



Potensi Simplisia Biji Kemangi (*Ocimum Basilicum*) Pada Pakan Terhadap Histomorfometri dan Kerusakan Otot Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) Akibat Paparan Mikroplastik Polistiren

^{1*}Iga Novianti, ²Nurul Suwartiningsih

^{1,2}Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: 2200017028@webmail.uad.ac.id

Received: December 2025; Revised: February 2026; Accepted: February 2026; Published: March 2026

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi simplisia biji kemangi dalam pakan untuk memperbaiki histomorfometri dan kerusakan otot ikan lele akibat paparan mikroplastik PS. Penelitian ini termasuk jenis eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan, yaitu K (0 mg/L mikroplastik PS + 0% simplisia biji kemangi), KP (0 mg/L mikroplastik PS + 2% simplisia biji kemangi), KN (100 mg/L mikroplastik PS + 0% simplisia biji kemangi), P1 (100 mg/L mikroplastik PS + 2% simplisia biji kemangi), P2 (100 mg/L mikroplastik PS + 4% simplisia biji kemangi). Paparan mikroplastik dilakukan pada 125 ikan lele selama 15 hari, parameter yang diamati meliputi diameter *myofiber*, luas *myofiber*, degenerasi, dan nekrosis sel otot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan mikroplastik PS secara signifikan meningkatkan diameter dan luas *myofiber* serta menurunkan degenerasi dan nekrosis sel otot ikan lele ($P < 0,05$). Pemberian simplisia biji kemangi 2% (P1) dalam pakan mampu meningkatkan diameter dan luas *myofiber* serta menurunkan tingkat degenerasi dan nekrosis secara signifikan dibandingkan KN, sedangkan pemberian simplisia biji kemangi 4% (P2) menunjukkan efektivitas yang lebih rendah. Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa simplisia biji kemangi 2% (P1) berpotensi untuk memperbaiki histomorfometri dan kerusakan otot ikan lele akibat paparan mikroplastik polistiren.

Kata Kunci: Biji kemangi; degenerasi; mikroplastik PS; *Myofiber*; nekrosis

Abstract: This study aims to analyze the potential of basil seed simplisia in feed to improve histomorphometric and muscle damage of catfish due to exposure to PS microplastics. This study is an experimental type using a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments, namely K (0 mg/L PS microplastic + 0% basil seed simplisia), KP (0 mg/L PS microplastic + 2% basil seed simplisia), KN (100 mg/L PS microplastic + 0% basil seed simplisia), P1 (100 mg/L PS microplastic + 2% basil seed simplisia), P2 (100 mg/L PS microplastic + 4% basil seed simplisia). Microplastic exposure was carried out on 125 catfish for 15 days, the parameters observed included myofiber diameter, myofiber area, degeneration, and muscle cell necrosis. The results showed that exposure to PS microplastics significantly increased the diameter and area of myofibers and reduced degeneration and necrosis of catfish muscle cells ($P < 0.05$). The administration of 2% basil seed simplisia (P1) in the feed was able to increase the diameter and area of myofibers and reduce the level of degeneration and necrosis significantly compared to KN, while the administration of 4% basil seed simplisia (P2) showed lower effectiveness. The conclusion of this study shows that 2% basil seed simplisia (P1) has the potential to improve histomorphometrics and muscle damage in catfish due to exposure to polystyrene microplastics.

Keywords: Basil seeds; degeneration; microplastics PS; *Myofiber*; necrosis

How to Cite: Novianti, I., & Suwartiningsih, N. (2026). Potensi Simplisia Biji Kemangi (*Ocimum Basilicum*) Pada Pakan Terhadap Histomorfometri dan Kerusakan Otot Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) Akibat Paparan Mikroplastik Polistiren. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v14i1.19297>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v14i1.19297>

Copyright© 2026, Novianti et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Ikan lele (*Clarias gariepinus*) merupakan salah satu komoditas perikanan air tawar unggul di Indonesia dengan permintaan pasar tinggi dan cenderung meningkat dari tahun ke tahun (Amar *et al.*, 2022). Ikan lele menjadi salah satu populasi unggul dalam budidaya perikanan karena laju pertumbuhan yang relatif cepat serta lebih toleran terhadap gangguan penyakit dibandingkan jenis ikan lainnya (Yuriana *et al.*, 2017). Di Indonesia produksi ikan lele terus meningkat dari 1.017.313 ton pada tahun 2020, dan meningkat menjadi 1.253.114 ton pada tahun 2021 (Kementrian Kelautan

& Perikanan, 2021). Produktivitas ikan lele dapat mengalami hambatan akibat pencemaran lingkungan perairan, salah satunya dengan pencemaran mikroplastik di perairan. Pencemaran mikroplastik terhadap ikan lele di lingkungan budidaya perikanan menyebabkan penurunan kualitas air, mengancam kesehatan yang menyebabkan penurunan produktivitas budidaya perikanan (Filho *et al.*, 2023).

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang memiliki ukuran kecil berkisar kurang dari 5 mm akibat dari proses degradasi plastik berukuran besar atau diproduksi langsung dalam bentuk mikro (EFSA, 2016). Partikel mikroplastik tersebar luas di lingkungan perairan global akibat pembuangan limbah plastik yang tidak terkelola, abrasi ban kendaraan, serta pelepasan serat sintetis dari aktivitas pencucian pakaian (Firnanda *et al.*, 2024). Pada lingkungan budidaya perikanan jaring plastik, peralatan budidaya, dan bahan penutup tambak menjadi sumber tambahan pencemaran mikroplastik (Yusuf & Effendi, 2024). Berbagai studi melaporkan bahwa mikroplastik ditemukan secara luas di budidaya perikanan air tawar, termasuk sungai dan danau, sehingga berpotensi terakumulasi dalam organisme (Chen *et al.*, 2021). Wicaksana & Firmani (2025) melaporkan adanya pencemaran mikroplastik di perairan tambak desa Samirplapan dan Tambakrejo mencapai 41 partikel/ 250 mL. Nurdhiana (2021) menambahkan bahwa pencemaran mikroplastik pada air keramba dapat menyalurkan partikel-partikel toksik ke dalam tubuh ikan, sehingga mempengaruhi perkembangan dan produktivitas budidaya ikan.

