



## Kajian Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) di Teluk Palu

### Analysis of Microplastic of Mackerel (*Rastrelliger sp.*) Ingestion from the Palu Bay

Roni Hermawan<sup>1\*</sup>, Nur Hasanah<sup>2</sup>, Aswad Eka Putra<sup>1</sup>, Andi Heryanti Rukka<sup>3</sup>, Musayyadah Tis'in<sup>1</sup>, dan Salim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta KM. 9, Palu, Indonesia 94118

<sup>2</sup> Program Studi Sumberdaya Akuatik, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta KM. 9, Palu, Indonesia 94118

<sup>3</sup> Program Studi Akuakultur, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta KM. 9, Palu, Indonesia 94118

#### ABSTRAK

Keberadaan mikroplastik semakin meningkat seiring meningkatnya ketergantungan aktifitas manusia terhadap plastik. Limbah plastik yang terbuang dan luruh menjadi mikroplastik di laut meningkatkan konsentrasi mikroplastik di laut. Kandungan mikroplastik dalam ikan perlu diketahui mengingat tingginya konsumsi ikan laut lokal di Kota Palu. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung konsentrasi mikroplastik pada sistem pencernaan ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) di Teluk Palu dan mengkaji jenis kandungan plastik yang terdapat pada pencernaan ikan kembung Teluk Palu. Sampling ikan yang diambil adalah ikan hasil tangkapan nelayan lokal Teluk Palu, sampel yang diambil adalah ikan yang segar. Pengukuran mikroplastik dilakukan dengan metode destruksi bahan organik pada saluran pencernaan ikan menggunakan larutan KOH 10% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 50%, perendaman antara 24 hingga 60 jam tergantung ukuran saluran pencernaan. Setelah bahan organik larut, sampel akan diamati menggunakan mikroskop untuk mengamati kandungan mikroplastik pada sampel, untuk memastikan bahwa objek yang dianalisa adalah mikroplastik dilakukan metode *Hot Needle Test*. Berdasarkan hasil analisa sampel mikroplastik di Teluk Palu dari 95 sampel ikan kembung ditemukan 4 sampel ikan yang terpapar mikroplastik dengan konsentrasi rata-rata 1,66±0,35 partikel/g berat ikan yang terpapar mikroplastik.

Kata kunci: Mikroplastik, pencernaan, polusi plastik, *Rastrelliger sp.*, Teluk Palu

#### ABSTRACT

As humans rely more on plastics, microplastics are on the rise. Plastic waste that is littered and degrades into microplastics in the sea is an increase in the concentration of microplastics in the sea. The content of microplastics in fish needs to be known considering the high consumption of local marine fish in Palu City. The purpose of this study was to calculate the concentration of microplastics in the digestive system of mackerel (*Rastrelliger sp.*) in Palu Bay and to assess the type of plastic content found in the digestive system of mackerel (*Rastrelliger sp.*) in Palu Bay. The fish samples were caught by local fishermen in Palu Bay, and the samples taken were fresh fish. The measurement of microplastics was carried out by the method of decomposition of organic matter in the digestive tract of fish using 10% KOH solution and 30% to 50% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, soaking between 24 to 60 hours depending on the size of the digestive tract. After the organic material was dissolved, the sample was observed under a microscope to observe the microplastic content in the sample, to ensure that the object being analyzed is microplastic, the *Hot Needle Test* method was used. Based on the analysis of microplastic samples in Palu Bay from 95 samples of mackerel (*Rastrelliger sp.*), 4 fish samples were found to be exposed to microplastics with an average concentration of 1.66 ± 0.35 particles / weight of fish exposed to microplastics.

Keywords: Digestion, microplastics, Palu Bay, plastic pollution, *Rastrelliger sp.*

#### \*Corresponding Author:

Roni Hermawan, Ilmu Kelautan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako; [ronihermawanpalu@gmail.com](mailto:ronihermawanpalu@gmail.com)

Diterima: 24-07-2024

Disetujui: 03-12-2024

Diterbitkan: 11-12-2024

Kutipan: Hermawan, R., Hasanah, N., Putra, A. E., Rukka, A. H., Tis'in, M., & Salim, S. (2024). Kajian Mikroplastik pada Alat Pencernaan Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) di Teluk Palu. *Jurnal Ilmiah AgriSains*, 25(3), 192–202. <https://doi.org/10.22487/jiagrisains.v25i3.2024.192-202>.

Open Access: <https://ejournal.fapetkan.untad.ac.id/index.php/agrisains>

## PENDAHULUAN

Setengah dari kebutuhan nutrisi dan protein dihasilkan dari produk perikanan laut (Duarte *et al.*, 2009; Gjedrem *et al.*, 2012), sebagian besar bentuk protein hewani bersumber dari ikan (Srinivasa Gopal, 2020). Pengelolaan dan kesadaran masyarakat terkait sampah plastik Indonesia sangat perlu diperbaiki menurut (Jambeck *et al.*, 2015; Purwanegara *et al.*, 2023), sampah plastik yang sengaja dibuang atau terbuang tanpa pengelolaan akan berakhir di laut memperburuk Indonesia dalam pengelolaan sampah (Cahyani *et al.*, 2023).

