



MORFOLOGI INSANG IKAN LELE MUTIARA (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) YANG DIBERI PAPARAN MIKROPLASTIK POLIETILEN (PE) PADA PAKAN

Nurul Suwartiningsih^{1*}, Glady Sunggoro², Raffly Muhammad Dhiaulhaq³, Lyly Nur Indah Sari⁴, Kurnia Suci Maharani⁵, Ichsan Luqmana Indra Putra⁶, dan Haris Setiawan⁷

^{1&6}Laboratorium Ekologi dan Sistematika, Program Studi Biologi, FSTT, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

^{2,3,4,&5}Program Studi Biologi, FSTT, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

⁷Laboratorium Struktur dan Fisiologi Hewan, Program Studi Biologi, FSTT, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

*E-Mail : nurul.suwartiningsih@bio.uad.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.7702>

Submit: 30-04-2023; Revised: 22-05-2023; Accepted: 29-05-2023; Published: 30-06-2023

ABSTRAK: Mikroplastik dalam tubuh ikan dapat merusak fungsi organ. Salah satu biota perairan yang dapat terkena dampak mikroplastik adalah ikan lele Mutiara. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan morfologi insang ikan lele Mutiara setelah diberi paparan mikroplastik. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang terdiri atas empat perlakuan yaitu perlakuan pakan yang ditambahkan mikroplastik dengan bobot 0,00 mg/ 0,75 g pakan (kontrol); 0,01 mg/ 0,75 g pakan (P1); 0,1 mg/0,75 g (P2); dan 1 mg/0,75 g (P3). Setiap perlakuan diulang tujuh kali (tujuh ember) dan setiap ember diisi lima ekor ikan sehingga total menggunakan 140 ekor ikan. Perlakuan dilaksanakan selama 28 hari. Pengamatan parameter pertumbuhan dilakukan pada seluruh populasi yaitu 140 ekor ikan, sedangkan pembuatan preparat organ dilakukan pada sampel yaitu tiga ekor ikan dari masing-masing perlakuan. Sampel ikan diambil menggunakan teknik *stratified random sampling*. Parameter penelitian meliputi bobot insang, panjang lamela primer (LP) dan lamela sekunder (LS). Data dianalisis menggunakan uji *Kruskal Wallis* untuk mengetahui beda rata-rata setiap parameter antarperlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bobot insang tertinggi pada kontrol sebesar $1,76 \pm 0,47$ g dan terendah P1 sebesar $1,20 \pm 0,25$ g, meskipun tidak berbeda nyata signifikan. Bobot insang/ bobot tubuh tertinggi pada kontrol sebesar $0,06 \pm 0,02$ g dan terendah P1 dan P2 sebesar $0,04 \pm 0,00$ g, meskipun tidak berbeda nyata signifikan. Panjang LP tertinggi pada P3 sebesar $1250,34 \pm 294,81$ μ m dan terendah pada kontrol sebesar $894,78 \pm 399,10$ μ m, dan berbeda nyata signifikan. Panjang LS tertinggi pada P3 sebesar $33,69 \pm 4,34$ μ m dan terendah pada P1 sebesar $29,12 \pm 5,29$ μ m. Antara Kontrol, P2 dan P3, panjang LS tidak berbeda nyata signifikan. Mikroplastik PE sampai dengan 1,00 mg/ 0,75 g pakan tidak mengakibatkan penurunan bobot insang dan pemanjangan lamela sekunder, tetapi mengakibatkan pemanjangan lamela primer secara signifikan.

Kata Kunci: Bobot Insang, Histomorfometri, Lamela Primer, Lamela Sekunder.

