

ANALISIS JENIS DAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK DI PERAIRAN PANTAI SERAYA, KOTA BALIKPAPAN

ANALYSIS OF MICROPLASTIC SPECIES AND ABUNDANCE IN SERAYA BEACH WATERS, BALIKPAPAN CITY

Risnanda Maulia¹, Ristiana Eryati¹, Irwan Ramadhan Ritonga^{1*}

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman. Jl. Gunung Tabur No 1,
Samarinda, Kalimantan Timur

*Email: ritonga_irwan@fpik.unmul.ac.id

ABSTRAK

Mikroplastik di perairan merupakan salah satu masalah di lingkungan pesisir dan laut. Salah satu wilayah yang terdampak mikroplastik di wilayah pesisir adalah pantai pariwisata. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jenis dan kelimpahan mikroplastik di perairan. Penelitian ini dilakukan pada bulan April – Januari 2023 Pantai Seraya, Kota Balikpapan. Metode pengumpulan data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan cara menjelaskan serta menghitung total kelimpahan mikroplastik. Pengambilan sampel air dilakukan di permukaan air laut (0-50 cm) pada saat kondisi surut. Data penelitian dianalisis dengan menghitung total jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan, dikelompokkan, dan dihitung kelimpahan mikroplastik menggunakan software Microsoft Office Excel dan SPSS. Telah ditemukan jenis mikroplastik di Pantai Seraya adalah fragmen (4666 partikel), disusul oleh fiber (560 partikel/L) dan film (218 partikel/L). Tipe fragmen merupakan tipe mikroplastik mendominasi perairan Pantai Seraya adalah dengan jumlah total 4666 partikel/L, disusul oleh fiber (560 partikel/L) dan film (218 partikel/L). Terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) ditemukan antara kelimpahan dan jenis mikroplastik di perairan Pantai Seraya. Secara umum, keberadaan mikroplastik di Pantai Seraya dipengaruhi oleh faktor letak geografis, aktivitas wisatawan di pantai dan historis.

Kata kunci : Kelimpahan, Mikroplastik, Fiber, Film, Fragmen

ABSTRACT

Microplastics in waters is one of the problems in the coastal and marine environment. One of the areas affected by microplastics in coastal areas is the tourism beach. The purpose of this study was to determine the type and abundance of microplastics in the waters. This research was conducted in April - January 2023 at Seraya Beach, Balikpapan City. The data collection method was descriptive quantitative by describing and calculating the total abundance of microplastics. Water sampling was conducted at the sea surface (0-50 cm) during low tide condition. The research data were analysed by counting the total number of microplastic particles found, grouped, and calculated the abundance of microplastics using Microsoft Office Excel and SPSS software. It was found that the type of microplastics in Seraya Beach was fragments (4666 particles/L), followed by fibres (560 particles/L) and films (218 particles/L). The fragment type was the dominant microplastic type in Seraya Beach waters with a total of 4666 particles/L, followed by fibre (560 particles/L) and film (218 particles/L). A significant difference ($p < 0.05$) was found between the abundance and type of microplastics in Seraya Beach waters. In general, the presence of microplastics in Seraya Beach is influenced by geographical location, tourist activities on the beach and historical factors.

Keywords : Abundance, Microplastic, Fiber, Film, Fragment

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu komponen utama sampah yang berasal dari aktifitas manusia (antropogenik). Plastik dapat mencakup hingga 95% sampah yang terakumulasi di garis pantai, permukaan laut,

dan dasar laut (García Rellán *et al.*, 2023). Karenanya, Hal tersebut menyebabkan plastik merupakan salah satu ancaman yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup baik di daratan maupun perairan (Romaskila *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh

Lundebye (2022) bahwa produksi plastik global tahunan diperkirakan sekitar 300 juta ton dan masih terus meningkat setiap tahunnya. Sebagai contoh, produksi plastik global meningkat dari 348 ton pada tahun 2017 menjadi 359 ton pada tahun 2018 meskipun terjadi penurunan baru-baru ini dalam produksi plastik Eropa dari 64,4 ton pada tahun 2017 menjadi 61,8 ton pada tahun 2018 (Plastics Europe, 2018).