Mikroplastik (MP) adalah plastik luruhan yang memiliki ukuran <5mm hingga 1 $\mu$ m (Cole, 2014; Cole, 2016). Mikroplastik sekunder adalah pecahan, fragmen atau peluruhan plastik menjadi lebih kecil (Supit *et al.*, 2022; Waldman and Rillig, 2020; Dyachenko *et al.*, 2017). Fragmentasi terjadi bahan plastik seperti bahan kain, kemasan makanan, cat dan berbagai plastik yang memiliki kualitas rendah yang terbuang. Plastik akan mengalami proses fragmentasi, terutama akibat adanya kerusakan mekanis oleh gelombang dan proses fotokimia yang dipicu oleh sinar UV-B (Andrady *et al.*, 2022; Brouzet *et al.*, 2021; Halle *et al.*, 2019). Mikroplastik sering ditemukan melayang di kolom air atau bercampur dengan sedimen, konsumsi partikel mikroplastik ini dapat terjadi secara tidak sengaja selama mencari makan. Ikan tidak hanya memiliki kemampuan untuk mengkonsumsi, tetapi juga menyerap dan mendaur ulang mikroplastik. Secara kuantitatif, jumlah rata-rata mikroplastik yang tertelan dapat meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran ikan (Hermawan *et al.*, 2021; Oza *et al.*, 2024; Roch *et al.*, 2021). Organisme laut sering salah mengidentifikasi mangsa, hal ini karena bentuk dan warna plastik sering menyerupai mangsa alami. Pada ikan predator, memakan mangsanya dengan cepat yang merupakan sifat alami ikan predator, sehingga paparan mikroplastik kedalam rantai makanan (Alberghini *et al.*, 2023; Cverenkárová *et al.*, 2021; Gad and Midway, 2022; Lopes *et al.*, 2020; Mahu *et al.*, 2023; Scacco *et al.*, 2022). Organisme omnivora sebagai pemakan segala mengkonsumsi makanan hewani dan nabati. Organisme omnivora memanfaatkan lebih banyak jenis makanan, sehingga tidak mengherankan omnivora menelan lebih banyak partikel mikroplastik (Egbeocha *et al.*, 2018; Kang *et al.*, 2021; Valdez-Cibrián *et al.*, 2024). Mikroplastik merupakan ancaman potensial terhadap kesehatan dan kegiatan manusia. Mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh organisme, mengakibatkan kerusakan fisik dan kimia seperti kerusakan organ internal dan penyumbatan saluran pencernaan, bersifat karsinogenik dan gangguan endokrin (Oehlmann *et al.*, 2009; Talsness *et al.*, 2009). Hilangnya keanekaragaman hayati ditengarai salah satunya oleh penambahan mikroplastik di perairan (Sridharan *et al.*, 2021).

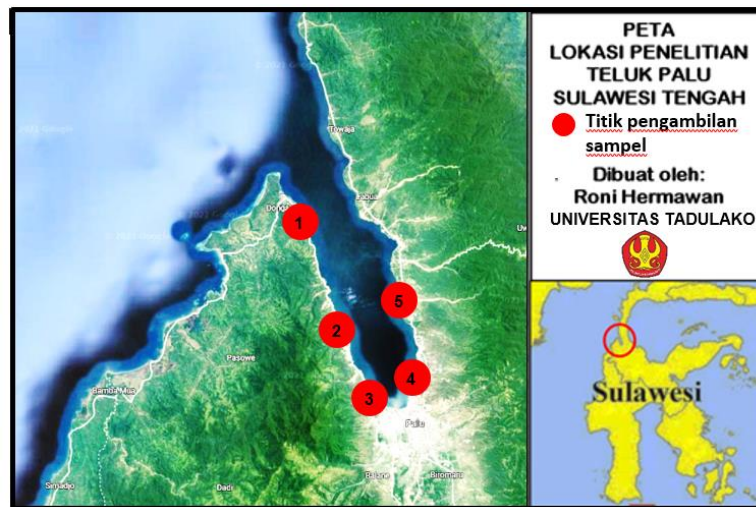
Ikan kembung dari nelayan tradisional dijadikan sampel dikarenakan di nelayan tradisional sebagian besar konsumennya adalah warga lokal Teluk Palu yang membeli ikan segar untuk dikonsumsi. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Menghitung konsentrasi mikroplastik pada saluran pencernaan ikan kembung di Teluk Palu; 2) Mengidentifikasi jenis kandungan plastik apa yang terdapat pada sistem pencernaan ikan kembung di Teluk Palu.

## MATERI DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Juli-September 2024 di beberapa pendaratan ikan di sepanjang pesisir Teluk Palu (Desa Watusampu, Desa Tipo, muara Sungai Palu dan Kelurahan Taipa), masing-masing lokasi memiliki pendaratan ikan tradisional (Gambar 1) dan dilakukan pengamatan sampel pada Laboratorium Program Studi Akuakultur Universitas Tadulako, Palu. Pendaratan ikan tradisional dipilih karena lokasi penangkapan

(*fishing ground*) nelayan tradisional hanya disekitar lokasi tersebut saja, trip nelayan tradisional hanya sekitar 3-6 jam per hari (jam 06.00 sampai 09.00 WITA) dengan perahu mesin katinting dan alat tangkap pancing ulur. Sehingga ikan pada pendaratan tradisional akan menggambarkan kondisi ikan pada titik pengamatan tersebut.



