

**DISTRIBUSI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI WILAYAH PESISIR PANTAI
LAMARU KOTA BALIKPAPAN KALIMANTAN TIMUR**

***DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS IN SEDIMENTS IN THE LAMARU COASTAL
AREA BALIKPAPAN CITY EAST KALIMANTAN***

Nurfadilla^{1*}, Moh. Mustakim², Ghitarina²

¹Mahasiswa Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

²Staf Pengajar Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*E-mail: dillanrf62@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article history: Received : 31 Juli 2023 Revised : 24 April 2024 Accepted : 24 April 2024 Available online : 30 April 2024</p> <p>Keywords: Pollutant, Debris, Distribution, Fragment</p>	<p><i>Coastal areas are one of the areas that have the potential to receive large and sustainable amounts of pollutants. One of the most common types of pollutants found in coastal areas is plastic marine debris. Plastics discharged into the aquatic environment undergo a weathering process until the size < 5 millimeters which is called microplastic. This study was conducted in the coastal area of Lamaru Beach, Balikpapan City, to determine the distribution of microplastics in beach sediments. Sampling was conducted using purposive sampling method by laying a 100-meter transect line. The most common types of microplastics found in Lamaru Beach sediments were fragments with an abundance of 46,340 particles/kg/m², fiber with an abundance of 18,700 particles/kg/m², and film with the lowest abundance of 13,780 particles/kg/m², respectively. The abundance of microplastics by type has a significant difference or has an average difference between types. The abundance of microplastic types that differ significantly are film and fragments ($p < 0,05$), while the abundance of fiber microplastic types is not significantly different from the abundance of film and fragment microplastics ($p > 0,05$)</i></p>
<p>Kata Kunci: Polutan, Debris, Persebaran, Fragmen</p>	<p>ABSTRAK</p> <p>Wilayah pesisir merupakan salah satu wilayah yang berpotensi menerima bahan pencemar dalam jumlah besar dan berkelanjutan. Salah satu jenis pencemar yang paling banyak ditemukan di wilayah pesisir yaitu sampah laut jenis plastik. Plastik yang dibuang ke lingkungan perairan mengalami proses pelapukan sampai berukuran < 5 milimeter yang disebut dengan mikroplastik. Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Pantai Lamaru Kota Balikpapan bertujuan untuk mengetahui distribusi mikroplastik pada sedimen pantai. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode purposive sampling dengan menbentangkan garis transek sepanjang 100 meter. Jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sedimen Pantai Lamaru masing – masing adalah fragmen dengan kelimpahan 46,340 partikel/kg/m², fiber dengan kelimpahan 18,700 partikel/kg/m², dan film dengan kelimpahan paling rendah yaitu 13,780 partikel/kg/m². Kelimpahan mikroplastik berdasarkan jenis memiliki perbedaan yang signifikan atau memiliki perbedaan rata-rata antar jenisnya. Kelimpahan jenis mikroplastik yang berbeda secara signifikan adalah film dan fragmen ($p < 0,05$), sedangkan kelimpahan jenis mikroplastik fiber tidak berbeda signifikan dengan kelimpahan mikroplastik film dan fragmen ($p > 0,05$).</p>
xxxx Tropical Aquatic Sciences (TAS) with CC BY SA license.	

1. PENDAHULUAN

Marine debris atau sampah laut merupakan material hasil kegiatan manusia yang langsung maupun tidak langsung dibuang ke lingkungan perairan (Pedrotti *et al.*, 2022). Salah satu jenis *marine debris* yang paling banyak ditemukan di lingkungan perairan adalah plastik. Plastik merupakan material populer yang ringan, tahan lama, murah, dan mudah untuk diproduksi sehingga plastik digunakan secara besar-besaran oleh masyarakat (Hammer *et al.*, 2012). Plastik membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat terurai

sempurna, sehingga penggunaan plastik secara besar-besaran akan menimbulkan penumpukkan sampah plastik serta diakui sebagai ancaman serius bagi kehidupan dan lingkungan.