ABSTRACT: Microplastics in the body of fish can damage the function of organs. One of the aquatic biota that can be affected by microplastics is Mutiara catfish. The study aimed to compare the gill morphology of Mutiara catfish after being exposed to microplastics. This study was an experimental study consisting of four treatments, feed treatment with microplastic added with a weight of 0.00 mg/0.75 g feed (control); 0.01 mg/ 0.75 g feed (P1); 0.1 mg/0.75 g (P2); and 1 mg/0.75 g (P3). Each treatment was repeated seven times (seven buckets) and each bucket was filled with five fish so that a total of 140 fish were used. The treatment was carried out for 28 days. Observation of growth parameters was carried out on the entire population, 140 fish, while organ preparation was carried out on a sample of three fish from each treatment. Fish samples were taken using a stratified random sampling technique. Research parameters include gill weight, primary lamela length (LP) and secondary lamela length (LS). The results showed the highest gill





weight at control 1.76 ± 0.47 g and the lowest at P1 1.20 ± 0.25 g, although it did not significantly different. The highest gill weight/ body weight at control 0.06 ± 0.02 g and the lowest P1 and P2 0.04 ± 0.00 g, although it did not significantly different. Primary lamela length (LP) was highest at P3 1250.34 ± 294.81 μm and lowest at Control 894.78 ± 399.10 μm , and it was significantly different. Secondary lamela length (LS) was highest at P3 33.69 ± 4.34 μm and lowest at P1 29.12 ± 5.29 μm . Among controls, P2 and P3; LS length did not significantly different. Microplastic PE up to 1.00 mg/ 0.75 g of feed does not result in a decrease of gill weight and elongation of secondary lamela, but results in significant lengthening of primary lamela.

Keywords: Gill Weight, Histomorphometry, Primary Lamella, Secondary Lamella.



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Plastik mulai menjadi salah satu produk yang sangat dibutuhkan masyarakat semenjak diproduksi sekitar tahun 1950. Sifat plastik yang murah, kuat, ringan, dan serba guna menjadikan pemakaian plastik semakin meningkat. Plastik yang digunakan umumnya akan terdegradasi di daratan (Hale *et al.*, 2020) dan menjadi mikroplastik dengan ukuran 0,1 – 5.000 μm (EFSA, 2016). Mikroplastik memiliki sifat persisten sehingga mencemari daratan dan perairan (Lusher *et al.*, 2017). Mikroplastik di laut diprediksi dapat menjadi dua kali lipat di tahun 2030 (Hale *et al.*, 2020).

Mikroplastik di perairan dapat memasuki tubuh biota perairan, secara langsung saat menelan air ataupun secara tidak langsung saat menelan mangsa yang sudah terdapat mikroplastik sebelumnya (Lusher *et al.*, 2017; Vendel *et al.*, 2017; Yona *et al.*, 2020). Mikroplastik di dalam tubuh biota perairan dapat memberikan efek secara fisik misalnya penyumbatan usus serta kekenyangan palsu (Gall & Thompson, 2015) ataupun efek secara fisiologis yang diakibatkan oleh bahan tambahan plastik seperti timbulnya gangguan hormon serta efek karsinogenik (Wright *et al.*, 2013).

Salah satu jenis dari mikroplastik yang paling dominan adalah polietilen (PE) (Pivokonsky *et al.*, 2018). Mikroplastik PE juga ditemukan paling dominan di sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta. Mikroplastik PE dapat berasal dari kemasan dan kantong plastik (Sulistyo *et al.*, 2020). Efek mikroplastik polietilen telah diteliti pada *Chaenorhabditis elegans* (Kim *et al.*, 2019), bekicot (*Achatina fulica*) (Song *et al.*, 2019) serta ikan Zebra (*Danio rerio*) (Batel *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2019; Limonta *et al.*, 2019), baik pengaruhnya ke pertumbuhan maupun ke organ seperti usus, hati dan insang.

Paparan mikroplastik PE berukuran 5 μm selama tujuh hari pada Ikan Zebra menyebabkan akumulasi pada insang, usus, dan hati, sedangkan ukuran 20 μm terakumulasi di insang dan usus (Lu *et al.*, 2016). Mikroplastik yang ditemukan di insang dan usus 12 jenis ikan terumbu karang di Pulau Liki, Befondi dan Missiu Papua menunjukkan mikroplastik lebih banyak ditemukan di insang daripada di usus (Yona *et al.*, 2020). Paparan mikroplastik HDPE dengan konsentrasi 1.100 partikel/ liter pada ikan Zebra usia 4 bulan selama 96 jam





menunjukkan 61 ± 10 % mikroplastik tertahan di usus dan 28 ± 10 % tertahan di insang (Mak *et al.*, 2019). Paparan mikroplastik jenis HDPE dan PS pada ikan Zebra selama 21 hari menunjukkan peningkatan neutrofil pada insang (Limonta *et al.*, 2019).