Salah satu jenis mikroplastik yang paling melimpah di perairan adalah polistiren (PS) (Jones *et al.*, 2020), yang diketahui memiliki efek toksik terhadap organisme akuatik. Berdasarkan penelitian Suwartiningsih *et al.* (2025) menunjukkan bahwa mikroplastik PS dengan konsentrasi 100 mg/L ditemukan sebanyak 2,63 partikel/g di dalam otot ikan lele. Studi Sawalman *et al.* (2021) mengatakan bahwa mikroplastik yang masuk ke usus ikan dapat terjadi fragmentasi ke ukuran yang lebih kecil, yang menyebabkan terjadinya translokasi ke aliran darah serta jaringan otot (Liu *et al.*, 2022). Paparan mikroplastik PS dapat menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan pada jaringan otot ikan (Hamed *et al.*, 2021), yang berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan ikan (Kama *et al.*, 2024). Penelitian Hamed *et al.* (2021) membuktikan jika paparan mikroplastik dengan dosis 100 mg/L selama 15 hari terbukti terakumulasi dalam tubuh ikan nila, khususnya pada jaringan otot yang menyebabkan perubahan histologis berupa nekrosis, dan degenerasi serat otot yang mengindikasikan kerusakan struktural jaringan. Penelitian oleh Suwartiningsih *et al.* (2025) juga mengungkapkan bahwa pemberian mikroplastik pada ikan lele Mutiara dengan dosis 100 mg/L selama 28 hari terbukti menyebabkan penurunan diameter dan luas *myofiber*, yang menunjukkan terjadinya atrofi otot. Secara terpadu, paparan mikroplastik PS pada ikan budidaya memicu stres oksidatif melalui peningkatan *reactive oxygen species* (ROS) yang berujung pada perubahan histomorfometri dan kerusakan histologis jaringan otot, sehingga intervensi nutrisi berbasis bahan alami yang kaya protein, asam amino, dan senyawa antioksidan, seperti biji kemangi, berpotensi menjadi strategi mitigasi untuk menekan perubahan histomorfometri dan kerusakan jaringan otot dan mempertahankan produktivitas ikan.

Efek paparan mikroplastik terhadap produktivitas dan kerusakan otot ikan lele dapat diminimalisasi menggunakan bahan alami. Biji kemangi (*Ocimum basilicum*) diketahui mengandung protein yang tinggi, sekitar 11,4 - 22,5% dari berat keringnya (Bravo *et al.*, 2021). Adanya kandungan protein pada simplisia biji kemangi terbukti dapat meningkatkan produktivitas ikan *Sparus aurata* yang lebih tinggi, dibandingkan pemberian simplisia daun kemangi (El-Dakar *et al.*, 2015). Biji kemangi juga diketahui mengandung asam glutamat yang sangat tinggi sekitar 17,40% dari total asam amino

(Nazir & Wani, 2021). Asam glutamat bertindak sebagai prekursor utama dalam biosintesis *glutathione* (GSH), yaitu antioksidan endogen utama yang berperan dalam menetralkan radikal bebas (Cai *et al.*, 2025). Peningkatan asupan asam glutamat pada organisme terbukti meningkatkan GSH serta aktivitas enzim antioksidan, yang mampu menekan stres oksidatif akibat paparan partikel asing, seperti mikroplastik (Jiang *et al.*, 2016). Studi oleh Hamed *et al.* (2020) menyebutkan bahwa antioksidan dapat memulihkan kerusakan otot yang terjadi akibat paparan radikal bebas berupa mikroplastik.

Penelitian mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai strategi mitigasi dampak paparan mikroplastik dalam budidaya perikanan masih relatif terbatas (Yusuf & Effendi, 2024). Urgensi kajian ini meningkat seiring bertambahnya pencemaran mikroplastik, termasuk polistirena (PS), di perairan budidaya (Chen *et al.*, 2021; Filho *et al.*, 2023). Paparan mikroplastik PS diketahui memicu stres oksidatif dan kerusakan jaringan pada ikan (Hamed *et al.*, 2020; Mahmud *et al.*, 2024), yang berdampak pada perubahan histomorfometri otot seperti degenerasi, nekrosis, serta penurunan diameter dan luas myofiber (Hamed *et al.*, 2021; Suwartiningsih *et al.*, 2025). Kondisi tersebut berimplikasi pada penurunan kualitas dan produktivitas ikan budidaya, termasuk ikan lele (Amar *et al.*, 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah menyoroti dampak toksik mikroplastik terhadap struktur histologis ikan, kajian tersebut umumnya masih berfokus pada aspek toksisitas tanpa mengeksplorasi upaya mitigasi berbasis bahan alami (Kama *et al.*, 2024). Di sisi lain, biji kemangi (*Ocimum basilicum*) diketahui memiliki kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif dengan aktivitas antioksidan yang berpotensi menangkal radikal bebas (Bravo *et al.*, 2021; Nazir & Wani, 2021). Suplementasi bahan alami dalam pakan juga dilaporkan mampu meningkatkan kualitas jaringan dan ketahanan fisiologis ikan (Jiang *et al.*, 2016; Sayed *et al.*, 2023). Namun, belum terdapat laporan ilmiah yang secara spesifik menguji efektivitas pemberian simplisia biji kemangi dalam pakan terhadap perlindungan atau perbaikan struktur histologis otot ikan yang terpapar mikroplastik PS. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan simplisia biji kemangi dalam pakan terhadap diameter dan luas myofiber, serta tingkat degenerasi dan nekrosis otot ikan akibat paparan mikroplastik PS.

METODE

Penelitian ini dilakukan antara bulan September sampai Desember 2025. Pemeliharaan dan perawatan ikan lele dilakukan di desa Borongan, Tlogo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Persiapan simplisia biji kemangi, mikroplastik PS dan pengamatan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Fisiologi Tumbuhan (SFT), Universitas Ahmad Dahlan. Pembedahan dan analisis data dilakukan di laboratorium Struktur dan Fisiologi Hewan (SFH), Universitas Ahmad Dahlan. Pembuatan preparat otot dilakukan di Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan (FKKMK), Universitas Gadjah Mada.

