

Perbedaan Keragaman Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Tiga Anak Sungai Brantas

Muhammad Dheo Refaldo Wahyudi¹, Moh. Mirza Nuryady^{2*}, Rr. Eko Susetyarini³, Siti Zaenab⁴, Ahmad Fauzi⁵, Tutut Indria Permana⁶, Y. Oikawa⁷, Kiky Martha Arieska⁸ 

^{1,2,3,4,5,6} Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

⁷ Environmental Control Center Co., Ltd. 3-7-23 Sanda-machi, Hachioji-shi, Tokyo, Japan

⁸ Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received July 17, 2024

Accepted October 04, 2024

Available online October 25, 2024

Kata Kunci:

Limbah Masker, *Polymer Blend*, *Compatibilizer*, Sifat Mekanik, Daur Ulang

Keywords:

Mask Waste, *Polymer Blend*, *Compatibilizer*, *Mechanical Properties*, *Recycling*



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

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Peningkatan terhadap plastik terus meningkat setiap tahunnya, hal ini disebabkan karena bertambahnya permintaan terhadap penggunaan plastik sehingga dapat mempengaruhi jumlah sampah plastik yang mencemari lingkungan salah satunya di perairan. Sampah plastik yang masuk ke sungai dan mengalami penguraian akan berubah menjadi mikroplastik. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis keragaman jenis dan kelimpahan mikroplastik yang ada di tiga anak Sungai Brantas. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian lapangan (*field research*) dengan pendekatan metode *purposive sampling* pada 3 anak Sungai Brantas dan dilakukan 3 kali pengulangan. Pengambilan sampel air menggunakan *plankton net* dengan ukuran 200 μm . Sampel yang sudah diambil dibawa ke laboratorium untuk preparasi sampel. Sampel yang sudah di preparasi dapat dilihat keragamannya menggunakan mikroskop digital, sedangkan untuk kelimpahannya dihitung menggunakan rumus excel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan Sungai Brantas Kota Surabaya ditemukan 4 jenis mikroplastik yaitu fragmen, filamen, fiber dan pellet. Jenis mikroplastik di Sungai Kalimas menunjukkan dominasi tertinggi jenis fragmen, Sungai di dominasi jenis pellet, dan Sungai Jagir dominasi jenis fiber. Warna mikroplastik yang ditemukan meliputi hitam, transparan, dan coklat. Total kelimpahan rata-rata tertinggi mikroplastik ditemukan pada Sungai Kalimas dan terendah pada Sungai Jagir. Implikasi penelitian ini dapat memeberikan informasukKeberadaan mikroplastik dapat menjadi bahaya bagi hewan dan manusia karena akan menjadi bioakumulasi dalam tubuh.

ABSTRACT

The increase in plastic continues to increase every year, this is due to the increasing demand for plastic use so that it can affect the amount of plastic waste that pollutes the environment, one of which is in water. Plastic waste that enters the river and decomposes will turn into microplastics. This study uses a type of field research with a purposive sampling method approach on 3 tributaries of the Brantas River and is repeated 3 times. The purpose of this study was to determine the diversity of types and abundance of microplastics in the three tributaries of the Brantas River in Surabaya City. This study was conducted in October 2023 - March 2024. Water sampling using a plankton net with a size of 200 μm . The samples that have been taken are taken to the laboratory for sample preparation. The prepared samples can be seen for their diversity using a digital microscope, while their abundance is calculated using an excel formula. The results showed that 4 types of microplastics were found in the waters of the Brantas River in Surabaya City, namely fragments, filaments, fibers and pellets. The type of microplastic in the Kalimas River shows the highest dominance of the fragment type, the Surabaya River is dominated by the pellet type, and the Jagir River is dominated by the fiber type. The colors of microplastics found include black, transparent, and brown. The highest average total abundance of microplastics was found in the Kalimas River and the lowest in the Jagir River. The presence of microplastics can be dangerous for animals and humans because it will bioaccumulate in the body.

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik adalah akumulasi benda-benda plastik (misalnya botol plastik dan masih banyak lagi) di lingkungan bumi yang berdampak negatif terhadap kehidupan makhluk hidup di dunia. Kebutuhan plastik meningkat dari 1,9 juta ton pada tahun 2002 menjadi 2,1 juta ton pada tahun 2003 dan 2,3 juta ton pada tahun 2004 (Chotimah et al., 2022; Cordova, 2017). Pada tahun 2010, permintaan plastik meningkat menjadi sekitar 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011 naik lagi menjadi 2,6 juta ton (Iswadi et al., 2017). Pada tahun 2016 Indonesia menjadi negara dengan penghasil sampah terbesar ke 2 dunia dengan jumlah sampah

*Corresponding author.

E-mail addresses: mirzanuryady@umm.ac.id (Moh Mirza Nuryady)

plastik sebanyak 187,2 ton setelah cina dengan jumlah sampah plastik sebanyak 262,9 juta ton (Biantoro, 2018). Kebutuhan plastik di Indonesia yang meningkat, memunculkan kemungkinan produksi plastik juga akan meningkat secara signifikan (Yolanda & Saputra, 2021). Target produksi yang terus meningkat dapat mempengaruhi jumlah sampah plastik yang mencemari lingkungan salah satunya di perairan (Anwar et al., 2022; Chotimah et al., 2022). Sungai adalah tempat utama sampah plastik masuk ke perairan (Hasibuan et al., 2021). Sampah plastik yang terbuang di sungai dan hancur karena proses fotokimia dari sinar *ultraviolet* berpotensi menurunkan ukuran partikel plastik menjadi mikroplastik (Rahmad et al., 2019).