Efek mikroplastik pada morfologi insang ikan konsumsi seperti ikan lele Mutiara (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) belum pernah diteliti. Padahal, ikan lele Mutiara memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena permintaan untuk kepentingan konsumsi terus meningkat (Iswanto *et al.*, 2016). Ikan lele Mutiara diberi perlakuan pakan yang ditambahkan mikroplastik dengan bobot 0,00 mg/ 0,75 g pakan (kontrol); 0,01 mg/ 0,75 g pakan (P1); 0,1 mg/ 0,75 g (P2); dan 1 mg/ 0,75 g (P3) selama 28 hari untuk mengetahui perbandingan morfologi insang ikan lele Mutiara setelah diberi paparan mikroplastik. Dengan diketahuinya morfologi insang ikan lele Mutiara setelah diberi paparan mikroplastik, dapat diantisipasi penurunan produktivitas budidaya ikan lele akibat paparan mikroplastik, peluang akumulasi mikroplastik pada manusia serta sebagai pertimbangan pengelolaan sampah plastik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang terdiri atas empat perlakuan yaitu Kontrol berupa penambahan mikroplastik sebanyak 0,00 mg/ 0,75 g pakan; P1 berupa penambahan mikroplastik sebanyak 0,01 mg/ 0,75 g pakan; P2 berupa penambahan mikroplastik sebanyak 0,1 mg/ 0,75 g; dan P3 berupa penambahan mikroplastik sebanyak 1 mg/ 0,75 g. Setiap perlakuan diulang tujuh kali (tujuh ember) sehingga total terdapat 28 ember, dan setiap ember diisi lima ekor ikan sehingga total menggunakan 140 ekor ikan. Penelitian ini menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap. Pengacakan dilakukan dengan cara pengundian. Perlakuan dilaksanakan selama 28 hari. Pengamatan parameter pertumbuhan dilakukan pada seluruh populasi yaitu 140 ekor ikan, sedangkan pembuatan preparat organ dilakukan pada sampel yaitu tiga ekor ikan dari masing-masing perlakuan. Sampel ikan diambil menggunakan teknik *stratified random sampling*. Data dikumpulkan dengan metode observasi, yaitu penimbangan bobot insang dan pengamatan preparat insang.

Preparasi mikroplastik dilakukan dengan cara butiran plastik PE dihaluskan dengan diblender kemudian disaring menggunakan *mesh* berukuran 500 μ m. Mikroplastik selanjutnya ditimbang sesuai perlakuan dan dilem ke pelet menggunakan lem pelet. Seluruh ikan lele diaklimatisasi selama tiga hari dengan pemberian pakan pelet 10% bobot tubuh setiap jam 08.00 dan 16.00 WIB. Pemaparan mikroplastik dilakukan selama 28 hari dengan pemberian pakan sebanyak 10% bobot tubuh setiap jam 08.00 dan 16.00 WIB. Pengecekan faktor abiotik (suhu, pH, dan DO air) dilakukan satu kali setiap pekan.

Di akhir perlakuan, ikan dipuasakan selama 24 jam untuk ditimbang bobotnya dan diambil insangnya pada hari ke-29. Insang ditimbang untuk selanjutnya difiksasi menggunakan larutan bouin. Pembuatan preparat dengan tahap pencucian dengan alkohol 70%, dehidrasi menggunakan alkohol bertingkat (70% sampai absolut), *clearing* dengan tuluol, infiltrasi dan *embedding* dengan





parafin, dan *sectioning* dengan mikrotom, *asfiksing* dengan mayer albumin, dan pewarnaan menggunakan pewarna Hematoksilin-eosin (Zulfadhli *et al.*, 2016).