Sampah plastik yang dibuang ke perairan baik melalui proses langsung maupun tidak langsung akan terbawa oleh arus dan mengalami proses degradasi hingga menjadi potongan partikel yang lebih kecil dan disebut dengan mikroplastik. Mikroplastik memiliki ukuran partikel antara 0,3-5 milimeter (Jeyasanta et al., 2020). Mikroplastik berdasarkan jenisnya terbagi menjadi empat yaitu, *fragment*, *film*, *fiber*, dan *pellets*. Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen berasal dari plastik yang terakumulasi dalam waktu lama di perairan, terbawa oleh arus, dan kemudian terperangkap di sedimen (Dewi et al., 2015). Mikroplastik merupakan limbah plastik yang mempengaruhi keseimbangan ekosistem dan mempengaruhi organisme yang hidup di dalamnya.

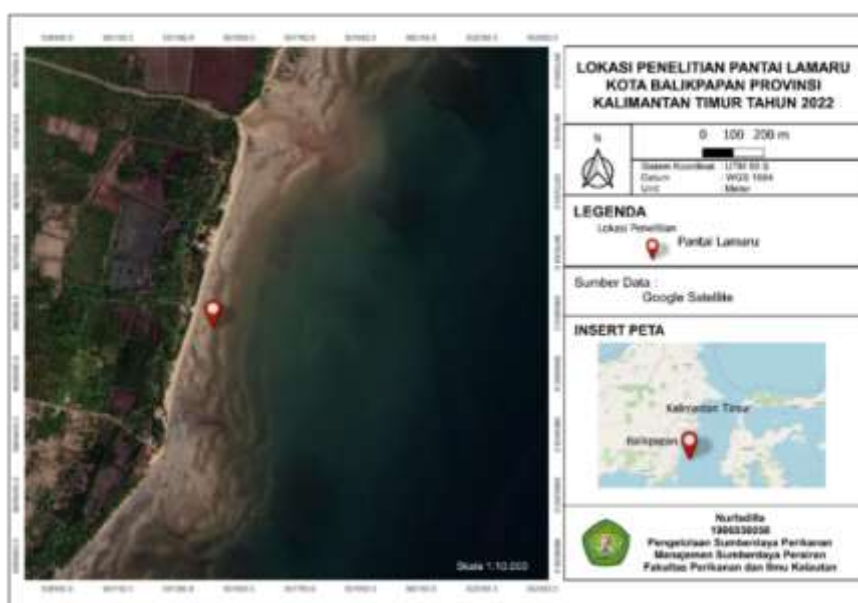
Keberadaan mikroplastik sebagai salah satu jenis *marine debris* menjadi permasalahan yang kerap dihadapi oleh kawasan sekitar pantai atau pesisir. Pantai Lamaru merupakan salah satu pantai di Kota Balikpapan yang kerap memiliki permasalahan dengan sampah plastik mengingat kemungkinan terbesar sampah plastik berasal dari laut. Selain berasal dari laut, sampah plastik juga berasal dari aktivitas yang terjadi di wilayah pesisir Kota Balikpapan, seperti kegiatan pariwisata, bongkar muat kapal di pelabuhan, penangkapan ikan, pertambangan, dan aktivitas rumah tangga, sehingga menjadi potensi pencemaran mikroplastik di wilayah pesisir Kota Balikpapan (Maulia et al., 2023; Ningrum & Patria, 2019; Sarita et al., 2023).

Penelitian mengenai keberadaan plastik di wilayah pesisir Kota Balikpapan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti makroplastik oleh Nursari et al., (2023) dan Efrin et al., (2023) di pantai Lamaru dan Monpera, mesoplastik oleh Nurhayati et al., (2023) dan mikroplastik di Pantai Monpera, Manggar dan Lamaru, Kota Balikpapan (Putri et al., 2023; Sarita et al., 2023; Wulandari et al., 2021). Namun, belum ada penelitian mikroplastik yang dilakukan di Pantai Lamaru di Kota Balikpapan. Oleh sebab itu, maka perlu dilakukan penelitian mikroplastik pada sedimen Pantai Lamaru Kota Balikpapan untuk mengetahui karakteristik jenis serta kelimpahan mikroplastik yang terdapat pada sedimen di Pantai Lamaru Kota Balikpapan sebagai informasi awal mengenai distribusi mikroplastik di wilayah tersebut. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi dan mengetahui jenis, dan ukuran partikel mikroplastik, serta mengetahui dan menganalisis perbedaan kelimpahan mikroplastik antar jenis yang ditemukan di lokasi penelitian.

2. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret – Desember 2022 di pesisir Pantai Lamaru yang terletak di Kecamatan Balikpapan Timur Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. Pelaksanaan analisis data dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Pantai Lamaru Kota Balikpapan

Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dengan penentuan kotak sub transek pada titik lokasi yang dianggap dapat memrepresentasikan kondisi sampah pantai pada daerah pasang surut. Garis transek sepanjang 100 meter dibagi menjadi lima lajur sub transek dengan jarak 20 meter setiap lajurnya, sehingga diperoleh 5 kotak sub transek sebagai titik pengambilan sampel berdasarkan Pedoman Pemantauan Sampah Laut oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2020).

Sampel sedimen diperoleh berdasarkan hasil saringan sedimen pada kedalaman 0-5 cm yang terseleksi dari saringan sampah meso yang berukuran 0,5 cm × 0,5 cm. Sampel yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label untuk selanjutnya dianalisis di Laboratorium Kualitas Air. Proses pengolahan sampel meliputi (a) pengeringan sampel sedimen, (b) *density separation*, (c) *wet proxide oxidation*, (d) pemanasan sampel, dan (e) identifikasi sampel. Prosedur pengumpulan data tersebut merupakan metode yang diadaptasi dari Dewi *et al.*, (2015). Pengeringan sampel sedimen menggunakan oven dengan suhu 90 °C selama 12 jam, selanjutnya dilakukan proses pemisahan densitas mikroplastik dengan menambahkan larutan NaCl 30% sebanyak 150 ml kedalam sampel sedimen kering 50 gram, dan didiamkan selama 24 jam untuk menghasilkan supernatan yang sempurna. Proses penghancuran bahan organik dilakukan dengan menambahkan 20 ml larutan Fe (II) 0,05 M dan 20 ml larutan H₂O₂ 30% ke dalam sampel, dan dipanaskan menggunakan *water bath* dengan suhu 70 °C selama 30 menit agar bahan organik benar-benar hancur. Sampel disaring dan dilanjutkan dengan identifikasi sampel menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x10.

Prosedur Identifikasi

Identifikasi kelimpahan mikroplastik diketahui melalui perbandingan antara jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan dengan volume sampel dan luasan unit sampling. Perhitungan kelimpahan mikroplastik (partikel kg/m²) menggunakan persamaan sebagai berikut Masura *et al.*, (2015).

$$\text{Kelimpahan MPs} = \frac{\text{Jumlah mikroplastik yang ditemukan (partikel)}}{\frac{\text{volume sedimen (kg)}}{\text{panjang(m)} \times \text{lebar transek (m)}}$$

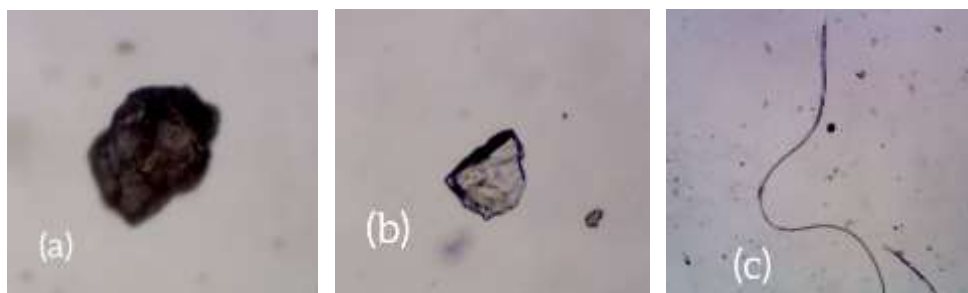
Nilai kecepatan dan arah arus sebagai parameter pendukung diperoleh dengan tujuan untuk mengetahui potensi sumber sampah. Nilai tersebut diperoleh dari data citra satelit yaitu AVISO (*Archiving Validation Interpretation of Satellite Oceanography*).

Analisis statistik dilakukan menggunakan metode Uji *one way ANOVA* untuk mengetahui perbedaan kelimpahan antar jenis mikroplastik. Hipotesis yang dipakai di penelitian ini adalah jika nilai signifikansi atau probabilitas >0,05 maka H₀ diterima. Sebaliknya, jika nilai signifikansi atau probabilitas <0,05 maka H₀ ditolak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis dan Jumlah Mikroplastik

Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen dengan perbesaran 10x10 di lokasi penelitian Pantai Lamaru Kota Balikpapan adalah jenis *fragment*, *fiber*, dan *film* (Gambar 2).