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dirancang untuk mengetahui efektivitas simplisia biji kemangi pada pakan sebagai agen proteksi terhadap degenerasi otot ikan lele akibat paparan mikroplastik PS. Desain penelitian yang digunakan adalah *Completely Randomized Design* (CRD) menggunakan lima perlakuan: K (0 mg/L mikroplastik PS + 0% simplisia biji kemangi), KP (0 mg/L mikroplastik PS + 2% simplisia biji kemangi), KN (100 mg/L mikroplastik PS + 0% simplisia biji kemangi), P1 (100 mg/L mikroplastik PS + 2% simplisia biji kemangi), P2 (100 mg/L mikroplastik PS + 4% simplisia biji kemangi). Setiap perlakuan terdapat lima kali ulangan, setiap ulangan terdiri dari lima ekor ikan lele, sehingga total terdapat 125

ikan lele. Paparan mikroplastik PS diberikan melalui media pemeliharaan dengan konsentrasi 100 mg/L selama 15 hari. Parameter utama yang diamati meliputi diameter *myofiber*, luas *myofiber*, degenerasi dan nekrosis sel otot.

Pembuatan Simplisia Biji Kemangi

Pemberian simplisia biji kemangi dilakukan dengan cara menghaluskan 300 g biji kemangi dengan blender, kemudian disaring menggunakan saringan berukuran 35 mesh. Simplisia biji kemangi ditimbang sebanyak 2 gr dan 4 gr sesuai dengan perlakuan, kemudian direkatkan kepada pelet apung Tongwei-1 menggunakan perekat pelet ikan progol.

Pembuatan Sediaan Mikroplastik PS

Pembuatan sediaan mikroplastik PS dilakukan dengan cara menghaluskan plastik jenis PS dengan di blender hingga halus, kemudian disaring menggunakan saringan berukuran 35 mesh (Suwartiningsih *et al.*, 2025). Mikroplastik PS diberikan sebanyak 100 mg/L sesuai dengan perlakuan (Hamed *et al.*, 2021).

Perlakuan Ikan Lele

Ikan lele dilakukan aklimatisasi selama 7 hari (Haetami *et al.*, 2023), kemudian dipelihara selama 15 hari dengan pemberian paparan mikroplastik PS 100 mg/L (Hamed *et al.*, 2021) dan pakan dengan simplisia biji kemangi 2% dan 4% sesuai dengan perlakuan. Ikan lele dipelihara pada ember berukuran 20 L yang di isi air 10 L, setiap ember berisi 5 ekor ikan lele, dengan total 125 ekor ikan lele. Pakan diberikan sebanyak dua kali pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB, sebanyak 5% dari bobot badan ikan. Media pemeliharaan diganti setiap 2 hari sekali menggunakan metode sifon, dengan dilakukan penambahan mikroplastik setelah pergantian air sesuai perlakuan (Suwartiningsih *et al.*, 2025).

Pembuatan Preparat Jaringan Otot

Setelah 15 hari pemberian perlakuan, ikan lele di istirahatkan makan dalam 24 jam sebelum dilakukan pembedahan. Sebelum dilakukan pembedahan ikan lele di anastesi menggunakan es batu, kemudian dilakukan pembedahan untuk mengambil jaringan otot abdomen bagian kanan sepanjang ± 1 cm. Jaringan otot dicuci dengan garam fisiologis (NaCl) dan difiksasi dengan larutan BNF 10% selama ± 24 jam. Setelah itu, jaringan otot di dehidrasi bertingkat menggunakan alkohol bertingkat konsentrasi 70%, 80%, 90%, 96%, dan absolut, diikuti dealkoholisasi menggunakan toluol selama ± 12 jam. Proses infiltrasi dilakukan dalam inkubator bersuhu 55–60°C menggunakan campuran toluol–parafin (1:1) dan parafin murni secara bertahap, kemudian jaringan otot ditanam dalam parafin cair. Blok parafin yang telah mengeras dipotong menggunakan mikrotom dengan ketebalan irisan ± 4 μ m, lalu irisan ditempelkan pada kaca objek menggunakan Mayer albumin. Preparat otot selanjutnya dilakukan deparafinisasi dengan larutan xilol, kemudian rehidrasi bertingkat menggunakan alkohol, serta dilakukan pewarnaan menggunakan Hematoksilin–Eosin (HE). Tahap akhir dilakukan *mounting* menggunakan entelan dan dilakukan penutupan dengan kaca penutup (Zulfadhli *et al.*, 2016). Preparat diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 10x pada lima bidang pandang dan di dokumentasikan menggunakan *Beta View*. Pengukuran diameter dan luas *myofiber* menggunakan *Image Raster* (Suwartiningsih *et al.*, 2025).

Analisis Data

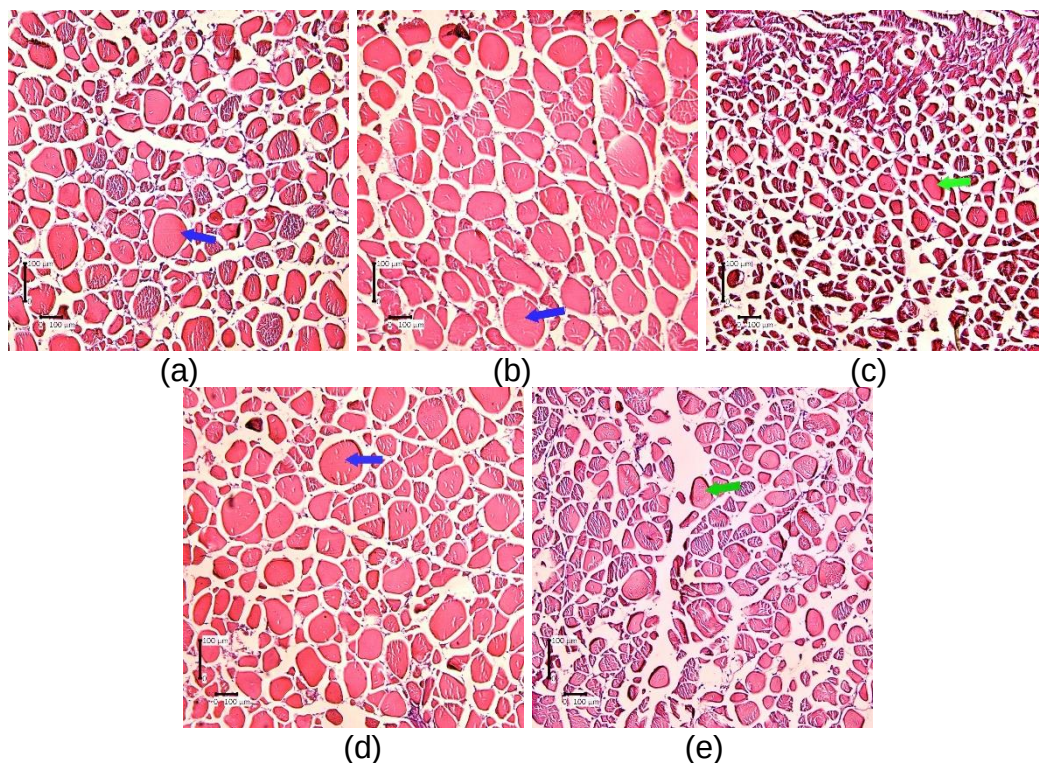
Data dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Selanjutnya data dianalisis secara inferensial menggunakan SPSS, yang diawali dengan uji normalitas menggunakan uji *Shapiro Wilk*. Karena data tidak terdistribusi

normal ($P < 0,05$), maka uji beda rata-rata dilakukan menggunakan *Kruskal Wallis*. Uji lanjut dilakukan dengan *Pairwise comparison*. Selanjutnya, data dilakukan analisis regresi untuk mengetahui hubungan antara variabel perlakuan dan parameter yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diameter dan Luas *Myofiber* Ikan Lele