Preparat yang telah jadi selanjutnya diamati menggunakan mikroskop cahaya perbesaran 100 kali dengan 5 bidang pandang untuk setiap preparat, serta didokumentasikan menggunakan Optilab. Panjang lamela primer dan lamela sekunder diukur menggunakan *software Image Raster*. Data bobot insang, panjang lamela primer (LP) dan lamela sekunder (LS) dianalisis secara inferensial menggunakan uji beda rata-rata *Kruskal Wallis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroplastik PE diberikan kepada ikan lele Mutiara melalui pakan pelet selama 28 hari. Pengaruh pemberian paparan mikroplastik dilihat dari bobot insang dan histomorfometri insang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot insang tertinggi pada kontrol (0,00 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $1,76 \pm 0,47$ g dan terendah pada perlakuan P1 (0,01 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $1,20 \pm 0,25$ g (Tabel 1), meskipun tidak berbeda nyata signifikan (sign. > 0,05 pada taraf kepercayaan 95%). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa bobot insang/ bobot tubuh tertinggi pada kontrol (0,00 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $0,06 \pm 0,02$ g dan terendah pada perlakuan P1 (0,01 mg/ 0,75 g pakan) dan P2 (0,10 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $0,04 \pm 0,00$ g (Tabel 1), meskipun tidak berbeda nyata signifikan (sign. > 0,05 pada taraf kepercayaan 95%).

Tabel 1. Perbandingan Bobot Insang Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) yang Diberi Paparan Mikroplastik Polietilen (PE).

Paramater	Perlakuan			
	Kontrol (0.00 mg/ 0.75 g Pakan)	P1 (0.01 mg/ 0.75 g Pakan)	P2 (0.10 mg/ 0.75 g Pakan)	P3 (1.00 mg/ 0.75 g Pakan)
Bobot Insang (g)	1.76 ± 0.47^a	1.20 ± 0.25^a	1.44 ± 0.09^a	1.65 ± 0.55^a
Bobot Insang/ Bobot Tubuh	0.06 ± 0.02^a	0.04 ± 0.00^a	0.04 ± 0.00^a	0.05 ± 0.01^a

Keterangan: Notasi Huruf yang Sama Menunjukkan Tidak Berbeda Nyata Signifikan (Sign. > 0,05 pada Taraf Kepercayaan 95%).

Insang merupakan organ respirasi utama yang terbentuk dari lengkungan tulang rawan yang mengeras dengan filamen-filamen di dalamnya. Struktur insang terdiri dari lengkung insang (*arcus branchialis*) berupa tulang rawan berwarna putih dan berbentuk sabit. Tapis insang (*gill rakers*) tersusun dari deretan tulang-tulang rawan pendek berbentuk gerigi dan terletak di sebelah dalam lengkung insang. Filamen insang berwarna merah coklat menyerupai dua ujung tombak (Soliman, 2014).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan insang adalah kandungan nutrisi pada pakan yang meliputi karbohidrat, protein, dan lemak. Protein berfungsi untuk menjaga dan memperbaiki jaringan pertumbuhan tubuh, termasuk pertumbuhan jaringan insang. Lemak juga berfungsi sebagai *supporting* pertumbuhan tubuh (Skowronek *et al.*, 2021). Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa paparan mikroplastik sampai 1,00 mg/ 0,75 g pakan tidak mengakibatkan penurunan bobot





insang. Hal ini berarti paparan mikroplastik sampai 1,00 mg/ 0,75 g pakan tidak mempengaruhi penyerapan nutrisi yang terkait dengan pertumbuhan insang seperti protein, lemak, dan karbohidrat.