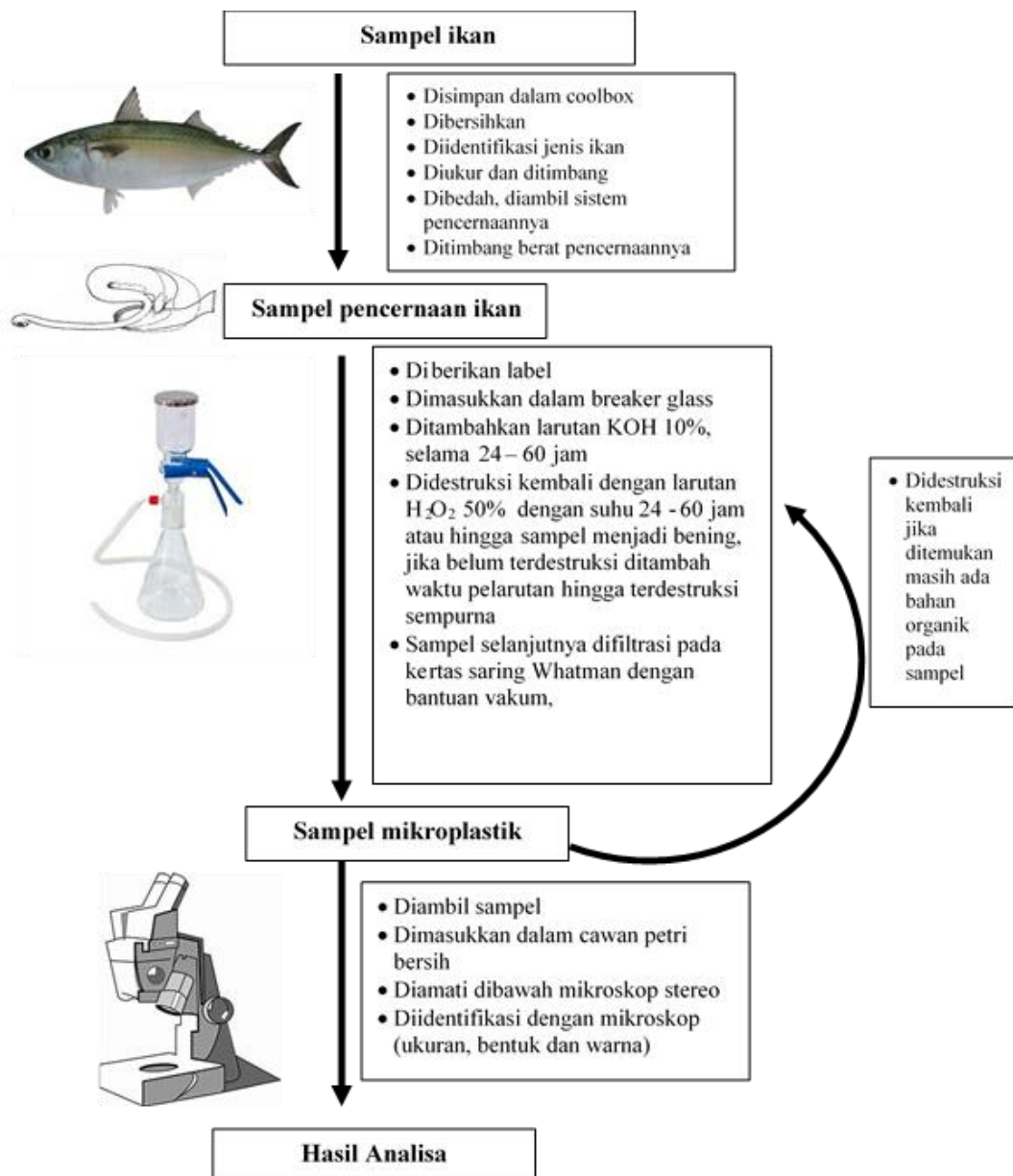
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Analisa Sampel Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Kembung

Seluruh sampel ikan kembung dari sampling nelayan tradisional diberi label dan disimpan dalam coolbox dengan es batu selama perjalanan ke laboratorium dan disimpan dalam freezer untuk pengamatan selanjutnya. Sampel ikan didokumentasikan dan diidentifikasi, dilakukan pengukuran morfometrik ikan. Sampel ikan selanjutnya diambil pencernaannya dan ditimbang berat basah saluran pencernaannya (Arisanti, 2023; Erlangga *et al.*, 2022).

Sampel saluran pencernaan selanjutnya dilarutkan KOH 10% hingga terendam seluruhnya (sekitar 10 ml) dalam botol sampel berbahan kaca atau erlenmeyer 200 ml untuk mendestruksi alat pencernaan ikan. Perendaman dilakukan selama 24 jam hingga 60 jam (Suwartiningsih *et al.*, 2020) lama perendaman disesuaikan dengan volume organ pencernaan ikan. Perendaman dilanjutkan dengan menambahkan larutan  $H_2O_2$  50% sekitar 5 ml selama 48 hingga 60 jam hingga sampel berubah menjadi lebih bening yang menandakan proses destruksi telah selesai (Yona *et al.*, 2020).

Sampel selanjutnya difiltrasi pada kertas saring Whatman No. 41 dengan bantuan vakum. Kertas saring diletakkan pada *petri dish* bersih (Bessa *et al.*, 2018) untuk selanjutnya sampel diamati (ukuran, bentuk dan warna) dan diidentifikasi jenis mikroplastik menggunakan mikroskop stereo pada perbesaran 20x hingga 40x. Pengamatan mikroplastik untuk membedakan jenisnya dengan mengamati bentuk dan struktur sampel mikroplastik. Jenis mikroplastik dibedakan menjadi film, fragmen, dan fiber (Hermawan *et al.*, 2021; Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012; Mohamed Nor and Obbard, 2014). Setelah bahan organik larut, sampel akan diamati menggunakan mikroskop untuk mengamati kandungan mikroplastik pada sampel, *Hot Needle Test* dilakukan untuk memastikan sampel yang dianalisa adalah mikroplastik (De Witte *et al.*, 2021). Sampel mikroplastik ditempelkan jarum yang tajam dan dipanaskan, sampel merupakan material plastik jika meleleh tersentuh jarum panas. Diagram alir dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sampel Ikan Kembung