Hasil penelitian menunjukkan bahwa diameter *myofiber* otot ikan lele (Tabel 1) terendah pada kelompok KN ($49.94 \pm 5.87 \mu\text{m}$) dan tertinggi pada kelompok KP ($110.01 \pm 12.38 \mu\text{m}$). Luas *myofiber* otot ikan lele terendah pada kelompok KN ($19.86 \pm 47.10 \mu\text{m}$) dan tertinggi pada kelompok KP ($96.25 \pm 22.98 \mu\text{m}$). Analisis statistik menunjukkan diameter dan luas *myofiber* terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan ($P < 0,05$). Namun diameter dan luas *myofiber* tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok KP dan P1 ($P > 0,05$). Analisis regresi menunjukkan bahwa simplisia biji kemangi dalam pakan yang diberikan selama 15 hari, secara signifikan mempengaruhi diameter dan luas *myofiber* otot ikan lele yang terpapar mikroplastik PS ($P < 0,05$). Hal tersebut membuktikan bahwa simplisia biji kemangi pada pakan dapat mempengaruhi pembentukan jaringan otot dan menyebabkan kenaikan diameter dan luas *myofiber* otot ikan lele yang terpapar mikroplastik PS selama 15 hari (Gambar 1).



Gambar 1. Diameter dan luas *myofiber* ikan lele setelah 15 hari pemberian simplisia biji kemangi dan terpapar mikroplastik PS: (a) K (0 mg/L PS + 0 Simplisia biji kemangi); (b) KP (0 mg/L PS + 2% Simplisia biji kemangi); (c) KN (100 mg/L PS + 0% Simplisia biji kemangi); (d) P1 (100 mg/L PS + 2% Simplisia biji kemangi); dan (e) P2 (100 mg/L PS + 4% Simplisia biji kemangi). Panah biru menunjukkan diameter *myofiber* normal dan panah hijau menunjukkan diameter *myofiber* yang mengecil (pewarnaan hematoksilin-eosin; skala bar 100 μm).

Tabel 1. Diameter dan luas *Myofiber* ikan lele

Perlakuan	Diameter <i>Myofiber</i> (μm)	Luas <i>Myofiber</i> ($\times 10^2 \mu\text{m}^2$)
Kontrol (K)	101.07 $\pm$ 10.21 ^c	81.05 $\pm$ 15.63 ^c
Kontrol Positif (KP)	110.01 $\pm$ 12.38 ^d	96.25 $\pm$ 22.98 ^d
Kontrol Negatif (KN)	49.94 $\pm$ 5.87 ^a	19.86 $\pm$ 47.10 ^a
Perlakuan 1 (P2)	109.01 $\pm$ 9.07 ^d	93.97 $\pm$ 15.65 ^d
Perlakuan 2 (P2)	81.59 $\pm$ 11.89 ^b	53.38 $\pm$ 15.99 ^b

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda mengindikasikan terdapat perbedaan yang signifikan ($P < 0.05$) dan sebaliknya.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, diameter dan luas *myofiber* antara kelompok K dan KN berbeda nyata signifikan ($P < 0.05$). Hal ini membuktikan bahwa paparan mikroplastik PS selama 15 hari menyebabkan penurunan signifikan diameter dan luas *myofiber* otot pada kelompok KN dengan nilai diameter dan luas *myofiber* terendah. Penurunan diameter dan luas *myofiber* ini menunjukkan terjadinya atrofi otot, yang berkaitan erat dengan gangguan proses miogenesis akibat stres oksidatif yang dipicu oleh mikroplastik PS (Suwartiningsih *et al.*, 2025). Mikroplastik PS yang masuk ke dalam saluran pencernaan ikan dapat mengalami fragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil, sehingga memungkinkan terjadinya translokasi dari usus ke aliran darah dan selanjutnya terakumulasi pada jaringan otot (Sawalman *et al.* 2021; Liu *et al.*, 2022). Akumulasi mikroplastik PS dalam jaringan otot ikan berpotensi melepaskan senyawa toksik seperti *phthalates* dan *bisphenol A* yang dapat memicu peningkatan produksi radikal bebas sehingga memicu stres oksidatif yang dapat merusak membran sel serta protein struktural otot, dan pada akhirnya menghambat proses miogenesis serta regenerasi *myofiber* (Hamed *et al.* 2021; Kama *et al.*, 2024). Hasil ini didukung oleh penelitian Suwartiningsih *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa paparan mikroplastik PS 100 mg/L pada ikan lele menyebabkan penurunan diameter dan luas *myofiber* otot yang mencerminkan perubahan jaringan otot secara histologis.