Kenyataan, sampah plastik masih menjadi masalah berat di dunia. Mikroplastik dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia dan aktivitas mereka (Ari Wijaya & Trihadiningrum, 2020; Mulu et al., 2020). Mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh organisme menyebabkan kerusakan fisik dan kimia seperti merusak organ internal dan menyumbat saluran pencernaan sehingga berpotensi menyebabkan kanker dan gangguan endokrin (Egbeocha et al., 2018; Herrera et al., 2022). Mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh menyebabkan berbagai penyakit pada manusia (Mancia et al., 2023; Supit et al., 2022). Proses masuknya mikroplastik pada tubuh manusia dapat dibedakan menjadi 2 yaitu melalui transfer primer dan transfer sekunder (Supit et al., 2022; Tirkey & Upadhyay, 2021). Transfer primer mikroplastik masuk ke dalam tubuh manusia dalam bentuk *inorganik* dari lingkungan (Anggiani, 2020). Transfer primer biasanya terjadi melalui konsumsi air minum yang sudah tercemar dengan mikroplastik (Ilvi, 2021). Transfer sekunder mikroplastik disebabkan adanya organisme memakan organisme lain yang sudah terlebih dahulu mengkonsumsi mikroplastik secara tidak disengaja (Argiandini, 2023; Dewi, 2022). Transfer sekunder terjadi melalui pencernaan akibat dari mikroplastik yang masuk melalui rantai makanan (Tuhumury & Pellaupessy, 2021). Proses masuknya mikroplastik melalui 2 transfer ini harus menjadi perhatian khususnya di Sungai Surabaya. Sungai Surabaya merupakan anak Sungai dari Brantas. Sungai Brantas terdiri dari berbagai anak sungai diantaranya seperti Sungai Kalimas, Sungai Surabaya, dan Sungai Jagir. Sungai Brantas menjadi sumber pemasok bahan baku air terbesar untuk PDAM Kota Surabaya dan Malang (Addzikri & Rosariawari, 2023). Sungai Brantas saat ini mengalami penurunan kualitas air akibat dari pencemaran yang cukup parah. Hal ini sejalan dengan penelitian Kusuma et al (2023) yang menyatakan bahwa Sungai Brantas di kota Surabaya mengalami kemunduran kualitas air akibat limbah domestik yang sebagian besar dihasilkan dari kegiatan penduduk di sekitaran Sungai yang memanfaatkannya sebagai sumber air (Ayuningtyas, 2019; Kusuma et al., 2023; Supit et al., 2022).

Temuan terkait penelitian mikroplastik di Indonesia sudah banyak dilakukan dengan hasil mikroplastik yang paling banyak ditemukan memiliki tingkat kelimpahan tertinggi yaitu 0,0902 partikel/liter adalah mikroplastik jenis fiber, sedangkan yang terendah yaitu mikroplastik jenis foam (Kawung et al., 2022; Lumban Tobing et al., 2020; Yona et al., 2020). Data kelimpahan mikroplastik dari empat lokasi berbeda di Sungai Surabaya hasil ini menunjukkan adanya distribusi mikroplastik yang berfluktuasi hal ini disebabkan karena adanya kepadatan penduduk, tercemarnya perairan, dan pembuangan sampah limbah rumah tangga (Egbeocha et al., 2018; Lestari et al., 2020). Penelitian terdahulu tentang jenis dan kelimpahan mikroplastik sudah pernah dilakukan di Sungai Surabaya, sehingga penelitian ini bersifat sebagai monitoring. Monitoring dilakukan untuk mengetahui kemungkinan mikroplastik dapat meningkat dalam setiap tahunnya yang disebabkan oleh populasi manusia, kebutuhan plastik dan limbah domestik maupun rumah tangga. Monitoring ini akan menghasilkan perbedaan dengan penelitian terdahulu karena memiliki keterbaruan dengan melibatkan tiga lokasi sungai yang berbeda dan tahun yang berbeda. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis keragaman jenis dan kelimpahan mikroplastik yang ada di tiga anak Sungai Brantas. Penelitian ini menjadi penting dilakukan untuk melaporkan *update* informasi terbaru pencemaran mikroplastik di Sungai Surabaya.

2. METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian lapangan (*field research*) yang menggambarkan dan memaparkan keadaan serta fenomena dengan lebih jelas mengenai situasi yang terjadi (Pokhrel, 2024). Peneliti mendatangi ketiga koordinat sungai yang dapat mewakili kondisi lingkungan di Sungai Brantas Kota Surabaya. Hal ini dilakukan untuk menggambarkan dan membedakan keragaman jenis dan kelimpahan mikroplastik pada masing-masing sungai yang mewakili kondisi lingkungan di Sungai Brantas Kota Surabaya. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh populasi mikroplastik yang berada pada permukaan dan tengah perairan Sungai Kalimas, Sungai Surabaya, dan Sungai Jagir di Kota Surabaya. Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel yang bisa mewakili daerah penelitian secara menyeluruh berdasarkan jenis aktivitas di lingkungan sekitarnya (Firmansyah & Dede, 2022). Pengambilan sampel dilakukan di 3 titik lokasi yang dapat mewakili kondisi lingkungan di Sungai Brantas Kota Surabaya. Alasan dipilihnya ketiga lokasi tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Sampel yang akan digunakan adalah sampel mikroplastik di perairan Sungai Kalimas, Sungai Surabaya, dan Sungai Jagir. Sampel yang diambil adalah sampel air yang diduga terdapat mikroplastik pada permukaan perairan Sungai Kalimas, Sungai Surabaya, dan Sungai Jagir di Kota Surabaya. Metode pengambilan sampel air menggunakan jaring *plankton net* dengan diameter mulut berukuran 30 cm dan ukuran mesh 0,4 mm. Pengambilan air dilakukan dengan cara menyerok bagian permukaan Sungai. Sampel air yang di dapat kemudian di masukkan pada botol flakon yang sudah diikat terlebih dahulu pada jaring *plankton net*. Peneliti melakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing- masing koordinat Sungai. Sampel yang sudah di peroleh kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan preparasi. Sampel yang sudah melewati proses preparasi kemudian di saring menggunakan kertas saring *whatman*. Setelah proses penyaringan sampel selesai lakukan pengamatan dibawah mikroskop digital. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif. Analisis deskriptif kuantitatif merupakan analisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya (Icam Sutisna, 2020). Perhitungan keragaman jenis dilakukan berdasarkan perhitungan jenis sampel air yang telah ditemukan pada mikroskop digital. Kemudian dilakukan pengolahan data untuk menghitung perbedaan keragaman jenis pada sungai menggunakan MS. Excel. Perhitungan rumus kelimpahan mikroplastik dilakukan oleh NOAA, dan dihitung berdasarkan jumlah partikel diperoleh dibagi dengan volume air tersaring dan berat kering sedimen yang digunakan.

