

# Kelimpahan Mikroplastik Pada Insang Dan Saluran Pencernaan Ikan Lontok *Ophiocara porocephala Valenciennes, 1837* (Chordata: Actinopterygii) di Ekosistem Mangrove Dubibir, Situbondo

Defri Yona<sup>1,2,\*</sup>, Billy Arif Mahendra<sup>1</sup>, Mochamad Arif Zainul Fuad<sup>1,2</sup>, Aida Sartimbul<sup>1,2</sup>, Syarifah Hikmah Julinda Sari<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Marine Resources Exploration and Management Research Group,

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran Malang, Jawa Timur, 65145 Indonesia

Email: defri.yona@ub.ac.id

## Abstract

### Occurrence of microplastics in gills and gastrointestinal tracts of snakehead gudgeon fish from Dubibir mangrove ecosystem, Situbondo

Mangrove as a transitional ecosystem between land and sea is threatened with microplastic pollution. It could lead to the accumulation of microplastic in mangrove organisms, including ikan lontok (snakehead gudgeon fish-*Ophiocara porocephala*) as one of the seasonal fish found in mangrove ecosystem. This study aimed to analyze the occurrence of microplastic in the gills and gastrointestinal tracts of the fish caught from Dubibir mangrove ecosystem, Situbondo. The fish were caught using gillnet (17 individuals) and measured its length and body weight. Organic matter digestion was conducted using hydrogen peroxide solution ( $H_2O_2$  30 % and Fe (II) 0,05 M) for 24 h. Samples were then filtered using Whatman filter paper and types of microplastic were identified using microscope (Olympus CX33). In total, 192 particles of microplastic were retrieved from both gills and gastrointestinal tracts with the domination of fibers, followed by fragments, films and beads. Microplastics abundance was observed higher in the gills than in the gastrointestinal tracts and it might be due to the different of organ functionality and the input process of microplastics into each organ. Microplastic with the size of 500 – 1000  $\mu m$  dominated the result, while the size of < 300  $\mu m$  were found more in the gastrointestinal tracts than in the gills. It showed that gastrointestinal tracts have less preference in the accumulation process of microplastics. Blue is the most common of microplastic color found in both of the fish organs, followed by black, red and other colors with a smaller number of particles. The results of this study show that concern over the occurrence of microplastics in the snakehead gudgeon fish is needed since the fish is also consumable for human and could influence human health.

Keywords: Beads, gills, gastrointestinal tracts, *Ophiocara porocephala*

## Abstrak

Ekosistem mangrove yang terletak diantara wilayah darat dan laut tidak luput dari pencemaran mikroplastik. Hal ini dapat mengakibatkan akumulasi mikroplastik pada biota mangrove, termasuk ikan lontok (*Ophiocara porocephala*) yang merupakan ikan musiman pada ekosistem mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keberadaan mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok pada ekosistem mangrove Dubibir, Situbondo, Jawa Timur. Sebanyak 17 ekor ikan lontok ditangkap menggunakan jaring dan diukur panjang dan beratnya. Analisis mikroplastik pada sampel organ ikan dimulai dengan melakukan penghancuran bahan organik dengan merendam sampel pada larutan  $H_2O_2$  30 % dan larutan Fe (II) 0,05 M selama 24 jam. Sampel selanjutnya disaring menggunakan kertas Whatman dan diidentifikasi jenis mikroplastiknya menggunakan mikroskop (Olympus CX33). Sebanyak 192 partikel mikroplastik ditemukan pada sampel ikan lontok yang dianalisis dan didominasi oleh jenis fiber diikuti oleh fragmen, film dan beads. Kelimpahan total mikroplastik ditemukan lebih tinggi pada insang dibandingkan pada saluran pencernaan. Hal ini diduga karena perbedaan fungsi organ dan juga proses masuknya mikroplastik pada masing-masing organ. Mikroplastik yang ditemukan pada kedua organ ikan paling banyak berukuran 500 – 1000  $\mu m$  dan mikroplastik berukuran < 300  $\mu m$  lebih banyak ditemukan pada saluran pencernaan dibandingkan pada insang. Perbedaan komposisi ukuran mikroplastik antar organ menunjukkan bahwa saluran pencernaan kurang selektif dalam penyerapan partikel mikroplastik. Biru merupakan warna mikroplastik yang mendominasi kedua organ, diikuti oleh warna hitam, merah dan warna lainnya dengan jumlah yang lebih sedikit. Berdasarkan hasil penelitian ini, keberadaan mikroplastik perlu mendapat perhatian khusus karena ikan lontok termasuk jenis ikan konsumsi agar tidak memberikan dampak kesehatan terhadap manusia.