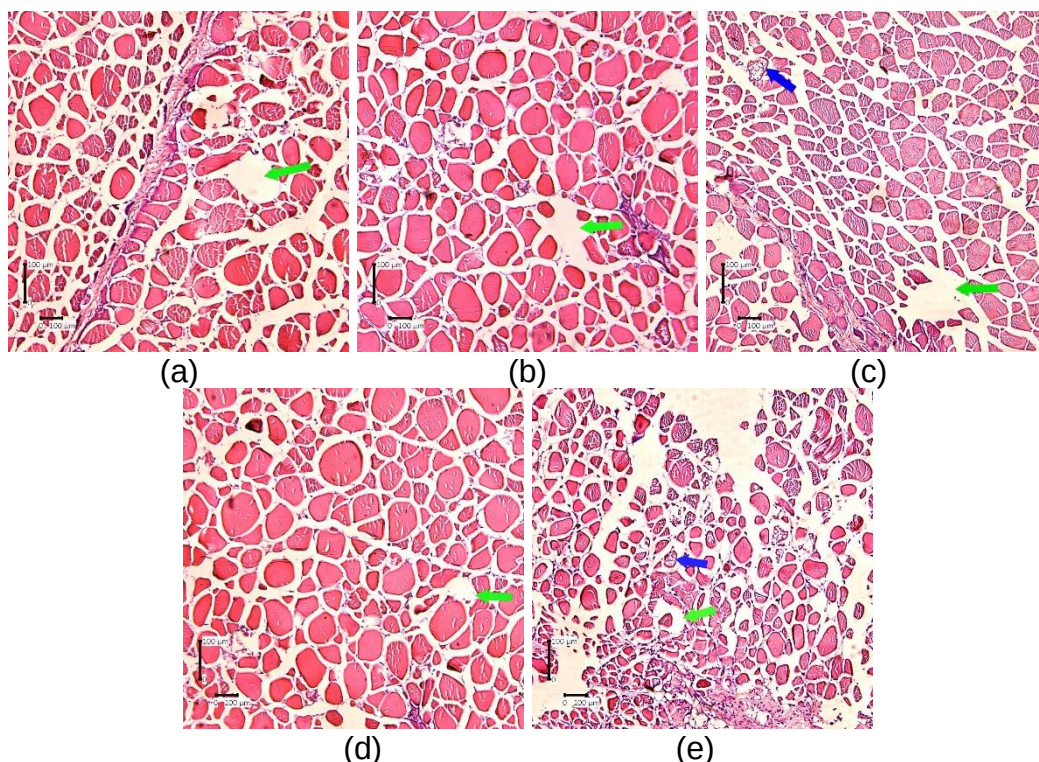
Pemberian simplisia biji kemangi 2% dalam pakan (P1) terbukti mampu meningkatkan diameter dan luas *myofiber* dibandingkan kelompok KN (Tabel 1). Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan protein dan asam amino terutama asam glutamat pada biji kemangi. Menurut Bravo *et al.*, (2021) simplisia biji kemangi diketahui mengandung protein yang tinggi, sekitar 11,4 - 22,5% dari berat keringnya. Protein dalam biji kemangi dapat mendukung proses regenerasi serat otot melalui penyediaan asam amino dari hasil pencernaan protein sebagai bahan baku utama sintesis protein otot. Asam amino mengaktifkan jalur *mechanistic Target of Rapamycin* (mTOR), sehingga meningkatkan pembentukan protein miofibril seperti aktin dan miosin selama proses perbaikan serat otot yang rusak dan mendorong mendorong hipertrofi *myofiber* (Zhao *et al.*, 2020). Peningkatan diameter dan luas *myofiber* atau hipertrofi mencerminkan kondisi fisiologis otot yang lebih sehat dan berhubungan langsung dengan peningkatan kualitas daging ikan (Ziolkowska *et al.*, 2022). Selain itu, menurut Nazir & Wani, (2021) biji kemangi juga diketahui mengandung asam glutamat yang sangat tinggi sekitar 17,40% dari total asam amino. Asam glutamat berperan sebagai agen protektif yang menekan stres oksidatif, sehingga proses miogenesis jaringan otot tetap berlangsung secara optimal.

Namun pada pemberian simplisia biji kemangi 4% dalam pakan (P2) nilai diameter dan luas *myofiber* lebih rendah dibandingkan dengan P1 (Tabel 1) dan berbeda nyata signifikan ($P < 0.05$). Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan senyawa antinutrisi pada biji kemangi khususnya senyawa tanin. Biji kemangi diketahui mengandung senyawa fenolik termasuk tanin yang bersifat bioaktif. Nazir & Wani, (2021) melaporkan bahwa biji kemangi memiliki kandungan total fenolik sebesar 18,24

$\pm 0,03$ mg GAE/g, yang mencerminkan keberadaan senyawa polifenol termasuk tanin. Simplisia biji kemangi yang mengandung tanin jika diberikan pada konsentrasi tinggi diketahui dapat menurunkan palatabilitas pakan karena memberikan rasa pahit dan sepat. Omnes *et al.* (2017) melaporkan bahwa peningkatan kadar tanin dalam pakan ikan, khususnya pada konsentrasi 20-30 g tanin kg^{-1} pakan, secara signifikan menurunkan konsumsi pakan akibat penurunan palatabilitas yang menyebabkan asupan nutrisi ikan lebih rendah. Penurunan palatabilitas pakan menyebabkan kurangnya asupan protein dan asam amino untuk merangsang regenerasi *myofiber* serta mengganggu proses miogenesis pada ikan. Senyawa tanin selain menurunkan nafsu makan juga dapat menurunkan aktivitas pencernaan dan penyerapan protein dengan mengikat protein dan mengganggu proses sintesis protein sel (Simanjutak H, 2021). Terganggunya sintesis protein sel otot berakibat pada penurunan diameter dan luas *myofiber*.

Degenerasi dan Nekrosis Sel Otot Ikan Lele

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai degenerasi sel otot ikan lele terendah terdapat pada kelompok KP ($0,53 \pm 0,68\%$) dan tertinggi pada kelompok KN ($6,04 \pm 3,55\%$). Nilai nekrosis terendah ditemukan pada kelompok P1 ($0,03 \pm 0,18\%$) dan tertinggi pada kelompok KN ($2,51 \pm 3,17\%$). Analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan perlakuan dalam penurunan degenerasi dan nekrosis ($P < 0,05$). Hasil regresi juga mengindikasikan bahwa pemberian simplisia biji kemangi dalam pakan selama 15 hari berpengaruh signifikan terhadap penurunan kerusakan sel otot akibat paparan mikroplastik PS ($P < 0,05$). Tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok KP dan P1, yang menunjukkan bahwa penambahan simplisia biji kemangi 2% efektif sebagai agen protektif terhadap degenerasi dan nekrosis otot ikan lele (Gambar 2).



Gambar 2. Degenerasi dan nekrosis sel otot ikan lele setelah 15 hari pemberian simplisia biji kemangi dan terpapar mikroplastik PS: (a) K (0 mg/L PS + 0 Simplisia biji kemangi); (b) KP (0 mg/L PS + 2% Simplisia biji kemangi); (c) KN (100 mg/L PS +

0% Simplisia biji kemangi); (d) P1 (100 mg/L PS + 2% Simplisia biji kemangi); dan (e) P2 (100 mg/L PS + 4% Simplisia biji kemangi). Panah hijau menunjukkan degenerasi sel otot dan panah biru menunjukkan nekrosis sel otot (pewarnaan Hematoksilin-Eosin; skala bar 100 μ m).

