasan lokasi pengamatan serta konsistensi dalam penentuan stasiun penelitian di sepanjang wilayah perairan Sungai Musi.

Setiap stasiun penelitian dianggap mewakili karakteristik aktivitas antropogenik yang terdapat di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir. Pada masing-masing stasiun dilakukan pengambilan satu sampel air menggunakan metode *random sampling*. Titik pengambilan sampel ditentukan secara acak pada area stasiun penelitian yang masih merepresentasikan kondisi perairan setempat. Pengambilan sampel dilakukan satu kali pada setiap stasiun selama periode penelitian. Stasiun Gandus berada di kawasan industri yang terdapat pabrik kertas dan pabrik karet. Stasiun Ampera terletak di sekitar Jembatan Ampera yang menjadi pusat aktivitas masyarakat Kota Palembang, yang meliputi kawasan pasar induk dan permukiman penduduk. Stasiun PUSRI berada di kawasan industri Pupuk Sriwijaya dan berdekatan dengan Pelabuhan Boom Baru Palembang. Stasiun Upang terletak di wilayah hulu Sungai Upang yang didominasi kawasan

permukiman serta memiliki keterkaitan dengan kampung nelayan Desa Sungsang. Stasiun Muara Sungsang berada di Desa Sungsang yang didominasi aktivitas permukiman nelayan. Stasiun Tanjung Carat berada di kawasan pengembangan infrastruktur pelabuhan baru di Provinsi Sumatera Selatan. Koordinat lokasi stasiun penelitian disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Koordinat Lokasi Stasiun Penelitian

Stasiun	Bujur (BT)	Lintang (LS)
Gandus	104°39'57.04"	03°02'49.54"
Ampera	104°45'44.51"	02°59'37.67"
PUSRI	104°48'15.29"	02°58'59.50"
Upang	104°54'37.14"	02°20'15.19"
Muara Sungsang	104°56'49.46"	02°36'38.32"
Tanjung Carat	104°57'28.70"	02°43'31.99"

## 2.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi plankton net (ukuran 60  $\mu\text{m}$ ) untuk menyaring partikel MPs dari kolom air, botol kaca sampel untuk menyimpan sampel air, termometer digital untuk mengukur suhu air, refraktometer genggam digital untuk mengukur salinitas, pH meter tipe ETP110 untuk mengukur derajat keasaman air, DO meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut dan *current meter* untuk mengukur kecepatan arus air. Proses preparasi dan analisis di laboratorium menggunakan saringan ayakan bertingkat (ukuran 5 mm dan 150  $\mu\text{m}$ ) untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran, oven untuk mengeringkan sampel, *magnetic stirrer* dan *hot plate* untuk melarutkan dan memanaskan larutan, gelas beker 250 mL sebagai wadah reaksi, timbangan analitik untuk menimbang sampel secara presisi, corong filtrasi/*vacuum filtration* set untuk menyaring partikel dari larutan, kertas saring *Whatman cellulose nitrate* (47 mm; 0,45  $\mu\text{m}$ ) sebagai media filtrasi, mikroskop stereo binokuler (pembesaran 4x) untuk identifikasi visual MPs dan FTIR Nicolet™ iS5 dengan mode ATR untuk identifikasi komposisi polimer MPs. Bahan yang digunakan meliputi sampel air permukaan ( $\pm 10$  L per stasiun) sebagai objek utama penelitian, akuades untuk pencucian dan pengenceran, hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30% untuk destruksi bahan organik, natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) untuk meningkatkan densitas larutan guna pemisahan MPs secara flotasi dan kertas saring steril sebagai blank control untuk mendeteksi kontaminasi selama proses analisis.

## 2.3. Teknik Pengumpulan Data

Sampel air yang dianalisis merupakan air permukaan dengan jumlah sekitar 10 L yang dikumpulkan menggunakan *plankton net* berukuran pori 60  $\mu\text{m}$  melalui metode non-diskret pada setiap stasiun pengamatan. Sampel air hasil

penyaringan selanjutnya dipindahkan ke dalam botol kaca dan dibilas menggunakan aquades untuk dilakukan analisis lanjutan di laboratorium. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan MPs secara efektif dari berbagai lokasi di badan sungai, sehingga dapat merepresentasikan pola distribusi MPs di wilayah hilir Sungai Musi secara komprehensif. Kemudian, Pengukuran parameter lingkungan dilakukan secara *in situ* pada pagi hingga siang hari (pukul 08.00–13.00 WIB) dalam kondisi cuaca cerah dan tidak hujan. Kondisi ini dipilih untuk meminimalkan pengaruh fluktuasi diurnal terhadap pengukuran nilai suhu, DO, pH dan memastikan konsistensi data antarstasiun pengamatan. Parameter lingkungan meliputi suhu, salinitas, pH, *dissolved oxygen* (DO) dan arus. Suhu diukur menggunakan termometer digital dengan rentang pengukuran 0–100°C dan ketelitian ±0,1°C, salinitas ditentukan menggunakan refraktometer genggam digital dengan rentang 0–100 ppt dan ketelitian ±1 ppt. pH sedimen diukur menggunakan alat pH meter model ETP110 dengan rentang 0–14 dan ketelitian ±0,01, *dissolved oxygen* (DO) menggunakan alat DO meter dengan rentang 0–20 mg/L dan ketelitian ±0,1 mg/L dan kecepatan arus diukur menggunakan *current meter* dengan rentang 0–4 m/s dan ketelitian ±0,01 m/s.

## 2.4. Prosedur Penelitian

### 2.4.1. Ekstraksi Sampel di Laboratorium

Ekstraksi sampel MPs pada air merujuk pada [Cordova et al. \(2019\)](#); [Shiu et al. \(2021\)](#). Sampel air dari lapangan disaring secara bertahap menggunakan saringan berukuran 5 mm dan 150 µm. Residu yang tertahan dipindahkan ke botol kaca dan dibilas menggunakan air aquades, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama semalaman lebih kurang 12-14 jam atau sampai sampel kering. Penghilangan bahan organik dilakukan dengan penambahan 10 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* IKA C-MAG HS 7 dengan kecepatan putar 0–1.500 rpm pada suhu maksimum 340°C pada suhu 65°C dengan kecepatan 380 rpm hingga sampel bersih. Sampel selanjutnya dipindahkan ke gelas beker 250 mL dan dilakukan pemisahan densitas dengan penambahan NaCl sebanyak 6 gram per 20 mL sampel, disertai pemanasan dan pengadukan hingga larut sempurna. Larutan sampel kembali di saring menggunakan kertas saring steril *Whatman cellulose nitrate* (diameter 47 mm, pori 0,45 µm). Sebagai QC, dilakukan pengujian menggunakan kertas saring tanpa sampel (*blank control*) guna mengidentifikasi potensi kontaminasi yang mungkin terjadi selama tahapan ekstraksi di laboratorium. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ditemukan MPs pada sampel kontrol, yang mengindikasikan tidak terjadinya kontaminasi udara selama proses analisis.

Seluruh partikel yang diindikasikan sebagai MPs yang tertahan pada kertas saring selanjutnya dilakukan proses identifikasi partikel. Partikel MPs kemudian dihitung kelimpahan dan diklasifikasi bentuk MPs serta jenis polimernya. Identifikasi fisik MPs dilakukan menggunakan mikroskop stereo binokuler dengan perbesaran 4x. Suatu partikel dikategorikan sebagai MPs apabila memenuhi beberapa kriteria, yaitu: (1) ukuran partikel kurang dari 5 mm, (2) memiliki warna yang homogen, (3) tidak menunjukkan struktur seluler atau jaringan biologis, serta (4) tidak bercabang maupun tersegmentasi, sesuai dengan kriteria yang dikemukakan oleh [\(Cole et al., 2013\)](#). Identifikasi fisik selanjutnya dilakukan berdasarkan karakteristik bentuk partikel MPs yang diklasifikasikan ke dalam empat kategori, yaitu fiber, fragmen, granula dan film.

