

Analisis Komposisi Mikroplastik Pada Tiga Ikan Laut Ekonomis Penting dari Pelabuhan Perikanan di Jawa Timur, Indonesia

Microplastic Composition Analysis in Three Economically Important Marine Fish from Fishing Ports in East Java, Indonesia

Arief Rivansyah Idris¹, Andira Rahmawati¹, Syarifah Hikmah Julinda Sari^{*1,3}, M. Arif Zainul Fuad^{1,3}, Ledhyane Ika Harlyan^{2,3}, Defri Yona^{1,3}

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang 65145, Indonesia

²Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang 65145, Indonesia

³Marine Resources Exploration and Management Research Group, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang 65145, Indonesia

*Korespondensi penulis: syarifahsari@ub.ac.id

Abstrak

Mikroplastik memiliki potensi tinggi untuk tersebar merata di perairan dan terakumulasi pada organisme perairan termasuk ikan. Saluran pencernaan dan organ insang merupakan bagian ikan yang seringkali terkontaminasi oleh mikroplastik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi mikroplastik pada ikan *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, dan *Restrelliger brachysoma* dengan lokasi yang berbeda diantaranya Pondok Dadap Sendang Biru, Pacitan, dan Mayangan Probolinggo. Analisis dilakukan dengan identifikasi organ dan saluran pencernaan pada ketiga spesies ikan. Komposisi mikroplastik pada sampel organ ikan dianalisis dengan menghancurkan bahan organik melalui perendaman sampel pada larutan H₂O₂ 30% dan larutan Fe (II) 0,05 M selama 24 Jam. Analisis dilanjutkan dengan penyaringan sampel menggunakan kertas *Whatman* dan identifikasi menggunakan mikroskop (Olympus CX33). Diantara jenis mikroplastik, fiber dan fragmen merupakan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada ikan *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, dan *Restrelliger brachysoma* dibandingkan dengan jenis film. Kelimpahan total mikroplastik ditemukan lebih tinggi pada organ dibandingkan pada saluran pencernaan. Terdapat perbedaan jumlah kelimpahan mikroplastik pada ketiga spesies. Spesies *Clupea harengus* memiliki kelimpahan mikroplastik tertinggi dibandingkan dengan spesies lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi ikan yang tidak dapat membedakan antara mikroplastik dan plankton sebagai mangsanya. Kebiasaan makan ikan dengan menyaring air di sekitarnya membuat ikan rentan mendapatkan plankton yang terkontaminasi mikroplastik.

Kata Kunci: *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, Mikroplastik, Organ, *Restrelliger brachysoma*.

Abstract

*Microplastics have a high potential to be evenly distributed in waters and accumulate in aquatic organisms including fish. The digestive tract and gill organs are parts of fish that are often contaminated by microplastics. This study aims to analyze the composition of microplastics in fish *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, and *Restrelliger brachysoma* with different locations including Pondok Dadap Sendang Biru, Pacitan, and Mayangan*

Received: 8 September 2024

Accepted: 25 September 2024

Published: 28 October 2024

*Probolinggo. The analysis was conducted by organ identification in the three fish species. The composition of microplastics in fish organ samples was analyzed by destroying organic matter through immersion of samples in 30% H₂O₂ solution and 0.05 M Fe (II) solution for 24 hours. The analysis was continued by filtering the samples with Whatman paper and identifying them with a microscope (Olympus CX33). Among the types of microplastics, fibers and fragments were the most common types of microplastics found in *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, and *Restrelliger brachysoma* compared to film types. The total abundance of microplastics was found to be higher in organs than in the digestive tract. There were differences in the abundance of microplastics among the three species. *Clupea harengus* species had the highest abundance of microplastics compared to other species. This is influenced by the condition of the fish, which cannot choose between microplastics and plankton as prey. Fish feeding habits by filtering the surrounding water make fish vulnerable to plankton contaminated with microplastics.*

Keywords: *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, Microplastics, Organ, *Restrelliger brachysoma*.

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik di Indonesia mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan minimnya pengolahan sampah plastik. Indonesia menjadi negara penghasil sampah plastik terbanyak di perairan dan menempati urutan kedua setelah China (Jambeck *et al.*, 2015; Sarasita *et al.*, 2019). Plastik menjadi salah satu bahan persisten dengan rata - rata total sampah plastik di Indonesia mencapai 10,36 juta ton per tahun (Yusari & Purwohandoyo, 2020). Ukuran plastik yang mencemari lingkungan, khususnya perairan teridentifikasi menjadi empat kelas, yaitu nano-, mikro-, meso- dan makroplastik (Eriksen *et al.*, 2013). Mikroplastik merupakan potongan terkecil dari sampah plastik dengan ukuran <5 mm dan menjadi salah satu jenis partikel yang paling sulit terurai (Welden dan Lusher, 2017). Proses degradasi secara biologi, kimia, fisika atau mekanis membentuk pecahan fragmen dan film merupakan proses terbentuknya mikroplastik yang tersebar di hampir 85% permukaan laut di Indonesia (Barasarathi *et al.*, 2014; Widianarko & Hantoro, 2018).