Hasil dari pengukuran sampel ikan kembung sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengukuran sampel ikan kembung

No. Stasiun	Lokasi Stasiun	Jumlah (ekor)	Rata-rata berat (g)	
			Tubuh	Saluran pencernaan
1.	Desa Watusampu	18	15 - 38	1,1 - 2,8
2.	Desa Tipo	21	13 - 42	1,3 - 3,0
3.	Muara Sungai Palu	21	15 - 39	1,4 - 3,2
4.	Kelurahan Taipa	35	14 - 45	0,7 - 2,5
Jumlah total sampel ikan		95		



Sampel ikan yang dianalisa berjumlah 95 ekor, jumlah yang terkumpul tidak sama dikarenakan jumlah tangkapan nelayan tradisional tidak menentu dan beberapa nelayan tidak beraktivitas dikarenakan angin dan curah hujan yang tinggi. Rentang berat tubuh ikan kembung yang diperoleh berkisar antara 14 g hingga 45 g. Sampel ikan selanjutnya diambil saluran pencernaannya, berat saluran pencernaan berkisar antara 0,7 g hingga 3,2 g. Berat tubuh ikan mempengaruhi besar saluran pencernaannya (Jarmanto *et al.*, 2014).

### Mikroplastik dalam Saluran Pencernaan

Berdasarkan analisa sampel saluran pencernaan ikan pada 95 sampel ikan, ditemukan 4 partikel mikroplastik dalam sampel (Tabel 2). Jenis mikroplastik serpihan (*fragment*) ditemukan pada 3 sampel ikan, sedangkan jenis lembaran (*film*) ditemukan pada 1 sampel pencernaan ikan.

Tabel 2. Hasil pengukuran sampel mikroplastik

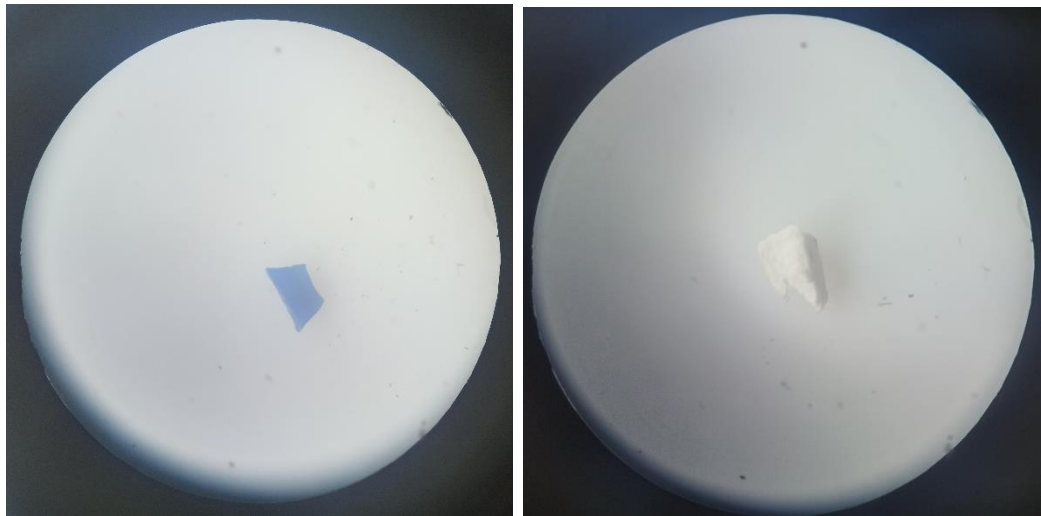
No. Stasiun	Lokasi Stasiun	Jumlah ikan terpapar mikroplastik (ekor)	Konsentrasi mikroplastik (partikel/g)
1.	Desa Watusampu	0	0
2.	Desa Tipo	0	0
3.	Muara Sungai Palu	3	1,66±0,35
4.	Kelurahan Taipa	1	0,42

Mikroplastik jenis *fragment* atau serpihan (Gambar 3) sering ditemukan pada sampel ikan (Lusher, 2015; Tanaka and Takada, 2016). Mikroplastik jenis serpihan merupakan luruhan dari material plastik yang rapuh dikarenakan penuaan material plastik asalnya dan menjadi luruhan yang memiliki ukuran lebih kecil (Budiarti, 2021; Umayah and Windusari, 2024). Sampel juga menunjukkan bahwa pada stasiun 3 (muara Sungai Palu) paling tinggi ditemukan mikroplastik. Muara sungai merupakan lokasi masuknya berbagai pencemaran dari daratan ke laut, sehingga kelimpahan mikroplastik tinggi pada stasiun 3. Berdasarkan Liro *et al.*, (2023) serpihan plastik banyak ditemukan di sungai (Lin *et al.*, 2024; Liro *et al.*, 2023), muara (Liro *et al.*, 2023; Nakano *et al.*, 2024), saluran drainase (Upadhyay dan Bajpai, 2023) dan pesisir pantai (Hermawan *et al.*, 2023) yang sangat mudah untuk masuk ke laut.