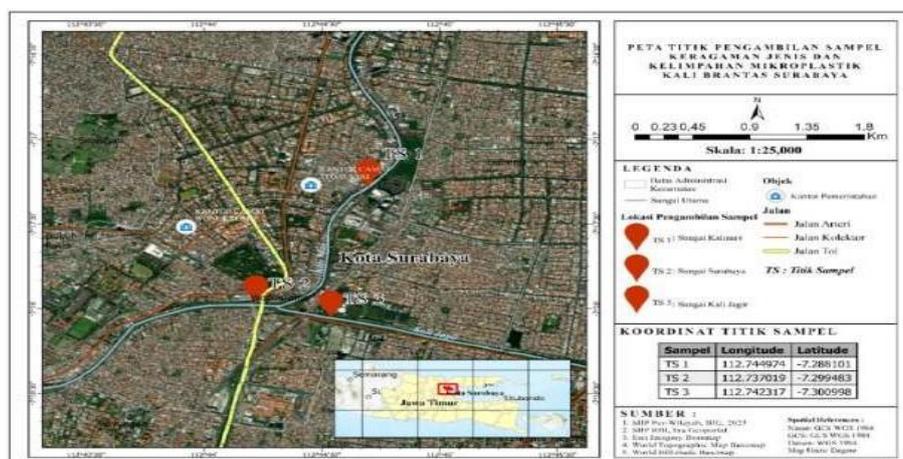
Tabel 1. Kondisi Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi	Keterangan
Sungai Kalimas	Merupakan aliran Sungai Brantas yang berada di pemukiman padat penduduk, pemerintah kota Surabaya juga menjadikan Sungai sebagai taman wisata kota dan terdapat perahu yang digunakan sebagai objek wisata penyebrangan sungai
Sungai Surabaya	Merupakan aliran Sungai Brantas yang menjadi tempat pengambilan air PDAM terbesar di Surabaya , namun terdapat aktivitas pembuangan limbah industry kertas dan tekstil
Sungai Jagir	Merupakan aliran Sungai Brantas yang berada di sekitar perumahan warga jarang penduduk namun terdapat banyak tumpukan sampah di sekitar sungai , Sungai ini juga dimanfaatkan warga untuk mencari ikan dengan perahu nelayan dan jaring ikan

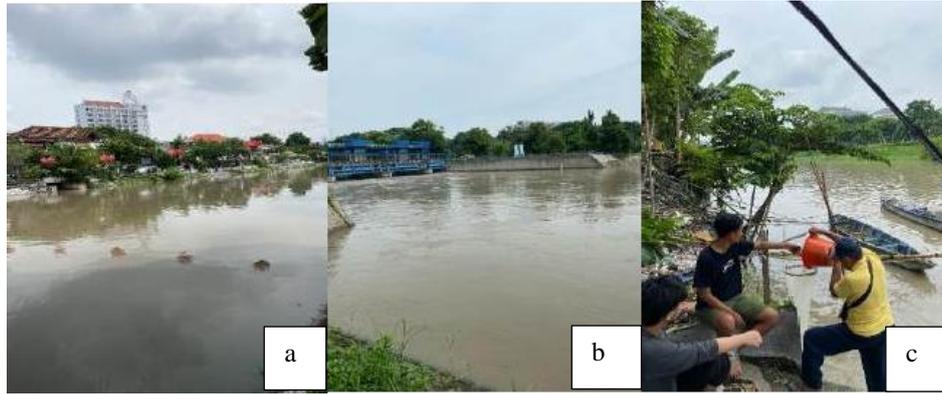
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengambilan lokasi titik sampel dilakukan berdasarkan kondisi lingkungan atau pemanfaatannya yang mewakili anak Sungai Brantas Kota Surabaya. Titik lokasi pengambilan sampel pertama adalah Sungai Kalimas, titik lokasi kedua yaitu Sungai Surabaya, dan lokasi ketiga diambil di Sungai Jagir Ketiga lokasi pengambilan sampel ini digambarkan pada **Gambar 1**, dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel
 Sumber : www.arcgis.com



Gambar 2. (a) Sungai Kalimas, (b) Sungai Surabaya, (c) Sungai Jagir

Lokasi 1 pada Gambar 2 (A) berada di perairan Sungai Kalimas dan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 pengulangan. Sungai ini merupakan Sungai dengan warga padat penduduk, pemerintah Kota Surabaya juga menjadikan sungai taman wisata kota dan terdapat perahu yang digunakan sebagai objek wisata penyebrangan sungai. Lokasi 2 pada Gambar 2 (B) terletak pada Sungai Surabaya dan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 pengulangan. Sungai ini dijadikan pemerintah Kota Surabaya sebagai PDAM terbesar yang mengalir Kota Surabaya, namun terdapat aktivitas pembuangan limbah industri kertas dan tekstil. Lokasi 3 pada Gambar 2 (C) berada di perairan Sungai Jagir dan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 pengulangan. Sungai ini merupakan aliran Sungai Brantas yang berada di sekitar perumahan warga jarang penduduk namun terdapat banyak tumpukan sampah di sekitar sungai, sungai ini juga dimanfaatkan warga untuk mencari ikan dengan perahu nelayan dan jaring ikan. Sebagai data pendukung untuk mendapatkan gambaran mendalam pada faktor fisika dan kimia yang ada pada sungai dilakukan pengukuran parameter lingkungan. Hasil pengukuran parameter lingkungan pada lokasi 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Nilai Parameter lingkungan di Sungai Kalimas

Parameter	Lokasi
Kecerahan (m)	0,185
Suhu (°C)	30
Kuat arus (m/d)	0,15
Oksigen terlarut (DO) mg/l	7
pH	6,83

Tabel 3 Nilai Parameter Lingkungan di Sungai Surabaya

Parameter	Lokasi
Kecerahan (cm)	0,175
Suhu (°C)	28,5
Kuat arus (m/d)	0,38
Oksigen terlarut (DO) mg/l	6,7
pH	6,86

Tabel 4. Nilai Parameter lingkungan di Sungai Jagir

Parameter	Lokasi
Kecerahan (cm)	0,17
Suhu (°C)	30
Kuat arus (m/d)	0,41
Oksigen terlarut (DO) mg/l	7,3
pH	6,81

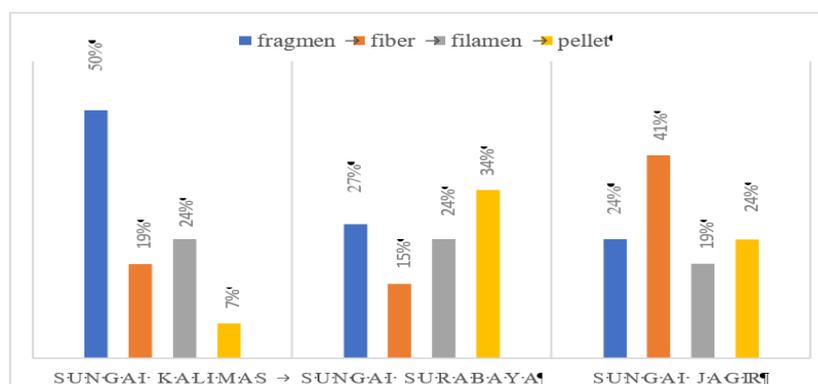
Keragaman jenis mikroplastik pada Sungai Kalimas, Sungai Surabaya, dan Sungai Jagir dilakukan dengan 3 pengulangan sampel. Hasil identifikasi mikroplastik yang ditemukan pada tiga titik lokasi aliran anak Sungai Brantas Surabaya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Identifikasi Mikroplastik