Pemberian paparan mikroplastik PE pada Ikan Lele Mutiara juga diamati histomorfometri insang, berupa panjang Lamela Primer (LP) dan Lamela Sekunder (LS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa LP tertinggi pada P3 (1,00 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $1250,34 \pm 294,81 \mu\text{m}$ dan terendah pada perlakuan kontrol (0,00 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $894,78 \pm 399,10 \mu\text{m}$ (Tabel 2), dan berbeda nyata signifikan (sign. < 0,05 pada taraf kepercayaan 95%). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa LS tertinggi pada P3 (1,00 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $33,69 \pm 4,34 \mu\text{m}$ dan terendah pada perlakuan P1 (0,01 mg/ 0,75 g pakan) yaitu sebesar $29,12 \pm 5,29 \mu\text{m}$ (Tabel 2). Antara Kontrol, P2, dan P3; panjang LS tidak berbeda nyata signifikan (sign. < 0,05 pada taraf kepercayaan 95%).

Tabel 2. Perbandingan Histomorfometri Insang Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) yang Diberi Paparan Mikroplastik Polietilen (PE).

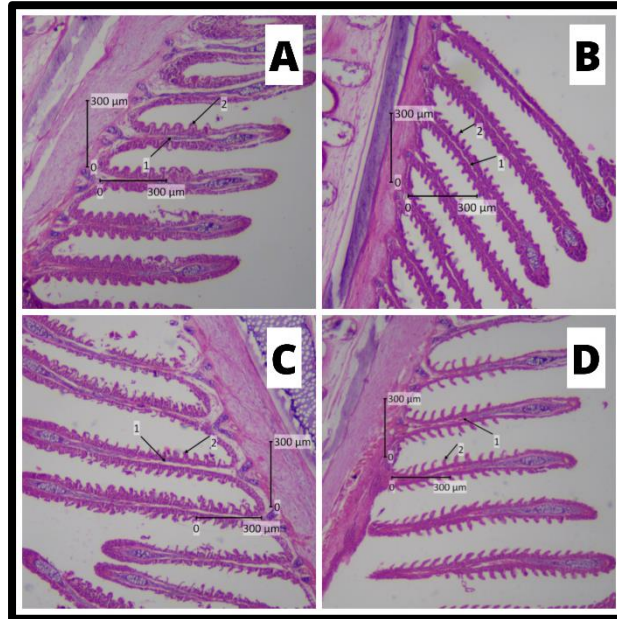
Paramater	Perlakuan			
	Kontrol (0,00 mg/ 0,75 g Pakan)	P1 (0,01 mg/ 0,75 g Pakan)	P2 (0,10 mg/ 0,75 g Pakan)	P3 (1,00 mg/ 0,75 g Pakan)
Panjang Lamela Primer (LP) (μm)	$894,78 \pm 399,10^a$	$967,94 \pm 308,43^b$	$1056,92 \pm 203,29^b$	$1250,34 \pm 294,81^c$
Panjang Lamela Sekunder (LS) (μm)	$32,70 \pm 8,25^b$	$29,12 \pm 5,29^a$	$33,42 \pm 3,54^b$	$33,69 \pm 4,34^b$

Keterangan: Notasi Huruf yang Sama Menunjukkan Tidak Berbeda Nyata Signifikan (Sign. > 0,05 pada Taraf Kepercayaan 95%).

Lamela memiliki struktur yang terdiri dari jaringan kartilago, sel-sel epitel tipis di dinding luarnya dan membran dasar serta sel-sel tiang sebagai penyangga di bagian dalamnya. Bagian tepi lamela dilapisi oleh epitel yang mengandung jaringan pembuluh darah kapiler (Strzyzewska *et al.*, 2016). Filamen insang tersusun atas lamela primer dan sekunder. Lamela primer adalah tulang rawan yang dilapisi oleh sel mukosa, sel epitel kuboid, dan sel klorida yang terletak tegak lurus dengan lamela sekunder. Lamela primer berfungsi sebagai pertukaran gas. Lamela sekunder merupakan lipatan lembaran melintang dan tipis yang terdiri dari epitel pipih di dinding luarnya dan tersusun dari jaringan ikat. Lamela sekunder berfungsi untuk mengambil oksigen dari air (Pertiwi *et al.*, 2017).