Salah satu jenis sampah yang terdapat di lingkungan adalah sampah laut, khususnya mikroplastik. Mikroplastik umumnya didefinisikan sebagai partikel plastik yang lebih kecil dari 5 mm). Sampah laut merupakan benda padat yang sengaja atau tidak sengaja tertinggal di lautan yang berdampak atau mengancam kelangsungan hidup dan kelestarian biota laut (Siddiqui et al., 2023). Menurut Lundebye et al., (2022) bahwa beberapa efek fisik yang ditimbulkan dari konsumsi mikroplastik pada organisme laut adalah stres oksidatif, peradangan, dan potensi kelaparan. Kemudian, potensi lain seperti stres oksidatif, sitotoksitas, neurotoksisitas, dan gangguan sistem kekebalan tubuh juga dapat ditimbulkan oleh mikroplastik pada tubuh manusia. Namun, efek toksik mikroplastik pada biota perairan dan manusia masih belum diketahui secara pasti (Bhuyan, 2022). Karenanya, selain mempengaruhi kesehatan biota dan manusia, keberadaan mikroplastik juga berpotensi mempengaruhi potensi ekonomi masyarakat dan juga ekosistem wisata karena dapat mencemari tanah, air dan udara wilayah pesisir (Ahmed Dar et al., 2024).

Salah satu wilayah pesisir Kalimantan Timur yang memiliki destinasi wisata adalah Pantai Seraya, Kota Balikpapan. Pantai ini merupakan salah satu tujuan utama para wisatawan untuk menikmati pemandangan dan bermain di pantai. Maka tidak heran, wilayah ini dimanfaatkan penduduk setempat untuk menjual berbagai macam makanan, minuman, pakaian dan *souvenir* (Zainul, 2019). Disamping itu, wilayah ini cukup dekat dengan pemukiman warga dengan berbagai macam aktifitas di daratan. Banyak aktifitas masyarakat baik di wilayah wisata dan sekitarnya sangat berpotensi memberikan dampak negatif di wilayah pantai seperti adanya sampah plastik terutama mikroplastik di perairan. Apabila diabaikan, maka jasa dari wilayah pesisir dan laut dapat menurun. Salah satu pendekatan yang perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan kelimpahan mikroplastik yang terdapat di perairan pantai Seraya

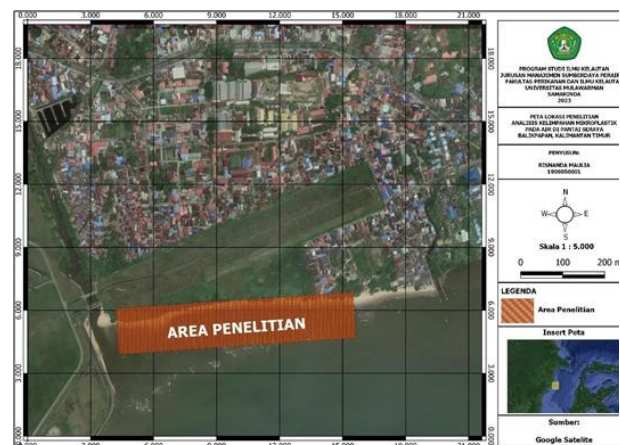
adalah dengan melakukan survei dan penelitian.

Pada dasarnya penelitian tentang mikroplastik di sedimen, perairan dan biota di wilayah pesisir Balikpapan telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Efrin et al., 2023; Putri et al., 2023; Sarita et al., 2023). Namun, informasi mengenai mikroplastik yang terdapat di pesisir Kalimantan Timur, khususnya di Pantai Seraya, Kota Balikpapan belum dilakukan. Karenanya, investigasi tentang jenis dan kelimpahan mikroplastik di Pantai Seraya perlu dilakukan. Selain itu perlu diketahui apakah terdapat perbedaan signifikan dari jenis mikroplastik yang ditemukan di Pantai Seraya Balikpapan.

METODE PENELITIAN

Gambaran Lokasi Penelitian

Lokasi dan waktu sampling penelitian ini berada di Pantai Seraya, Kota Balikpapan dimulai pada bulan April sampai September 2022 (Gambar 1). Wilayah penelitian ini berada di samping bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang, Balikpapan. Selain itu, lokasi samping ini juga berada di sekitar aktifitas masyarakat (pemukiman, destinasi wisata, jalur transportasi laut dan nelayan) yang diduga menjadi sumber kontaminasi plastik, terutama mikroplastik. Distribusi mikroplastik tersebut dapat terjadi melalui saluran perairan berupa sungai yang melintasi pemukiman penduduk maupun perairan laut dari Teluk Balikpapan.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel mikroplastik

Pengambilan sampel air mengacu pada metode yang digunakan oleh Suhenda (2016). Pengambilan sampel air dilakukan di permukaan air laut (0 – 50 cm) pada saat kondisi surut. Penentuan titik pengambilan sampel ditentukan dengan mengukur di garis pantai sepanjang 100 m menggunakan garis transek. Garis transek dibagi menjadi 5 bagian

dengan jarak 20 m antar titik. Kemudian, satu titik dibagi menjadi 3 subtitik untuk pengambilan sampel (Gambar 2).