Ukuran mikroplastik yang kecil dan transparan seringkali terakumulasi di berbagai biota yang ada di perairan dan mengganggu pertumbuhan biota tersebut (Tankovic *et al.*, 2015; Veronica, 2019). Beberapa peneliti telah menganalisis keberadaan mikroplastik pada biota laut ditemukan paling banyak pada ikan, khususnya pada saluran pencernaan, organ insang, daging dan juga liver (Avio *et al.*, 2015; Su *et al.*, 2019; Yona *et al.*, 2021). Jumlah mikroplastik yang terakumulasi ditentukan dari perbedaan fungsi organ ikan. Ikan *Clupea harengus* (Hering), *Euthynnus affinis* (Tongkol), *Restrelliger brachysoma* (Kembung perempuan) merupakan spesies ikan yang banyak dijumpai di pelabuhan. Ikan - ikan ini banyak dijadikan sebagai bahan

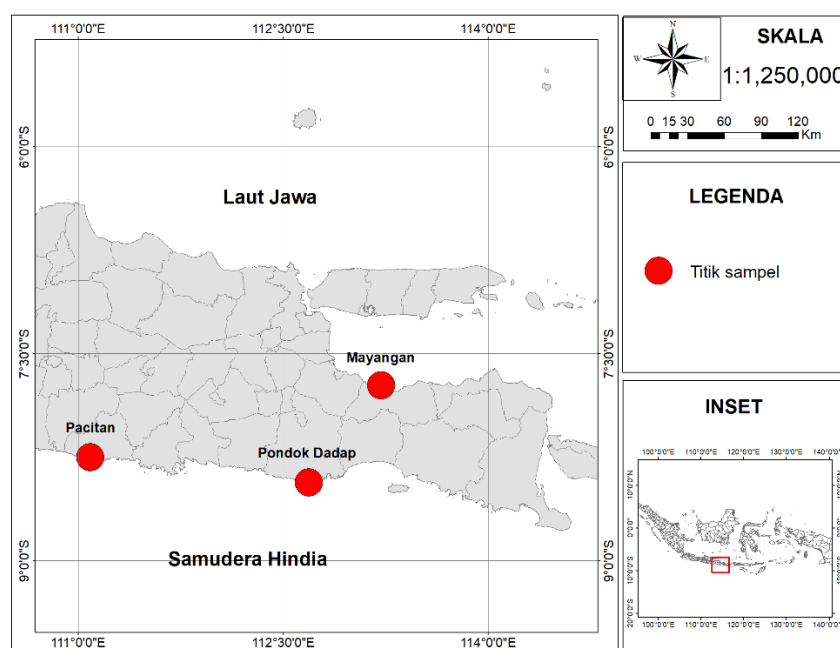
olahan produk makanan dengan nilai gizi tinggi. Akan tetapi, nilai gizi pada ketiga spesies ikan ini mengalami penurunan signifikan karena adanya kontaminasi mikroplastik.

Dewasa ini, konsumsi ikan yang terkontaminasi mikroplastik dilakukan secara terus-menerus dalam jangka waktu panjang, menimbulkan resiko gangguan kesehatan hingga kerusakan jaringan pada tubuh manusia (Karuniastuti, 2013). Keberadaan mikroplastik pada ketiga jenis ikan ini perlu diteliti lebih lanjut, sehingga penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran mikroplastik yang ada pada ketiga spesies ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi mikroplastik pada organ ketiga jenis ikan di Pelabuhan Jawa Timur dengan lokasi yang berbeda diantaranya Pondok Dadap Sendang Biru, Pacitan, dan Mayangan Probolinggo. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi kepada *stakeholder* dan masyarakat agar dapat mengelola sampah plastik dengan baik serta mengatasi adanya penurunan nilai gizi ikan akibat kontaminasi mikroplastik.

MATERI DAN METODE

Sampel Ikan

Sampel ikan diambil di tiga lokasi berbeda daerah Pelabuhan Jawa Timur diantaranya yaitu Pondok Dadap Sendang Biru, Pacitan, dan Mayangan Probolinggo (**Gambar 1**) dengan sampel ikan *Clupea harengus* (Hering), *Euthynnus affinis* (Tongkol), *Restrelliger brachysoma* (Kembung perempuan). Lokasi ini dipilih karena memiliki hasil tangkapan ikan cukup tinggi. Seluruh sampel ikan dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk dianalisis lebih lanjut di Laboratorium Eksplorasi Sumberdaya Perikanan dan Kelautan, Universitas Brawijaya.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel ikan

Preparasi Sampel

Tahap preparasi sampel ikan mencakup persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel pada saluran pencernaan (usus dan lambung) serta organ insang. Sampel yang digunakan berjumlah sepuluh ekor pada masing-masing spesies ikan yaitu *Clupea harengus* (Hering) dari pelabuhan Pondok Dadap Sendang Biru, ikan *Euthynnus affinis* (Tongkol) dari pelabuhan Pacitan, dan ikan *Restrelliger brachysoma* (Kembung perempuan) dari pelabuhan Mayangan Probolinggo. Total sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 ekor untuk 3 lokasi berbeda yang dianggap sudah mewakili populasi (Alwi, 2015; Arisanti et al., 2023). Sebelum proses pembedahan dilakukan, ikan dibekukan dan disimpan pada suhu ruang. Ikan yang telah dibekukan, dilakukan pengukuran berat basah sampel untuk mengukur saluran pencernaan dan insang ikan.