Kata kunci: Beads, insang, saluran pencernaan, *Ophiocara porocephala*

## PENDAHULUAN

Mikroplastik adalah partikel plastik berukuran <5 mm yang terdiri dari dua jenis yaitu mikroplastik primer dan sekunder (GESAMP, 2016, 2015). Mikroplastik primer adalah jenis mikroplastik yang berasal dari bahan baku pembuatan plastik maupun dari produk kecantikan yang berukuran mikro, sedangkan mikroplastik sekunder berasal dari fragmentasi produk-produk berbahan plastik yang berukuran besar. Tingginya penggunaan plastik pada berbagai aktivitas kehidupan manusia berpotensi meningkatkan jumlah mikroplastik di lingkungan perairan.

Mikroplastik telah ditemukan pada berbagai jenis perairan, mulai dari perairan tawar, payau maupun laut. Salah satu wilayah yang rentan terhadap pencemaran mikroplastik adalah ekosistem mangrove (Garces-Ordonez *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2018; Naji *et al.*, 2019). Letak ekosistem mangrove yang dekat dengan daratan berpotensi untuk menjebak sampah-sampah dari aktivitas manusia (Martin *et al.*, 2019). Selain itu, ekosistem mangrove yang selalu mendapat masukan air laut melalui proses pasang surut juga berpotensi mengakumulasi mikroplastik (Zhang *et al.*, 2020).

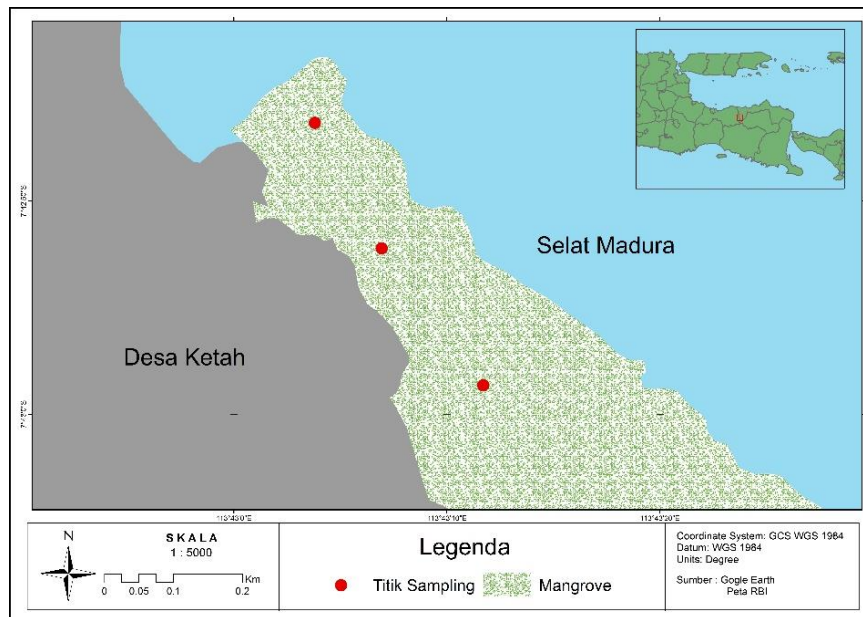
Ekosistem mangrove merupakan habitat bagi berbagai jenis organisme, mulai dari jenis biota benthik dengan pergerakan terbatas seperti kerang hingga biota yang dapat bergerak bebas seperti ikan. Beberapa penelitian telah menemukan keberadaan mikroplastik pada biota mangrove, diantaranya pada kerang (Li *et al.*, 2020), kepiting (Not *et al.*, 2020) dan juga ikan (Huang *et al.*, 2020; Rahmawati dan Patria, 2019). Masuknya mikroplastik ke dalam tubuh biota banyak dikaitkan dengan proses makan, baik kesalahan konsumsi akibat mikroplastik dianggap sebagai sumber makanan, maupun akumulasi melalui rantai makanan (Maghsodian *et al.*, 2021; Sarasita *et al.*, 2020; Yona *et al.*, 2020).

Ikan lontok (*Ophiocara porocephala*) adalah jenis ikan gobi yang hidup di perairan tawar dan payau, dan banyak dijumpai di muara sungai (Syahputra *et al.*, 2016). Muara sungai yang berlumpur dan dekat dengan ekosistem mangrove memungkinkan ikan lontok juga banyak ditemukan di ekosistem mangrove (Adiguna *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2018). Ikan lontok termasuk ikan konsumsi karena rasa daging yang gurih, berwarna putih dan lembut. Keberadaan mikroplastik pada ikan lontok sebagai ikan konsumsi berpotensi dapat mengganggu kesehatan manusia. Belum ada studi yang meneliti keberadaan mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok yang ditemukan pada ekosistem hutan mangrove Dubibir, Situbondo.