Jarak 1 titik pengambilan antar sampel yaitu 1 m. Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara ditimba secara berulang sebanyak 10 kali dengan menggunakan gelas ukur yang terbuat dari bahan kaca dengan ukuran 1 liter untuk 1 titik sampling. Dikarenakan jumlah titik sampling air di penelitian ini adalah 15 titik (gambar 1), maka total volume yang tersaring sebanyak 150 liter. Hal ini dilakukan agar menghasilkan berbagai macam jenis mikroplastik yang tersebar di perairan pantai Seraya. Selanjutnya, sampel air disaring dengan menggunakan *plankton net* (ukuran 20 μm). Air hasil saringan tersebut dimasukkan ke dalam botol kaca (100 ml). Kemudian, arus permukaan air laut juga diukur dengan menggunakan bola arus. Masing - masing koordinat lokasi pengambilan sampel air di diketahui dengan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*. Kemudian, nilai arus perairan dicatat untuk keperluan data penelitian.



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan sampel mikroplastik

Pengolahan Sampel

Proses pemisahan untuk mengisolasi mikroplastik dari air laut dilakukan berdasarkan metode Cutroneo *et al.*, (2020). Proses pengolahan sampel juga dimuat oleh Sarita *et al.*, (2023) yang menjelaskan beberapa langkah dalam pemisahan mikroplastik dari air laut. Hal pertama yang dilakukan adalah sampel air dipindahkan ke tabung Erlenmeyer; penambahan Besi Sulfat (0,05 M) sebanyak 20 ml dan Hidrogen Peroksida (30%) sebanyak 40 ml; pemanasan terhadap sampel air pada suhu $70^{\circ}\text{C} \pm \frac{1}{2}$ jam menggunakan *water bath* (Pemanasan

dilakukan untuk melarutkan bahan organik dalam sampel air sehingga yang tersisa hanya partikel mikroplastik); penyaringan terhadap sampel dengan *Glass Filter 47 mm* menggunakan *Vacuum Pump*; pemindahan sampel ke cawan petri; terakhir menganalisis hasil sampel dengan mikroskop.

Jaminan Mutu (QA) dan Kualitas Kontrol (QC)

Jaminan mutu dan kualitas kontrol di penelitian ini dilakukan untuk menghindari proses kontaminasi baik di lokasi sampling maupun di laboratorium. Sebagai contoh, pakaian dan alat yang digunakan pada saat sampling dan di laboratorium terbuat dari bahan katun dan kaca. Kemudian, sebelum dianalisa mikroskop. Sampel *blanko* di cek dengan cara mengekspos filter basah ke udara untuk memastikan tidak ada sumber kontaminasi udara pada saat analisis sampel.

Analisis Data

Identifikasi Jenis dan Ukuran Mikroplastik

Identifikasi jenis mikroplastik yang ditemukan di penelitian ini dilakukan secara deskriptif kualitatif berdasarkan foto mikrofografi (Dewi *et al.*, 2015). Identifikasi dan pengukuran mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop (*Merk RELIFE RL-M3T*) yang terhubung dengan *software ScopeImage 9.0* dan juga kertas saring (*Glass Filter 47 mm*).

Analisis Kelimpahan Mikroplastik

Analisis kelimpahan mikroplastik dilakukan untuk menentukan berapa banyak mikroplastik per jenis yang terdapat di wilayah perairan Pantai Seraya, Balikpapan. Setelah menemukan mikroplastik, hasilnya dibandingkan dengan beberapa literatur yang ada sebelumnya mengenai jenis-jenis mikroplastik. Adapun rumus yang digunakan yaitu berdasarkan Sarita *et al.*, (2023):

$$K = \frac{n}{v}$$

Keterangan:

K = Kelimpahan Mikroplastik (partikel/L)

n = Jumlah Mikroplastik (partikel)

v = Volume Sampel (liter)