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa paparan mikroplastik 1,00 mg/ 0,75 g pakan mengakibatkan pemanjangan lamela primer (Gambar 1), tetapi tidak mengakibatkan pemanjangan lamela sekunder secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa paparan mikroplastik pada pakan dengan bobot yang cukup banyak, sebagian dapat terlarut dalam air dan terakumulasi di insang sehingga dapat mempengaruhi penyerapan oksigen. Insang yang mengalami gangguan dapat menghambat fungsi pernapasan (Yudiati *et al.*, 2009). Mikroplastik yang terakumulasi di filamen insang dapat mengakibatkan beberapa efek samping berupa kerusakan fisik pada filamen insang dan mengurangi efisiensi pernapasan yang dapat berakibat fatal (Barboza *et al.*, 2018). Ikan akan beradaptasi pada

kondisi ini dengan pemanjangan lamela primer agar mendapatkan oksigen yang cukup untuk metabolisme. Hal ini seperti hasil penelitian Watts *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa paparan mikroplastik Polistirene selama 24 jam pada insang Kepiting Pantai (*Carcinus maenas*) tidak mempengaruhi konsumsi oksigen, karena Kepiting Pantai mampu memulihkan pertukaran gas dengan cara meningkatkan lamela atau aliran air di ruang brankial.



Gambar 1. Struktur Histologi Insang Lele Mutiara setelah Diberi Perlakuan Mikroplastik PE. A) Kontrol (0,00 Mg/ 0,75 G Pakan); B) Perlakuan 1 (0,01 Mg/ 0,75 G Pakan); C) Perlakuan 2 (0,10 Mg/ 0,75 G Pakan); dan D) Perlakuan 3 (1,00 Mg/ 0,75 G Pakan). 1) Lamela Primer; dan 2) Lamela Sekunder (Dokumentasi Pribadi, 2022).

SIMPULAN

Mikroplastik PE sampai dengan 1,00 mg/ 0,75 g pakan tidak mengakibatkan penurunan bobot insang dan pemanjangan lamela sekunder, tetapi mengakibatkan pemanjangan lamela primer secara signifikan.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan dapat menghitung jumlah lamela maupun jumlah leukosit di lamela untuk mengetahui efek lebih lanjut pada struktur dan ketahanan insang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dihaturkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan (LPPM UAD) atas fasilitas pendanaan yang telah diberikan.

DAFTAR RUJUKAN

Barboza, L.G.A., Vieira, L.R., Branco, V., Carvalho, C., and Guilhermino, L.