## MATERI DAN METODE

Pengambilan data lapang dilaksanakan pada bulan Maret 2021 berlokasi di ekosistem mangrove Dubibir, Desa Ketah, Kecamatan Suboh, Kabupaten Situbondo (Gambar 1). Ikan lontok ditangkap pada tiga titik di sepanjang ekosistem mangrove menggunakan jaring. Titik pengambilan sampel ditentukan berdasarkan survei lapang dan pengumpulan data dari masyarakat sekitar mengenai spot ikan lontok. Secara keseluruhan, didapatkan 17 sampel ikan lontok dari tiga titik penangkapan ikan. Sampel ikan yang didapat kemudian diawetkan menggunakan alkohol 70 % untuk menjaga kualitas ikan tetap baik sebelum dilakukan uji mikroplastik di laboratorium. Identifikasi spesies ikan dilakukan di laboratorium menggunakan buku FAO *The Living Marine Resources of The Wester Central Pacific* (Carpenter dan Niem, 2001) dan website fishbase (<http://www.fishbase.org>).

Analisis sampel ikan di laboratorium diawali dengan mengukur panjang (cm) dan berat (gr) ikan lontok. Analisis kelimpahan mikroplastik dilakukan pada insang dan saluran pencernaan dengan membedah ikan untuk mendapatkan setiap organ. Selanjutnya, masing-masing organ ditimbang beratnya (gram berat basah) dan dilakukan tahap destruksi bahan organik menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % dan larutan Fe (II) 0,05 M selama 24 jam (Masura dan Foster, 2015; Prata *et al.*, 2019; Rivoira *et al.*, 2020). Jika bahan organik masih belum hancur sepenuhnya, maka proses destruksi dilanjutkan dengan memanaskan larutan pada *hotplate* dengan suhu 70 °C sampai



**Gambar 1.** Peta Lokasi Pengambilan Sampel

larutan menjadi bening. Selanjutnya dilakukan tahap filtrasi dengan menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman no. 41 dengan mesh size 20  $\mu\text{m}$  (Cai *et al.*, 2020). Identifikasi jenis mikroplastik pada kertas saring dilakukan menggunakan mikroskop untuk mengetahui bentuk, ukuran dan warna mikroplastik.

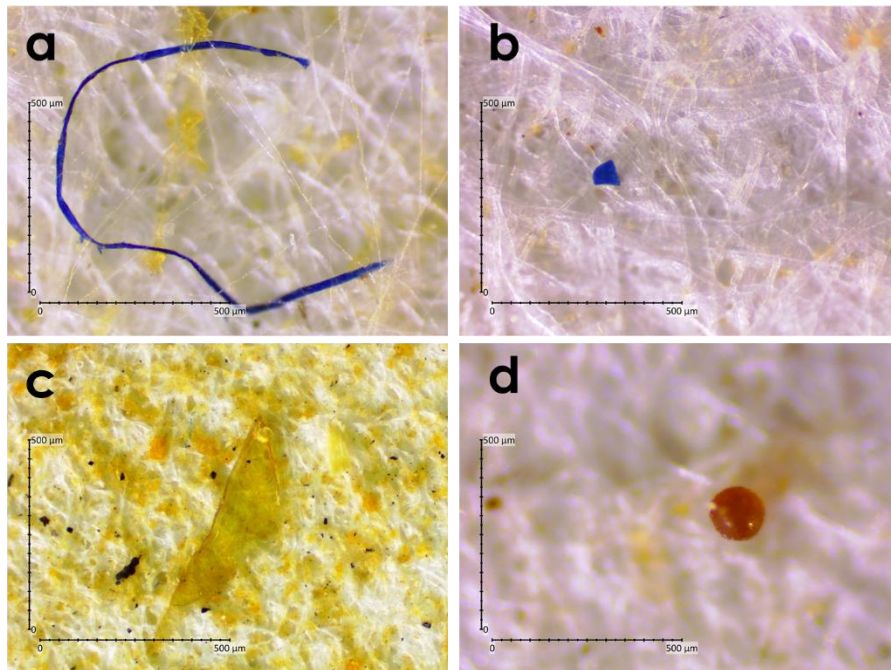
Pengamatan mikroplastik menggunakan mikroskop merk Olympus CX33 dengan perbesaran 4X dan 10X. Untuk menentukan ukuran mikroplastik dilakukan dengan bantuan *software image raster*. Ukuran mikroplastik diklasifikasikan ke dalam 4 kelas yaitu <300  $\mu\text{m}$ , 300-500  $\mu\text{m}$ , 500-1000  $\mu\text{m}$  dan >1000  $\mu\text{m}$  (Yona *et al.*, 2020). Selama penelitian dilakukan *Quality control* untuk mencegah terjadinya kontaminasi diantaranya seperti menyaring larutan sebelum digunakan untuk preparasi sampel, meminimalisir penggunaan plastik, membilas alat dengan akuades steril dan selalu menutup beaker glass yang berisi larutan maupun sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