Analisis Statistik

Semua data di penelitian ini diolah dan dianalisis menggunakan *Microsoft Office Excel* dan *SPSS* (versi 22.0). Semua tabel dan gambar hasil analisis dijelaskan secara deskriptif. Dikarenakan distribusi data tidak normal menggunakan tes *Shapiro-Wilk*, maka

uji non-parametrik (Uji *Kruskal Wallis*) digunakan untuk menentukan signifikansi antara data kelimpahan mikroplastik dan jenis mikroplastik (fiber, film, dan fragment). Tingkat Signifikansi antara data kelimpahan mikroplastik dan jenis mikroplastik ditentukan dengan nilai $\alpha = 0.05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

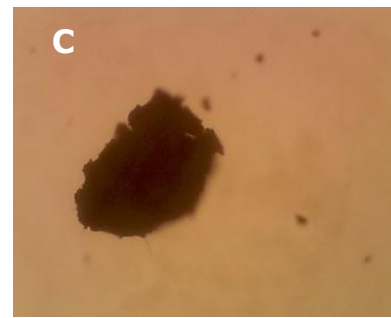
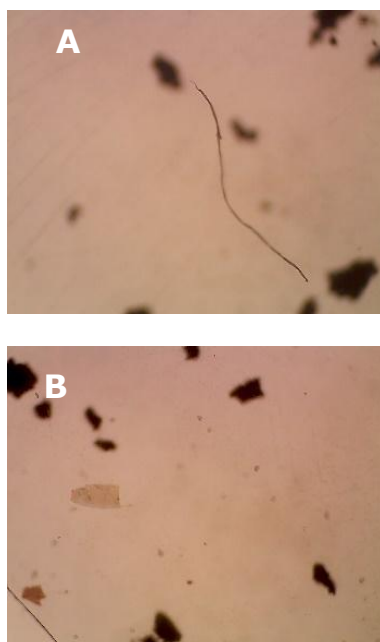
Identifikasi Jenis Mikroplastik

Hasil identifikasi jenis mikroplastik di perairan Pantai Seraya menunjukkan bahwa hanya terdapat 3 jenis mikroplastik yang ditemukan, yaitu film, fragmen dan fiber (Gambar 2).