Tabel 2. Degenerasi dan nekrosis sel otot ikan lele

Perlakuan	Nekrosis (%)	Degenerasi (%)
Kontrol (K)	0.93 $\pm$ 0.95 ^{bc}	1.21 $\pm$ 1.41 ^a
Kontrol Positif (KP)	0.22 $\pm$ 0.52 ^{ab}	0.53 $\pm$ 0.68 ^a
Kontrol Negatif (KN)	2.51 $\pm$ 3.17 ^d	6.04 $\pm$ 3.55 ^c
Perlakuan 1 (P1)	0.03 $\pm$ 0.18 ^a	0.61 $\pm$ 0.72 ^a
Perlakuan 2 (P2)	1.50 $\pm$ 1.19 ^c	2.24 $\pm$ 1.56 ^b

Penjelasan: Huruf superskrip yang berbeda mengindikasikan terdapat perbedaan yang signifikan ($P < 0.05$) dan sebaliknya

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, degenerasi dan nekrosis antara K dan KN berbeda nyata signifikan ($P < 0.05$). Hal ini menunjukkan paparan mikroplastik PS menyebabkan peningkatan yang signifikan terhadap degenerasi dan nekrosis sel otot ikan lele. Mikroplastik PS yang masuk ke dalam tubuh ikan bertindak sebagai paparan toksik yang memicu peningkatan produksi ROS, sehingga menimbulkan stres oksidatif pada sel otot (Hamed *et al.*, 2021). Stres oksidatif menyebabkan kerusakan membran sel dan mitokondria yang berperan dalam penyediaan energi, sehingga menurunkan produksi ATP untuk mempertahankan struktur *myofiber* (Mahmud *et al.*, 2024). Penurunan ketersediaan energi pada sel otot memicu peningkatan permeabilitas membran sel dan ketidakseimbangan ion intraseluler, yang menyebabkan pembengkakan sel, pemisahan antar *myofiber*, serta penurunan kepadatan jaringan sebagai ciri degenerasi otot (Alif *et al.*, 2021). Degenerasi merupakan tahap awal kerusakan jaringan yang masih bersifat *reversibel*, tetapi dapat berkembang menjadi nekrosis apabila paparan toksik berlangsung terus-menerus (Hamed *et al.*, 2021). Tingginya tingkat degenerasi pada kelompok KN menunjukkan bahwa mikroplastik PS mengganggu stabilitas struktural dan metabolisme sel otot.

Paparan mikroplastik PS yang berlangsung terus-menerus dapat memicu kerusakan sel yang lebih parah sehingga degenerasi berkembang menjadi nekrosis. Nekrosis merupakan bentuk kematian sel bersifat *irreversible* yang ditandai dengan kerusakan membran sel, pembengkakan sitoplasma, serta fragmentasi inti sel akibat kegagalan mekanisme homeostasis seluler (Alif *et al.*, 2021). Akumulasi ROS akibat paparan mikroplastik PS yang berkepanjangan tidak hanya merusak lipid membran dan protein kontraktil, tetapi juga memperparah kerusakan struktur sel otot (Mahmud *et al.*, 2024). Tingginya jumlah nekrosis pada kelompok KN mengindikasikan ketidakmampuan sel otot untuk memperbaiki kerusakan oksidatif yang menyebabkan hilangnya integritas sel dan kematian sel secara permanen. Hasil ini didukung oleh penelitian Hamed *et al.* (2021) bahwa paparan mikroplastik PS pada ikan mengakibatkan kerusakan histopatologis pada jaringan otot, termasuk nekrosis dan degenerasi sel otot akibat stres oksidatif yang berkepanjangan.

Pemberian simplisia biji kemangi 2% dalam pakan (P1) secara nyata menurunkan tingkat degenerasi dan nekrosis. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan asam amino terutama asam glutamat pada biji kemangi. Menurut Nazir & Wani, (2021) biji kemangi diketahui mengandung asam glutamat yang tinggi sekitar 17,40% dari total asam amino. Asam glutamat berfungsi sebagai prekursor utama sintesis GSH, sehingga mampu memperkuat sistem pertahanan antioksidan endogen dan menekan akumulasi ROS pada jaringan otot (Cai *et al.*, 2025). Penurunan

akumulasi ROS mencegah terjadinya peroksidasi lipid membran sel, kerusakan protein kontraktil, serta disfungsi mitokondria, sehingga menjaga stabilitas struktural dan metabolisme sel otot. Dengan terjaganya integritas membran dan ketersediaan energi sel, proses degenerasi yang bersifat *reversibel* dapat ditekan dan tidak berkembang menjadi nekrosis yang bersifat *irreversibel*. Hal ini didukung oleh penelitian Sayed *et al.* (2023) bahwa suplementasi protein dan asam amino pada pakan mampu memperbaiki lesi histopatologis, termasuk degenerasi dan nekrosis jaringan otot, pada ikan lele Afrika yang terpapar mikroplastik.

