

Paparan mikroplastik polietilen menekan pertumbuhan dan sintasan *Artemia* sp., dengan perbaikan parsial oleh bakteri halofilik

Polyethylene microplastic exposure suppresses the growth and survival of *Artemia* sp., with partial improvement by halophilic bacteria

Bagus Dwi Hari Setyono¹, Nanda Wahyuni Al Humaero¹, Sadikin Amir², Lalu Imam Anggara¹, Insani Jati Surya¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram

Penulis korespondensi: B.D.H. Setyono, bagus.setyono@unram.ac.id

Abstract

Polyethylene (PE) microplastics are emerging contaminants that may suppress the biological performance of cultured organisms, particularly non-selective filter feeders such as *Artemia* sp. This study evaluated the effects of PE exposure on absolute length growth, daily length growth rate, and survival rate of *Artemia* sp., and assessed whether halophilic bacteria were associated with partial improvement in the biological response of PE-exposed culture systems. A completely randomized design with six treatments and three replications was applied: control without PE and bacteria (P0), PE control without bacteria (KN), bacterial control without PE (KP), and combinations of PE 2 mg/L with 10⁶, 10⁷, and 10⁸ CFU/mL halophilic bacteria (P1, P2, and P3). Data was analyzed using analysis of variance followed by Duncan's multiple range test at 95% confidence level. The treatments significantly affected absolute length growth ($F = 4259.885$; $p < 0.001$), daily length growth rate ($F = 16355.400$; $p < 0.001$), and survival rate ($F = 110.933$; $p < 0.001$). KN consistently produced the lowest values, whereas P0 produced the highest values across all variables. Among PE-containing treatments, P1 showed the greatest improvement, although it did not restore *Artemia* performance to the control level. These findings indicate that PE exposure suppresses *Artemia* growth and survival, whereas the addition of halophilic bacteria is better interpreted as a partial improvement rather than full recovery.

Keywords: aquatic toxicity, bioremediation, brine shrimp, filter-feeding organism, saline aquaculture.

Abstrak

Mikroplastik polietilen (PE) merupakan salah satu pencemar yang berpotensi menekan performa biologis organisme budidaya, khususnya filter feeder non-selektif seperti *Artemia* sp. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh paparan PE terhadap pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan panjang harian, dan survival rate *Artemia* sp., serta menilai apakah penambahan bakteri halofilik berasosiasi dengan perbaikan respons biologis pada sistem yang terpapar PE. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan enam perlakuan dan tiga ulangan, yaitu kontrol tanpa PE dan bakteri (P0), kontrol PE tanpa bakteri (KN), kontrol bakteri tanpa PE (KP), serta kombinasi PE 2 mg/L dengan bakteri 10⁶, 10⁷, dan 10⁸ CFU/mL (P1, P2, dan P3). Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak ($F = 4259,885$; $p < 0,001$), laju pertumbuhan panjang harian ($F = 16355,400$; $p < 0,001$), dan survival rate ($F = 110,933$; $p < 0,001$). KN secara konsisten menghasilkan nilai terendah, sedangkan P0 menghasilkan nilai tertinggi di seluruh variabel. Di antara perlakuan yang mengandung PE, P1 menunjukkan peningkatan terbaik, meskipun belum mengembalikan performa *Artemia* ke tingkat kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa paparan PE menekan pertumbuhan dan survival *Artemia*, sedangkan penambahan bakteri halofilik lebih baik diartikan sebagai peningkatan parsial daripada pemulihan penuh.

= 16355,400; $p < 0,001$), dan survival rate ($F = 110,933$; $p < 0,001$). Perlakuan KN secara konsisten menghasilkan nilai terendah, sedangkan P0 menghasilkan nilai tertinggi untuk seluruh variabel. Pada sistem yang mengandung PE, perlakuan P1 memberikan perbaikan paling besar, namun belum mampu mengembalikan performa biologis *Artemia* sp. setara dengan kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa paparan PE menekan pertumbuhan dan sintasan *Artemia* sp., sedangkan penambahan bakteri halofilik lebih tepat ditafsirkan sebagai perbaikan parsial daripada pemulihan penuh.

Kata kunci: bioremediasi, budidaya salin, organisme penyaring, toksisitas akuatik, udang renik.

PENDAHULUAN

Mikroplastik telah menjadi isu sentral dalam lingkungan perairan budidaya karena partikel ini dapat terdeteksi pada air, sedimen, pakan, dan tubuh organisme akuatik. Dalam sistem akuakultur, mikroplastik tidak lagi dipahami semata-mata sebagai pencemar pasif, tetapi sebagai stresor yang dapat mengubah kualitas media, interaksi organisme dengan pakan, kondisi fisiologis, dan kinerja produksi. Sejumlah telaah dan studi mutakhir juga menegaskan bahwa keberadaan mikroplastik pada sistem budidaya perlu dibaca sebagai persoalan ekologi sekaligus persoalan manajemen kesehatan organisme budidaya (Alimba & Faggio, 2019; Le *et al.*, 2024; Miao *et al.*, 2023; Pal *et al.*, 2025). Kekhawatiran tersebut juga relevan pada konteks lokal, karena kontaminasi mikroplastik telah dilaporkan pada kawasan budidaya Teluk Ekas dan pada sistem budidaya udang vaname di Lombok Utara (Setyono *et al.*, 2024; Sumsanto *et al.*, 2024).