Gambar 2. Partikel *fragment* (a), *film* (b), *fiber* (c) pada sampel penelitian

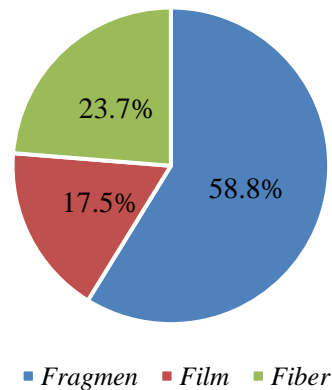
Mikroplastik jenis *fragment* memiliki ketebalan partikel yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis *film* dan *fiber*. Mikroplastik jenis *film* yang teridentifikasi merupakan partikel mikroplastik yang sangat tipis dan transparan. Mikroplastik jenis *fiber* memiliki bentuk yang berbeda dari jenis mikroplastik lainnya yaitu berbentuk seperti tali yang panjang dan tipis. Jumlah mikroplastik berdasarkan jenis yang ditemukan di wilayah pesisir Pantai Lamaru disajikan dalam bentuk tabel seperti berikut.

Tabel 1. Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Pantai Lamaru

No	Jenis Mikroplastik	Jumlah Mikropalstik (Partikel)	Rata – rata (Partikel)
1	<i>Fragment</i>	2317	463,4
2	<i>Fiber</i>	935	187
3	<i>Film</i>	689	137,8
	Total	3941	1313,6

Total jumlah mikroplastik yang teridentifikasi sebanyak 3941 partikel dengan rata-rata 1313,6 partikel. Mikroplastik yang mendominasi wilayah pesisir Pantai Lamaru adalah jenis *fragment* dalam jumlah sebanyak 2317 partikel dengan rata-rata 463,4 partikel, diikuti jenis *fiber* yaitu 935 partikel dengan rata-rata 187 partikel, dan mikroplastik yang ditemukan dalam jumlah paling kecil dibandingkan jenis mikroplastik lainnya adalah jenis *film* yaitu 689 partikel dengan rata-rata 137,8 partikel.

Komposisi Mikroplastik di Pantai Lamaru



Gambar 3. Persentase Komposisi Mikroplastik di Pantai Lamaru

Persentase mikroplastik tertinggi yang teridentifikasi yaitu mikroplastik jenis *fragment* sebesar 58,8%, kemudian mikroplastik jenis *fiber* sebesar 23,7% dan persentase mikroplastik terendah yaitu jenis *film* sebesar 17,5%. Mikroplastik jenis *pellets* tidak ditemukan pada lokasi penelitian. Hal ini diasumsikan oleh Dewi *et al.*, (2015) tidak ditemukan mikroplastik jenis *pellets*. Penelitian yang dilakukan Elsa *et al.*, (2019) di Pantai Desa Manggung Kota Pariaman Sumatera Barat menemukan tiga jenis mikroplastik yaitu fragment, film, dan fiber. Namun, tidak ditemukan mikroplastik jenis *pellets* disebabkan oleh tidak terdapat pabrik plastik yang beroperasi di sekitar lokasi penelitian tersebut.

Ukuran Partikel Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel kecil yang berasal dari hasil degradasi plastik yang berukuran lebih besar. Mikroplastik umumnya berukuran < 5 milimeter. Mikroplastik jenis *fragment* yang teridentifikasi memiliki partikel terkecilnya berukuran 38,48 mm dan partikel terbesarnya berukuran 2200,96 mm. Mikroplastik jenis *film* teridentifikasi dengan partikel terkecilnya berukuran 13,36 mm dan partikel terbesarnya berukuran 3640,48 mm. Mikroplastik jenis *fiber* teridentifikasi dengan partikel terkecil berukuran 32,62 mm dan partikel terbesar berukuran 337,18 mm (Tabel 2).

Tabel 2. Ukuran Partikel Mikroplastik

No	Jenis Mikroplastik	Ukuran Partikel (μm)	Ukuran Partikel (mm)
1	<i>Fragment</i>	38,48-2200,96	0,03-2,2
2	<i>Film</i>	13,36-3640,48	0,01-3,6
3	<i>Fiber</i>	32,62-337,18	0,03-0,33

Azizah *et al.*, (2020) mengemukakan bahwa perbedaan ukuran partikel mikroplastik disebabkan oleh pengaruh waktu saat proses fragmentasi berlangsung di perairan, semakin lama partikel mikroplastik berada di perairan maka ukuran partikelnya akan semakin kecil akibat proses fragmentasi yang berlangsung terus menerus.