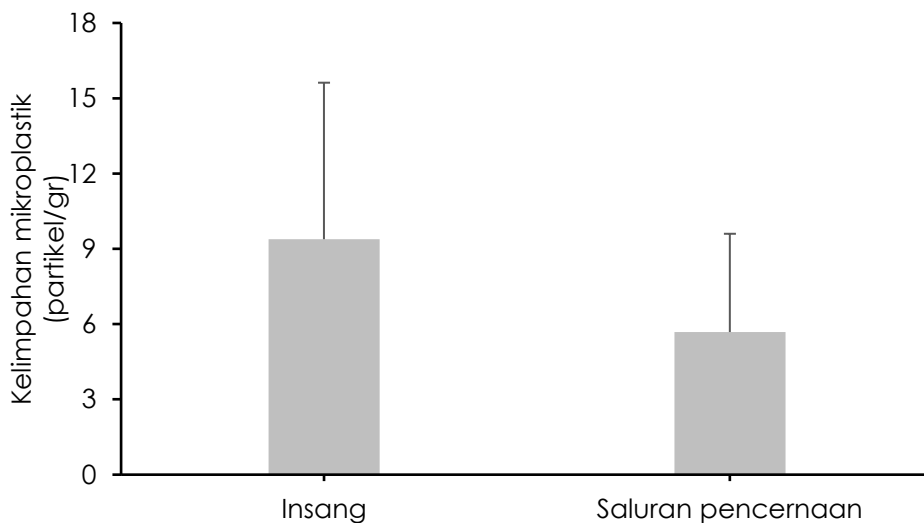
Tujuh belas sampel ikan lontok didapatkan dari hutan mangrove Dubibir, Situbondo dengan ukuran panjang berkisar 9,6–16,8 cm dan berat 10,7–68,4 gr. Rata-rata panjang dan berat ikan lontok yang ditemukan berturut-turut adalah 11,9 $\pm$ 2,1 cm dan 27,6 $\pm$ 15,1 gr. Berdasarkan ukurannya, ikan lontok yang ditemukan pada penelitian ini dapat dikategorikan berada pada ukuran sedang karena ikan lontok dewasa dapat mencapai ukuran 30 cm (Carpenter dan Niem, 2001; Fu'adil Amin *et al.*, 2021). Ikan lontok termasuk dalam jenis ikan musiman yang ditemukan di hutan mangrove (Wu *et al.*, 2018). Hal ini dapat dikaitkan dengan faktor lingkungan seperti suhu dan ketersediaan makanan. Ikan lontok adalah ikan karnivora pemakan organisme bentik seperti udang-udangan (Carpenter dan Niem, 2001).

Hasil penelitian ini menemukan total 192 partikel mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok dengan komposisi 86 partikel ditemukan pada insang dan 106 partikel ditemukan pada saluran pencernaan. Seluruh saluran pencernaan ikan lontok ditemukan mengandung mikroplastik, sedangkan pada insang hanya satu individu ikan tanpa mikroplastik. Hal ini menunjukkan mikroplastik terdapat pada hampir 95 % sampel ikan. Empat jenis mikroplastik ditemukan pada penelitian ini, yaitu fiber, fragmen, film dan beads (Gambar 2). Kelimpahan total mikroplastik pada insang ditemukan lebih tinggi dibandingkan pada saluran pencernaan yaitu

9,4±6,2 partikel/gr pada insang dan 5,7±3,9 partikel/gr pada saluran pencernaan (Gambar 3). Beberapa penelitian mikroplastik pada ikan menemukan perbedaan kelimpahan mikroplastik antar organ. Seperti halnya hasil penelitian ini, mikroplastik juga ditemukan lebih tinggi pada insang dibandingkan saluran pencernaan pada ikan karang di tiga pulau kecil dan terluar Papua (Yona *et al.*, 2020), ikan dari Musa estuari, Persia Gulf (Abbasi *et al.*, 2018). Sebaliknya, kelimpahan mikroplastik ditemukan lebih tinggi pada saluran pencernaan dibandingkan insang pada ikan dari Zhanjian mangrove wetland (Huang *et al.*, 2020), ikan-ikan komersil dari Hangzhou Bay dan Yangtze estuari (Su *et al.*, 2019). Perbedaan akumulasi mikroplastik antar organ ini diakibatkan oleh perbedaan fungsi organ dan juga proses keluar masuknya partikel mikroplastik (Yona *et al.*, 2020). Lebih lanjut, Huang *et al.* (2020) menjelaskan bahwa keberadaan mikroplastik yang lebih tinggi pada insang dibandingkan saluran pencernaan dapat diakibatkan oleh kekompleksan struktur insang yang memungkinkan mikroplastik dapat terjebak lebih banyak.