Perlakuan Sampel

Sampel ikan diukur panjang (cm) dan beratnya (g) menggunakan timbangan digital dan penggaris sebelum dilakukan proses pembedahan insang dan saluran pencernaan. Organ insang dan saluran pencernaan yang meliputi lambung dan usus diperiksa secara keseluruhan. Sampel ditumbuk menggunakan alu dan mortar untuk memudahkan destruksi bahan organik serta lemak. Setiap sampel yang telah ditumbuk kemudian dilakukan tahap destruksi bahan organik menggunakan larutan H₂O₂ (hidrogen peroksida) 30 % dan larutan Fe (II) 0,05 M selama 24 jam Masura (Masura dan Foster, 2015; Prata et al., 2019; Rivoira et al., 2020; Yona et al., 2022). Larutan tersebut kemudian dipanaskan pada *hotplate* dengan suhu 70 °C dan dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring *Whatman* no. 41 dengan *mesh size* 20 µm (Pan et al., 2019; Yona et al., 2021). Identifikasi jenis mikroplastik pada kertas saring dilakukan menggunakan mikroskop untuk mengetahui bentuk, ukuran dan warna mikroplastik.

Analisis Mikroplastik

Pengamatan mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop Olympus CX33 dengan perbesaran lensa okuler 4X. Analisis menggunakan mikroskop bertujuan untuk mengetahui komposisi bentuk, ukuran dan jenis mikroplastik yang terkandung dalam organ pada ketiga spesies ikan yang berbeda. Ukuran mikroplastik diukur dengan *software image raster* dan dikategorikan menjadi empat kelas: <300 µm, 300-500 µm, 500-1000 µm, dan >1000 µm (Yona et al., 2020). Untuk mencegah kontaminasi selama penelitian, berbagai kontrol kualitas dilakukan. Kontrol tersebut diantaranya menyaring larutan sebelum digunakan untuk sampel, menghindari plastik, membilas alat dengan aquades steril, dan selalu menutup *glass beaker*

yang berisi larutan dan sampel. Adapun perhitungan kelimpahan mikroplastik dilakukan menggunakan **Rumus 1** yang mengacu pada Guntur *et al.*, (2021) dan Arisanti *et al.*, (2023).

$$\text{Kelimpahan mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik (partikel)}}{\text{Berat kering sampel (gr)}} \quad (1)$$

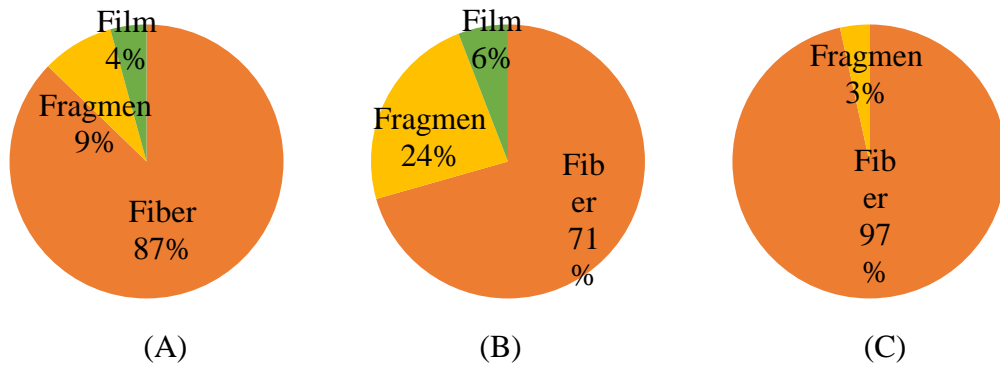
HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi mikroplastik