Identifikasi jenis polimer MPS dilakukan menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) mengacu pada [\(Cordova et al., 2019\)](#). Sampel MPs dipilih secara acak dari kertas saring dan dianalisis menggunakan Nicolet™ iS5 FT-IR Spectrophotometer pada rentang bilangan gelombang 650–4000 cm<sup>-1</sup> dengan resolusi 8 cm<sup>-1</sup> menggunakan mode *Attenuated Total Reflection* (ATR). Identifikasi polimer dilakukan berdasarkan perbandingan spektrum inframerah sampel dengan spektrum standar untuk menentukan jenis polimer seperti PS, PP, PE, PA dan jenis polimer lainnya [\(Cordova et al., 2021; Zvekcic et al., 2022\)](#).

## 2.5. Analisis Data

Jumlah MPs yang ditemukan selanjutnya dihitung untuk menentukan nilai kelimpahan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh [Masura et al. \(2015\)](#). Kemudian dianalisis secara deskriptif bersamaan dengan data kualitas perairan. Satuan kelimpahan/konsentrasi MPs dalam studi ini adalah partikel/L. Formula menghitung kelimpahan MPs yaitu:

$$\text{Kelimpahan MPs} = \frac{\text{Jumlah partikel MPs (partikel)}}{\text{Jumlah air yang disaring (L)}}$$

Data disajikan dalam bentuk visualisasi untuk menunjukkan variasi dan rentang konsentrasi MPs pada lokasi penelitian. Seluruh tahapan pra-pemrosesan data hingga bentuk visualisasi dan grafik pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel 2024* dan *Sigmaplot 14.0*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Kualitas Perairan Sungai Musi Bagian Hilir

Parameter kualitas perairan yang diukur di Sungai Musi Bagian Hilir meliputi suhu, salinitas, pH, *dissolved oxygen* (DO) dan arus perairan. Hasil pengukuran parameter kualitas perairan disajikan dalam [Tabel 2](#) dan [Gambar 2](#). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu perairan Sungai Musi Bagian Hilir berkisar antara 24,72–26,08°C. Perbedaan suhu antarstasiun diduga berkaitan dengan variasi kondisi hidrodinamika serta perbedaan intensitas penyinaran matahari di masing-masing lokasi pengamatan. Sesuai dengan [Chen et al. \(2025\)](#) yang menyatakan bahwa perbedaan

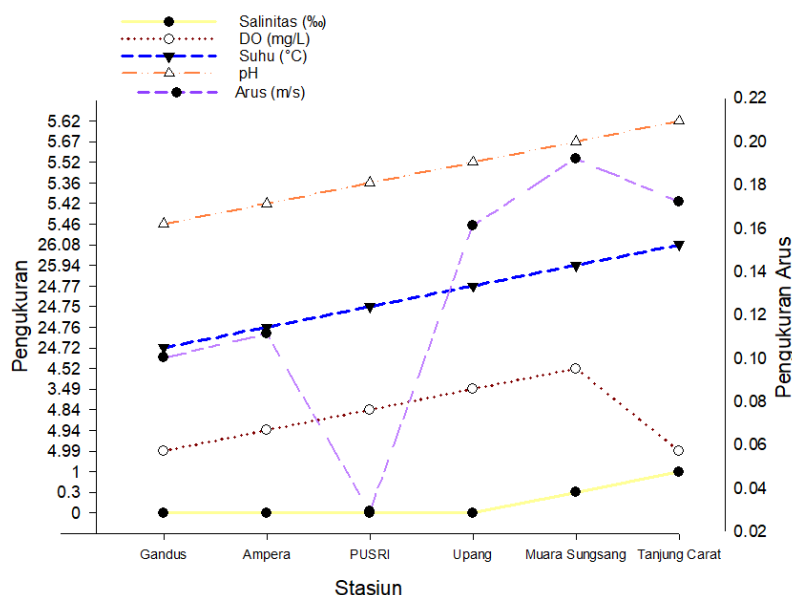
suhu bergantung pada intensitas cahaya. Suhu perairan berpengaruh terhadap sifat fisik MPs terutama densitas dan daya apungnya. Suhu yang lebih tinggi dapat menurunkan viskositas air sehingga partikel MPs yang lebih ringan cenderung tetap tersuspensi di permukaan. Sebaliknya, suhu rendah meningkatkan viskositas air dan mendorong pengendapan partikel ke dasar perairan (Kumar *et al.*, 2021). Konsentrasi DO berada pada kisaran 3,49-4,99 mg/L. Nilai ini tergolong rendah dan berada di bawah baku mutu kualitas air untuk biota perairan yang mensyaratkan kadar DO minimal 5 mg/L berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Rendahnya kadar DO diduga akibat tingginya beban bahan organik dari limbah domestik, industri dan pertanian yang masuk ke Sungai Musi. Kadar DO di bawah 5 mg/L berdampak langsung pada biota perairan mulai dari stres fisiologis hingga kematian organisme akuatik. Kondisi hipoksia ini mengancam keseimbangan ekosistem Sungai Musi dalam jangka Panjang (Sula *et al.*, 2020).

**Tabel 2.** Pengukuran Kualitas Perairan di Perairan Sungai Musi

Stasiun	Salinitas (‰)	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	Arus (m/s)
Gandus	0,0	4,99	24,72	5,46	0,100
Ampera	0,0	4,94	24,76	5,42	0,111
PUSRI	0,0	4,84	24,75	5,36	0,029
Upang	0,0	3,49	24,77	5,52	0,161
Muara Sungsang	0,3	4,52	25,94	5,67	0,192
Tanjung Carat	1,0	4,99	26,08	5,62	0,172

Standar baku mutu menurut Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 yaitu

- Salinitas sekitar 33-34 ppt (khusus untuk biota laut)
- DO minimal >4 mg/L (standar kelas II) atau >5 mg/L untuk biota laut
- Suhu sekitar 28-32°C untuk perairan tropis
- pH sekitar 6,0 - 9,0 (air sungai); (7,0-8,5) (air laut / biota laut)



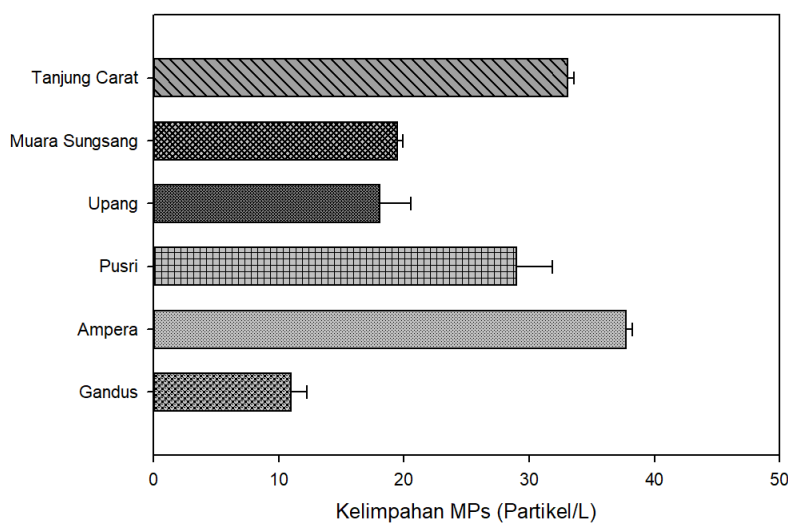
**Gambar 2.** Tren Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