Kelimpahan Mikroplastik di Pantai Lamaru

Kelimpahan total mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Pantai Lamaru sebesar 78,820 partikel/kg/m² dengan rata-rata 26,273 partikel/kg/m². Kelimpahan jenis mikroplastik tertinggi yang ditemukan yaitu mikroplastik jenis fragment dengan kelimpahan sebesar 46.340 partikel/kg/m², diikuti dengan jenis mikroplastik fiber sebesar 18,700 partikel/kg/m², dan kelimpahan jenis mikroplastik terendah yaitu jenis film dengan kelimpahan sebesar 13,780 partikel/kg/m² (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Lamaru

No	Jenis Mikroplastik	Ukuran Partikel (μm)	Ukuran Partikel (mm)
1	<i>Fragment</i>	46,340	9,268
2	<i>Film</i>	18,700	3,740
3	<i>Fiber</i>	13,780	2,756
<i>Total</i>		78,820	26.273

Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan di Pantai Lamaru memiliki perbedaan rata-rata antar jenisnya. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis uji *One Way ANOVA* yang menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik antar jenis *fragment*, *fiber*, dan *film* yang teridentifikasi di Pantai Lamaru memperoleh nilai yang signifikan ($p < 0,05$).

Kelimpahan mikroplastik tertinggi adalah jenis *fragment* yang ditemukan berbentuk menyerupai serpihan plastik. Mikroplastik *fragment* yang teridentifikasi berasal dari hasil fragmentasi plastik dengan polimer sintesis yang sangat kuat seperti potongan pipa, botol minum plastik, serta serpihan barang plastik yang sebagian besar diduga berasal dari hasil kegiatan wisata dan aktivitas rumah tangga yang terjadi di sekitar lokasi penelitian. Kelimpahan mikroplastik berikutnya adalah jenis *fiber*. Mikroplastik *fiber* yang teridentifikasi memiliki bentuk panjang seperti serabut yang sebagian besar diduga berasal dari adanya kegiatan nelayan seperti kegiatan penangkapan ikan. Kelimpahan mikroplastik terendah yang diperoleh di lokasi penelitian yaitu jenis *film* yang berbentuk seperti serpihan plastik yang sangat tipis dan memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan jenis *fragment* dan *fiber*.

Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen di Pantai Lamaru diduga berasal dari hasil fragmentasi plastik yang masuk ke lingkungan pesisir baik melalui aliran sungai (*run off*) dari yang berdekatan dengan lokasi penelitian yakni sungai Manggar. Selain itu, sumber mikroplastik di lokasi penelitian mungkin juga berasal dari wilayah lain (Manggar, Teluk Balikpapan dan sekitarnya) yang terbawa arus, pasang surut air laut, maupun berasal dari lingkungan laut. Peng *et al.*, (2017) menyatakan bahwa distribusi mikroplastik sebagian besar dipengaruhi oleh mikroplastik yang masuk ke lingkungan laut melalui pergerakan arus laut maupun melalui aliran sungai yang berasal dari daerah perkotaan. Pernyataan tersebut sesuai dengan kondisi lokasi penelitian yang berdekatan dengan Sungai Aji Raden yang berjarak $\pm 0,40$ km dari lokasi penelitian.

Penelitian yang dilakukan Ayuningtyas *et al.*, (2019) di perairan Banyuurip, Jawa Tengah menemukan mikroplastik jenis *fragment* dalam jumlah tertinggi dibandingkan jenis *fiber* dan *film*. Tingginya jumlah *fragment* yang ditemukan diduga bersumber dari limbah antropogenik seperti limbah rumah tangga dan kegiatan ekowisata mangrove sebagai penyumbang terbesar mikroplastik jenis *fragment*. Hal tersebut sesuai dengan kondisi lokasi penelitian yang berdekatan dengan Taman Mangrove Bukit Surya yang berada tidak jauh dari Pantai Lamaru sehingga *fragment* menjadi jenis mikroplastik dengan jumlah dan kelimpahan tertinggi yang ditemukan di lokasi penelitian.