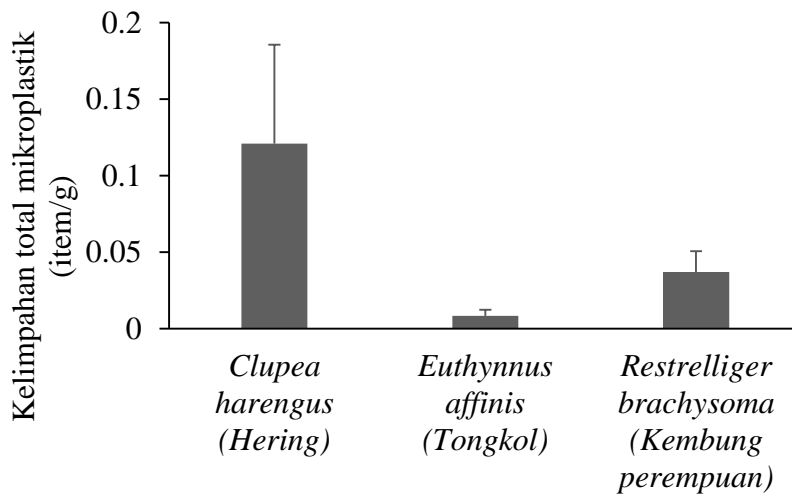
Tiga spesies ikan berbeda dengan masing-masing sampel berjumlah sepuluh ekor memiliki rata-rata panjang $16,6 \pm 0,9$ cm dan berat $39,8 \pm 4,3$ gram untuk *Clupea harengus*, $30,7 \pm 0,6$ cm dan $399,5 \pm 53$ untuk *Euthynnus affinis*, serta $18,6 \pm 0,5$ cm dan $79,3 \pm 9,3$ gram untuk *Restrelliger brachysoma*. Sampel kemudian dianalisis akumulasi mikroplastiknya pada dua bagian organ yaitu insang dan saluran pencernaan. Terdapat tiga jenis mikroplastik yang hampir ditemukan pada ketiga spesies ikan yaitu fiber, fragmen, dan film. Fiber merupakan jenis mikroplastik dengan persentase terbesar yang ditemukan pada *Clupea harengus* (87%), *Euthynnus affinis* (71%), dan *Restrelliger brachysoma* (97%) sedangkan film merupakan jenis mikroplastik dengan persentase terkecil yang hanya ditemukan pada spesies *Clupea harengus* (4%) dan *Euthynnus affinis* (6%) (**Gambar 2**).

Kelimpahan jenis mikroplastik

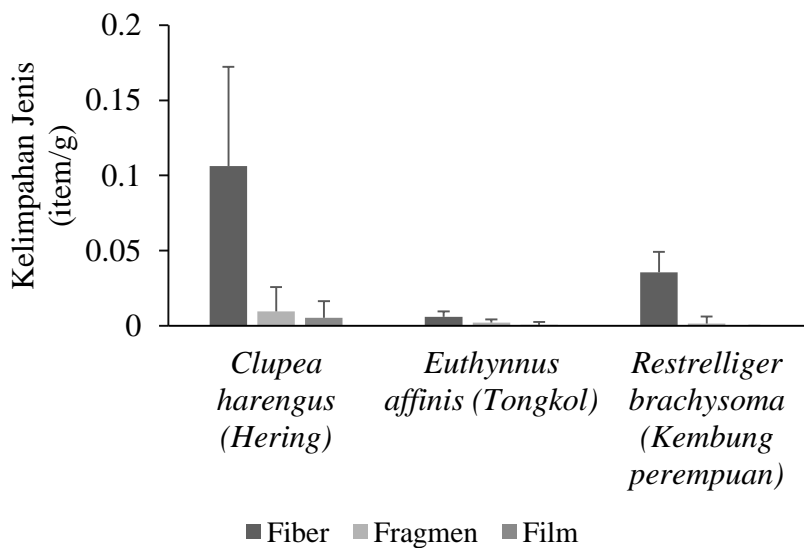
Kelimpahan total mikroplastik tertinggi ditemukan pada spesies *Clupea harengus* ($0,12 \pm 0,06$ item g^{-1}), kemudian diikuti oleh spesies *Restrelliger brachysoma* ($0,04 \pm 0,01$ item g^{-1}), dan *Euthynnus affinis* ($0,01 \pm 0,004$ item g^{-1}) (**Gambar 3**). **Gambar 4** menyajikan data kelimpahan jenis mikroplastik pada masing-masing spesies ikan. Pada spesies *Clupea harengus* ditemukan kelimpahan tertinggi pada jenis mikroplastik fiber ($0,11 \pm 0,07$ item g^{-1}), kemudian jenis fragmen dan film memiliki kelimpahan yang tidak jauh berbeda yaitu dengan nilai secara berurutan sebesar $0,01 \pm 0,02$ item g^{-1} dan $0,01 \pm 0,01$ item g^{-1} . Berikutnya pada spesies *Euthynnus affinis*, kelimpahan jenis mikroplastik ditemukan dengan jumlah yang rendah namun jenis fiber tetap mendominasi sebesar $0,01 \pm 0,004$ item g^{-1} dan diikuti oleh jenis fragmen $0,002 \pm 0,002$ item g^{-1} dan film $0,001 \pm 0,002$ item g^{-1} . Pada spesies *Restrelliger brachysoma* hanya ditemukan dua jenis mikroplastik yaitu fiber dengan kelimpahan senilai $0,04 \pm 0,01$ item g^{-1} dan $0,001 \pm 0,005$ item g^{-1} pada jenis fragmen.