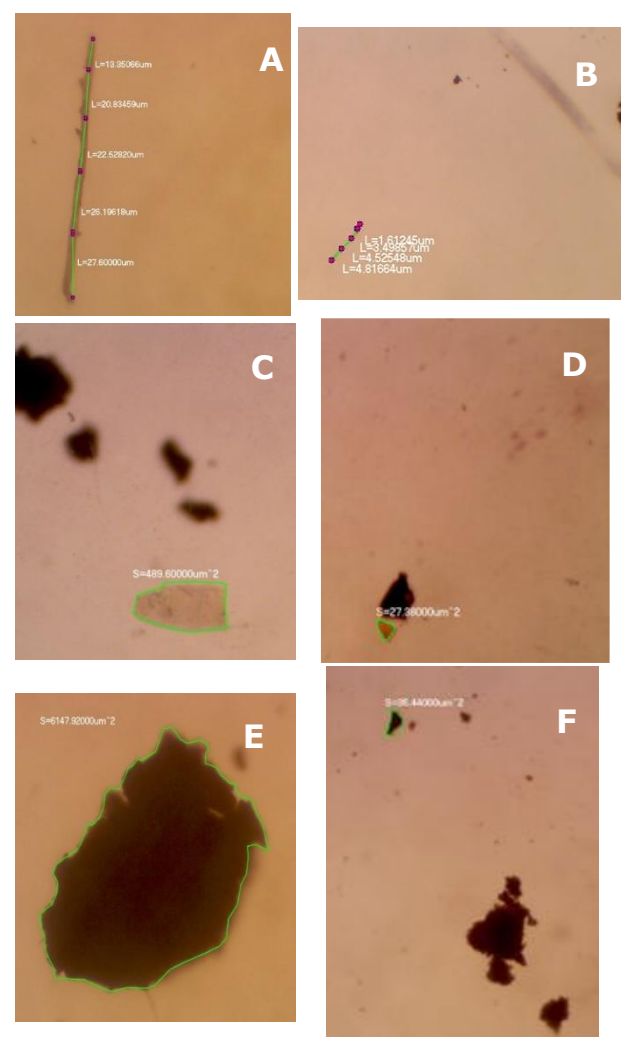
1. Jenis fiber

Fiber merupakan jenis mikroplastik berupa serat yang terlepas dari pakaian dan tali sintetis (Gambar 3). Jenis mikroplastik ini (*microbeads* dan serat) berukuran cukup kecil, melewati instalasi pengolahan air limbah dan memasuki daerah aliran sungai (Carney Almroth *et al.*, 2018). Serat fiber ini berasal dari bahan yang biasa digunakan untuk menangkap ikan, seperti tali pancing dan kantong yang berbahan serat plastik, juga dibuat dari bahan lain seperti limbah pabrik pakaian, tali, alat tangkap, dan jaring (Mohamed Nor dan Obbard, 2014).

Berdasarkan hasil pengukuran, mikroplastik jenis fiber di penelitian ini memiliki beragam ukuran. Mikroplastik dengan ukuran terpanjang sekitar 27,6 μm , sedangkan ukuran terpendek sekitar 4,82 μm (Gambar 3). Penurunan ukuran mikroplastik dapat disebabkan oleh adanya degradasi plastik di perairan dengan waktu yang lama (Sutkar *et al.*, 2023).



Gambar 2. Jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel air di Pantai Seraya, Balikpapan (a) fiber, (b) film, (c) fragmen (Perbesaran 10x10 μm).



Gambar 3. Jenis fiber (A, B), film (C, D), fragmen (E, F) dengan ukuran terpanjang dan terpendek (Perbesaran 10x10 μm)

2. Jenis Film

Mikroplastik jenis film memiliki densitas yang lebih rendah (Mirad *et al.*, 2020). Jenis film ini memiliki kerapatan yang lebih rendah daripada jenis plastik lainnya, sehingga lebih

mudah untuk diangkat dan dikumpulkan saat air pasang (Dewi et al., 2015). Jenis mikroplastik film diduga tersebar di perairan Pantai Seraya ini mungkin disebabkan adanya aktivitas kegiatan manusia seperti aktivitas wisatawan yang membuang sampah sembarangan. Adapun jenis mikroplastik film ini merupakan mikroplastik sekunder hasil dekomposisi dari plastik kemasan yang biasa digunakan untuk membungkus makanan (Osman et al., 2023). Kemudian, mikroplastik tersebut mengalami degradasi menjadi mikroplastik jenis film (Razeghi et al., 2021).

Berdasarkan hasil analisis, jenis film juga ditemukan dalam berbagai ukuran. Mikroplastik ukuran terpanjang dan terkecil adalah $489,6 \mu\text{m}^2$ dan $27,4 \mu\text{m}^2$ (Gambar 3).

3. Jenis Fragmen

Fragmen merupakan salah satu jenis mikroplastik yang berasal dari buangan limbah ataupun lingkungan sekitar perairan. Sumber mikroplastik jenis fragment berasal dari berbagai jenis wadah plastik, tas, dan potongan plastik keras (Horton et al., 2017). Adapun degradasi yang terjadi pada objek yang lebih besar tersebut disebabkan oleh sinar matahari, pelapukan, atau karena massanya berkurang secara bertahap yang disebabkan oleh kerusakan (Welden dan Cowie, 2017).

Keberadaan mikroplastik jenis fragmen di perairan Pantai Seraya ini mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia yang bersumber dari daratan sehingga menyebabkan masukan dari darat seperti pembuangan limbah melalui sungai serta parit yang berada di wilayah pemukiman dan mengalir ke perairan Pantai Seraya. Selain itu, kegiatan para penjual sekitar Pantai Seraya yang menggunakan plastik kemasan botol, sehingga mikroplastik jenis fragmen dapat dengan mudah ditemukan di perairan tersebut. Berdasarkan ukurannya, fragmen terbesar yang ditemukan dalam penelitian ini berukuran $6147,9 \mu\text{m}^2$, sedangkan ukuran terkecil yang dimiliki yaitu $35,4 \mu\text{m}^2$ (Gambar 3).