Berdasarkan Gambar 2, salinitas perairan Sungai Musi berada pada kisaran 0–1 ppt dengan kecenderungan meningkat ke arah wilayah hilir atau muara sungai. Variasi salinitas tersebut menunjukkan bahwa karakteristik perairan transisi antara lingkungan tawar dan asin di perairan Muara Sungai Musi. Salinitas tertinggi ditemukan pada Stasiun Tanjung Carat dengan konsentrasi mencapai 1 ppt. Stasiun ini merupakan lokasi yang paling dekat dengan perairan laut terbuka sehingga pengaruh intrusi air laut lebih dominan dibandingkan stasiun lainnya. Intrusi air laut semakin menguat pada kondisi pasang, ketika massa air laut terdorong masuk ke dalam badan sungai dan menurunkan dominasi aliran air tawar dari hulu (Heltria *et al.*, 2021). Nilai pH yang diperoleh berada pada rentang 5,46–5,67 yang menunjukkan bahwa perairan Sungai Musi bersifat sedikit asam. Variasi ini mengindikasikan dipengaruhi oleh masuknya bahan organik dari aktivitas domestik, aliran limbah daratan dan proses dekomposisi bahan organik di perairan yang menghasilkan senyawa asam. Hal ini sesuai dengan laporan Akhtar *et al.* (2021) bahwa senyawa organik dapat meningkatkan tingkat keasaman perairan. Nilai pH diduga mempengaruhi degradasi kimiawi MPs di perairan. Kondisi pH yang bersifat asam maupun basa dapat mempercepat pelapukan permukaan partikel plastik sehingga menghasilkan ukuran fragmen yang lebih kecil dan meningkatkan jumlah partikel MPs secara keseluruhan (Akhtar *et al.*, 2021; Ziembowicz & Kida, 2024). Selain itu, perubahan pH memengaruhi muatan permukaan partikel, yang pada gilirannya mempengaruhi kemampuan MPs dalam mengikat kontaminan kimia seperti logam berat dan senyawa organik persisten (Yin *et al.*, 2025). Variasi konsentrasi DO dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain kandungan material organik, proses difusi O<sub>2</sub> dari atmosfer, tingkat kekeruhan perairan, serta keberadaan dan aktivitas fitoplankton (Miao

*et al.*, 2023; Putri & Melki, 2020). Sementara itu, kecepatan arus tidak menunjukkan fluktuasi yang signifikan namun meningkat menuju Muara Sungai Musi dengan nilai kecepatan arus berkisar antara 0,029–0,192 m/s. Kondisi ini mengindikasikan karakteristik aliran Sungai Musi yang cenderung tenang yang dipengaruhi oleh morfologi Sungai Musi serta keseimbangan antara debit aliran dan dinamika pasang surut di wilayah perairan tersebut (Wang *et al.*, 2020).

### 3.2. Kelimpahan, Sebaran dan Karakteristik MPs di Sungai Musi Bagian Hilir

Kelimpahan MPs berdasarkan sebaran spasial di sepanjang perairan Sungai Musi Bagian Hilir berkisar antara 11–37,7 partikel/L dengan rata-rata kelimpahan sebesar  $24,73 \pm 9,27$  partikel/L. Hasil perhitungan kelimpahan MPs disajikan pada Gambar 3. Stasiun Ampera menunjukkan kelimpahan MPs tertinggi yaitu sebesar  $37,7 \pm 0,55$  partikel/L. Sebaliknya, kelimpahan MPs terendah ditemukan di Stasiun Gandus dengan nilai sebesar  $11 \pm 1,25$  partikel/L. Sementara itu, kelimpahan MPs di stasiun lainnya seperti PUSRI, Upang, Muara Sungsang, dan Tanjung Carat masing-masing sebesar  $29 \pm 2,87$  partikel/L,  $18,1 \pm 2,49$  partikel/L,  $19,5 \pm 0,4$  partikel/L dan  $33,1 \pm 0,49$  partikel/L. Perbedaan variasi kelimpahan MPs antar stasiun tersebut cenderung menunjukkan bahwa sebaran cemaran MPs di sepanjang aliran Sungai Musi tidak seragam, yang diperkirakan dipengaruhi oleh variasi sumber pencemar lokal serta faktor parameter lingkungan yang memengaruhi proses akumulasi MPs di setiap lokasi pengamatan.



Gambar 3. Kelimpahan Mikroplastik (MPs)

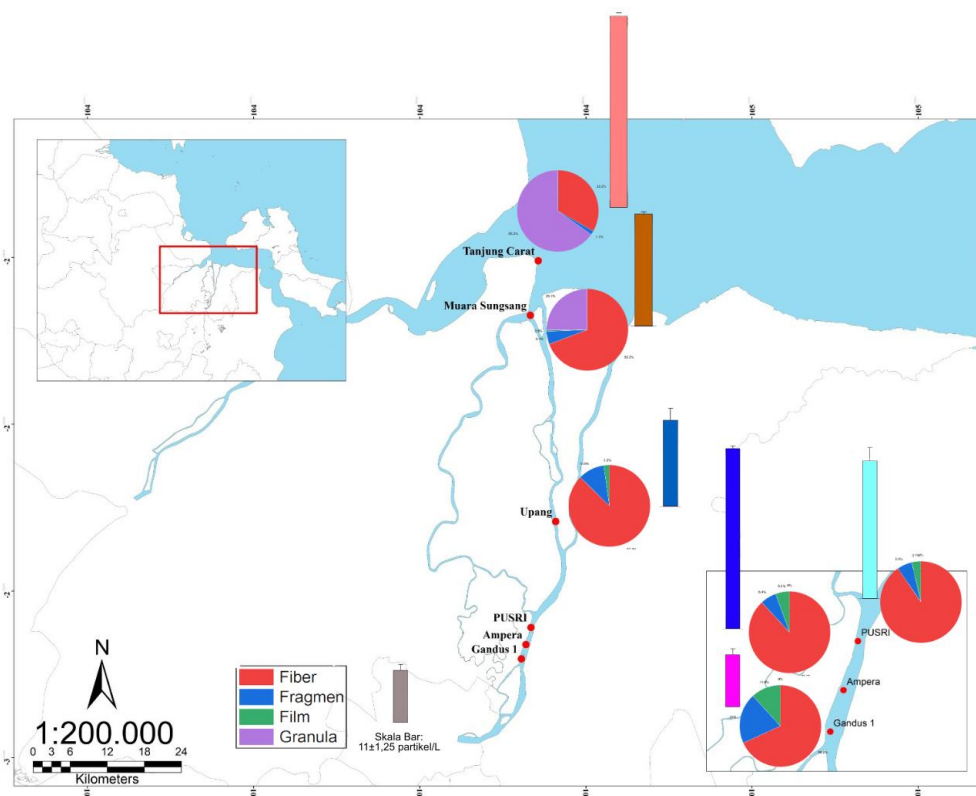
Tingginya kelimpahan MPs di Stasiun Ampera diduga berkaitan dengan intensitas aktivitas antropogenik masyarakat yang tinggi di sepanjang aliran Sungai Musi pada kawasan tersebut. Kawasan Ampera merupakan kawasan sentral atau pusat aktivitas perdagangan perkotaan karena lokasinya dan titik lokasi pengambilan sampel yang berdekatan dengan pasar induk I6 Ilir. Kawasan tersebut diduga menjadi sumber utama limbah plastik yang dibuang ke sungai. MPs di wilayah Ampera juga diperkirakan berasal dari aktivitas permukiman masyarakat di sepanjang aliran Sungai Musi yang kemudian terbawa oleh arus perairan. Vinello *et al.* (2013) menyatakan bahwa sumber MPs memiliki keterkaitan erat dengan masukan limbah yang berasal dari aktivitas manusia di lingkungan sekitarnya. Menariknya, kelimpahan MPs di Lokasi Ampera dalam studi tidak berbanding lurus dengan yang dilaporkan Purwiyanto *et al.* (2025), Dimana kelimpahan MPs ditemukan di lokasi penelitian di Jembatan Ampera lebih rendah. Ketidakesesuaian hasil ini diindikasikan besar dipengaruhi oleh beberapa parameter lingkungan seperti arus, paparan sinar UV, gesekan hidrodinamika, dan waktu pengambilan sampel (Kowalski *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2022).

Selanjutnya, rendahnya kelimpahan MPs di stasiun Gandus diduga disebabkan oleh masukan limbah plastik yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya, kondisi arus dan gelombang sungai yang relatif kuat yang diakibatkan mobilitas kapal di lokasi stasiun pengamatan mengindikasikan partikel terbawa ke lokasi lain, serta proses pengenceran dan pengendapan MPs ke sedimen sehingga tidak terakumulasi di perairan permukaan. Sesuai dengan pernyataan Horton *et al.* (2017) bahwa menyebabkan MPs lebih mudah mengendap dan tertahan di sedimen dasar perairan terutama partikel yang memiliki densitas tinggi atau daya apung rendah di perairan. Faktor lain menduga MPs mengapung dan tersuspensi di perairan.