Gambar 2. Persentase kelimpahan total jenis mikroplastik pada masing-masing spesies ikan (A) *Clupea harengus*, (B) *Euthynnus affinis*, (C) *Restrelliger brachysoma*



Gambar 3. Kelimpahan total mikroplastik pada masing-masing spesies ikan



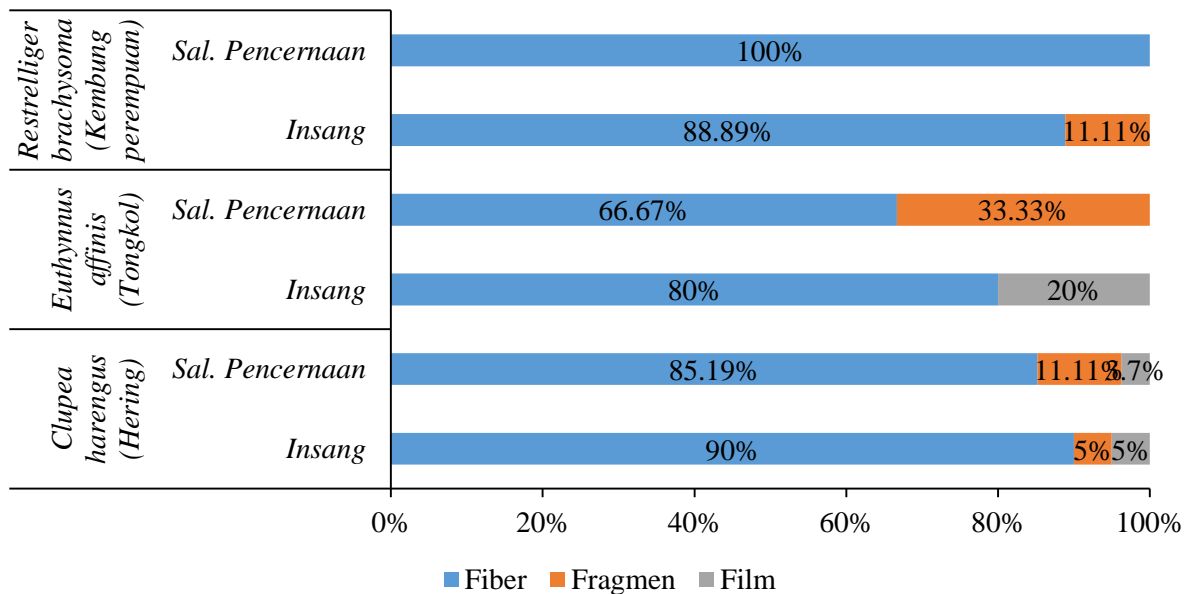
Gambar 4. Kelimpahan Jenis Mikroplastik Pada Masing-masing Spesies Ikan

Perbandingan Akumulasi Mikroplastik Pada Masing-masing Organ

Mikroplastik yang terakumulasi pada ketiga spesies memiliki persentase yang berbeda pada organ insang dan saluran pencernaan (**Gambar 5**). Pada spesies *Clupea harengus*, ditemukan tiga jenis mikroplastik pada organ insang maupun saluran pencernaan dengan jenis fiber yang memiliki persentase tertinggi. Persentase fiber pada spesies ini adalah sebesar 90% pada insang dan 85% pada saluran pencernaan, kemudian untuk persentase fragmen senilai 5% pada insang dan 11% pada saluran pencernaan, untuk jenis film memiliki persentase yang kecil yaitu 5% pada insang dan 4% pada saluran pencernaan. Pada spesies *Euthynnus affinis*, fiber ditemukan pada organ insang (80%) dan saluran pencernaan (67%), namun untuk fragmen hanya ditemukan pada saluran pencernaan (33%) sedangkan film hanya ditemukan pada insang (20%). Pada spesies *Restrelliger brachysoma*, organ insang hanya ditemukan dua jenis mikroplastik yaitu fiber sebesar 89% dan fragmen 11%, sedangkan pada saluran pencernaan hanya ditemukan fiber 100%.

Pembahasan

Fiber dan fragmen merupakan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada organ spesies ikan *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, dan *Restrelliger brachysoma* dibandingkan dengan jenis film (**Gambar 2**). Pada penelitian sebelumnya, kedua jenis mikroplastik tersebut sudah banyak ditemukan pada organ ikan (Arisanti et al., 2023; Iriani et al., 2023; Margaretha et al., 2022; Purnama et al., 2021; Yona et al., 2021; Labibah & Triajie, 2020; Hastuti et al., 2019). Persentase fiber dan fragmen yang tinggi pada organ ikan dapat disebabkan oleh tingginya kelimpahan kedua jenis mikroplastik tersebut di perairan (Yona et al., 2021). Fiber merupakan mikroplastik yang dapat berasal dari air limbah pencucian pakaian sintetis ataupun alat tangkap ikan seperti jaring dan tali pancing (Browne et al., 2011; Ayuingtyas et al., 2019; Aryani et al., 2024) sedangkan fragmen merupakan hasil dari pecahan plastik yang ukurannya lebih besar dan umumnya berasal dari limbah pertokoan seperti kantong plastik dan kemasan makanan (Mauludy et al., 2019; Yani, 2024; Pradiptaadi & Fallahian, 2022). Dengan demikian, ikan yang hidup di perairan yang dekat dengan kegiatan antropogenik memiliki kerentanan untuk terpapar mikroplastik jenis fiber dan fragmen (Yona et al., 2020). Film merupakan jenis mikroplastik yang berasal dari terpal atau plastik kemasan dan memiliki bentuk tidak beraturan, tipis, transparan, lebih ringan dibandingkan jenis mikroplastik lainnya, dan (Iriani et al., 2023; Pamungkas et al., 2022; Shafani et al., 2022). Adanya densitas yang rendah pada film mengakibatkan mikroplastik ini cenderung mengapung di permukaan air dan mudah terbawa arus sehingga ditemukan dalam kelimpahan yang rendah (Hasanah et al., 2023).