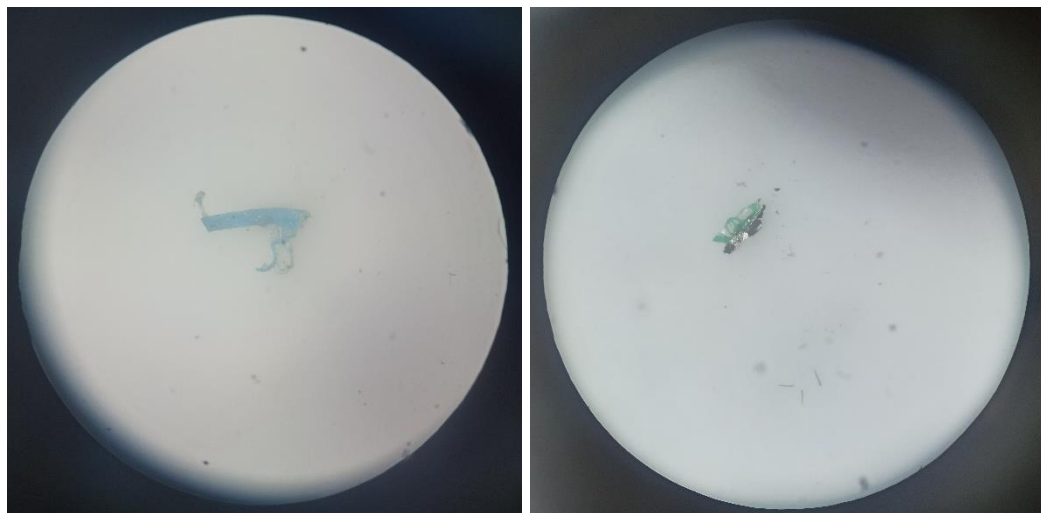
Pada stasiun 3 ditemukan 2 partikel jenis serpihan dan 1 jenis lembaran (*film*). Pada stasiun 4 hanya ditemukan 1 sampel dengan jenis lembaran (*film*) saja. Stasiun 4 merupakan lokasi pemukiman penduduk dengan berbagai aktivitasnya dan beberapa sungai yang langsung mengarah ke laut. Terdapat juga beberapa industri dan pelabuhan kapal barang di Kelurahan Taipa. Aktivitas pemukiman dengan berbagai kompleksitasnya merupakan salah satu sumber sampah plastik yang tidak terkelola dan berdampak pada meningkatnya mikroplastik di pesisir dan laut (Kapo *et al.*, 2020; Kurniawan *et al.*, 2021). Pelabuhan dan berbagai industri juga turut menjadi penyumbang mikroplastik terlebih lagi berlokasi di dekat pantai atau sungai (Candra, 2023; Fitriyah *et al.*, 2022; Seprandita *et al.*, 2022)

Jenis lembaran (*film*) mikroplastik (Gambar 4) juga sering ditemukan pada berbagai jenis ikan air laut (Arisanti, 2023; Hidayati *et al.*, 2023; Lopes *et al.*, 2020) dan air tawar (Range *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2023). Mikroplastik jenis lembaran (*film*) berasal dari luruhan atau serpihan plastik kemasan, pembungkus, pelapis atau segala jenis plastik tipis berpotensi menjadi penyumbang mikroplastik jenis lembaran (*film*) (Chen *et al.*, 2021; Seftianingrum *et al.*, 2023; Wei *et al.*, 2021). Mikroplastik film sangat mudah terbentuk dari

luruhan plastik seperti tas plastik sekali pakai, bahan tekstil dan berbagai plastik yang digunakan sebagai pelapis yang tipis (Wei *et al.*, (2021).



Gambar 3. Mikroplastik jenis serpihan (*fragment*)



Gambar 4. Mikroplastik jenis lembaran (*film*)

Kajian terhadap mikroplastik pada ikan kembung sudah banyak dilakukan (Arisanti, 2023; Erlangga *et al.*, 2022; Hidayati *et al.*, 2023; Lumban Tobing *et al.*, 2020) dari riset-riset tersebut beberapa memiliki angka konsentrasi paparan mikroplastik yang cukup tinggi, Seperti pada riset Erlangga *et al.* (2022) melaporkan keberadaan  $44.93 \pm 0.51$  partikel/ml dalam alat pencernaan, dan Ningsi *et al.* (2023) berhasil mengkaji persentase paparan sebesar 65% dari 60 sampel ikan kembung atau terpapar 123 partikel mikroplastik.

Paparan mikroplastik akan berdampak pada kesehatan ikan kembung, berdasarkan penelitian oleh Anggraini *et al.* (2020) pemeriksaan histologis jaringan insang mengungkapkan kerusakan yang signifikan, termasuk fusi lamela, hiperplasia, nekrosis, deskuamasi dan penyumbatan saluran jaringan tubuh. Pada jaringan saluran pencernaan, analisis histologis menunjukkan kerusakan berupa peradangan, perdarahan, dan nekrosis. Menurut Hajisamae *et al.* (2022), ikan kembung memakan mikroplastik dikarenakan mengira mikroplastik tersebut adalah mangsanya yang terdiri dari jenis *diatoms* (46,80%), *copepods* (15,85%), dan *dinoflagellates* (13,95%). Ikan kembung akan memangsa yang menyerupai mangsanya dan sesuai dengan ukuran bukaan mulut, menurut Hajisamae *et*

al. (2022) jenis mikroplastik yang termangsa oleh ikan kembung berupa serpihan (*fragment*) dan memiliki warna biru, hijau dan merah yang sering ditemukan pada saluran pencernaannya.