No.	Nama Titik Lokasi	Pengulangan	Jenis Mikroplastik	Jumlah Partikel
1	Sungai Kalimas	1	Fragment	63
			Fiber	24
			Filamen	35
			Pellet	18
2	Sungai Kalimas	2	Fragment	65
			Fiber	27
			Filamen	29
			Pellet	14
3	Sungai Kalimas	3	Fragment	69
			Fiber	25
			Filamen	30
			Pellet	15
4	Sungai Surabaya	1	Fragment	34
			Fiber	16
			Filamen	29
			Pellet	40
5	Sungai Surabaya	2	Fragmen	30
			Fiber	20
			Filamen	28
			Pellet	39
6	Sungai Surabaya	3	Fragment	29
			Fiber	17
			Filamen	28
			Pellet	41
7	Sungai Jagir	1	Fragment	27
			Fiber	42
			Filamen	21
			Pellet	17
8	Sungai Jagir	2	Fragment	23
			Fiber	38
			Filamen	19
			Pellet	17
9	Sungai Jagir	3	Fragment	22
			Fiber	45
			Filamen	18
			Pellet	15

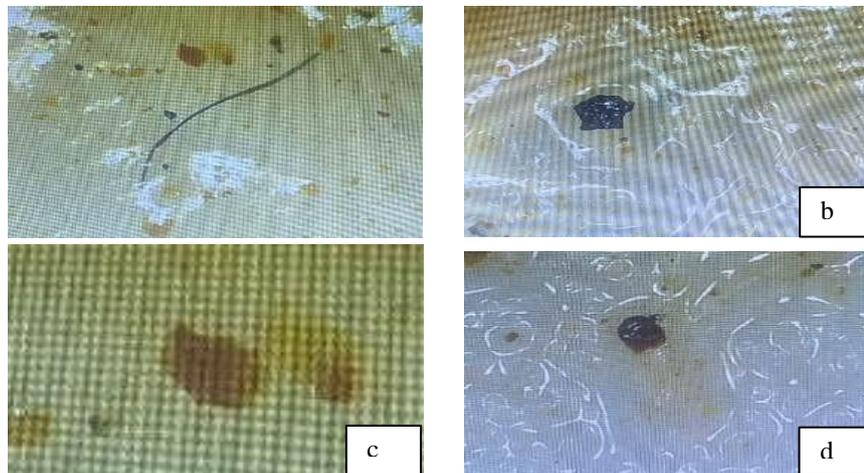
(Sumber : Data Penelitian, 2024)

Data dari keragaman jenis mikroplastik dikumpulkan dan dilakukan penghitungan, dan menghasilkan data berupa rata-rata keragaman jenis mikroplastik di masing-masing lokasi. Rata-rata persentase dari keragaman jenis mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Persentase Rata-Rata Keragaman Jenis Mikroplastik (Data penelitian, 2024)

Berdasarkan Gambar 3 Sungai Kalimas, Sungai Surabaya, dan Sungai Jagir diketahui memiliki rata-rata persentase dominan meliputi 50% fragmen pada Sungai Kalimas, 34% pellet pada Sungai Surabaya, dan 41% fiber pada Sungai Jagir. Dominasi terendah pada masing-masing lokasi meliputi 7% pellet pada Sungai Kalimas, 15% fiber pada Sungai Surabaya, dan 19% filamen pada Sungai Jagir. Jenis mikroplastik berdasarkan bentuk mikroplastik yang ditemukan pada aliran Sungai Brantas Surabaya terbagi menjadi empat yaitu fiber, fragment, filamen, dan pellet. Berikut gambar mikroplastik berdasarkan bentuk saat diamati menggunakan mikroskop digital dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Fiber, (b) Fragmen, (c) Filamen, (d) pellet

Selain melihat pada banyaknya keragaman jenis mikroplastik yang ada di perairan Sungai Brantas, dilakukan pengamatan pada mikroskop digital yang menangkap adanya keragaman warna mikroplastik. Berdasarkan pengamatan mikroskop keragaman warna dapat dilihat pada Tabel 5.

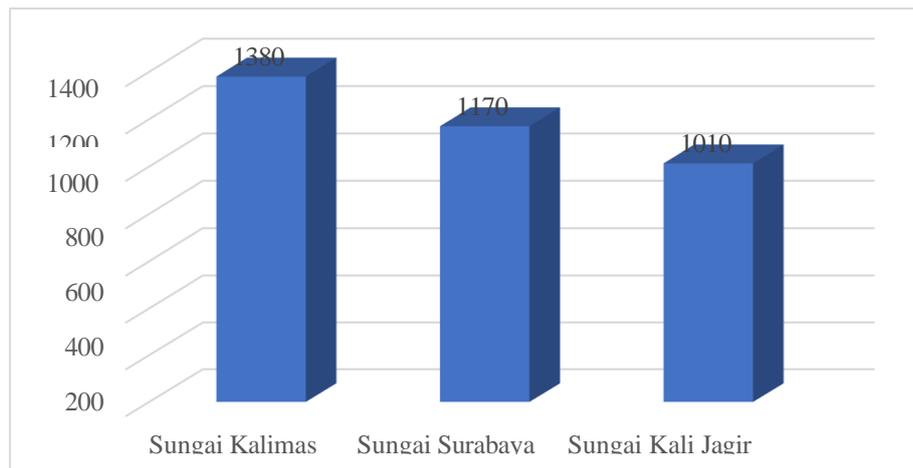
Tabel 5. Warna Mikroplastik

Warna Mikroplastik (Partikel)	Sungai Kalimas	Sungai Surabaya	Sungai Jagir	Jumlah
Hitam	273	145	197	615
Transparan	94	85	58	237
Coklat	47	120	49	216

Berdasarkan Tabel 5 warna mikroplastik yang ditemukan adalah hitam, transparan, dan coklat. Mikroplastik yang memiliki warna hitam sebanyak 615 partikel, mikroplastik warna transparan sebanyak 237 partikel, dan warna coklat sebanyak 216 partikel. Berdasarkan identifikasi dari banyaknya partikel mikroplastik yang ditemukan di tiga lokasi aliran Sungai Brantas dapat menghasilkan kelimpahan rata-rata mikroplastik yang digambarkan pada grafik Gambar 5. Kelimpahan mikroplastik di daerah aliran Sungai Brantas digambarkan pada gambar grafik Gambar 5 yang mempunyai rata-rata hasil kelimpahan tertinggi berada di Sungai Kalimas dengan rata-rata kelimpahan sebesar 1380 partikel/m³, diikuti dengan Sungai Surabaya sebesar 1170 partikel/m³, dan terendah pada Sungai Jagir sebanyak 1013 partikel/m³. Berdasarkan Gambar 5, kelimpahan mikroplastik yang paling banyak berada di Sungai Kalimas. Perhitungan kelimpahan dapat digambarkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kelimpahan Mikroplastik pada Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi	Jumlah Total Mikroplastik (partikel)	Volume Air Tersaring (m ³)	Rata-Rata Kelimpahan Mikroplastik (partikel/m ³)
Sungai Kalimas	414	0,1	1380
Sungai Surabaya	351	0,1	1170
Sungai Jagir	304	0,1	1010
Jumlah	1069		3560