**Gambar 2.** Jenis mikroplastik yang ditemukan pada ikan lontok (a) fiber, (b) fragmen, (c) film dan (d) beads

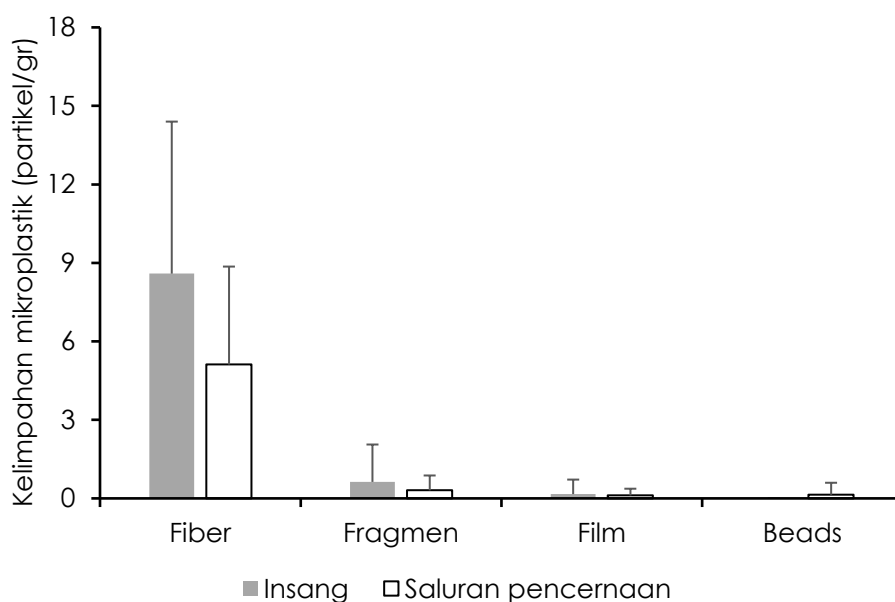


**Gambar 3.** Kelimpahan total mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok

Tiga jenis mikroplastik ditemukan pada insang ikan lontok, yaitu fiber, fragmen dan film. Selain tiga jenis mikroplastik tersebut, pada saluran pencernaan ikan lontok juga ditemukan mikroplastik jenis beads meskipun dengan jumlah yang sangat sedikit. Secara keseluruhan fiber ditemukan mendominasi, diikuti oleh fragmen, film dan beads baik pada insang maupun saluran pencernaan (Gambar 4). Fiber diitemukan dengan kelimpahan yang jauh lebih tinggi dibandingkan jenis mikroplastik lainnya, yaitu  $8,6 \pm 5,8$  partikel/gr pada insang dan  $5,1 \pm 3,7$  partikel/gr pada saluran pencernaan ikan lontok. Fragmen dan film ditemukan dengan kelimpahan yang tidak terlalu jauh berbeda baik pada insang maupun saluran pencernaan. Kelimpahan fragmen pada insang adalah  $0,6 \pm 1,4$  partikel/gr dan pada saluran pencernaan adalah  $0,3 \pm 0,6$  partikel/gr, sedangkan kelimpahan film pada insang dan saluran pencernaan masing-masing adalah  $0,2 \pm 0,6$  partikel/gr dan  $0,1 \pm 0,3$  partikel/gr. Mikroplastik jenis beads hanya ditemukan pada saluran pencernaan dengan kelimpahan  $0,1 \pm 0,5$  partikel/gr.

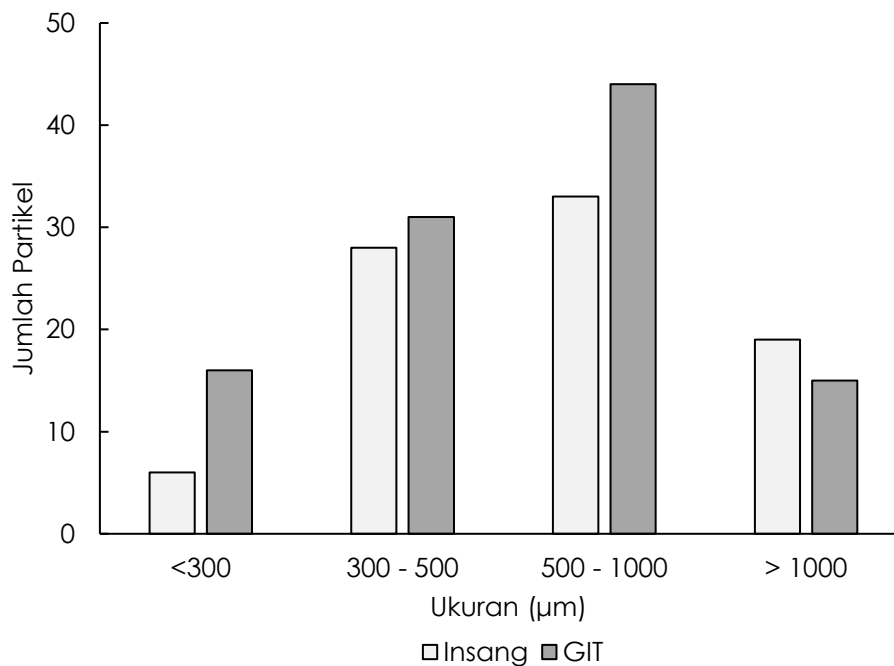
Mikroplastik jenis fiber telah diketahui mendominasi di banyak penelitian pada berbagai jenis ikan (Bellas *et al.*, 2016; Bessa *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2019; Yona *et al.*, 2020). Hal ini dapat dipengaruhi oleh dominansi fiber di perairan (Lo *et al.*, 2018) sebagai sumber masuknya mikroplastik pada ikan. Selain itu, fiber juga banyak dikonsumsi oleh organisme bentik karena banyak mikroplastik jenis fiber yang mengendap di sedimen (Woodall *et al.*, 2014). Meskipun ikan lontok termasuk jenis ikan karnivora, namun habitat hidupnya pada substrat berlumpur memungkinkan ikan menyerap mikroplastik yang mengendap dalam sedimen.