Berdasarkan hasil analisa sampel mikroplastik di Teluk Palu dari 95 sampel ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) ditemukan 4 sampel ikan yang terpapar mikroplastik dengan konsentrasi rata-rata  $1,66 \pm 0,35$  partikel/g berat ikan yang terpapar mikroplastik. Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian mikroplastik pada ikan kembung dari berbagai lokasi (Arisanti, 2023; Erlangga et al., 2022; Hidayati et al., 2023; Lumban Tobing et al., 2020), pada Teluk Palu masih tergolong rendah, akan tetapi hasil ini dapat menjadi rujukan terutama pemangku kebijakan bahwa mikroplastik sudah menyebar di Teluk Palu hingga masuk kedalam rantai makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat Kota Palu.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa mikroplastik di Teluk Palu dari 4 titik lokasi penelitian terdiri dari 95 sampel ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) ditemukan 4 sampel yang terpapar mikroplastik jenis serpihan (*fragment*) dan lembaran (*film*) konsentrasi rata-rata  $1,66 \pm 0,35$  partikel/g berat ikan yang terpapar mikroplastik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Daftar Isian Pelaksana Anggaran (DIPA) BLU Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako dengan No. SK 2659/UN28/KU/2024, tanggal 22 Mei 2024, sebagai pemberi dana (donatur) sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alberghini, L., Truant, A., Santonicola, S., Colavita, G., & Giaccone, V. (2023). Microplastics in Fish and Fishery Products and Risks for Human Health: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 789.
- Andrady, A. L., Barnes, P. W., Bornman, J. F., Gouin, T., Madronich, S., White, C. C., Zepp, R. G., & Jansen, M. A. K. (2022). Oxidation and fragmentation of plastics in a changing environment; from UV-radiation to biological degradation. *Science of the Total Environment*, 851(August), 158022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158022>
- Anggraini, R., Risjani, Y., & Yanuhar, U. (2020). Quantification and Detection of Microplastic Contamination in the Gills and Digestive Tract of *Rastrelliger* Sp: A Study on Marine Environmental Health. Available at SSRN 4848579., 12(1), 167–180.
- Arisanti, G. (2023). Analisis Mikroplastik Pada Saluran Pencernaan Ikan Kembung (*Rastrelliger* Sp.) di Pelabuhan Perikanan Samudera Belawan, Sumatera Utara. *Water and Marine Pollution Journal: PoluSea*, 1(1), 45–60. <https://doi.org/10.21776/ub.polusea.2023.001.01.4> p.111243 p.111243
- Bessa, F., Barría, P., Neto, J. M., Frias, J. P. G. L., Otero, V., Sobral, P., & Marques, J. C. (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 128(January), 575–584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>
- Brouzet, C., Guiné, R., Dalbe, M., Favier, B., Vandenberghe, N., Villermaux, E., Verhille, G., Brouzet, C., Guiné, R., Dalbe, M., Favier, B., & Vandenberghe, N. (2021). Laboratory model for plastic fragmentation in the turbulent ocean. *Disertasi tidak diterbitkan*. College of Professional Studies Northeastern University Boston, Massachusetts.

- Budiarti, E. C. (2021). Identifikasi Mikroplastik pada Feses Manusia. *Environmental Pollution Journal*, 1, 87–88. <https://journalecoton.id/index.php/epj>
- Cahyani, F. A., Jaya, B. P. M., & Wijaya, D. (2023). Marine Waste Management Policy As An Effort To Prevent Environmental Pollution And Sustainability Of Marine Ecosystems: Indonesia Perspective. *Jurnal Legalitas*, 16(2), 217–233. <https://doi.org/10.33756/jelta.v16i2.21158>
- Candra, K. A. (2023). *Waste in Gresik and Sidoarjo*. 3(November), 833–840.
- Chen, Q., Wang, Q., Zhang, C., Zhang, J., Dong, Z., & Xu, Q. (2021). Aging simulation of thin-film plastics in different environments to examine the formation of microplastic. *Water Research*. Volume 202, 117462. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117462>
- Cole, M. (2014). The impacts of microplastics on zooplankton. *PhD Thesis, University of Exeter, GB, March*, 137. <https://www.researchgate.net/project/The-impact-of-microplastics-on-zooplankton/update/58fdf93082999cfc94633335>
- Cole, M. (2016). A novel method for preparing microplastic fibers. *Scientific Reports*, 6(October), 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep34519>
- Cverenkárová, K., Valachovičová, M., Mackul'ak, T., Žemlička, L., & Bírošová, L. (2021). Microplastics in the food chain. *Life*, 11(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/life11121349>
- De Witte, B., Catarino, A. I., Vandecasteele, L., Dekimpe, M., Meyers, N., Deloof, D., Pint, S., Everaert, G., & Torreelle, E. (2021). *Extraction and Quantification of Microplastics in the Gastrointestinal Tract of Fish. Version 2*, 1–4. <https://hdl.handle.net/10.48470/7%0A1>
- Duarte, C. M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, D., Marbà, N., Guiu, J., Black, K., & Karakassis, I. (2009). Will the oceans help feed humanity? *BioScience*, 59(11), 967–976. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.8>
- Dyachenko, A., Mitchell, J., & Arsem, N. (2017). Extraction and identification of microplastic particles from secondary wastewater treatment plant (WWTP) effluent. *Analytical Methods*, 9(9), 1412–1418. <https://doi.org/10.1039/c6ay02397e>
- Egbeocha, C. O., Malek, S., Emenike, C. U., & Milow, P. (2018). Feasting on microplastics: Ingestion by and effects on marine organisms. *Aquatic Biology*, 27, 93–106. <https://doi.org/10.3354/ab00701>
- Erlangga, E., Ezraneti, R., Ayuzar, E., Adhar, S., Salamah, S., & Lubis, H. B. (2022). Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Kembung (*Rastrelliger sp*) di TPI Belawan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(3), 206–215. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i3.11746>
- Fitriyah, A., Syafrudin, S., & Sudarno, S. (2022). Identifikasi Karakteristik Fisik Mikroplastik di Sungai Kalimas, Surabaya, Jawa Timur. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 350–357. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.350-357>
- Gad, A. K., & Midway, S. R. (2022). Relationship of Microplastics to Body Size for Two Estuarine Fishes. *Microplastics*, 1(1), 211–220. <https://doi.org/10.3390/microplastics1010014>
- Gjedrem, T., Robinson, N., & Rye, M. (2012). The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture*, 350–353, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.008>
- Hajisamae, S., Soe, K. K., Pradit, S., Chaiyvareesajja, J., & Fazrul, H. (2022). Feeding habits and microplastic ingestion of short mackerel, *Rastrelliger brachysoma*, in a tropical estuarine environment. *Environmental Biology of Fishes*, 105(2), 289–302. <https://doi.org/10.1007/s10641-022-01221-z>