Gambar 5. Persentase mikroplastik pada tiga spesies ikan dari masing-masing organ

Terdapat perbedaan jumlah kelimpahan mikroplastik pada masing-masing spesies ikan. Hal ini dapat disebabkan oleh proses makan ikan seperti kesalahan konsumsi akibat serupanya bentuk mikroplastik dengan makanan (Yona et al., 2022). Spesies *Clupea harengus* merupakan ikan dengan kelimpahan mikroplastik tertinggi dibandingkan dengan spesies lainnya. Pada penelitian sebelumnya juga ditemukan hasil bahwa 50% dari keseluruhan sampel spesies pemakan plankton ini terkontaminasi mikroplastik (Collard et al., 2017) dan pada penelitian Piskula & Astel (2023), ditemukan 20 sampel ikan terkontaminasi mikroplastik dari total 27 sampel. Ikan yang memiliki kebiasaan makan dengan menyaring air di sekitarnya untuk mendapatkan plankton akan menjadi rentan terkontaminasi mikroplastik karena tidak dapat menyeleksi mangsanya (Neves et al., 2015). Nilai kelimpahan mikroplastik *Clupea harengus* pada penelitian ini jauh berbeda dengan kelimpahan mikroplastik pada penelitian sebelumnya (Walkinshaw et al., 2020) yang ditemukan dengan jumlah 0,01 item g⁻¹ pada spesies yang sama. Kelimpahan mikroplastik terendah ditemukan pada spesies *Euthynnus affinis* yang dapat dipengaruhi oleh makanannya yang berupa ikan-ikan kecil (teri, tembang, layang, kembung, petek, ikan terbang), cumi-cumi, krustasea (Hidayat et al., 2018; Binsasi, 2020) sehingga bersifat selektif terhadap mangsanya dan memungkinkan untuk menolak partikel yang tidak termasuk makanannya (Yumni et al., 2020). Meskipun spesies *Restrelliger brachysoma* merupakan pemakan plankton dan hidup pada kolom permukaan air sama seperti *Clupea harengus*, namun dari hasil penelitian ini ditemukan kandungan mikroplastik yang tidak terlalu tinggi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kecenderungan ikan kembung untuk hidup pada

habitat di perairan pesisir, estuari, ataupun laguna dangkal dengan substrat pasir, lumpur, dan rumput laut yang terlindungi atau jauh dari daerah industri yang tercemar paparan mikroplastik (Amin et al., 2023).

Komposisi jenis mikroplastik pada organ insang dan saluran pencernaan memiliki nilai yang beragam pada setiap spesiesnya. Mikroplastik jenis fiber tersebar dengan persentase yang cukup tinggi pada organ insang dan saluran pencernaan. Adanya jumlah fiber yang tinggi pada saluran pencernaan ikan dikarenakan jenis mikroplastik ini memiliki bentuk serupa dengan zooplankton sebagai sumber makanan ikan (Yan et al., 2018), sedangkan mikroplastik pada insang hanya bersifat pasif atau disebabkan oleh ketidaksengajaan dari proses pernafasan ikan (Su et al., 2019). Perbedaan jumlah mikroplastik pada setiap organ ikan masih belum bisa dideskripsikan secara jelas, namun diduga hal ini berkaitan dengan proses seleksi (Yona et al., 2021).

KESIMPULAN

Terdapat mikroplastik yang ditemukan pada seluruh sampel ikan dari spesies *Clupea harengus*, *Euthynnus affinis*, *Restrelliger brachysoma*. Fiber merupakan jenis yang mendominasi komposisi mikroplastik pada penelitian ini, baik pada tiap spesies ataupun tiap organnya. Tingginya komposisi fiber pada ikan dapat disebabkan oleh keberadaan mikroplastik di perairan dan kebiasaan makan ikan. Perbedaan komposisi tiap jenis mikroplastik pada organ ikan dapat berkaitan dengan proses seleksi. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan data pengaruh perbedaan lokasi pada masing-masing spesies untuk melihat perbandingan kelimpahan mikroplastiknya, selain itu dibutuhkan juga data kelimpahan mikroplastik berdasarkan warna dan ukuran untuk mengetahui sumber mikroplastik tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana menggunakan dana Hibah Penelitian Unggulan Tahun 2020 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Brawijaya. Terimakasih kami sampaikan kepada Danu Setia Wardana, Mangesti Reza Evitantri, Diana Ningrum dan Dyah Ajeng Pitaloka atas bantuannya dalam analisis mikroplastik di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, M. F., Syahdan, M., & Yuliyanto, Y. 2023. Analisis kandungan mikroplastik pada ikan pelagis dan demersal yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Banjar Raya Banjarmasin Provinsi Kalimantan Selatan. *Marine Coastal and Small Islands Journal - Jurnal ilmiah Ilmu Kelautan*, 7(1). <https://doi.org/10.20527/m.v7i1.11822>.