Kajian mengenai kelimpahan MPs di Sungai Musi telah dilakukan oleh berbagai peneliti pada air, sedimen dan biota perairan. Namun, perbedaan hasil yang dilaporkan pada lokasi pengambilan sampel yang sama diduga disebabkan oleh perbedaan waktu pelaksanaan penelitian, variasi parameter lingkungan, dan kondisi hidrodinamika perairan. Kelimpahan MPs pada ikan sebesar 12,6 partikel/individu organisme (Anwar *et al.*, 2025), kelimpahan MPs pada sedimen aliran Sungai Musi sebesar  $1,78 \times 10^3$  partikel/kg sedimen kering (Ahmad *et al.*, 2018). Kemudian, Seperti yang dilaporkan oleh Purwiyanto *et al.* (2025) melaporkan MPs pada air di Muara Sungai Musi rata-rata kelimpahan sebesar 33,80 partikel/m<sup>3</sup> yang dilaksanakan pada Juni 2024. Dibandingkan dengan hasil studi saat ini menunjukkan nilai kelimpahan MPs yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purwiyanto *et al.* (2025). Perbedaan tersebut mengindikasikan adanya perubahan tren konsentrasi MPs di Sungai Musi, yang menunjukkan kecenderungan penurunan kelimpahan MPs pada periode antara tahun 2021 hingga 2024. Penurunan kelimpahan MPs

tersebut diduga berkaitan dengan beberapa faktor antara lain peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah, penerapan kebijakan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai serta perbaikan sistem pengelolaan limbah di wilayah sekitar perairan Sungai Musi.

Kemudian, dibandingkan dengan beberapa aliran sungai di beberapa wilayah perairan sungai di Indonesia dan global. Kelimpahan MPs di studi ini (konversi menjadi  $2473,3+927$  partikel/ $m^3$ ) lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan MPs di Sungai Baturusa, Bangka Belitung sebesar  $1101$  partikel/ $m^3$  (Susanti *et al.*, 2022), Sungai Bedadung sebesar  $1,87$  partikel/L (Ariyunita *et al.*, 2022), Sungai Tallo Makassar sebesar  $3,41+0,13$  partikel/ $m^3$  (Wicaksono *et al.*, 2021), Pesisir Teluk Sanggou, Tiongkok sebesar  $20,06+4,73$  partikel/L (Xia *et al.*, 2021). Sebaliknya, kelimpahan MPs di studi ini lebih rendah dibandingkan dengan Sungai Brantas Bagian Hilir sebesar  $4186,67$  partikel/ $m^3$  (Pradiptaadi & Fallahian, 2022), Sungai Air Hitam Kota Pekanbaru sebesar  $330+150,3$  partikel/L (Darmayanti *et al.*, 2025), Sungai Kota Surakarta dengan kelimpahan  $25,5+0,5-52,2+1,1$  particles/L (Ismanto *et al.*, 2023) dan wilayah Tanjung Barat perairan Sungai Ciliwung sebesar  $341,9 \pm 25,9$  partikel/L (Deriano *et al.*, 2021).

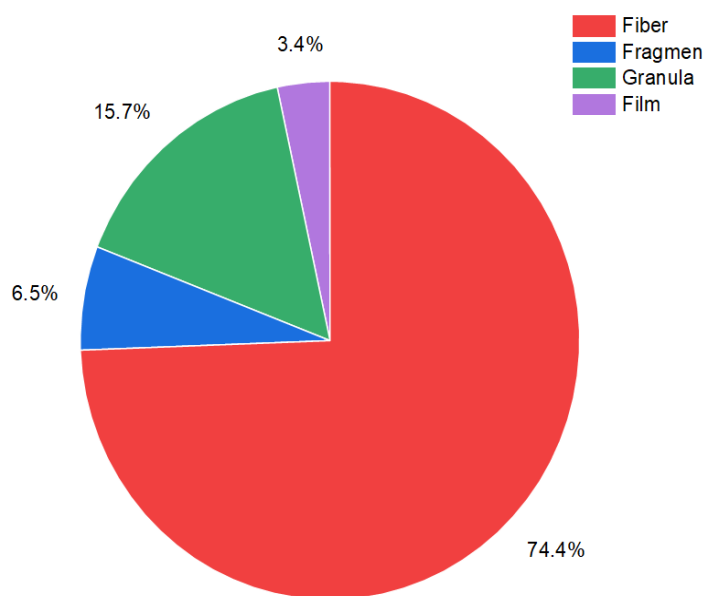


**Gambar 4.** Sebaran Spasial Kelimpahan dan Proporsi MPs di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir

Sebaran MPs di Sungai Musi Bagian Hilir menunjukkan kecenderungan meningkat ke arah muara, khususnya dari Stasiun Upang hingga Stasiun Tanjung Carat (disajikan pada Gambar 4). Peningkatan kelimpahan ini diduga berkaitan dengan proses transportasi partikel oleh arus sungai dari bagian tengah menuju hilir aliran sungai (*inflow to outflow*), yang menyebabkan akumulasi MPs meningkat di wilayah hilir sungai atau muara sungai arah ke laut Bangka. Selain itu, pengaruh dinamika pasang surut di daerah Stasiun Tanjung Carat atau daerah dekat *outflow* turut berperan dalam menahan dan mengendapkan MPs sehingga kelimpahannya relatif lebih tinggi dibandingkan stasiun di bagian *inflow* Sungai Musi. Faktor lain yang diduga berkontribusi adalah meningkatnya aktivitas antropogenik di wilayah muara termasuk aktivitas permukiman, perikanan, dan pengembangan infrastruktur pelabuhan di kawasan Tanjung Carat. Interaksi antara arus sungai dan arus laut di zona muara juga berpotensi memperlambat laju transportasi MPs sehingga memungkinkan terjadinya penumpukan partikel di perairan tersebut. Akhirnya, sebaran MPs diduga diakibatkan oleh kekuatan dan kecepatan aliran Sungai Musi. Aliran yang relatif kuat dan deras berperan dalam meningkatkan mobilisasi dan transportasi MPs sepanjang badan Sungai Musi sehingga partikel-partikel tersebut dapat berpindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Sebaliknya, pada kondisi kecepatan aliran yang relatif rendah, MPs cenderung mengalami retensi dan terakumulasi, baik di kolom air maupun pada sedimen dasar, akibat berkurangnya gaya pengangkut aliran.

Kemudian, komposisi karakteristik fisik atau bentuk dari partikel MPs di sajikan pada Gambar 5 dan bentuk fisik MPs disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan klasifikasi bentuk MPs didominasi oleh tipe fiber (serat), diikuti oleh granula, fragmen dan film, dengan persentase komposisi masing-masing bentuk MPs sebesar 74,4%, 15,7%, 6,5%, dan 3,4%. Dominasi MPs berbentuk serat/fiber antara semua stasiun menunjukkan adanya kontribusi yang signifikan dari aktivitas antropogenik khususnya limbah domestik dan aktivitas perikanan, seperti serat tekstil sintetis dari pencucian pakaian serta degradasi jaring dan alat tangkap ikan. Bentuk serat yang memanjang dan berdensitas relatif rendah memungkinkan partikel ini lebih mudah terdispersi, memiliki daya apung yang tinggi akibatnya MPs jenis fiber akan

bertahan di permukaan dan kolom air. Hasil temuan ini selaras dengan hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan dominasi bentuk MPs fiber di Sungai Metro Malang (Haji *et al.*, 2021) dan Sungai Karang Mumus (Hamdhani *et al.*, 2025).