Analisis Kelimpahan Mikroplastik

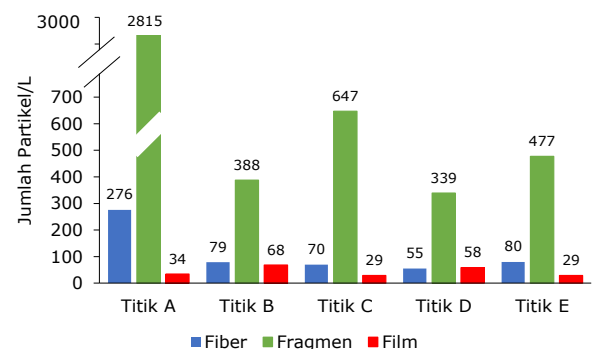
Berdasarkan hasil analisis mikroplastik berdasarkan titik pengambilan sampel, ditemukan jumlah partikel mikroplastik untuk jenis fiber tertinggi ditemukan di titik A (276 partikel/L), disusul dengan titik E (80 partikel/L), titik B (79 partikel/L), titik C (70 partikel/L) dan titik D (55 partikel/L).

Pada jenis film, jumlah tertinggi ditemukan di titik B (68 partikel/L), disusul

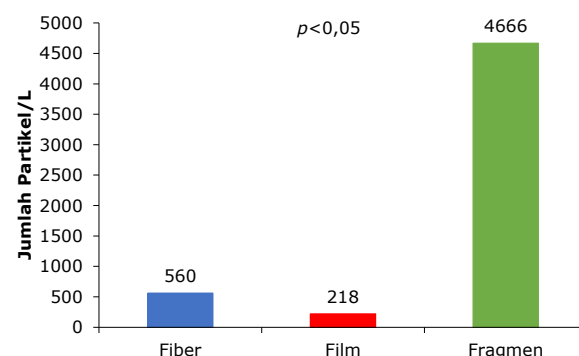
dengan titik D (58 partikel/L), titik A (34 partikel/L), titik C dan E masing – masing dengan 29 partikel/L.

Jumlah partikel jenis fragmen tertinggi ditemukan di titik A (2815 partikel/L), disusul oleh titik C (647 partikel/L), titik E (477 partikel/L), titik B (388 partikel/L) dan titik D dengan 339 partikel/L (Gambar 4).

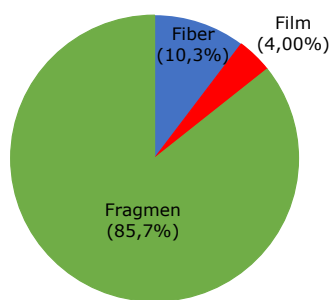
Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis ($Chi\text{-Square} = 11,6$), ditemukan perbedaan kelimpahan yang signifikan ($p < 0,05$) antara ketiga jenis mikroplastik (fiber, film fragmen) yang ditemukan di perairan Pantai Seraya (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik jumlah partikel mikroplastik berdasarkan titik pengamatan. Secara umum, jumlah partikel mikroplastik yang tertinggi ditemukan di perairan Pantai Seraya adalah jenis fragmen dengan jumlah 4666 partikel/L, disusul oleh fiber dengan 560 partikel/L dan film hanya 218 partikel/L. Secara umum, jumlah fragmen lebih 21 dan 8 kali lipat lebih tinggi dibanding film dan fiber (Gambar 5). Persentase tertinggi mikroplastik di penelitian ini adalah jenis fragmen (85,7%), disusul oleh fiber (10,3%) dan film (4,00%) (Gambar 6).



Gambar 5. Grafik jumlah partikel mikroplastik



Gambar 6. Persentase partikel mikroplastik

Tingginya jumlah partikel fragmen pada penelitian ini mungkin lebih dikarenakan titik sampling merupakan perairan dangkal dengan ketinggian air ± 1 meter (surut). Akibatnya, partikel fragmen yang berada di kolom maupun dasar perairan teraduk dan naik ke permukaan dari adanya proses hidro-osenografi seperti pasang, surut, arus dan gelombang di lokasi sampling. Tingginya jumlah fragmen di penelitian ini mengindikasikan bahwa tipe fragmen adalah tipe mikroplastik paling dominan di perairan Pantai Seraya. Dominansi fragmen juga ditemukan di beberapa wilayah lain seperti perairan Teluk Benoa Provinsi Bali (Nugroho et al., 2018) dan permukaan air Laut di muara dan taman laut Portugis (Rodrigues et al., 2020). Namun, hasil penelitian di wilayah lain menunjukkan bahwa dominansi jenis film dan fiber justru tertinggi di dekat permukaan di Kepulauan Stockholm, Laut Baltik (Gewert et al., 2017).