Gambar 5. Grafik Kelimpahan Jenis Mikroplastik Daerah Aliran Sungai Brantas Surabaya

Hasil analisis menunjukkan pada lokasi 1 (Sungai Kalimas) didapatkan data yang memperlihatkan jumlah partikel dari mikroplastik meliputi fragment 197 partikel, fiber 76 partikel, filamen 94 partikel, dan pellet 47 partikel. Berdasarkan data yang didapatkan fragment menjadi mikroplastik yang paling dominan dengan 64 partikel/liter dan rata-rata persentase 50% paling tinggi dibanding ketiga mikroplastik lainnya di Sungai Kalimas. Pada lokasi 2 (Sungai Surabaya) didapatkan data yang memperlihatkan jumlah partikel dari mikroplastik meliputi fragment 92 partikel, fiber 53 partikel, filamen 85 partikel, dan pellet 120 partikel. Berdasarkan data yang didapatkan pellet menjadi mikroplastik yang paling dominan dengan 120 partikel/liter dan rata-rata persentase 34% paling tinggi dibanding ketiga mikroplastik lainnya di Sungai Surabaya. Pada lokasi 3 (Sungai Jagir) didapatkan data yang memperlihatkan jumlah partikel dari mikroplastik meliputi fragment 72 partikel, fiber 125 partikel, filamen 58 partikel, dan pellet 49 partikel. Berdasarkan data yang didapatkan fiber menjadi mikroplastik yang paling dominan dengan 125 partikel/liter dan rata-rata persentase 41% paling tinggi dibanding ketiga mikroplastik lainnya di Sungai Jagir. Kelimpahan mikroplastik didapatkan dari hasil pengulangan sampel sebanyak 3 kali dan berasal dari 3 lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya berdasarkan latar belakang yang berbeda dari masing-masing lokasi. Pada lokasi 1 jumlah total mikroplastik yang ada adalah 414 partikel, pada lokasi 2 jumlah mikroplastik adalah 351 partikel, dan pada lokasi 3 jumlah mikroplastik 304 partikel. Jumlah mikroplastik pada masing-masing lokasi dibagi dengan volume air tersaring untuk didapatkan rata-rata kelimpahan mikroplastik.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya keragaman jenis mikroplastik berupa fiber, fragmen, filamen, dan pellet. Pada masing-masing lokasi memiliki keragaman jenis berbeda hal ini disebabkan karena perbedaan aktivitas atau kegunaan sungai untuk keperluan warga sekitar. Temuan pertama pada Sungai Kalimas. Berdasarkan pemanfaatannya sungai ini merupakan sungai dengan warga padat penduduk dan pemerintah menjadikannya sebagai sungai taman wisata kota, sehingga banyaknya ditemukan limbah rumah tangga beserta botol-botol plastik bekas minuman. Fragmen merupakan mikroplastik yang diakibatkan karena banyaknya jumlah sampah di tepian sungai seperti botol-botol plastik dan limbah rumah tangga lainnya (Herrera et al., 2022; Tirkey & Upadhyay, 2021). Limbah plastik yang berukuran makro mengalami fragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil selama mengalir di sungai dan menjadi mikroplastik jenis fragmen. Tingginya mikroplastik jenis fragmen dikarenakan fungsinya sebagai taman wisata kota sehingga mempengaruhi terhadap bertambahnya sampah hasil konsumsi, selain itu letak sungai yang berada disekitaran warga padat penduduk juga berkontribusi dalam melimpahnya mikroplastik jenis fragmen karena penduduk sering membuang sampah plastik ke sungai (Shafani et al., 2022). Lokasi 1 memiliki jumlah jenis mikroplastik paling banyak dibandingkan dengan lokasi 2 dan 3 dengan ditemukannya jenis fragmen 50% (197 partikel), jenis filamen 24% (94 partikel), jenis fiber 19% (76 partikel), dan terendah pellet sebesar 7% (47 partikel) dari seluruh jumlah mikroplastik sebesar 414 partikel mikroplastik. Lokasi 1 menjadi lokasi dengan kelimpahan rata-rata terbanyak sebesar 1380 partikel/m³ dibandingkan lokasi 2 dan lokasi 3. Hal ini terjadi karena lokasi 1 mempunyai 2 sumber limbah sampah yang berasal dari sampah limbah rumah tangga dan sampah yang berada di sekitar sungai yang dijadikan taman wisata kota. Pemanfaatan sungai dijadikan sebagai taman wisata kota dan kawasan warga padat penduduk juga berkontribusi dalam melimpahnya mikroplastik jenis fragmen dikarenakan kebiasaan penduduk dalam membuang sampah plastik ke sungai (Shafani et al., 2022).

Temuan kedua pada lokasi 2 (Sungai Surabaya) didapatkan pellet menjadi mikroplastik yang paling dominan dengan 120 partikel/liter dan rata-rata persentase 34% paling tinggi dibanding ketiga mikroplastik lainnya di Sungai Surabaya. Berdasarkan pemanfaatannya sungai ini merupakan sungai yang dimanfaatkan pemerintah untuk menjadi PDAM terbesar yang mengalir Kota Surabaya, namun terdapat aktivitas pembuangan limbah industri kertas dan tekstil yang mengelilinginya. Berdasarkan hasil penelitian laboratorium mikroplastik jenis pellet menjadi yang paling dominan. Pellet merupakan mikroplastik yang berasal dari industri yang menghasilkan produk plastik (Yusron & Asroul Jaza, 2021). Pellet juga merupakan mikroplastik primer yang berasal dari pembuatan plastik dengan ukuran mikroskopis dan berasal dari industri (Argiandini, 2023; Mancina et al., 2023). Banyaknya pabrik yang ada di sekitar Sungai Surabaya ini yang akhirnya memicu melimpahnya mikroplastik jenis pellet. Lokasi 2 memiliki keragaman jenis mikroplastik dominan jenis pellet sebanyak 34% (120 partikel), jenis fragmen 27% (92 partikel), jenis filamen 24% (85 partikel), dan terendah jenis fiber sebesar 15% (53 partikel) dari seluruh jumlah jenis mikroplastik yang ditemukan sebanyak 350 partikel mikroplastik. Lokasi 2 menjadi lokasi dengan kelimpahan rata-rata 1170 partikel/m³ dibawah Lokasi 1, lokasi 2 menjadi lokasi dengan banyaknya limbah industri pabrik kertas maupun tekstil, namun jumlah pabrik yang ada tidak lebih banyak daripada limbah rumah tangga yang ada di lokasi 1. Mikroplastik yang berada di lokasi 2 didominasi oleh limbah pabrik yang tidak ditangani dengan tepat. Proses pembakaran dan buangan limbah yang tidak ditangani dengan tepat akan menyebabkan pelepasan mikroplastik pada lingkungan sekitar (Chotimah et al., 2022; Yona et al., 2020). Banyaknya pabrik yang ada di sekitar Sungai Surabaya ini yang akhirnya memicu melimpahnya mikroplastik jenis pellet.