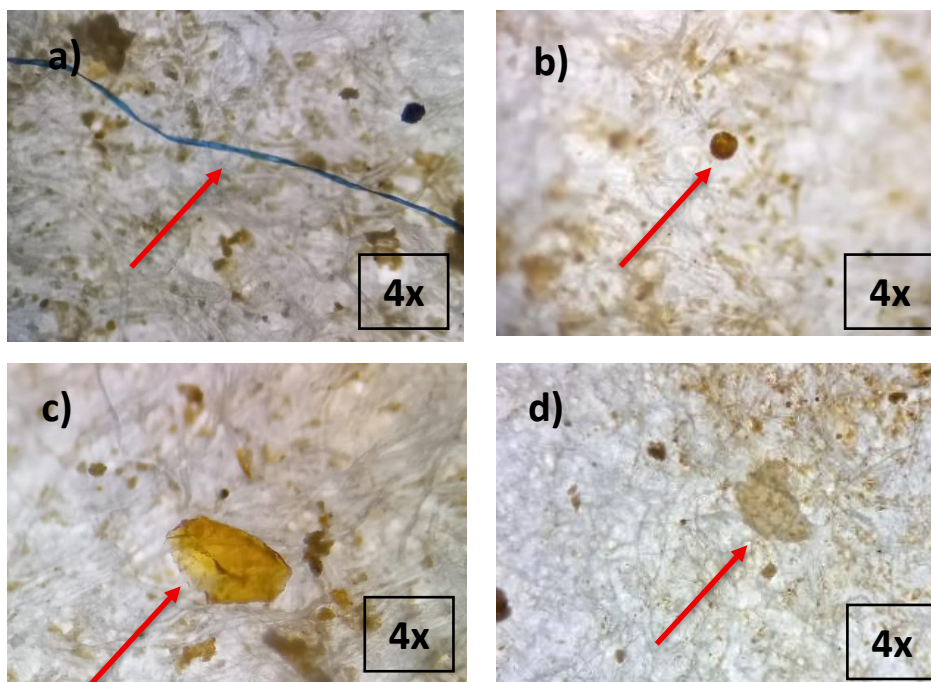
**Gambar 5.** Presentasi Komposisi Bentuk MPs

Sebaran bentuk MPs menunjukkan variasi antar lokasi penelitian baik di sepanjang aliran Sungai Musi maupun pada stasiun yang berdekatan dengan muara dan laut. Berdasarkan **Gambar 4**, bentuk MPs tipe granula tidak ditemukan pada stasiun Gandus, Ampera, PUSRI, dan Upang. Sebaliknya, pada stasiun Muara Sungsang dan Tanjung Carat teridentifikasi MPs berbentuk granula dengan komposisi masing-masing sebesar 25,1% dan 65,3%. Perbedaan keberadaan MPs berbentuk granula antar stasiun diduga kuat berkaitan dengan karakteristik hidrodinamika dan sumber pencemar lokal. Stasiun Gandus, Ampera, PUSRI, dan Upang yang berada di bagian tengah hingga hilir sungai masih didominasi oleh arus sungai yang relatif kuat, sehingga partikel granula yang berukuran lebih ringan dan bulat cenderung tertransportasi lebih lanjut ke arah hilir dan tidak terakumulasi di lokasi tersebut. Sebaliknya, pada stasiun Muara Sungsang dan Tanjung Carat yang berada di zona muara, pengaruh arus pasang surut dan pencampuran arus sungai-laut menyebabkan kecepatan arus melemah, sehingga mengindikasikan proses pengendapan dan akumulasi MPs bentuk granula.

Selain itu, wilayah muara atau pesisir umumnya menerima input MPs tambahan dari aktivitas pesisir seperti perikanan, transportasi laut, serta limpasan dari wilayah laut yang turut meningkatkan proporsi bentuk MPs granula di lokasi tersebut. MPs berbentuk granula/pelet umumnya berasal dari *microbeads* yang diproduksi secara sengaja oleh industri sebagai bahan abrasif dalam produk perawatan pribadi dan kosmetik. *Microbeads* ini berfungsi sebagai agen penggosok pada produk seperti *facial wash* dan *facial scrub* yang dipilih karena sifatnya yang ringan, stabil, dan tahan terhadap degradasi kimia (Tanaka & Takada, 2016). Setelah digunakan, *microbeads* berpotensi masuk ke sistem perairan melalui limbah domestik, terutama apabila proses pengolahan air limbah tidak mampu menyaring partikel berukuran mikro secara efektif. Akibatnya, partikel granula tersebut dapat tertransportasi dan terakumulasi di badan perairan sungai. Keberadaan MPs granula di perairan Sungai Musi mengindikasikan kontribusi signifikan dari aktivitas rumah tangga dan penggunaan produk perawatan pribadi di wilayah sekitar daerah aliran sungai.

MPs berbentuk fragmen mencerminkan proses fragmentasi plastik berukuran lebih besar yang berasal dari kemasan plastik, botol, dan material plastik keras lainnya menjadi ukuran mikro/kecil (Silva *et al.*, 2021; Suteja *et al.*, 2021) akibat pengaruh radiasi ultraviolet, abrasi mekanik, dan dinamika hidrodinamika perairan (Liu *et al.*, 2022; Tanaka & Takada, 2016). Proporsi yang cukup besar MPs bentuk fragmen di perairan sering kali menunjukkan bahwa sumber utama bentuk MPs ini berada di wilayah sekitar muara sungai. Fragmen memiliki signifikansi ekologis yang tinggi karena telah diidentifikasi sebagai salah satu bentuk MPs yang paling sering tertelan maupun menyebabkan jeratan pada organisme akuatik dibandingkan dengan tipe MPs lainnya (Amin *et al.*, 2020; Ismanto *et al.*, 2023; Lehtiniemi *et al.*, 2018; Tanaka & Takada, 2016). Tipe bentuk MPs sangat umum ditemukan dan mendominasi di perairan sungai, pesisir dan laut (Ismanto *et al.*, 2023; Sari *et al.*, 2022).

MPs berbentuk film umumnya berasal dari degradasi plastik makro tipis seperti kantong plastik sekali pakai (Horton & Dixon, 2018; Sari *et al.*, 2022) yang meskipun memiliki persentase lebih rendah, tetap menunjukkan tingginya penggunaan plastik sekali pakai di wilayah sekitar perairan penelitian. Komposisi bentuk MPs ini mencerminkan variasi sumber pencemar serta proses lingkungan yang memengaruhi distribusi dan akumulasi MPs di Sungai Musi Bagian Hilir. Bentuk MPs ini juga ditemukan di beberapa wilayah perairan diantaranya Sungai Metro (Haji *et al.*, 2021; Sari *et al.*, 2022) dan Sungai Pekalongan (Azahry *et al.*, 2025).