Partikel mikroplastik pada masing-masing organ ditemukan dengan ukuran yang bervariasi (Gambar 5). Namun, mikroplastik paling banyak ditemukan pada ukuran  $500 - 1000 \mu\text{m}$  pada kedua jenis organ. Ukuran mikroplastik  $< 300 \mu\text{m}$  tidak banyak ditemukan pada insang yang artinya insang lebih banyak mengakumulasi mikroplastik berukuran lebih besar. Sebaliknya, pada saluran pencernaan, mikroplastik dengan ukuran  $< 300 \mu\text{m}$  dan  $> 1000 \mu\text{m}$  ditemukan dengan jumlah yang hampir sama. Hal ini menunjukkan keberadaan mikroplastik pada saluran pencernaan lebih bervariasi dibandingkan pada insang. Selain itu, ukuran mikroplastik yang lebih kecil ditemukan pada saluran pencernaan ikan karena diduga ukuran mikroplastik yang lebih kecil akan memudahkan dalam proses pencernaannya (Su *et al.*, 2019). Bentuk dan ukuran makanan ikan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroplastik pada tubuh ikan (Franzellitti *et al.*, 2019).

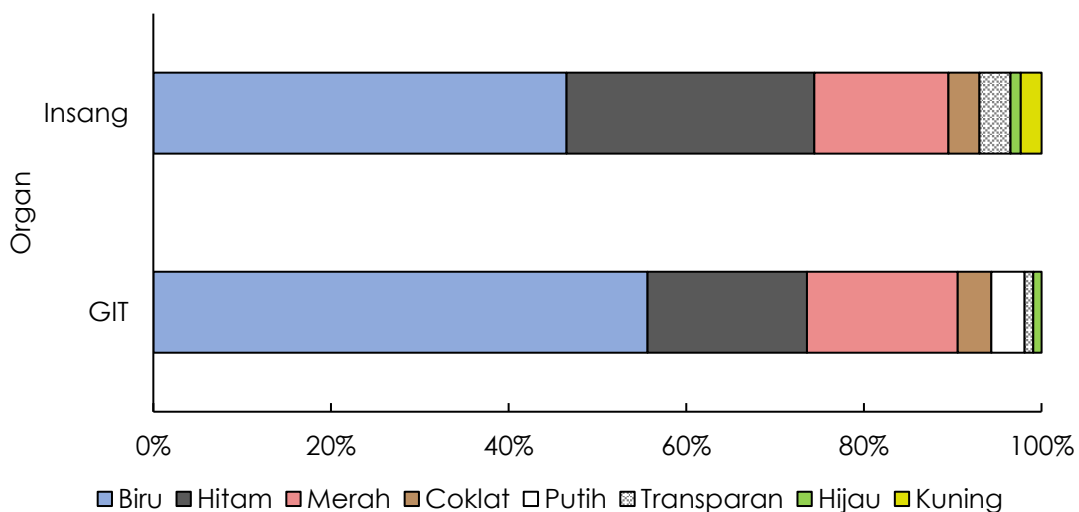


**Gambar 4.** Kelimpahan jenis mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok

Berdasarkan warna mikroplastik yang ditemukan, warna biru mendominasi kedua jenis organ dan diikuti oleh warna hitam dan merah (Gambar 6). Warna biru pada insang ditemukan sebanyak 46,5% dan pada saluran pencernaan sebanyak 55,7%. Persentase mikroplastik dengan warna hitam ditemukan lebih banyak pada insang (28%) dibandingkan pada saluran pencernaan (18%). Warna biru termasuk salah satu warna mikroplastik yang banyak ditemukan pada ikan dan hal ini diduga berkaitan dengan penggunaan tali berwarna biru sebagai alat penangkapan ikan (Sathish *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil reviewnya terhadap beberapa penelitian, Franzelliti *et al.* (2019) menyimpulkan bahwa biota secara tidak sengaja dapat menelan mikroplastik karena adanya kesesuaian warna dengan mangsanya. Warna merah mikroplastik dapat menyerupai alga merah bagi jenis organisme bentik (Mizraji *et al.*, 2017) dan warna hitam menyerupai warna pellet makanan (Ory *et al.*, 2018). Namun demikian, penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk menjelaskan preferensi warna mikroplastik yang ditemukan pada ikan lontok.



**Gambar 5.** Jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok berdasarkan ukurannya



**Gambar 6.** Persentase warna mikroplastik yang ditemukan pada masing-masing organ ikan lontok

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menemukan 95 % sampel ikan yang diteliti mengandung mikroplastik dengan komposisi paling banyak adalah fiber, diikuti oleh fragmen, film dan beads. Keberadaan mikroplastik ditemukan lebih banyak pada insang dibandingkan saluran pencernaan dengan komposisi ukuran dan warna yang berbeda. Mikroplastik berukuran besar lebih banyak ditemukan pada insang, namun