- Halle, A., Ladirat, L., Gendre, X., Goudounèche, D., Pusineri, C., Routaboul, C., Tenailleau, C., Perez, E., Halle, A., Ladirat, L., Gendre, X., Goudounèche, D., & Pusineri, C. (2019). *Understanding the Fragmentation Pattern of Marine Plastic Debris. Environmental science & technology, 50(11), pp.5668-5675.*
- Hermawan, R., Adel, Y. S., Mubin, M., Salanggon, A. M., Aristawati, A. T., Renol, R., Pramita, E. A., Dewanto, D. K., Syahril, M., Muliadin, M., & Ula, R. (2023). Analisis Cemaran Mikroplastik Di Pesisir Teluk Palu, Sulawesi Tengah. *JAGO TOLIS: Jurnal Agrokomples Tolis, 3(2), 68.* <https://doi.org/10.56630/jago.v3i2.294>
- Hermawan, R., Adel, Y. S., & Syahril, M. (2021). *Kajian Mikroplastik pada Ikan Konsumsi Masyarakat di Teluk Palu, Sulawesi Tengah Microplastic on Local Fish Consumption in Palu Bay, Central Sulawesi.* *Journal of Marine Research, 11(2), pp.267-276.*
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology, 46(6), 3060–3075.* <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Hidayati, N. V., Rachman, F. O. B., Muslih, Hidayat, R. R., Meinita, M. D. N., Hendrayana, Husni, I. A., Andriyono, S., & Sanjayasari, D. (2023). Microplastics contamination in commercial fish landed at Lengkong Fish Auction Point, Central Java, Indonesia. *Journal of Water and Land Development, 58, 70–78.* <https://doi.org/10.24425/jwld.2023.146599>
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & K, L. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science, 347(6223), 768–771.*
- Jarmanto, J., Yusfiati, Y., & Elvyra, R. (2014). Morfometrik Saluran Pencernaan Ikan Parang-Parang (*Chirocentrus dorab* Forsskal 1775) dari Perairan Laut Bengkalis Provinsi Riau. *Doctoral Dissertation, Riau University, 3(3), 63–77.*
- Kang, T., Kim, D., & Oh, J. H. (2021). Ingestion of microplastics by free-living marine nematodes, especially *enoplolaimus* spp., in mallipo beach, south korea. *Plankton and Benthos Research, 16(2), 109–117.* <https://doi.org/10.3800/pbr.16.109>
- Kapo, F. A., Toruan, L. N. L., & Paulus, C. A. (2020). Permukaan Air Di Perairan Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadak, 1(1), 10–21.*
- Kurniawan, R. R., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Mikroplastik Pada Sedimen di Zona Pemukiman, Zona Perlindungan Bahari dan Zona Pemanfaatan Darat Kepulauan Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina, 10(2), 189–199.* <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i2.31733>
- Lin, H. T., Schneider, F., Aziz, M. A., Wong, K. Y., Arunachalam, K. D., Praveena, S. M., Sethupathi, S., Chong, W. C., Nafisyah, A. L., Parthasarathy, P., Chelliapan, S., & Kunz, A. (2024). Microplastics in Asian rivers: Geographical distribution, most detected types, and inconsistency in methodologies. *Environmental Pollution, 349(April), 123985.* <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123985>
- Liro, M., Zielonka, A., & van Emmerik, T. H. M. (2023). Macroplastic fragmentation in rivers. *Environment International, 180(May), 108186.* <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108186>
- Lopes, C., Raimundo, J., Caetano, M., & Garrido, S. (2020). Microplastic ingestion and diet composition of planktivorous fish. *Limnology and Oceanography Letters, 5(1), 103–112.* <https://doi.org/10.1002/lol2.10144>
- Tobing, S. J. B. L., Hendrawan, I. G., & Faiqoh, E. (2020). Karakteristik Mikroplastik pada Ikan Laut Konsumsi yang Didaratkan di Bali. *Journal of Marine Research and Technology, 3(2), 102–107.* <https://doi.org/10.24843/jmrt.2020.v03.i02.p07>