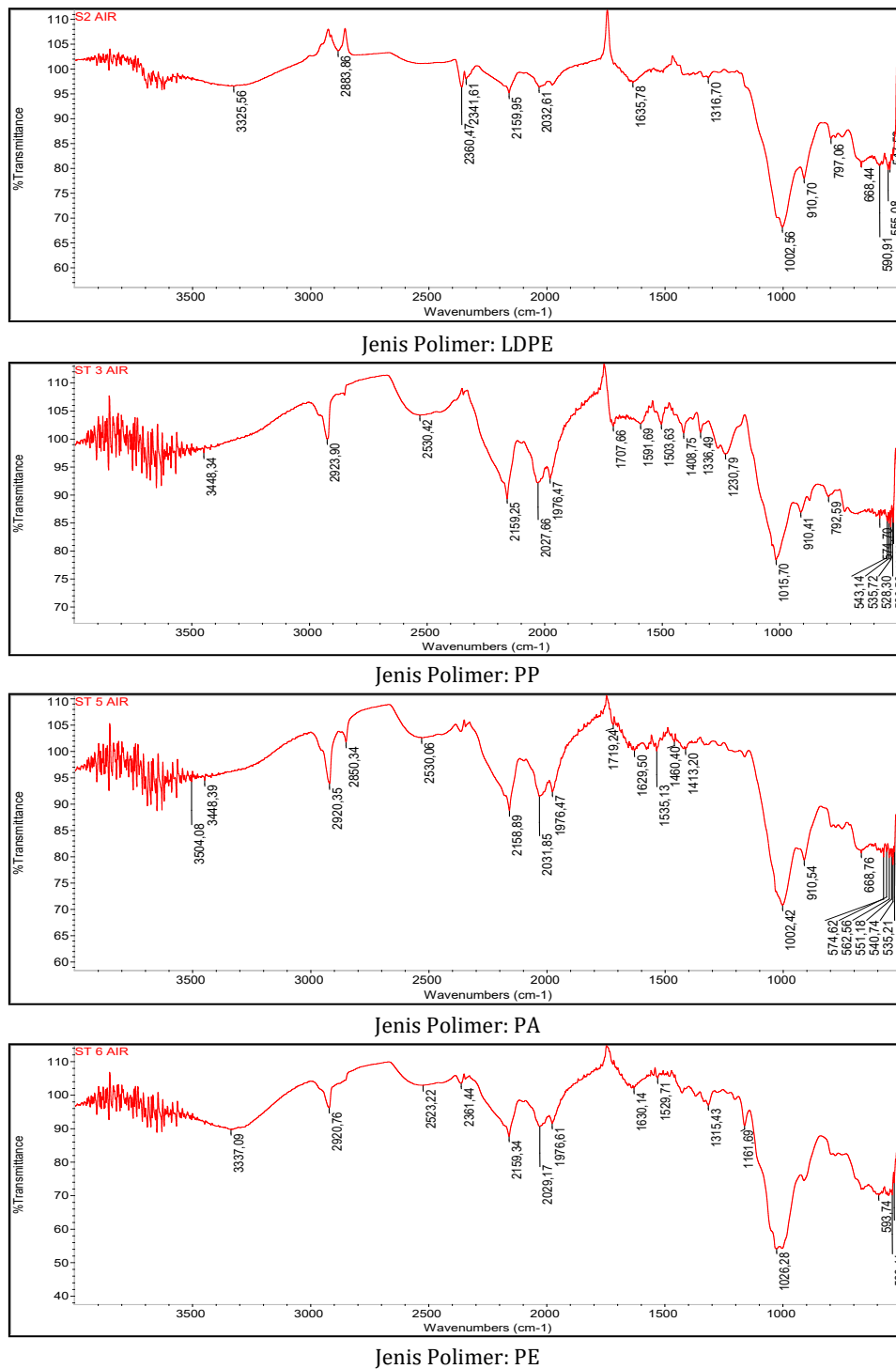
**Gambar 6.** Bentuk Fisik MPs; a) Fiber/serat; b) Granula; c) Fragmen; d) Film

Berdasarkan Gambar 7, hasil serapan ATR-FTIR pada stasiun penelitian menunjukkan nilai *peak* polimer PA berkisar antara 3270–3050,74  $\text{cm}^{-1}$  (Peltzer & Simoneau, 2013). Jenis polimer ini digolongkan ke dalam gugus fungsi dengan ikatan NH bend dan Methyl group (C-H). Kedua ikatan gugus ini merupakan penyusun utama Polyamide (PA) (Peltzer & Simoneau, 2013). Ikatan NH merupakan penyusun utama dari PA atau sering diketahui juga sebagai material nylon atau bahan tekstil (Hanif *et al.*, 2021; Pawar *et al.*, 2016). PA dapat berasal dari alat pancing untuk menangkap ikan yang digunakan nelayan setempat ataupun dari serat-serat material kain (tekstil) yang dibuang ke Sungai Musi dan hanyut ke laut (Enders *et al.*, 2015; He *et al.*, 2021). PA juga polimer yang berasal dari MPs berbentuk fiber yang merupakan tipe dominan yang ditemukan di perairan Sungai Musi dalam kajian saat ini. Hal ini sesuai dengan bentuk MPs yang diidentifikasi adalah dalam bentuk fiber. Jenis polimer ini selaras dengan yang dilaporkan oleh Ismanto *et al.* (2023) bahwa PA salah satu polimer MPs yang mendominasi yang ditemukan di Sungai Kota Surakarta.

Kemudian jenis polimer LDPE menunjukkan nilai sebaran *peak* untuk ikatan OH stretch berkisar diantara 3570–3200  $\text{cm}^{-1}$ , ikatan CH berkisar antara 2920–2850  $\text{cm}^{-1}$  (Abo, 2024). Sesuai dengan laporan (Phan *et al.*, 2022), LDPE biasanya umum digunakan sebagai bahan dasar atau bahan baku dalam produksi kantong plastik seperti kantong belanja sekali pakai, tutup plastik, kemasan makanan, serta berbagai produk plastik tipis lainnya (Barboza *et al.*, 2019; Lithner *et al.*, 2011). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purwiyanto *et al.* (2025) di perairan Sungai Musi juga menunjukkan bahwa LDPE merupakan jenis MPs yang paling umum dan mendominasi yang ditemukan. Kemudian Lestari *et al.* (2025), juga melaporkan LDPE juga mendominasi jenis polimer MPs di Sungai Progo.

Jenis polimer MPs PP terdapat dalam ikatan C-C stretch. Pendugaan jenis polimer PP pada pertikel plastik ditandai dengan adanya *peak* ikatan dengan panjang gelombang pada kisaran 2911–2844  $\text{cm}^{-1}$  (Syakti, 2017). PP diduga berasal dari berbagai produk plastik sekali pakai, seperti tutup botol minuman, sedotan, serta mainan berbahan dasar plastik. Hal ini hampir sama dengan yang telah dilaporkan Hanif *et al.* (2021). Polimer PP banyak digunakan karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan terhadap bahan kimia (Phan *et al.*, 2022). Penggunaan polimer jenis PP yang luas dalam kehidupan sehari-hari menyebabkan material jenis polimer ini mudah terlepas ke lingkungan dan selanjutnya mengalami degradasi menjadi partikel MPs di perairan. Di perairan lokasi lain jenis polimer PP juga ditemukan di Sungai Progo (Lestari *et al.*, 2025) dan Sungai Air Hitam Kota Pekanbaru (Darmayanti *et al.*, 2025).

Sementara itu, jenis polimer PE diindikasikan dengan adanya ikatan C-H stretch (sebaran *peak* antara 2935–2915  $\text{cm}^{-1}$ ), ikatan Aromatic CH in plane bend (sebaran *peak* kisaran 1225–950  $\text{cm}^{-1}$ ), ikatan C-O stretch (sebaran *peak* kisaran 1270–1230  $\text{cm}^{-1}$ ) dan Aromatic CH Out of Plane Bend (sebaran *peak* kisaran 900–670  $\text{cm}^{-1}$ ) (Syakti, 2017). PE merupakan salah satu jenis termoplastik yang paling banyak digunakan dalam berbagai produk konsumsi sehari-hari. Polimer ini umumnya berasal dari limbah kantong plastik, kemasan deterjen, serta botol produk perawatan pribadi seperti sampo. Dalam lingkungan perairan, material berbahan PE rentan mengalami degradasi fisik dan mekanik akibat paparan sinar ultraviolet, arus air, dan aktivitas antropogenik, sehingga terfragmentasi menjadi partikel berukuran lebih kecil (Phan *et al.*, 2022). Jenis PE ini juga mendominasi ditemukan di Sungai Karang Mumus (Hamdhani *et al.*, 2025).



Gambar 7. Spectra/Peak Polimer MPs

#### 4. SIMPULAN

Keberadaan cemaran MPs terdeteksi di sepanjang aliran Sungai Musi Bagian Hilir berkisar antara 11–37,7 partikel/L dengan rata-rata kelimpahan sebesar  $24,73 \pm 9,27$  partikel/L. Kelimpahan MPs tertinggi terdapat di stasiun Ampera sebesar 37,7 partikel/L. Kelimpahan mikroplastik (MPs) terendah ditemukan pada Stasiun Gandus, yaitu sebesar 11 partikel/L. Secara spasial, kelimpahan MPs di perairan Sungai Musi Bagian Hilir cenderung meningkat ke arah muara dan laut. Pola sebaran ini dipengaruhi oleh dinamika hidrodinamika khususnya arus dan pasang surut. Pada stasiun yang berada dekat zona *outflow*, mekanisme penahanan dan pengendapan MPs menyebabkan kelimpahannya relatif lebih tinggi dibandingkan stasiun di zona *inflow*. Kecepatan aliran yang tinggi mendorong mobilisasi dan transportasi MPs, sedangkan kecepatan aliran yang rendah menyebabkan retensi dan pengendapan MPs di kolom perairan. Sementara itu, Bentuk MPs yang mendominasi adalah fiber, diikuti oleh granula, fragmen, dan film. Jenis polimer penyusunnya meliputi PA, LDPE, PP, dan PE. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber utama MPs berasal dari serat nilon atau tekstil, plastik kemasan, dan plastik sekali pakai. Partikel-partikel tersebut tersebar di sepanjang perairan Sungai Musi Bagian Hilir mulai dari Kota Palembang hingga Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada atas Aditya Permadi, Bintang Pratama Putra dan pihak lainnya yang telah memberikan bantuan yang sangat berharga dalam pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum (BLU) Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021 dengan Nomor SP DIPA-023.17.2.677515/2021. Penulis juga menyampaikan penghargaan yang sangat tulus kepada para pengulas atas kontribusi penting mereka dalam menilai dan menyempurnakan kualitas manuskrip ini.