pada saluran pencernaan ukuran mikroplastik yang ditemukan lebih bervariasi. Warna biru ditemukan mendominasi pada kedua organ, diikuti oleh warna hitam, merah dan warna lainnya. Variasi keberadaan mikroplastik pada kedua organ ikan lontok ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, diantaranya keberadaan mikroplastik di perairan, struktur dan fungsi organ serta kesesuaian dengan bentuk mangsa ikan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan dana hibah penelitian Doktor Non-Lektor Kepala Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya tahun 2021 No. SP DIPA-023.17.2.677512/2021. Kami ucapkan terimakasih kepada M. Bayu Krisnahadi dan Gibran Aji Basutikto atas bantuannya selama proses pengambilan data lapang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., & Hassanaghahi, M. (2018). Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. *Chemosphere*, 205, 80–87.
- Adiguna, I.G.A.B.P., Restu, I.W., & Ekawaty, R. 2018. Struktur komunitas ikan di muara Sungai Badung Kawasan Mangrove Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1, 72–79.
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., & Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 55–60. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.026
- Bessa, F., Barría, P., Neto, J. M., Frias, J. P., Otero, V., Sobral, P., & Marques, J. C (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 575–584.
- Cai, H., Chen, M., Chen, Q., Du, F., Liu, J., & Shi, H. (2020). Microplastic quantification affected by structure and pore size of filters. *Chemosphere*, 257, 127198. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127198
- Carpenter, K.E., & Niem, V.H. (2001). FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 6. Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals. Rome, FAO. pp. 3381-4218.
- Franzellitti, S., Canesi, L., Auguste, M., Wathala, R.H.G.R., & Fabbri, E. (2019). Microplastic exposure and effects in aquatic organisms: A physiological perspective. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 68, 37–51. doi: 10.1016/j.etap.2019.03.009
- Fu'adil Amin, M.H., Lee, S.R., Irawan, B., Andriyono, S., & Kim, H.W. (2021). Characterization of the complete mitochondrial genome of the Northern Mud Gudgeon, *Ophiocara porocephala* (Perciformes: Eleotridae) with phylogenetic implications. *Mitochondrial DNA Part B*, 6, 953–955. doi: 10.1080/23802359.2021.1889415
- Garces-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V.A., Granados-Briceno, A.F., Garcia, L.M.B., & Diaz, L.F.E. (2019). Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 455–462. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.06.058
- GESAMP. (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment (Kershaw, P. J., and Rochman, C. M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220 p.