- Arisanti, G., Yona, D., & Kasitowati, R. D. 2023. Analisis mikroplastik pada saluran pencernaan ikan kembung (*Rastrelliger* Sp.) di Pelabuhan Perikanan Samudera Belawan, Sumatera Utara: Analysis of microplastic in mackerel (*Rastrelliger* sp.) digestive tract at Belawan Ocean Fishing Port, North Sumatra. *Water and Marine Pollution Journal: PoluSea*, *1*(1), Article 1. <https://doi.org/10.21776/ub.polusea.2023.001.01.4>
- Aryani, D., Hasanah, A. N., Haryati, S., & Pratama, R. 2024. Identifikasi mikroplastik pada ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan ikan tongkol (*Euthynnus Affinis*) di Pasar Tradisional Kranggot, Cilegon-Banten. *Berita Biologi*, *23*(2). <https://doi.org/10.55981/beritabiologi.2024.4964>
- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. 2015. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Mar. Environ. Res.*, *111*, 18–26. doi: 10.1016/j.marenvres.2015.06.014.
- Ayuingtyas, W. C., Yona, D., Julinda, S. H., & Iranawati, F. 2019. Kelimpahan mikroplastik pada Perairan di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, *3*(1). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.5>
- Barasarathi, J., Agamuthu, P., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. 2014. Microplastic abundance in selected mangrove forest in Malaysia. *Proceeding of The ASEAN Conference on Science and Technology*, 1–5.
- Binsasi, A. 2020. Preferensi pakan ikan tongkol (*Euthynnus Affinis*) di Perairan Pantai Utara Timor Tengah Utara. *Bio-Edu*, *5*(1), 46–55. <https://doi.org/10.32938/jbe.v5i1.530>
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, *45*(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Collard, F., Gilbert, B., Eppe, G., Roos, L., Compère, P., Das, K., & Parmentier, E. 2017. Morphology of the filtration apparatus of three planktivorous fishes and relation with ingested anthropogenic particles. *Marine Pollution Bulletin*, *116*(1), 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.067>
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., & Amato, S. 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.*, *77*(2), 177–182.
- Hasanah, A., Aryani, D., Radityani, F., Nuryadin, D., & Azkia, L. 2023. Karakteristik mikroplastik pada ikan layang (*Decapterus ruselli*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Pasar Rau, Kota Serang. *Habitus Aquatica*, *4*. <https://doi.org/10.29244/HAJ.4.1.1>
- Hastuti, A. R., Lumbanbatu, D. T., & Wardiatno, Y. 2019. The presence of microplastics in the digestive tract of commercial fishes off Pantai Indah Kapuk coast, Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *20*(5). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200513>
- Hidayat, T., Nugroho, T., & Chodrijah, U. 2018. The Biology of Kawa-Kawa (*Euthynnus affinis*), in *The Java Sea: Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis (Journal of Tropical Fisheries Management)*, *2*(1). <https://doi.org/10.29244/jppt.v2i1.25315>
- Iriani, R. T., Rahim, N., Difinubun, M. I., & Risfany, R. 2023. Identifikasi keberadaan mikroplastik di saluran pencernaan ikan baronang (*Siganus canaliculatus*) hasil tangkapan warga di Perairan Kali Remu Kota Sorong Papua Barat. *Jurnal Aquafish Saintek*, *3*(1).
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, *347*(6223), 768-771.
- Karuniastuti, N. 2013. Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, *3*(1).