Namun pada pemberian simplisia biji kemangi 4% dalam pakan (P2) nilai degenerasi dan nekrosis sel otot lebih tinggi dibandingkan dengan P1 (Tabel 2) dan berbeda nyata signifikan ($P < 0.05$). Hal ini kemungkinan dipengaruhi dari faktor biji kemangi yang mengandung tanin dalam konsentrasi tinggi, sehingga menyebabkan efek toksik pada ikan. Nazir & Wani, (2021) melaporkan bahwa biji kemangi memiliki kandungan total fenolik sebesar $18,24 \pm 0,03$ mg GAE/g, termasuk senyawa tanin. Senyawa tanin bersifat antinutrisi karena dapat berikatan dengan protein, sehingga protein biji kemangi dalam pakan tidak dapat dicerna dan diserap secara optimal oleh ikan. Studi oleh Alif *et al.* (2021) mengatakan jika kandungan tanin yang berlebihan pada pakan menimbulkan kenaikan tingkat stres oksidatif yang dapat merusak organ ikan. Kandungan tanin pada biji kemangi dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan sel otot ditandai dengan kenaikan degenerasi dan nekrosis sel otot. Hal tersebut didukung oleh Wiranatha *et al.* (2019) bahwa pemberian tanin dengan konsentrasi tertentu dalam jangka panjang memicu degenerasi lemak yang dapat berkembang menjadi kematian sel (nekrosis). Selain itu biji kemangi juga diketahui mengandung senyawa saponin. Menurut Marpaung & Romelan, (2018) biji kemangi menghasilkan kadar saponin sebesar $3,11 \pm 0,0795\%$, yang menunjukkan kandungan saponin relatif tinggi. Kandungan saponin dengan konsentrasi tinggi juga dapat memberikan efek toksik terhadap organisme yang mengkonsumsi. Menurut Alif *et al.* (2021) menyatakan bahwa saponin pada dosis tinggi, khususnya pada perlakuan pakan yang mengandung saponin sekitar $1,7\text{--}1,9$ mg kg^{-1} pakan dapat menjadi toksik karena dapat menghemolisis hemoglobin sehingga menyebabkan sulitnya mengalirkan oksigen yang menyebabkan kematian sel. Akibatnya, sel otot yang awalnya hanya mengalami stress oksidatif, dapat berkembang dengan mudah menjadi degenerasi, dan berlanjut menjadi nekrosis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemberian simplisia biji kemangi dalam pakan pada ikan lele yang terpapar mikroplastik PS 100 mg/L selama 15 hari terbukti menyebabkan perubahan histomorfometri dan kerusakan jaringan otot ikan lele, yang ditandai dengan peningkatan diameter dan luas *myofiber*, serta penurunan degenerasi dan nekrosis sel otot. Penambahan simplisia biji kemangi 2% (P1) pada pakan secara signifikan mampu meningkatkan diameter dan luas *myofiber*, serta menurunkan tingkat degenerasi dan nekrosis sel otot dibandingkan kelompok KN yang hanya terpapar mikroplastik. Pemberian simplisia biji kemangi 4% (P2) pada pakan menunjukkan efektivitas yang lebih rendah, yang mungkin berkaitan dengan senyawa tanin dan saponin yang diberikan pada konsentrasi tinggi dan memengaruhi palatabilitas. Simplisia biji kemangi 2% berpotensi dikembangkan sebagai bahan pakan fungsional alami untuk meminimalkan efek kerusakan otot ikan lele akibat paparan mikroplastik PS pada budidaya perikanan.

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memfokuskan kajian terkait metode pengolahan alternatif biji kemangi seperti fermentasi ataupun ekstraksi menggunakan pelarut universal agar dapat meningkatkan kualitas nutrisi dan aktivitas protektif biji kemangi, sehingga diperoleh bentuk sediaan yang lebih efektif dan aman untuk diaplikasikan dalam pakan ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang sudah turut serta memberikan bantuan serta dukungan, selama proses penelitian dan penulisan artikel berlangsung, sehingga penelitian dan penulisan artikel ini bisa selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, A., Syawal, H., & Riau waty, M. (2021). Histopatologi Hati dan Usus Ikan Jambal Siam (*Pangasionodon hypophthalmus*) yang Diberi Pakan Mengandung Ekstrak Daun *Rhizophora apiculata*. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(2), 152–161. <https://jipas.ejournal.unri.ac.id/index.php/jipas/article/view/1992>
- Amar, M. I., Martana, B., Rizal, R., & Hidayati, A. N. (2022). Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Masyarakat Tentang Pengolahan Hasil Budidaya Ikan Lele Melalui Diversifikasi pada Olahan Ikan Lele. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(2), 1340. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i2.7204>
- Bravo, H. C., Cespedes, N. V., Zura-Bravo, L., & Munoz, L. A. (2021). Basil Seeds as A Novel Food, Source of Nutrients and Functional Ingredients With Beneficial Properties: A Review. *Foods*, 10(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods10071467>
- Cai, W., Wang, X., Liu, H., Hua, L., Han, D., Zhu, X., Jin, J., Zhang, Z., Yang, Y., & Xie, S. (2025). Dietary Supplementation with Glutamate Improves the Flesh Quality of Gibel Carp (*Carassius gibelio*) by Altering Muscle Texture Characteristics and Increasing the Deposition of Flavour Substances. *Journal of Nutritional Science*, 14, 1. <https://doi.org/10.1017/jns.2025.10009>
- Chen, G., Li, Y., & Wang, J. (2021). Occurrence and Ecological Impact of Microplastics in Aquaculture Ecosystems. *Chemosphere*, 274, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129989>
- EFSA. (2016). Presence of Microplastics and Nanoplastics in Food, with Particular Focus on Seafood. *EFSA Journal*, 14(6), 1–30. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501>
- El-Dakar, A. Y., Shalaby, S. M., Nemetallah, B. R., Saleh, N. E., Sakr, E. M., & Toutou, M. M. (2015). Possibility of Using Basil (*Ocimum basilicum*) Supplementation in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Diet. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 41(2), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.03.001>
- Filho, J. V. D., Pedroti, V. P., Santos, B. L. T., Pinheiro, M. M. de L., Mira, Á. B. de, Silva, F. C. da, Silva, E. C. S. e, Cavali, J., Guedes, E. A. C., & Schons, S. de V. (2023). First Evidence of Microplastics in Freshwater from Fish Farms in Rondônia State, Brazil. *Heliyon*, 9(4), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15066>
- Firnanda, W. A., Kisanarti, E. A., & Permatasari, I. N. (2024). Kajian Distribusi Mikroplastik dan Analisis Polimer pada Sedimen dan Air Laut (Literature Review). *J-Tropimar*, 6(2), 103–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.30649/jrkt.v6i2.85>