Temuan ketiga pada lokasi 3 (Sungai Jagir) didapatkan data yang memperlihatkan jumlah partikel dari mikroplastik meliputi fragment 72 partikel, fiber 125 partikel, filamen 58 partikel, dan pellet 49 partikel. Berdasarkan data yang didapatkan fiber menjadi mikroplastik yang paling dominan dengan 125 partikel/liter dan rata-rata persentase 41% paling tinggi dibanding ketiga mikroplastik lainnya di Sungai Jagir. Berdasarkan pemanfaatannya sungai ini banyak dijadikan sebagai tempat parkir kapal nelayan dan juga dijadikan warga sekitar untuk memancing. Hal ini yang dapat memicu banyaknya mikroplastik jenis fiber. Hal ini sejalan dengan penelitian Sari et al., (2015) yang menyatakan bahwa fiber merupakan serat plastik memanjang yang dihasilkan dari fragmentasi monofilament jaring ikan, tali dan kain sintesis. Jenis fiber biasa ditemukan pada sekitaran perahu nelayan yang memiliki jaring ikan dan alat pancing (Ayuningtyas, 2019). Lokasi 3 memiliki keragaman jenis mikroplastik dominan fiber sebanyak 41% (125 partikel), jenis fragmen 24% (72 partikel), jenis filamen 19% (58 partikel), dan terendah jenis pellet 16% (49 partikel) dari seluruh jumlah jenis mikroplastik yang ditemukan sebanyak 304 partikel mikroplastik. Lokasi 3 merupakan lokasi dengan jumlah kelimpahan rata-rata mikroplastik sebesar 1010 partikel/m³ lebih sedikit dibandingkan dengan lokasi 1 dan lokasi 2. Hal tersebut dikarenakan adanya arus yang cukup kuat pada lokasi ini. Arus yang kuat akan lebih mudah untuk mengantarkan partikel mikroplastik berpindah ke tempat lain. Daerah sekitar Sungai Jagir merupakan daerah jarang penduduk, namun warga sekitar memanfaatkan sungai untuk mencari ikan dan memarkirkan kapal nelayan mereka disana. Pada pinggir sungai terdapat tumpukan sampah yang sengaja dibuang warga sekitar. Mikroplastik dapat bersumber dari proses fragmentasi plastik yang memiliki ukuran lebih besar dan terbawa arus sungai kemudian terdegradasi menjadi mikroplastik (Ayuningtyas, 2019).

Mikroplastik yang tidak dominan di ketiga sungai yang juga ditemukan di perairan Sungai Surabaya adalah jenis filamen. Filamen merupakan mikroplastik sekunder yang di bentuk dari fragmentasi plastik meliputi kantong plastik, dan kemasan makanan yang berjenis *polimer polietilen* (Argiandini, 2023; Herrera et al., 2022). Filamen memiliki karakteristik tipis dan berasal dari plastik sekali pakai yang telah terdegradasi (Marliantari, 2022). Mikroplastik jenis ini menjadi yang paling sedikit ditemukan karena mudah terdegradasi dengan mudah dan ringan sehingga besar kemungkinan keberadaannya akan sangat cepat untuk terbawa arus. Arus akan lebih mudah untuk mengantarkan partikel mikroplastik berpindah ke tempat lain (Ayuningtyas, 2019; Lestari et al., 2020). Berdasarkan keragaman warna yang ditemukan dalam pengamatan mikroplastik di Sungai Brantas adalah warna hitam dengan 615 partikel mikroplastik, transparan dengan 237 partikel mikroplastik, dan warna coklat dengan 216 partikel mikroplastik. Warna hitam dalam mikroplastik dapat memberikan indikasi bahwa terdapat banyak kontaminan yang sudah terserap dalam partikel mikroplastik dan proses lama degradasinya (Sutanahaji et al., 2021). Warna cokelat banyak ditemukan dalam bentuk pelet, umumnya mikroplastik ini berwarna putih namun seiring berjalannya waktu berubah menjadi kuning kecoklatan jika telah lama terapung dalam air. Warna mikroplastik transparan berhubungan dengan wadah makanan transparan (Fitriyah et al., 2022; Shafani et al., 2022).

Hal lain yang dapat dianalisis selain keragaman bentuk dan warna pada mikroplastik adalah ukuran mikroplastik. Perbedaan ukuran mikroplastik dapat dipengaruhi oleh waktu proses fragmentasi mikroplastik di perairan jika semakin lama fragmentasi maka ukuran mikroplastik yang terlihat akan

semakin kecil, selain itu adanya radiasi sinar UV dan gelombang yang kuat juga dapat berpengaruh pada ukuran mikroplastik (Ari Wijaya & Trihadiningrum, 2020; Tuhumury & Pellaupessy, 2021; Yusron & Asroul Jaza, 2021). Namun, pengukuran mikroplastik pada penelitian ini tidak dapat dilakukan karena adanya keterbatasan mikroskop yang digunakan. Berdasarkan latar belakang sungai dan pemanfaatan warga dalam penggunaan sungai faktor fisika kimia juga menjadi salah satu hal yang penting dalam penelitian mikroplastik, sehingga pada penelitian ini pengukuran parameter lingkungan dilakukan. Parameter lingkungan yang digunakan meliputi suhu, kecerahan, kuat arus, DO (*Dissolved Oxygen*), dan pH. Pengukuran parameter penting dilakukan karena masing-masing parameter dapat mempengaruhi proses distribusi mikroplastik di perairan (Ari Wijaya & Trihadiningrum, 2020). Kecerahan dapat mempengaruhi distribusi mikroplastik. Pada ketiga lokasi pengambilan sampel memiliki kecerahan 0,170-0,185 m. Berdasarkan penelitian Fernandes et al., (2023) menyatakan kecerahan dengan nilai antara 0,214-0,405 m masih dibawah baku mutu yang ditetapkan. Air yang cenderung lebih keruh memiliki banyak partikel padat tersuspensi. Air yang keruh memerlukan teknik filtrasi yang lebih canggih untuk dapat mengambil seluruh mikroplastik yang ada (Riska et al., 2022). Peningkatan kecerahan air dapat menimbulkan tumbuhnya alga dan tumbuhan air yang dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem dan mengurangi kadar oksigen yang tersedia untuk ikan dan hewan lain (Herrera et al., 2022; Lestari et al., 2020).