Mikroplastik jenis *fiber* yang teridentifikasi di Pantai Lamaru diduga berasal dari kegiatan penangkapan ikan baik yang menggunakan alat tangkap seperti jaring maupun benang pancing. Penelitian Adisaputra *et al.*, (2021) mengemukakan bahwa selain berasal dari limbah alat tangkap, mikroplastik jenis *fiber* juga dapat berasal dari pakaian maupun karung plastik yang sumbernya dari pemukiman penduduk yang hidup dan tinggal di sekitar pesisir. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Syachbudi (2020) menyatakan bahwa mikroplastik

fiber juga dapat berasal dari limbah produksi tekstil. Hal tersebut sesuai dengan kondisi lingkungan pesisir Kota Balikpapan yang dijadikan media mata pencaharian oleh masyarakat yang berprofesi sebagai nelayan.

Penelitian yang dilakukan Imanuel *et al.*, (2022) menemukan mikroplastik jenis *film* yang diduga berasal dari hasil degradasi sampah plastik tipis seperti kantong plastik yang umum digunakan oleh masyarakat. Mikroplastik jenis *film* memiliki densitas yang lebih rendah dibanding dengan jenis mikroplastik lainnya, sehingga pada daerah yang dipengaruhi oleh pasang surut ditemukan dalam jumlah sedikit akibat mudah terbawa oleh arus (Ayuningtyas *et al.*, 2019). Pernyataan tersebut sesuai dengan mikroplastik *film* yang teridentifikasi pada lokasi penelitian Pantai Lamaru yang memperoleh jumlah dan kelimpahan terendah. Pergerakan arus di lokasi penelitian mengakibatkan kemungkinan mikroplastik jenis *film* ditemukan dalam jumlah sedikit karena sebagian partikel mikroplastik *film* lainnya terbawa oleh arus.

Asmal *et al.*, (2021) mengemukakan bahwa sebaran sampah laut di wilayah pesisir sangat dipengaruhi oleh pergerakan arus. Pergerakan massa air dapat mengangkut partikel-partikel sampah plastik di perairan pada jarak yang jauh. Oleh sebab itu, kecepatan dan arah arus sangat penting dalam mengetahui potensi sumber sampah. Hasil pendugaan potensi sumber sampah berdasarkan arah arus yang diperoleh di lokasi penelitian didominasi oleh pergerakan arus yang berasal dari arah selatan dan tenggara perairan Selat Makassar. Arus yang bergerak dari arah selatan dan tenggara tersebut menunjukkan bahwa arus tersebut berpotensi besar mengangkut partikel-partikel mikroplastik dari perairan Laut Jawa yang berada di bagian selatan perairan Selat Makassar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Pantai Lamaru yaitu jenis *fragment*, *film*, dan *fiber*. Mikroplastik tertinggi yang ditemukan yaitu jenis *fragment* dengan jumlah sebanyak 2317 partikel, diikuti mikroplastik jenis *fiber* dengan jumlah 935 partikel, dan mikroplastik terendah yang ditemukan yaitu jenis *film* dengan jumlah 689 partikel. Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Pantai Lamaru memiliki ukuran yang berkisar antara 13,36-3640,48 μm atau 0,01-3,6 mm. Kelimpahan total mikroplastik yang ditemukan yaitu sebesar 78,820 partikel/kg/m². Kelimpahan jenis mikroplastik tertinggi yaitu jenis *fragment* dengan nilai kelimpahan 46,340 partikel/kg/m², diikuti jenis *fiber* dengan nilai kelimpahan 18,700 partikel/kg/m², dan kelimpahan mikroplastik terendah yaitu mikroplastik jenis *film* dengan nilai 13,780 partikel/kg/m². Hasil analisis perbandingan kelimpahan antar jenis mikroplastik menunjukkan adanya perbedaan rata-rata terhadap kelimpahan antar jenis mikroplastik yaitu kelimpahan jenis *film* dan *fragment* yang berbeda secara signifikan ($p < 0,05$).