- Haetami, K., Erdiasari, E., Intan Pratama, R., Grandiosa Herman, R., Studi Perikanan, P., Perikanan dan Ilmu Kelautan, F., & Padjadjaran Jl Raya Bandung-Sumedang, U. K. (2023). Effect of Addition of Turmeric Extract (*Curcuma domestica*) on Feed to Growth and Survival Dumbo Catfish Seeds (*Clarias gariepinus*). *Journal Perikanan*, 13(4), 1111–1121. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i3.657>
- Hamed, M., Soliman, H. A. M., Badrey, A. E. A., & Osman, A. G. M. (2021). Microplastics Induced Histopathological Lesions in Some Tissues of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Early Juveniles. *Tissue and Cell*, 71, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tice.2021.101512>
- Hamed, M., Soliman, H. A. M., Osman, A. G. M., & Sayed, A. E. D. H. (2020). Antioxidants and Molecular Damage in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) after Exposure to Microplastics. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 14581–14588. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07898-y>
- Jiang, J., Wu, X. Y., Zhou, X. Q., Feng, L., Liu, Y., Jiang, W. D., Wu, P., & Zhao, Y. (2016). Glutamate Ameliorates Copper-Induced Oxidative Injury by Regulating Antioxidant Defences in Fish Intestine. *British Journal of Nutrition*, 116(1), 70–79. <https://doi.org/10.1017/S0007114516001732>
- Jones, J. I., Vdovchenko, A., Cooling, D., Murphy, J. F., Arnold, A., Pretty, J. L., Spencer, K. L., Markus, A. A., Vethaak, A. D., & Resmini, M. (2020). Systematic Analysis of the Relative Abundance of Polymers Occurring as Microplastics in Freshwaters and Estuaries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249304>
- Kama, N. A., Djawad, M. I., & Yaqin, K. (2024). Effects of Microplastics on the Oxygen Consumption and Histological Changes of the Cultured Nile Tilapia *Oreochromis Niloticus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 28(5), 945–960. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2024.382106>
- Kelautan, K., & Perikanan, D. (2021). *Laporan Kinerja Tahun 2021*. Pemerintah Daerah Kota Jakarta, Provinsi DKI Jakarta.
- Liu, G., Ito, T., Kijima, Y., Yoshitake, K., Asakawa, S., Watabe, S., & Kinoshita, S. (2022). Zebrafish *Danio Rerio* Myotomal Muscle Structure and Growth from a Spatial Transcriptomics Perspective. *Genomics*, 114(5). <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2022.110477>
- Mahmud, F., Sarker, D. B., Jocelyn, J. A., & Sang, Q. X. A. (2024). Molecular and Cellular Effects of Microplastics and Nanoplastics: Focus on Inflammation and Senescence. *Cells* 13(21).1788. <https://doi.org/10.3390/cells13211788>
- Marpaung, M. P., & Romelan. (2018). Analisis Jenis dan Kadar Saponin Ekstrak Metanol Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) dengan Menggunakan Metode Gravimetri. *JFL Jurnal Farmasi Lampung*, 07(2), 81–86. <https://doi.org/https://doi.org/10.37090/jfl.v7i2.57>
- Nazir, S., & Wani, I. A. (2021). Physicochemical Characterization of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Seeds. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100295>
- Nurdhiana, I. (2021). Mikroplastik pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Keramba Ikan Kali Kanal Mangetan Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, 3(3), 192–198. <https://doi.org/https://doi.org/10.58954/epj.v1i3.68>
- Omnes, M. H., Le Goasduff, J., Le Delliou, H., Le Bayon, N., Quazuguel, P., & Robin, J. H. (2017). Effects of Dietary Tannin on Growth, Feed Utilization and Digestibility, and Carcass Composition in Juvenile European Seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture Reports*, 6, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.004>

- Pandu Wicaksana, M., & Firmani, U. (2025). Kelimpahan dan Jenis Mikroplastik pada Tambak Budidaya Sistem Polikultur di Kecamatan Duduk sampeyan Kabupaten Gresik. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 8(1), 653–660. <https://doi.org/https://doi.org/10.30587/jpp.v8i1.9457>
- Sawalman, R., Zamani, N. P., Werorilangi, S., & Ismet, M. S. (2021). Akumulasi Mikroplastik pada Spesies Ikan Ekonomis Penting di Perairan Pulau Barranglompo, Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 241–259. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.34587>
- Sayed, A. E. D. H., Hana, M. N., Hamed, M., Abdel-Latif, H. M. R., Lee, J. S., & Soliman, H. A. M. (2023). Protective Efficacy of Dietary Natural Antioxidants on Microplastic Particles-Induced Histopathological Lesions in African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(9), 24424–24440. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23789-w>
- Simanjutak H, A. (2021). Studi Pemanfaatan Tumbuhan Obat Antidiare oleh Masyarakat di Etnis Sumatera Utara. *Herbal Medicine Journal*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.58996/hmj.v4i2.32>
- Suwartiningsih, N., Aszhara, A. F., Marsela, R., & Wijayanti, D. E. (2025). The Effect of Polystyrene Microplastic Exposure in the Rearing Water on Muscle Morphology of Mutiara Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(7), 295–302. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11537>
- Wiranantha, I. G., Setyawati, I., & Wiratmini, N. I. (2019). Histopatologi serta Aktivitas Hati Kelinci Lokal (*Lepus* sp.) yang Diberi Ransum Tepung Daun Kaliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.) dan Kulit Nanas (*Ananas comosus* L.). *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 6(2), 183–190. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.v06.i02.p07>
- Yuriana, L., Santoso, H., & Sutanto, A. (2017). Pengaruh Probiotik Strain *Lactobacillus* Terhadap Laju Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Lele Masamo (*Clarias* Sp) Tahap Pendederan I dengan Sistem Bioflok Sebagai Sumber Biologi. *Jurnal Lentera Pendidikan Pusat Penelitian LPPM UM METRO*, 2(1), 13–23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/jlpppm.v2i1.476>
- Yusuf, M. A., & Effendi, I. (2024). Evaluasi Dampak Pencemaran Mikroplastik pada Sistem Budidaya Perikanan: Strategi Pengelolaan Berkelanjutan. *e-journal Budidaya Perairan*, 12(2), 92–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.35800/bdp.v12i2.59436>
- Zhao, Y., Jiang, Q., Zhou, X. Q., Xu, S. X., Feng, L., Liu, Y., Jiang, W. D., Wu, P., Zhao, J., & Jiang, J. (2020). Effect of Dietary Threonine on Growth Performance and Muscle Growth, Protein Synthesis and Antioxidant-Related Signalling Pathways of Hybrid Catfish *Pelteobagrus Vachelli*♀ × *Leiocassis Longirostris*♂. *British Journal of Nutrition*, 123(2), 121–134. <https://doi.org/10.1017/S0007114519002599>
- Ziolkowska, E., Bogucka, J., Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Maiorano, G., & Stanek, M. (2022). The First Insights on Trans-Galactooligosaccharide Effects on Fatty Acids Profile and Microstructure of Muscle in Common Carp. *Annals of Animal Science*, 22(1), 305–324. <https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0030>
- Zulfadhli, Wijayanti, N., & Retnoaji, B. (2016). Perkembangan Ovarium Ikan Wader Pari (*Rasbora Lateristriata* Bleeker, 1854): Pendekatan Histologi. *Jurnal Perikanan Tropis*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jpt.v3i1.34>