Suhu air berperan dalam degradasi plastik. Suhu air yang cenderung lebih hangat akan lebih cepat untuk mengubah plastik menjadi mikroplastik. Suhu yang telah mencapai $>29^{\circ}\text{C}$ memenuhi standar untuk menjadi suhu tinggi, suhu yang tinggi akan mengakibatkan jumlah pada mikroplastik yang tinggi pada daerah tersebut (Tonelli et al., 2020). Suhu yang didapatkan dari ketiga Lokasi berkisar antara $28,5^{\circ}\text{C}$ - 30°C sehingga suhu yang diperoleh melebihi standar baku pemerintah dan dapat dikatakan sebagai suhu tinggi. Suhu juga dapat mempengaruhi kelimpahan dan aktivitas organisme seperti koloni mikroba yang terdapat pada permukaan plastik (Maulana & Kuntjoro, 2023). Kecepatan arus merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kelimpahan mikroplastik di perairan. Arus yang kuat akan lebih mudah untuk mengantarkan partikel mikroplastik berpindah ke tempat lain (Ayuningtyas, 2019; Sutanahaji et al., 2021). Pada Lokasi 1 memiliki kuat arus lambat dengan nilai 0,15 m/d, sedangkan pada lokasi 2 dan 3 memiliki kuat arus sedang dengan masing-masing nilai 0,38 m/d, dan 0,41 m/d. Arus yang lebih lambat memungkinkan mikroplastik untuk mengendap dan dapat meningkatkan kelimpahan di lokasi tersebut. DO (*Dissolved Oxygen*) biasanya dipergunakan untuk menunjukkan kualitas air baik atau buruk. Pada ketiga Lokasi menunjukkan DO yang baik yaitu berkisar antara 6,7-7,3 mg/l. Nilai ini berada di atas baku mutu yang sudah ditetapkan yakni bernilai >5 mg/l (Fernandes et al., 2023). DO yang tinggi biasanya terkait dengan air yang baik dan dapat mendukung adanya kehidupan bawah air yang sehat sehingga membangun adanya ekosistem yang sehat (Fernandes et al., 2023; Riska et al., 2022). Ekosistem yang sehat akan berinteraksi dengan mikroplastik sehingga dapat mempengaruhi distribusi dan kelimpahannya di perairan. Ph memiliki kemampuan untuk melakukan proses kimia dalam pendegradasian plastik. Baku mutu yang telah ditetapkan peraturan pemerintah no. 22 tahun 2021 nilai pH yang memenuhi kriteria berkisar antara 7-8,5 pH. Pada lokasi 1, lokasi 2, dan lokasi 3 memiliki pH 6,5-6,8, sehingga dikatakan tidak memenuhi kriteria Ph dan digolongkan sebagai pH ekstrim (Maulana & Kuntjoro, 2023). Kondisi pH air yang terlalu asam/ekstrim akan mempercepat proses degradasi plastik dan mengubahnya menjadi mikroplastik, terutama apabila terkena dengan paparan sinar UV dari matahari. Jika di kaji dalam jumlah kelimpahannya, hal ini menjadi landasan kuat bahwa Perairan di ketiga lokasi daerah aliran sungai brantas Surabaya belum memenuhi persyaratan untuk dijadikan air konsumsi dan masih harus melewati proses penyaring agar mikroplastik tidak masuk kedalam tubuh manusia. Implikasi penelitian ini dapat memeberikan informasukKeberadaan mikroplastik dapat menjadi bahaya bagi hewan dan manusia karena akan menjadi bioakumulasi dalam tubuh.

4. SIMPULAN

Keragaman jenis mikroplastik yang ditemukan di Sungai Brantas adalah jenis fragmen, fiber, filamen, dan pellet. Hasil keragaman yang diperoleh dari tiga lokasi dan tiga pengulangan di Perairan Sungai Brantas Surabaya. Kelimpahan mikroplastik berdasarkan tiga lokasi dan tiga pengulangan di Perairan Sungai Brantas Surabaya diketahui bahwa kelimpahan tertinggi pada Sungai Kalimas dengan 1380 partikel/ m^3 , diikuti dengan Sungai Surabaya sebanyak 1170 partikel/ m^3 , dan terendah Sungai Jagir 1010 partikel/ m^3 . Mikroplastik dapat dijadikan sebagai tolak ukur kelayakan dalam penggunaan air. Hal ini dikarenakan adanya bahaya yang terjadi bila adanya bioakumulasi pada tubuh hewan maupun manusia. Batas aman mikroplastik untuk dikonsumsi sudah di kaji dalam aturan WHO 2019. Direkomendasikan penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengambil sampel dengan kedalaman yang berbeda-beda sehingga dapat dilihat adakah perbedaan yang mencolok dari kedalaman yang berbeda. Karena