REFERENSI

- Adisaputra, M. W., Masitah, & Purwati, S. (2021). Kandungan mikroplastik pada ikan bawis (*Siganus canaliculatus*) dan ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) di perairan Bontang. *Jurnal Ilmiah BioSmart (JIBS)*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.30872/jibs.v1i1.412>
- Asmal, M., Werorilangi, S., Samad, W., Gosalam, S., & Lanuru, M. (2021). Identifikasi sampah laut permukaan kaitannya dengan pola arus di perairan pulau Barrangcaddi, Kota Makassar. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan Dan Perikanan*, 295–304.
- Ayuningtyas, W. C., Yona, D., Julinda, S. H., & Iranawati, F. (2019). Kelimpahan mikroplastik pada perairan di Banyuwangi, 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>
- Azizah, P., Ridlo, A., Suryono, C. A., Kelautan, D. I., Perikanan, F., & Diponegoro, U. (2020). Mikroplastik pada sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326–332. <https://doi.org/DOI:10.14710/jmr.v9i3.28197>
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, 4(3), 121–131.
- Efrin, D. J., Rafi'i, A., & Ghitarina. (2023). Komposisi makroplastik pada sedimen di pantai Monpera kota Balikpapan, Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, 2(2), 203-209. <https://doi.org/10.30872/tas.v2i2.792>
- Elsa, S. P., Fauzi, M., & Adriman. (2019). Type and density of microplastic at the coast area of Manggung Village, Pariaman, West Sumatera Province. *Jurnal Online Mahaiswa Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan*, 6(2), 1–10.
- Hammer, J., Kraak, M. H. S., & Parsons, J. R. (2012). Plastics in the marine environment: The dark side of a modern gift. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (Vol. 220, pp. 1–44).

<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3414-6>

- Imanuel, T., Pelle, W. E., Schadu, J. N. W., Paulus, J. J. H., Rumampuk, N. D. C., & Sangari, J. R. R. (2022). The form and distribution of microplastic in sediment and water columns of Manado Bay, North Sulawesi. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(2), 336. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i2.42085>
- Jeyasanta, K. I., Sathish, N., Patterson, J., & Edward, J. K. P. (2020). Macro-, meso- and microplastic debris in the beaches of Tuticorin district, Southeast coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, 154(1), 111055. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111055>
- KLHK. (2020). *Pedoman pemantauan sampah pantai* (N. Farhani & S. Nugroho (eds.); Vol. 1). https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/274/180703160900REKAP_SAMPAH_LAUT_INDONESIA_2017.pdf
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C., & Herring, C. (2015). *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments* (Issue July). https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/noaa_microplastics_methods_manual.pdf
- Maulia, R., Eryati, R., & Ritonga, I. R. (2023). *Analisis kelimpahan mikroplastik pada Perairan Pantai Seraya, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman.
- Ningrum, E. W., & Patria, M. P. (2019). Microplastics and mercury detection on anchovy from Alor and Balikpapan harbors, Indonesia. *2019 IEEE R10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*(47129), 254–257.
- Nurhayati, F., Ritonga, I. R., & Eryati, R. (2023). Identifikasi dan perbandingan komposisi kepadatan mesodebris pada pantai wisata. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 6(1), 273–283. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v6i1.5720>
- Nursari, A., Ritonga, I. R., & Eryati, R. (2023). Karakteristik sampah makroplastik di pantai wisata Lamaru Kota Balikpapan. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 9(2), 342–351. <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i2.431>
- Pedrotti, M. L., Lombard, F., Baudena, A., Galgani, F., Elineau, A., Petit, S., Henry, M., Troublé, R., Reverdin, G., Ser-Giacomi, E., Kedzierski, M., Boss, E., & Gorsky, G. (2022). An integrative assessment of the plastic debris load in the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 838(January). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155958>
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 283–290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
- Putri, R., Rafi'i, A., & Ghitarina. (2023). Kandungan mikroplastik pada sedimen di wilayah pesisir pantai Monpera kota Balikpapan Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, 2(2), 191–195. <https://doi.org/10.30872/tas.v2i2.773>
- Sarita, G., Mustakim, M., & Rafii, A. (2023). Jenis dan kelimpahan mikroplastik pada air laut pantai Lamaru Kecamatan Balikpapan Timur Provinsi Kalimantan Timur. *Maiyah*, 2(1), 51. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2023.2.1.8250>
- Syachbudi, R. R. (2020). Identifikasi keberadaan dan bentuk mikroplastik pada sedimen dan ikan di Sungai Code, D.I Yogyakarta. In *Skripsi*.
- Wulandari, M., Prasaningtyas, A., Ma'arij Harfadli, M., & Handayani, A. M. (2021). Distribution of microplastic at sediment on Balikpapan coastal area. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(1), 153–160. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v18i1.153-160>