- Lusher, A. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 1–447). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Mahu, E., Datsomor, W. G., Folorunsho, R., Fisayo, J., Crane, R., Marchant, R., Montford, J., Boateng, M. C., Edusei Oti, M., Oguguah, M. N., & Gordon, C. (2023). Human health risk and food safety implications of microplastic consumption by fish from coastal waters of the eastern equatorial Atlantic Ocean. *Food Control*, 145p . <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109503>
- Mohamed Nor, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2), 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Nakano, H., Alfonso, M. B., Jandang, S., Phinchan, N., Chavanich, S., Viyakarn, V., & Isobe, A. (2024). Influence of monsoon seasonality and tidal cycle on microplastics presence and distribution in the Upper Gulf of Thailand. *Science of the Total Environment*, 920 p. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170787>
- Ningsi, P. D., Sabariah, V., & Lapadi, I. (2023). Identification of Microplastic in Mackerel Fish (*Rastrelliger brachysoma*) From Lift Net in Lemon Island-Manokwari, West Papua. *2nd International Seminar on Fish and Fisheries Sciences (2nd ISFFS) 2023, July*, (pp. 8–10). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28065.99683>
- Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., Wollenberger, L., Santos, E. M., Paull, G. C., VanLook, K. J. W., & Tyler, C. R. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2047–2062. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0242>
- Oza, J., Rabari, V., Yadav, V. K., Sahoo, D. K., Patel, A., & Trivedi, J. (2024). A Systematic Review on Microplastic Contamination in Fishes of Asia: Polymeric Risk Assessment and Future Prospectives. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 43(4), 671–685. <https://doi.org/10.1002/etc.5821>
- Purwanegara, M. S., Pinandhika, A. A. N. T., Sun, Y., & Athalia, R. (2023). Analyzing the Factors That Affect the Amount of Plastic Waste. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 6(2), 229–257. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v6i2.16654>
- Range, D., Scherer, C., Stock, F., Ternes, T. A., & Hoffmann, T. O. (2023). Hydro-geomorphic perspectives on microplastic distribution in freshwater river systems: A critical review. *Water Research*, Vol 245. 120567. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120567>
- Roch, S., Ros, A. F., Friedrich, C., & Brinker, A. (2021). *Microplastic evacuation in fish is particle size-dependent*. *Freshwater Biology*, 66(5). pp.926-935.
- Scacco, U., Mancini, E., Marcucci, F., & Tiralongo, F. (2022). Microplastics in the Deep: Comparing Dietary and Plastic Ingestion Data between Two Mediterranean Bathyal Opportunistic Feeder Species, *Galeus melastomus*, *Rafinesque*, 1810 and *Coelorinchus caelorhincus* (Risso, 1810), through Stomach Content Analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5). 10, hal 624. <https://doi.org/10.3390/jmse10050624>
- Seftianingrum, B., Hidayati, I., & Zummah, A. (2023). Identifikasi Mikroplastik pada Air, Sedimen, dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Jeumpa*, 10(1), 68–82. <https://doi.org/10.33059/jj.v10i1.7408>
- Seprandita, C. W., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Zona Pemukiman, Zona Pariwisata dan Zona Perlindungan Kepulauan Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1), 111–122. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.30189>

- Sridharan, S., Kumar, M., Bolan, N. S., Singh, L., Kumar, S., Kumar, R., & You, S. (2021). Are microplastics destabilizing the global network of terrestrial and aquatic ecosystem services? *Environmental Research*, 198p, 111243. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111243>
- Srinivasa Gopal, T. K. (2020). Foods from the ocean for nutrition, health, and wellness. In *Nutritional and Health Aspects of Food in South Asian Countries*. INC. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820011-7.00017-4>
- Sun, X. L., Xiang, H., Xiong, H. Q., Fang, Y. C., & Wang, Y. (2023). Bioremediation of microplastics in freshwater environments: A systematic review of biofilm culture, degradation mechanisms, and analytical methods. *Science of the Total Environment*, 863(December 2022), 160953. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160953>
- Supit, A., Tompodung, L., & Kumaat, S. (2022). Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan*, 13(1), 199–208. <https://doi.org/10.26630/jk.v13i1.2511>
- Suwartiningsih, N., Setyowati, I., & Astuti, R. (2020). Microplastics in Pelagic and Demersal Fishes of Pantai Baron, Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Biodjati*, 5(1), 33–49. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v5i1.7768>
- Talsness, C. E., Andrade, A. J. M., Kuriyama, S. N., Taylor, J. A., & Saal, F. S. V. (2009). Components of plastic: Experimental studies in animals and relevance for human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2079–2096. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0281>
- Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports*, 6(September), 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep34351>
- Umayah, S. A., & Windusari, Y. (2024). Identifikasi Mikroplastik Pada Sedimen di Perairan Sungai Musi Wilayah Kabupaten Banyuasin. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 16(September), 10–19.
- Upadhyay, K., & Bajpai, S. (2023). Abundance, Characteristics, and Microplastics Load in Informal Urban Drainage System Carrying Intermixed Liquid Waste Streams. *Nature Environment and Pollution Technology*, 22(4), 1723–1746. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i04.004>
- Valdez-Cibrián, A., Kozak, E. R., & Franco-Gordo, C. (2024). Microplastic ingestion in marine mesozooplankton species associated with functional feeding traits. *Marine Environmental Research*, 200(May), 111243. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106650>
- Waldman, W. R., & Rillig, M. C. (2020). Microplastic Research Should Embrace the Complexity of Secondary Particles. *Environmental Science and Technology*, 54(13), 7751–7753. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02194>
- Wei, X. F., Bohlén, M., Lindblad, C., Hedenqvist, M., & Hakonen, A. (2021). Microplastics generated from a biodegradable plastic in freshwater and seawater. *Water Research*, 198, 117123. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117123>
- Yona, D., Maharani, M., Cordova, M., Elvania, Y., & Dharmawan, I. (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.