Distribusi Kelimpahan Mikroplastik

Berdasarkan hasil analisis, jenis mikroplastik fiber dan fragmen ditemukan paling banyak pada sampel di titik A dengan jumlah partikel masing-masing yaitu 276 dan 2815. Jenis film juga paling banyak ditemukan di titik B, dengan 68 partikel (Gambar 4). Berlimpahnya mikroplastik di titik A diduga disebabkan oleh masukan dari daratan melalui aliran sungai. Lokasi dari Pantai Seraya yang diapit oleh 2 aliran sungai menjadi dugaan penyebab banyaknya mikroplastik jenis fragmen dan fiber yang ditemukan di Pantai Seraya terutama di titik A. Arus sungai yang kuat kemungkinan memfasilitasi pengangkutan partikel mikroplastik di kolom air ke lokasi lain. Lokasi titik A menjadi titik yang paling dekat dengan masukan dari Sungai Sepinggian (Gambar 7). Temuan ini sesuai dengan penelitian Barnes et al., (2009) bahwa aktivitas manusia di darat dan kondisi arus dapat mempengaruhi distribusi

mikroplastik. Sebagai contoh, beberapa aktivitas para wisatawan yang berkunjung ke lokasi ini mungkin bisa menjadi faktor pendukung adanya keberadaan mikroplastik. Penggunaan kantong plastik sebagai kemasan yang diperjualbelikan di sekitar Pantai Seraya menjadi salah satu penyumbang adanya sampah yang dapat terakumulasi di perairan Pantai Seraya. Kemudian, faktor historis wilayah Pantai Seraya yang sempat dijadikan lahan tidur oleh perusahaan swasta dan sering dijadikan sebagai tempat pembuangan sampah (Kompas TV Balikpapan, 2021).



Gambar 7. Lokasi pengambilan sampel diapit oleh 3 perairan

Lain halnya dengan fragmen dan fiber, film ditemukan memiliki kelimpahan yang dominan di titik B. Titik B adalah lokasi di mana mikroplastik diduga didistribusikan sebagai respons terhadap kondisi yang disebabkan oleh manusia dan arus serta masukan dari daratan. Dibandingkan dengan mikroplastik fragmen yang memiliki densitas lebih berat daripada film, sehingga mudah terbawa oleh arus dan memungkinkan mikroplastik tipe ini memiliki tingkat berlimpah di titik B. Film memiliki densitas yang minim daripada tipe mikroplastik lain. Oleh karena itu, film relatif mudah terdistribusi ke pantai saat air pasang (Kye et al., 2023).

KESIMPULAN

Jenis mikroplastik yang ditemukan pada perairan Pantai Seraya adalah tipe film, fragmen dan fiber. Jenis mikroplastik yang paling mendominasi adalah fragmen (4666 partikel), disusul oleh fiber (560 partikel) dan film (218 partikel). Terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) kelimpahan antar jenis mikroplastik pada perairan Pantai Seraya, Balikpapan.