## 6. REFERENSI

- Abo, H. (2024). Distinction of Polyethylene and Polypropylene by Infrared Spectrum. *Shimadzu Corporation: Kyoto, Japan*.
- Ahmad, A., Purwiyanto, A., & Cordova, M. (2018). Identifikasi dan Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Aliran dan Muara Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan. In: Sriwijaya University.
- Ahmadi, A., Moore, F., Keshavarzi, B., Soltani, N., & Sorooshian, A. (2022). Potentially toxic elements and microplastics in muscle tissues of different marine species from the Persian Gulf: Levels, associated risks, and trophic transfer. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113283>
- Akhtar, N., Syakir Ishak, M. I., Bhawani, S. A., & Umar, K. (2021). Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. *Water*, 13(19), 2660. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13192660>
- Amin, R. M., Sohaimi, E. S., Anuar, S. T., & Bachok, Z. (2020). Microplastic ingestion by zooplankton in Terengganu coastal waters, southern South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110616. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110616>
- Anwar, K., Damiri, N., Windusari, Y., & Zulkarnain, M. (2025). Ecological and health risks of microplastic contamination in edible fish from the Musi River Palembang, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 26(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.12911/22998993/205822>
- Apri, R., Agussalim, A., & Iskandar, I. (2021). Assessment the macrobenthic diversity and community structure in the Musi Estuary, South Sumatra, Indonesia. *Acta Ecologica Sinica*, 41(4), 346-350. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2021.02.015>
- Ariyunita, S., Subchan, W., Alfath, A., Nabilla, N. W., & Nafar, S. A. (2022). Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air dan Gastropoda di Sungai Bedadung Segmen Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Jurnal Biosense*, 5(2), 47-51. <https://doi.org/10.36526/biosense.v5i2.2267>
- Azhary, A. D., Ismanto, A., Hadibarata, T., & Zainuri, M. (2025). Studi Hidrodinamika dan Dispersi Mikroplastik di Muara Sungai Loji, Pekalongan, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 7(3), 237-251. <https://doi.org/10.14710/ijocce.v7i3.26224>
- Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. (2019). Macroplastics pollution in the marine environment. In *World seas: An environmental evaluation* (pp. 305-328). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00019>
- Bayo, J., Rojo, D., & Olmos, S. (2022). Weathering indices of microplastics along marine and coastal sediments from the harbor of Cartagena (Spain) and its adjoining urban beach. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113647. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113647>
- Chen, K.-J., Chen, M.-C., & Chen, T.-H. (2021). Plastic ingestion by fish in the coastal waters of the Hengchun Peninsula, Taiwan: Associated with human activity but no evidence of biomagnification. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 213, 112056. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112056>
- Chen, Z., Wang, Z., Zeng, Z., & Liu, J. (2025). Variations in Temperature and Salinity at Different Survey Periods in the Central and Eastern Beibu Gulf and Their Relationship with Circulation Patterns. *Water*, 17(18), 2719. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w17182719>
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6646-6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>
- Cordova, M. R., Iskandar, M. R., Surinati, D., Purwandana, A., Kaisupy, M. T., Pitriana, P., Arfianti, T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., & Ulumuddin, Y. I. (2025). First Evidence of Microplastics in the Deep-Sea Barnacle in the Indonesian Throughflow Region. *Environmental Forensics*, 26(6), 784-800. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15275922.2025.2539678>
- Cordova, M. R., Purwiyanto, A. I. S., & Suteja, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 183-188. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.040>
- Cordova, M. R., Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., & Shiimoto, A. (2021). Characterization of microplastics in mangrove sediment of Muara Angke Wildlife Reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 112012. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112012>
- Darmayanti, L., Priyambada, G., & Khairani, A. D. (2025). Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air Permukaan dan Biota di Sungai Air Hitam Kota Pekanbaru, Riau. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 7(2), 9-20.
- Deriano, A., Nurdin, E., & Patria, M. P. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Ikan Sapu-sapu *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855), Air, dan Sedimen di Dua Daerah Ciliwung, Jakarta Selatan. *J Kelaut Perikan Terapan*, 4, 95-103. In.
- Digka, N., Tsangaris, C., Torre, M., Anastasopoulou, A., & Zeri, C. (2018). Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.063>
- Ding, J., Sun, C., He, C., Li, J., Ju, P., & Li, F. (2021). Microplastics in four bivalve species and basis for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. *Science of the Total Environment*, 782, 146830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146830>
- Enders, K., Lenz, R., Stedmon, C. A., & Nielsen, T. G. (2015). Abundance, size and polymer composition of marine microplastics  $\geq 10 \mu\text{m}$  in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1), 70-81. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.027>
- Haji, A. T. S., Widiatmono, J. B. R., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis kelimpahan mikroplastik pada air permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), 74-84. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3>
- Hamdhani, H., Abdunnur, A., Saputri, D., & Eppehimer, D. E. (2025). Presence of microplastics in surface waters and sediments of urban tropical river: A case study in the Karang Mumus River along Samarinda City, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET)*, 26(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.12912/27197050/196801>