- GESAMP. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
- Huang, J. S., Koongolla, J. B., Li, H. X., Lin, L., Pan, Y. F., Liu, S., He, W.H., Maharana, D., & Xu, X. R. (2020). Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland, South China. *Science of the Total Environment*, 708, 134839. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134839
- Li, J., Zhang, H., Zhang, K., Yang, R., Li, R., & Li, Y. (2018). Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 401–406. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.09.025
- Li, R., Zhang, S., Zhang, L., Yu, K., Wang, S., & Wang, Y. (2020). Field study of the microplastic pollution in sea snails (*Ellobium chinense*) from mangrove forest and their relationships with microplastics in water/sediment located on the north of Beibu Gulf. *Environmental Pollution*, 263. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114368
- Lo, H.-S., Xu, X., Wong, C.-Y., & Cheung, S.-G. (2018). Comparisons of microplastic pollution between mudflats and sandy beaches in Hong Kong. *Environmental Pollution*, 236, 208–217. doi: 10.1016/j.envpol.2018.01.031
- Maghsodian, Z., Sanati, A.M., Ramavandi, B., Ghasemi, A., & Sorial, G.A. (2021). Microplastics accumulation in sediments and *Periophthalmus waltoni* fish, mangrove forests in southern Iran. *Chemosphere*, 264, 128543. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128543
- Martin, C., Almahsheer, H., & Duarte, C.M. (2019). Mangrove forests as traps for marine litter. *Environmental Pollution* 247, 499–508. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.067>
- Masura, B., & Foster, A. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.
- Mizraji, R., Ahrendt, C., Perez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., Ojeda, F.P., Duarte, C., & Galbán-Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut? *Marine Pollution Bulletin*, 116, 498–500. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.008
- Naji, A., Nuri, M., Amiri, P., & Niyogi, S. (2019). Small microplastic particles (S-MPPs) in sediments of mangrove ecosystem on the northern coast of the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 305–311. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.06.033
- Not, C., Lui, C.Y.L., & Cannicci, S. (2020). Feeding behavior is the main driver for microparticle intake in mangrove crabs. *Limnology and Oceanography Letter*, 5, 84–91. doi: 10.1002/lol2.10143
- Ory, N.C., Gallardo, C., Lenz, M., & Thiel, M. (2018). Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environmental Pollution*, 240, 566–573. doi: 10.1016/j.envpol.2018.04.093
- Prata, J.C., da Costa, J.P., Girão, A.V., Lopes, I., Duarte, A.C., & Rocha-Santos, T. (2019). Identifying a quick and efficient method of removing organic matter without damaging microplastic samples. *Science of the Total Environment*, 686, 131–139. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.456
- Rahmawati, N.H.F., & Patria, M.P. (2019). Microplastics Dissemination from Fish *Mugil dussumieri* and Mangrove Water of Muara Teluknaga, Tangerang, Banten. *Journal of Physics: Conference Series*, 1282, 012104. doi: 10.1088/1742-6596/1282/1/012104
- Rivoira, L., Castiglioni, M., Rodrigues, S.M., Freitas, V., Bruzzone, M.C., Ramos, S., & Almeida, C.M.R. (2020). Microplastic in marine environment: reworking and optimisation of two analytical protocols for the extraction of microplastics from sediments and oysters. *MethodsX* 7, 101116. doi: 10.1016/j.mex.2020.101116
- Sarasita, D., Yunanto, A., & Yona, D. (2020). Microplastics abundance in four different species of commercial fishes in Bali Strait. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 20, 1–12. doi: 10.32491/jii.v20i1.508
- Sathish, M.N., Jeyasanta, I., & Patterson, J. (2020). Occurrence of microplastics in epipelagic and mesopelagic fishes from Tuticorin, Southeast coast of India. *Science of the Total Environment*, 720. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137614
- Su, L., Deng, H., Li, B., Chen, Q., Pettigrove, V., Wu, C., & Shi, H. (2019). The occurrence of microplastic in specific organs in commercially caught fishes from coast and estuary area of east China. *Journal of Hazardous Materials*, 365, 716–724. doi: 10.1016/j.jhazmat.2018.11.024



- Sun, X., Li, Q., Shi, Y., Zhao, Y., Zheng, S., Liang, J., Liu, J. & Tian, Z. (2019). Characteristics and retention of microplastics in the digestive tracts of fish from the Yellow Sea. *Environmental Pollution*, 249, 878–885. doi: 10.1016/j.envpol.2019.01.110
- Syahputra, A., Muchlisin, Z.A., & Defira, C.N. (2016). Kebiasaan makan ikan lontok (*Ophiocara porocephala*) di Perairan Sungai Iyu, Kecamatan Bendahara, Kabupaten Aceh Tamiang Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan*, Unsyiah 1, 177–184.
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., Calavat, A., Rogers, A.D., Narayanaswamy, B.E., & Thompson, R.C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1, 140317. doi: 10.1098/rsos.140317
- Wu, Z.-Q., Zou, Q., Chang, T., Zhang, D., & Huang, L.-L. (2018). Seasonal dynamics of the juvenile fish community structure in the Maowei Sea mangroves. *PLOS ONE* 13, e0192426. doi: 10.1371/journal.pone.0192426
- Yona, D., Maharani, M.D., Cordova, M.R., Elvania, Y., & Dharmawan, I.W.E. (2020). Microplastics analysis in the gill and gastrointestinal tract of coral reef fishes from three small outer island of Papua, Indonesia: a preliminary study. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12, 497–507. doi: 10.29244/jitkt.v12i2.25971
- Zhang, L., Zhang, S., Guo, J., Yu, K., Wang, Y., & Li, R. (2020). Dynamic distribution of microplastics in mangrove sediments in Beibu Gulf, South China: Implications of tidal current velocity and tidal range. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 122849. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.122849