keterbatasan mikroskop yang digunakan peneliti tidak dapat menentukan ukuran dari mikroplastik, diharapkan dapat menentukan ukuran dan perbesaran dari mikroplastik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Addzikri, A. I., & Rosariawari, F. (2023). Analisis Kualitas Air Permukaan Sungai Brantas Berdasarkan Parameter Fisik dan Kimia. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 550–560. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1981>.
- Anggiani, M. (2020). Potensi Mikroorganisme Sebagai Agen Bioremediasi Mikroplastik Di Laut. *Oseana*, 45(2), 40–49. <https://doi.org/10.14203/oseana.2020.vol.45no.2.92>.
- Anwar, A., Manyullei, S., Andhana, A. D., Rahim, F. A., Bahri, N. T. W., Diany, N. C., Paisal, N. A., & Khairiyah, Z. D. (2022). Edukasi Tentang Pemilihan Sampah Organik, Sampah Anorganik, dan Sampah Plastik di Desa Laguruda. *Locus Penelitian Dan Abdimas*, 1(2), 256–263. <https://journal.tritunas.ac.id/index.php/LoA/article/view/96>.
- Argiandini, D. M. (2023). Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik di Sekitar Perairan Provinsi Gorontalo. *Environmental Pollution Journal*, 3(1), 582–588. <https://doi.org/10.58954/epj.v3i1.106>.
- Ari Wijaya, B., & Trihadiningrum, Y. (2020). Pencemaran Meso- dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.46000>.
- Ayuningtyas, W. C. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 41–45. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.5>.
- Chotimah, H. C., Iswardhana, M. R., & Rizky, L. (2022). Model Collaborative Governance dalam Pengelolaan Sampah Plastik Laut Guna Mewujudkan Ketahanan Maritim di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 27(3), 348. <https://doi.org/10.22146/jkn.69661>.
- Cordova, M. R. (2017). Pencemaran Plastik Di Laut. *Oseana*, 42(3), 21–30. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.3.82>.
- Dewi, N. M. N. B. S. (2022). Studi Literatur Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan. *Jurnal Sosial Sains Dan Teknologi SOSINTEK*, 2(2), 239–250. <http://journal.unsmataram.ac.id/index.php/SOSINTEK>.
- Egbeocha, C. O., Malek, S., Emenike, C. U., & Milow, P. (2018). Feasting on microplastics: Ingestion by and effects on marine organisms. *Aquatic Biology*, 27, 93–106. <https://doi.org/10.3354/ab00701>.
- Fernandes, A., Santoso, A., & Widowati, I. (2023). Kandungan Logam (Pb) pada Air, Sedimen, dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Bandengan, Kabupaten Kendal Serta Batas Aman Konsumsi untuk Manusia. *Journal of Marine Research*, 12(1), 27–36. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i1.35251>.
- Firmansyah, D., & Dede. (2022). Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik*, 1(2), 85–114. <https://doi.org/10.55927/jiph.v1i2.937>.
- Fitriyah, A., Syafrudin, S., & Sudarno, S. (2022). Identifikasi Karakteristik Fisik Mikroplastik di Sungai Kalimas, Surabaya, Jawa Timur. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 350–357. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.350-357>.
- Herrera, A., Acosta-Dacal, A., Luzardo, O. P., Martínez, I., Rapp, J., Reinold, S., & Gómez, M. (2022). Bioaccumulation of additives and chemical contaminants from environmental microplastics in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Science of the Total Environment*, 822, 153396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153396>.
- Ilvi, N. (2021). Mikroplastik Pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Keramba IkanKali Kanal Mangetan Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, 1(3), 192–198. <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>.
- Kawung, N. R., Adnyana, I. W. S., & Hendrawan, I. G. (2022). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Bivalvia Di Perairan Tuminting Dan Malalayang Kota Manado. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 16(2), 220. <https://doi.org/10.24843/ejes.2022.v16.i02.p09>.
- Kusuma, W. E., Sufaichusan, I., Lestari, B. F. H. A., & Widyawati, Y. (2023). Identifikasi Molekuler dan Posisi Filogenetik Ikan Sili (*Mastacembelidae: Macragnathus*) dari Sungai Brantas, Jawa Timur, berdasarkan DNA mitokondria Gen COI. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(2), 161–174. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2023.vol.7.no.2.308>.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B. A., Yunus, K. A., & Firdaus, M. (2020). Distribution of microplastics in Surabaya River, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 726, 138560. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138560>.

- Lumban Tobing, S. J. B., Hendrawan, I. G., & Faiqoh, E. (2020). Karakteristik Mikroplastik Pada Ikan Laut Konsumsi Yang Didaratkan Di Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 3(2), 102. <https://doi.org/10.24843/jmrt.2020.v03.i02.p07>.
- Mancia, A., Abelli, L., Palladino, G., Candela, M., Lucon-Xiccato, T., Bertolucci, C., & Panti, C. (2023). Sorbed environmental contaminants increase the harmful effects of microplastics in adult zebrafish, *Danio rerio*. *Aquatic Toxicology*, 259, 106544. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106544>.
- Marliantari, S. (2022). Identifikasi Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan di Sulawesi Selatan. *Environmental Pollution Journal*, 2(3), 519–526. <https://doi.org/10.58954/epj.v3i3.102>.
- Maulana, M. A., & Kuntjoro, S. (2023). Hubungan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos dengan Kualitas Air Kali Surabaya, Wringinanom, Gresik Correlation between Macrozoobenthos Diversity Index and Water Quality in Surabaya River, Wringinanom, Gresik. *LenteraBio*, 12(2), 219–228. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index>.
- Mulu, M., Wendelinus Dasor, Y., Hudin, R., & Tarsan, V. (2020). Marine Debris Dan Mikroplastik: Upaya Mencegah Bahaya Dan Dampaknya Di Tempode, Desa Salama, Kabupaten Manggarai, Ntt. *Randang Tana - Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 79–84. <https://doi.org/10.36928/jrt.v3i2.404>.
- Rahmad, S., Purba, N., Agung, M., & Yuliadi, L. (2019). Karakteristik sampah mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta. *Depik*, 8(1), 9–17. <https://doi.org/10.13170/depik.8.1.12156>.
- Riska, R., Tasabaramo, I. A., Lalang, L., Muchtar, M., & Asni, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Bokori Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(4), 331–342. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.vol.6.no.4.252>.
- Shafani, R. H., Nuraini, R. A. T., & Endrawati, H. (2022). Identifikasi Dan Kepadatan Mikroplastik Di Sekitar Muara Sungai Banjir Kanal Barat Dan Banjir Kanal Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(2), 245–254. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31885>.
- Supit, A., Tompodang, L., & Kumaat, S. (2022). Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan*, 13(1), 199–208. <https://doi.org/10.26630/jk.v13i1.2511>.
- Sutanhaji, A. T., Rahadi, B., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 74–84. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3>.
- Tirkey, A., & Upadhyay, L. S. B. (2021). Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112604. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112604>.
- Tonelli, M., Nkunu, V., Varghese, C., Abu-Alfa, A. K., Alrukhaiami, M. N., Fox, L., Gill, J., Harris, D. C. H., Hou, F. F., O'Connell, P. J., Rashid, H. U., Niang, A., Ossareh, S., Tesar, V., Zakharova, E., & Yang, C. W. (2020). Framework for establishing integrated kidney care programs in low- and middle-income countries. *Kidney International Supplements*, 10(1), e19–e23. <https://doi.org/10.1016/j.kisu.2019.11.002>.
- Tuhumury, N., & Pellaupessy, H. S. (2021). Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Caranx sexfasciatus Yang Dibudidayakan Di Perairan Teluk Ambon Dalam. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 5(1), 47. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2021.vol.5.no.1.117>.
- Yolanda, I. R., & Saputra, A. H. (2021). Penerapan Kebijakan Ekstensifikasi Barang Kena Cukai Terhadap Produk Plastik Di Indonesia. *Jurnal Perspektif Bea Dan Cukai*, 5(2), 290–305. <https://doi.org/10.31092/jpbc.v5i2.1309>.
- 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. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.375-383>.
- Yusron, M., & Asroul Jaza, M. (2021). Analisis Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik serta Pencemaran Logam Berat pada Hulu Sungai Bengawan Solo. *Environmental Pollution Journal*, 1(1), 41–48. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i1.6>.