- 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://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.26832>
- He, B., Smith, M., Egodawatta, P., Ayoko, G. A., Rintoul, L., & Goonetilleke, A. (2021). Dispersal and transport of microplastics in river sediments. *Environmental Pollution*, 279, 116884. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116884>
- Heltria, S., Nurjaya, I. W., & Gaol, J. L. (2021). Turbidity front dynamics of the Musi Banyuasin Estuary using numerical model and Landsat 8 satellite. *AAEL Bioflux*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/http://www.bioflux.com.ro/aael>
- Horton, A., & Dixon, S. (2018). Microplastics: An introduction to environmental transport processes, *WIREs Water*, 5, e1268. In.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127-141. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Ismanto, A., Hadibarata, T., Sugianto, D. N., Zainuri, M., Kristanti, R. A., Wisna, U. J., Hernawan, U., Anindita, M. A., Gonsilou, A. P., & Elshikh, M. S. (2023). First evidence of microplastics in the water and sediment of Surakarta city river basin, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115677. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115677>
- Issac, M. N., & Kandasubramanian, B. (2021). Effect of microplastics in water and aquatic systems. *Environmental science and pollution research*, 28, 19544-19562. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13184-2>
- Jovanović, B. (2017). Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 510-515. <https://doi.org/10.1002/ieam.1913>
- Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Cole, M. (2018). Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 36046-36063. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3508-7>
- Kowalski, N., Reichardt, A. M., & Waniek, J. J. (2016). Sinking rates of microplastics and potential implications of their alteration by physical, biological, and chemical factors. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 310-319. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.064>
- Kumar, R., Sharma, P., Verma, A., Jha, P. K., Singh, P., Gupta, P. K., Chandra, R., & Prasad, P. V. (2021). Effect of physical characteristics and hydrodynamic conditions on transport and deposition of microplastics in riverine ecosystem. *Water*, 13(19), 2710. <https://doi.org/10.3390/w13192710>
- Lehtiniemi, M., Hartikainen, S., Näkki, P., Engström-Öst, J., Koistinen, A., & Setälä, O. (2018). Size matters more than shape: Ingestion of primary and secondary microplastics by small predators. *Food Webs*, 17, e00097. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.e00097>
- Lestari, P., Nugroho, B. D. A., Mawandha, H. G., Setyawan, C., Riskawati, E., Maharani, A. I., Alvriano, B. R., Hutama, D. R., & Saraswita, N. A. L. (2025). Spatial distribution of microplastic pollution and its relation to pollution index-based water quality status in Progo River, Indonesia. *Emerging Contaminants*, 11(3), 100510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.emcon.2025.100510>
- Lithner, D., Larsson, Å., & Dave, G. (2011). Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, 409(18), 3309-3324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.038>
- Liu, W.-C., Liu, H.-M., & Young, C.-C. (2022). Effects of environmental factors on suspended sediment plumes in the continental shelf out of Danshuei River Estuary. *Water*, 14(17), 2755. <https://doi.org/10.3390/w14172755>
- Long, M., Moriceau, B., Gallinari, M., Lambert, C., Huvet, A., Raffray, J., & Soudant, P. (2015). Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: impact on their respective fates. *Marine Chemistry*, 175, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2015.04.003>
- Mafuta, C., Baker, E., Rucevska, I., Thygesen, K., Appelquist, L. R., Westerveld, L., Tsakona, M., Macmillan-Lawler, M., Harris, P., & Sevaldsen, P. (2021). Drowning in Plastics: Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.
- Miao, Y., Wang, B., Li, D., Sun, X., Xu, Z., Sun, Q., Jiang, Z., Ma, X., Jin, H., & Chen, J. (2023). Observational studies of the effects of wind mixing and biological process on the vertical distribution of dissolved oxygen off the Changjiang Estuary. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1081688. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1081688>
- Moore, R., Loseto, L., Noel, M., Etemadifar, A., Brewster, J., MacPhee, S., Bendell, L., & Ross, P. (2020). Microplastics in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the Eastern Beaufort Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110723. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110723>
- Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S., & Patil, R. B. (2016). Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40-54. [www.pencilacademicpress.org/ppbs](http://www.pencilacademicpress.org/ppbs)
- Peltzer, M. A., & Simoneau, C. (2013). Report of an interlaboratory comparison from the European Reference Laboratory for Food Contact Materials. *Publications Office of the European Union: Luxembourg*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (2021) *Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Phan, S., Padilla-Gamino, J. L., & Luscombe, C. K. (2022). The effect of weathering environments on microplastic chemical identification with Raman and IR spectroscopy: Part I. polyethylene and polypropylene. *Polymer Testing*, 116, 107752. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107752>
- Pradiptaadi, B. P. A., & Fallahian, F. (2022). Analisis kelimpahan mikroplastik pada air dan sedimen di Kawasan Hilir DAS Brantas. *Environmental Pollution Journal*, 2(1). <https://doi.org/https://ecotonjournal.id/index.php/epj>
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Andrady, A. L., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2021). A One Health perspective of the impacts of microplastics on animal, human and environmental health. *Science of the Total Environment*, 777, 146094. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146094>
- Purwiyanto, A. I. S., Putri, W. A. E., Melki, M., Barus, B. S., & Suteja, Y. (2025). Persebaran Mikroplastik di Lintas Ekosistem Sumatera Selatan. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(3), 393-402. <https://doi.org/10.14710/buloma.v14i3.75654>
- Purwiyanto, A. I. S., Suteja, Y., Ningrum, P. S., Putri, W. A. E., Agustriani, F., Cordova, M. R., & Koropitan, A. F. (2020). Concentration and adsorption of Pb and Cu in microplastics: case study in aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111380. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111380>
- Putri, W., & Melki, M. (2020). Kajian Kualitas Air Muara Sungai Musi Sumatera Selatan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1), 36-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i01.p05>

- Sari, S. P., Kartikaningsih, H., Yanuar, A. T., & Kurniawan, A. (2022). Analysis of microplastics in water and biofilm matrices in metro river, East Java, Indonesia. *The Journal of Experimental Life Science*, 12(1), 23-29.
- Shiu, R.-F., Gong, G.-C., Fang, M.-D., Chow, C.-H., & Chin, W.-C. (2021). Marine microplastics in the surface waters of "pristine" Kuroshio. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112808. <https://doi.org/10.1016/j.marpollbul.2021.112808>
- Shiu, R.-F., Vazquez, C. I., Chiang, C.-Y., Chiu, M.-H., Chen, C.-S., Ni, C.-W., Gong, G.-C., Quigg, A., Santschi, P. H., & Chin, W.-C. (2020). Nano- and microplastics trigger secretion of protein-rich extracellular polymeric substances from phytoplankton. *Science of the Total Environment*, 748, 141469.
- Silva, A. L., Prata, J. C., Duarte, A. C., Soares, A. M., Barceló, D., & Rocha-Santos, T. (2021). Microplastics in landfill leachates: The need for reconnaissance studies and remediation technologies. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2020.100072>
- Sula, E., Aliko, V., Barceló, D., & Faggio, C. (2020). Combined effects of moderate hypoxia, pesticides and PCBs upon crucian carp fish, *Carassius carassius*, from a freshwater lake-in situ ecophysiological approach. *Aquatic Toxicology*, 228, 105644. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105644>
- Susanti, S., Pratiwi, F. D., & Nugraha, M. A. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat (Pb) Dan Kelimpahan Mikroplastik Di Estuari Sungai Baturusa Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 6(1), 104-114. <https://doi.org/http://jfmr.ub.ac.id>
- Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Riani, E., Nurjaya, I. W., Nugroho, D., & Cordova, M. R. (2021). Spatial and temporal distribution of microplastic in surface water of tropical estuary: Case study in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111979. <https://doi.org/10.1016/j.marpollbul.2021.111979>
- Syakti, A. D. (2017). Microplastics monitoring in marine environment. *Omni-Akuatika*, 13(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2017.13.2.430>
- Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports*, 6(1), 34351. <https://doi.org/10.1038/srep34351>
- Tran, H. Q., Provis, D., & Babanin, A. V. (2021). Hydrodynamic Climate of Port Phillip Bay. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(8), 898. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jmse9080898>
- Walkinshaw, C., Lindeque, P. K., Thompson, R., Tolhurst, T., & Cole, M. (2020). Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110066. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110066>
- Wang, X., Sun, J., & Zhao, Z. (2020). Effects of river discharge and tidal meandering on morphological changes in a meso tidal creek. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 234, 106635. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106635>
- Wang, Y.-L., Lee, Y.-H., Chiu, I.-J., Lin, Y.-F., & Chiu, H.-W. (2020). Potent impact of plastic nanomaterials and micromaterials on the food chain and human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(5), 1727. <https://doi.org/10.3390/ijms21051727>
- Wicaksono, E. A., Werorilangi, S., Galloway, T. S., & Tahir, A. (2021). Distribution and seasonal variation of microplastics in tallo river, makassar, eastern indonesia. *Toxics*, 9(6), 129. <https://doi.org/10.3390/toxics9060129>
- Xia, B., Sui, Q., Sun, X., Zhu, L., Wang, R., Cai, M., Chen, B., & Qu, K. (2021). Microplastic pollution in surface seawater of Sanggou Bay, China: Occurrence, source and inventory. *Marine pollution bulletin*, 162, 111899. <https://doi.org/10.1016/j.marpollbul.2020.111899>
- Yin, Y., Li, Z., Li, R., Yang, B., Huang, T., & Tang, H. (2025). Effect of pH and salinity on the release of polystyrene microplastics derived dissolved organic matter as revealed by experimental studies and molecular dynamic simulations. *Science of the Total Environment*, 975, 179307. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179307>
- Ziembowicz, S., & Kida, M. (2024). The effect of water ozonation in the presence of microplastics on water quality and microplastics degradation. *Science of the Total Environment*, 929, 172595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172595>
- Zvekcic, M., Richards, L. C., Tong, C. C., & Krogh, E. T. (2022). Characterizing photochemical ageing processes of microplastic materials using multivariate analysis of infrared spectra. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 24(1), 52-61. <https://doi.org/10.1039/d1em00392e>