REFERENSI

- Ahmed Dar, A., Chen, Z., Sardar, M. F., & An, C. (2024). Navigating the Nexus: Climate Dynamics and Microplastics Pollution in Coastal Ecosystems. *Environmental Research*. 252: 118971. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118971>
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 364(1526): 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bhuyan, M. S. (2022). Effects of Microplastics on Fish and in Human Health. *Frontiers in Environmental Science*. 10(March): 1–17. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.827289>
- Carney Almroth, B. M., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., & Persson, N. K. (2018). Quantifying Shedding of Synthetic Fibers From Textiles; A Source of Microplastics Released Into the Environment. *Environmental Science and Pollution Research*. 25(2): 1191–1199. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0528-7>
- Cutroneo, L., Reboa, A., Besio, G., Borgogno, F., Canesi, L., Canuto, S., Dara, M., Enrile, F., Forioso, I., Greco, G., Lenoble, V., Malatesta, A., Mounier, S., Petrillo, M., Rovetta, R., Stocchino, A., Tesan, J., Vagge, G., & Capello, M. (2020). Microplastics in Seawater: Sampling Strategies, Laboratory Methodologies, and Identification Techniques Applied to Port Environment. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(16): 20571. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08704-5>
- 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>
- García Rellán, A., Vázquez Ares, D., Vázquez Brea, C., Francisco López, A., & Bello Bugallo, P. M. (2023). Sources, Sinks and Transformations of Plastics in Our Oceans: Review, Management Strategies and Modelling. *Science of the Total Environment*. 854(1): 158745. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158745>
- Gewert, B., Ogonowski, M., Barth, A., & MacLeod, M. (2017). Abundance and Composition of Near Surface Microplastics and Plastic Debris in the Stockholm Archipelago, Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 120(1–2): 292–302. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.062>
- Horton, A. A., Svendsen, C., Williams, R. J., Spurgeon, D. J., & Lahive, E. (2017). Large Microplastic Particles in Sediments of Tributaries of the River Thames, UK – Abundance, Sources and Methods for Effective Quantification. *Marine Pollution Bulletin*. 114(1): 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.004>
- Kompas TV Ballikpapan. 2021. Menengok Wisata Pantai Seraya di Balikpapan. Diakses Agustus 2024. <https://www.kompas.tv/article/246269/menengok-wisata-pantai-seraya-di-balikpapan>
- Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J., Lim, C., & Yoon, Y. (2023). Microplastics in Water Systems: A Review of Their Impacts on the Environment and Their Potential hazards. *Heliyon*. 9(3): e14359. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14359>
- Lundebye, A.-K., Lusher, A. L., & Bank, M. S. (2022). Marine Microplastics and Seafood: Implications for Food Security BT - Microplastic in the Environment: Pattern and Process. In M. S. Bank (Ed.), *Environmental Contamination Remediation and Management*: 131–153. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78627-4_5
- Mirad, A., Yoswaty, D., & Thamrin. (2020). Hara. *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 3(3): 248–259. <https://doi.org/10.31258/ajoas.3.3.248-259>
- Mohamed Nor, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's Coastal Mangrove Ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. 79(1–2): 278–283.
- Nugroho, D. H., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2018). Kajian Kelimpahan

- Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 1(1): 80–90.
- Osman, A. I., Hosny, M., Eltaweil, A. S., Omar, S., Elgarahy, A. M., Farghali, M., Yap, P. S., Wu, Y. S., Nagandran, S., Batumalaie, K., Gopinath, S. C. B., John, O. D., Sekar, M., Saikia, T., Karunanithi, P., Hatta, M. H. M., & Akinyede, K. A. (2023). Microplastic Sources, Formation, Toxicity and Remediation: A Review. *Environmental Chemistry Letters*. 21(4): 2129–2169.
- Plastics Europe. (2018). Plastics - the Facts. *PlasticsEurope*, 57. Accessed, August 2024. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2018-2/>
- 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>
- Razeghi, N., Hamidian, A. H., Wu, C., Zhang, Y., & Yang, M. (2021). Microplastic Sampling Techniques in Freshwaters and Sediments: A Review. *Environmental Chemistry Letters*. 19(6): 4225–4252. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01227-6>
- Rodrigues, D., Antunes, J., Otero, V., Sobral, P., & Costa, M. H. (2020). Distribution Patterns of Microplastics in Seawater Surface at a Portuguese Estuary and Marine Park. *Frontiers in Environmental Science*. 8(December), 1–15: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.582217>
- Romaskila, U., Widiastuti, E. L., Nugroho, G., Damai, A. A., & Juliasih, N. L. G. R. (2023). Karakteristik, Warna, dan Ukuran Mikroplastik yang Ditemukan pada Air dan Kerang Hijau di Pulau Pasaran, Lampung. *Journal of Tropical Marine Science*. 6(2): 147–154.
- 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): 51-59.
- Siddiqui, S. A., Singh, S., Bahmid, N. A., Shyu, D. J. H., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Pereira, J. A. M., & Câmara, J. S. (2023). Polystyrene Microplastic Particles in the Food Chain: Characteristics and Toxicity. A review. *Science of the Total Environment*. 892(May): 164531.
- Sutkar, P. R., Gadewar, R. D., & Dhulap, V. P. (2023). Recent Trends in Degradation of Microplastics in the Environment: A State of the Art Review. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 11(July): 100343.
- Welden, N. A., & Cowie, P. R. (2017). Degradation of Common Polymer Ropes in a Sublittoral Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*. 118(1): 248–253.
- Zainul. 2019. *Pantai Seraya jadi Destinasi Wisata Baru di Kota Balikpapan, Ini Fasilitas yang Disediakan*. Tribun Kaltim. Diakses Agustus, 2024. <https://kaltim.tribunnews.com/2019/07/28/pantai-seraya-jadi-destinasi-wisata-baru-di-kota-balikpapanini-fasilitas-yang-disediakan>