- (2018). Microplastics Increase Mercury Bioconcentration in Gills and Bioaccumulation in the Liver, and Cause Oxidative Stress and Damage in *Dicentrarchus labrax* juveniles. *Scientific Reports*, 8(1), 1-9.
- Batel, A., Baumann, L., Carteny, C.C., Cormier, B., Keiter, S.H., and Braunbeck, T. (2020). Histological, Enzymatic and Chemical Analyses of the Potential Effects of Differently Sized Microplastic Particles Upon Long-Term Ingestion in Zebra Fish (*Danio rerio*). *Marine Pollution Bulletin*, 153(111022), 1-10.
- EFSA. (2016). Presence of Microplastics and Nanoplastics in Food, with Particular Focus on Seafood. *EFSA Journal*, 14(6), 4501-4511.
- Gall, S.C., and Thompson, R.C. (2015). The Impact of Debris on Marine Life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1-2), 170-179.
- Hale, R.C., Seeley, M.E., La Guardia, M.J., Mai, L., and Zeng, E.Y. (2020). A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1), 1-40.
- Iswanto, B., Suprpto, R., Marnis, H., dan Imron, I. (2016). Performa Reproduksi Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus*). *Media Akuakultur*, 11(1), 1-9.
- Kim, Y., Jeong, J., Lee, S., Choi, I., and Choi, J. (2020). Identification of Adverse Outcome Pathway Related to High-Density Polyethylene Microplastics Exposure: *Caenorhabditis elegans* Transcription Factor RNAi Screening and Zebrafish Study. *Journal of Hazardous Materials*, 388(121725), 1-34.
- Limonta, G., Mancina, A., Benkhalqui, A., Bertolucci, C., Abelli, L., Fossi, M.C., and Panti, C. (2019). Microplastics Induce Transcriptional Changes, Immune Response and Behavioral Alterations in Adult Zebrafish. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., and Ren, H. (2016). Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (*Danio rerio*) and Toxic Effects in Liver. *Environmental Science and Technology*, 50(7), 4054-4060.
- Lusher, A.L., Welden, N.A., Sobral, P., and Cole, M. (2017). Sampling, Isolating and Identifying Microplastics Ingested by Fish and Invertebrates. *Analytical Methods*, 9(9), 1346-1360.
- Mak, C.W., Yeung, K.C.-F., and Chan, K.M. (2019). Acute Toxic Effects of Polyethylene Microplastic on Adult Zebrafish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 182(109442), 1-10.
- Pertiwi, S.L., Zainuddin, dan Rahmi, E. (2017). Gambaran Histologi Sistem Respirasi Ikan Gabus (*Channa striata*) Histological. *JIMVET*, 1(3), 291-298.
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., and Janda, V. (2018). Occurrence of Microplastics in Raw and Treated Drinking Water. *Science of the Total Environment*, 643(30104017), 1644-1651.
- Skowronek, P., Wójcik, Ł., and Strachecka, A. (2021). Fat Body-Multifunctional Insect Tissue. *Insects*, 12(547), 1-25.
- Soliman, S.A. (2014). New Aspect in Cartilage Growth “the Invasive Interstitial Type”. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 5(5), 253-263.





- Song, Y., Cao, C., Qiu, R., Hu, J., Liu, M., Lu, S., Shi, H., Raley-Susman, K.M., and He, D. (2019). Uptake and Adverse Effects of Polyethylene Terephthalate Microplastics Fibers on Terrestrial Snails (*Achatina fulica*) After Soil Exposure. *Environmental Pollution*, 250(31026691), 447-455.
- Strzyzewska, E., Szarek, J., and Babinska, I. (2016). Morphologic Evaluation of the Gills as a Tool in the Diagnostics of Pathological Conditions in Fish and Pollution in the Aquatic Environment: A Review. *Veterinarni Medicina*, 61(3), 123-132.
- Sulistyo, E.N., Rahmawati, S., Putri, R.A., Arya, N., dan Eryan, Y.A. (2020). Identification of the Existence and Type of Microplastic in Code River Fish, Special Region of Yogyakarta. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 1(1), 85-91.
- Vendel, A.L., Bessa, F., Alves, V.E.N., Amorim, A.L.A., Patrício, J., and Palma, A.R.T. (2017). Widespread Microplastic Ingestion by Fish Assemblages in Tropical Estuaries Subjected to Anthropogenic Pressures. *Marine Pollution Bulletin*, 117(1-2), 448-455.
- Watts, A.J.R., Urbina, M.A., Goodhead, R., Moger, J., Lewis, C., and Galloway, T.S. (2016). Effect of Microplastic on the Gills of the Shore Crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science and Technology*, 50(10), 5364-5369.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., and Galloway, T.S. (2013). The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A Review. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 178(23545014), 483-492.
- Yona, D., Maharani, M.D., Cordova, M.R., Elvania, Y., dan Dharmawan, I.W.E. (2020). Microplastics Analysis in the Gill and Gastrointestinal Tract of Coral Reef Fishes from Three Small Outer Islands of Papua, Indonesia: A Preliminary Study. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 497-507.
- Yudiati, E., Sedjati, S., Enggar, I., dan Hasibuan, I. (2009). Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium pada Salinitas yang Berbeda terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Juvenile Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 14(4), 29-35.
- Zulfadhli, Z., Wijayanti, N., dan Retnoaji, B. (2016). The Development of Ovarian Wader Pari Fish (*Rasbora lateristriata* Bleeker, 1854): Histological Approach. *Jurnal Perikanan Tropis*, 3(1), 32-39.