- Labibah, W. & Triajje, H. 2020. Keberadaan mikroplastik pada ikan swanggi (*Priacanthus tayenus*), sedimen dan air laut di Perairan Pesisir Brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, **1**(3). <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8563>
- Margaretha, L., Budijono, B., & Fauzi, M. 2022. Microplastic Identification of Tin foil Barb (*Puntius schawanafeldii*) in Koto Panjang Dam Kampar Regency Riau Province. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, **27**, 235. <https://doi.org/10.31258/jpk.27.2.235-240>
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. 2015. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48*.
- Mauludy, M., Yunanto, A., & Yona, D. 2019. Microplastic abundances in the sediment of coastal beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, **21**, 73. <https://doi.org/10.22146/jfs.45871>
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish of the Portuguese Coast. *Marine Pollution Bulletin*, **101**(1), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008>
- Pamungkas, N. A. G., Hartati, R., Redjeki, S., Riniatsih, I., Suprijanto, J., Supriyo, E., & Widianingsih, W. 2022. Karakteristik mikroplastik pada sedimen dan air laut di Muara Sungai Wulan Demak. *Jurnal Kelautan Tropis*, **25**(3), 421–431. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.14923>
- Pan, Z., Guo, H., Chen, H., Wang, S., Sun, X., Zou, Q., ... & Huang, J. 2019. Microplastics in the Northwestern Pacific: abundance, distribution, and characteristics. *Science of the Total Environment*, **650**, 1913-1922.
- Piskula, P. & Astel, A. M. 2023. Microplastics in commercial fishes and by-catch from selected fao major fishing areas of the Southern Baltic Sea. *Animals*, **13**(3). <https://doi.org/10.3390/ani13030458>
- Pradiptaadi, B. P. A. & Fallahian, F. 2022. Analisis kelimpahan mikroplastik pada air dan sedimen di Kawasan Hilir DAS Brantas. *Environmental Pollution Journal*, **2**(1). <https://doi.org/10.58954/epj.v2i1.39>
- 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
- Purnama, D., Johan, Y., Wilopo, M. D., Renta, P. P., Sinaga, J. M., Yosefa, J. M., M, H. M., Suryanita, A., Pasaribu, H. M., & Median, K. 2021. analisis mikroplastik pada saluran pencernaan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) hasil tangkapan nelayan di Pelabuhan Perikanan Pulau Balai Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*, **6**(1). <https://doi.org/10.31186/jenggano.6.1.110-124>
- Rivoira, L., Castiglioni, M., Rodrigues, S. M., Freitas, V., Bruzzoniti, 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. Kandungan mikroplastik pada empat jenis ikan ekonomis penting di perairan Selat Bali. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, **20**(1), 1-12.
- 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). <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31885>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.024>
- Tanković, M. S. Perusco, V. S., J. Godrijan, D., dan M. Pfannkuchen. 2015. Marine plastic debris in the Northeastern Adriatic. *Seminar on Microplastics Issues*. Institut Ruder Bosković
- Veronica, C. 2019. Mikroplastik dalam tanah dapat merusak kehidupan cacing tanah. <https://nationalgeographic.grid.id/read/131899964/mikroplastikdalam-tanah-dapat-merusak-kehidupan-cacing-tanah>. Diakses pada tanggal 4 September 2024.
- Walkinshaw, C., Lindeque, P. K., Thompson, R., Tolhurst, T., & Cole, M. 2020. Microplastics and seafood: Lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **190**, 110066. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110066>
- Welden, N. A. & Lusher, A. L. 2017. Impacts of changing ocean circulation on the distribution of marine microplastic litter. *Integrated environmental assessment and management*, **13**(3), 483-487.
- Widianarko, Y. B. & Hantoro, I. 2018. Mikroplastik dalam seafood dari Pantai Utara Jawa. Penerbit Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang. ISBN 978-602-6865-74-8.
- Yan, M., Nie, H., Xu, K., He, Y., Hu, Y., Huang, Y., & Wang, J. 2018. Microplastic abundance, distribution and composition in the Pearl River along Guangzhou city and Pearl River estuary, China. *Chemosphere*, **217**. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.093>
- Yani, A. 2024. Jenis dan kelimpahan mikroplastik pada air di Pesisir Pantai Monpera Kota Balikpapan Kalimantan Timur. *Jurnal Tropical Aquatic Sciences*, **3**(1). <https://doi.org/10.30872/tas.v3i1.803>
- Yona, D., Harlyan, L. I., Fuad, M. A. Z., Prananto, Y. P., Ningrum, D., & Evitantri, M. R. 2021. Komposisi mikroplastik pada organ sardinella lemuru yang didaratkan di Pelabuhan Sendangbiru, Malang. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, **5**(3). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.03.20>
- Yona, D., Maharani, M. D., Cordova, M. R., Elvania, Y., & Dharmawan, I. W. E. 2020. Analisis mikroplastik di insang dan saluran pencernaan ikan karang di Tiga Pulau Kecil dan Terluar Papua, Indonesia: kajian awal. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, **12**(2), 497–507. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.25971>
- Yona, D., Mahendra, B. A., Fuad, M. A. Z., Sartimbul, A., & Sari, S. H. J. 2022. Kelimpahan mikroplastik pada insang dan saluran pencernaan ikan lontok *Ophiocara porocephala* Valenciennes, 1837 (Chordata: *Actinopterygii*) di Ekosistem Mangrove Dubibir, Situbondo. *Jurnal Kelautan Tropis*, **25**(1), 39–47. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i1.12341>.
- Yona, D., Nandaningtyas, Z., Siagian, B. D. M., Sari, S. H. J., Yunanto, A., Iranawati, F., ... & Maharani, M. D. 2019. Microplastic in The Bali Strait: Comparison of two sampling methods. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, **24**(4), 153-158.
- Yumni, Z., Yunita, D., & Sulaiman, M. I. 2020. Identifikasi cemaran mikroplastik pada ikan tongkol (*Euthynnus affinis* C.) dan dencis (Sardinella lemuru) di TPI Lampulo, Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, **5**(1). <https://doi.org/10.17969/jimfp.v5i1.13808>
- Yusari, T. & Purwohandoyo, J. 2020. Potensi timbunan sampah plastik Tahun 2035. *Jurnal Pendidikan Geografi*, **25**(2), 88-101.