Artemia sp. merupakan model biologis yang sangat relevan untuk mengevaluasi risiko tersebut. Sebagai filter feeder non-selektif, *Artemia* berpotensi menelan partikel mikroplastik yang tersuspensi di media pemeliharaan, kemudian mengakumulasi pada saluran pencernaan. Pada berbagai studi eksperimental, paparan mikroplastik pada *Artemia* dikaitkan dengan perubahan perilaku makan, gangguan histologi usus, tekanan fisiologis, serta penurunan pertumbuhan dan kelangsungan hidup (L. Kim *et al.*, 2021; Lazarotto *et al.*, 2026; Saha & Chandrasekaran, 2024; Suman *et al.*, 2020; Varó *et al.*, 2019; Wang, Mao, *et al.*, 2019; Wang, Zhang, *et al.*, 2019).

Risiko tersebut menjadi semakin penting karena respons *Artemia* terhadap mikroplastik sangat dipengaruhi oleh karakter partikel dan kondisi lingkungan. Paparan partikel pada kondisi pengasaman, bentuk serat yang tidak beraturan, partikel hasil pelapukan alami, maupun partikel yang membawa kontaminan lain telah dilaporkan memperburuk performa *Artemia* dan meningkatkan potensi kerusakan penghalang usus. Variasi ukuran dan bentuk partikel juga menghasilkan tingkat toksisitas yang berbeda, sehingga penilaian dampak biologis harus dilakukan secara hati-hati dan tidak boleh disederhanakan (Athulya *et al.*, 2023; Charoeythornkhajhornchai *et al.*, 2023; Kanimozhi *et al.*, 2024; C. Kim *et al.*, 2024; L. Kim *et al.*, 2025; Kwak *et al.*, 2024; Sahandi *et al.*, 2026; Vengatesh *et al.*, 2024).

Dalam konteks penelitian ini, polietilen (PE) dipilih karena merupakan salah satu polimer yang paling luas digunakan dan paling persisten di lingkungan perairan. Pada sisi lain, strategi mitigasi yang mulai banyak dikaji terhadap plastik dan mikroplastik adalah pendekatan

berbasis mikroorganisme. Literatur mutakhir menunjukkan bahwa bakteri, termasuk kelompok ekstremofil dan halofilik, dapat berinteraksi dengan polimer melalui pembentukan biofilm, kolonisasi permukaan, dan aktivitas enzimatik, walaupun efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh jenis polimer, struktur komunitas mikroba, dan kondisi lingkungannya (Atanasova *et al.*, 2021; Choi *et al.*, 2021; Gao *et al.*, 2024; Krumov *et al.*, 2025; Pathak & Navneet, 2023; Pham *et al.*, 2024; Ventura *et al.*, 2024; Wrobel *et al.*, 2023; Yao *et al.*, 2022; H. Zhang *et al.*, 2023; N. Zhang *et al.*, 2022).

Berdasarkan kerangka tersebut, penelitian ini difokuskan bukan untuk mengklaim biodegradasi PE secara final, melainkan untuk menilai apakah penambahan bakteri halofilik berkaitan dengan perbaikan respons biologis *Artemia* sp. pada sistem yang terpapar PE. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan menganalisis pengaruh paparan PE terhadap pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan panjang harian, dan survival rate *Artemia* sp., serta menilai sejauh mana penambahan bakteri halofilik mampu memperbaiki respons tersebut secara parsial dan terukur.

METODE PENELITIAN

Waktu, Tempat, dan Rancangan Percobaan

Penelitian dilaksanakan pada Agustus hingga September 2025 di Laboratorium Produksi dan Reproduksi, Laboratorium Hidrobiologi, dan Laboratorium Kesehatan Ikan, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan enam perlakuan dan tiga ulangan. Rancangan ini disusun untuk membedakan efek PE, efek bakteri, dan efek kombinasi keduanya terhadap respons biologis *Artemia* sp. Rincian perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan Penelitian

Perlakuan	Keterangan
P0	Tanpa mikroplastik dan tanpa bakteri (kontrol)
KN	Mikroplastik PE 2 mg/L tanpa bakteri
KP	Bakteri halofilik 10^6 CFU/mL tanpa mikroplastik
P1	Mikroplastik PE 2 mg/L + bakteri halofilik 10^6 CFU/mL
P2	Mikroplastik PE 2 mg/L + bakteri halofilik 10^7 CFU/mL
P3	Mikroplastik PE 2 mg/L + bakteri halofilik 10^8 CFU/mL

Persiapan Mikroplastik, Bakteri, Dan Hewan Uji

Mikroplastik PE diperoleh dari tutup botol plastik yang dihancurkan dan diayak hingga mencapai ukuran mikro, kemudian ditimbang sesuai dosis 2 mg/L. Bakteri halofilik diisolasi dari perairan hipersalin dan dikultur pada media bersalinitas tinggi untuk memperoleh kepadatan 10^6 , 10^7 , dan 10^8 CFU/mL. *Artemia* sp. digunakan sebagai hewan uji dan dipelihara pada toples berisi 3 L air laut steril dengan aerasi kontinu. Kepadatan awal hewan uji ditetapkan 10 individu/mL, atau sekitar 30.000 individu per wadah pemeliharaan.

Perlakuan KN merepresentasikan tekanan PE tanpa intervensi biologis, sedangkan KP digunakan untuk mengevaluasi respons *Artemia* terhadap keberadaan bakteri tanpa paparan

PE. Dengan demikian, perbedaan antara KN dan P1–P3 dibaca sebagai indikator perubahan respons biologis setelah penambahan bakteri halofilik pada sistem yang mengandung PE.

Variabel Pengamatan dan Analisis Data

Variabel utama pada artikel ini adalah pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan panjang harian, dan survival rate *Artemia* sp. Data dianalisis menggunakan analysis of variance (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji Duncan apabila terdapat pengaruh nyata. Angka rerata yang disajikan dalam artikel ini telah disinkronkan kembali dengan output SPSS asli agar narasi hasil konsisten dengan statistik inferensial yang dilaporkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

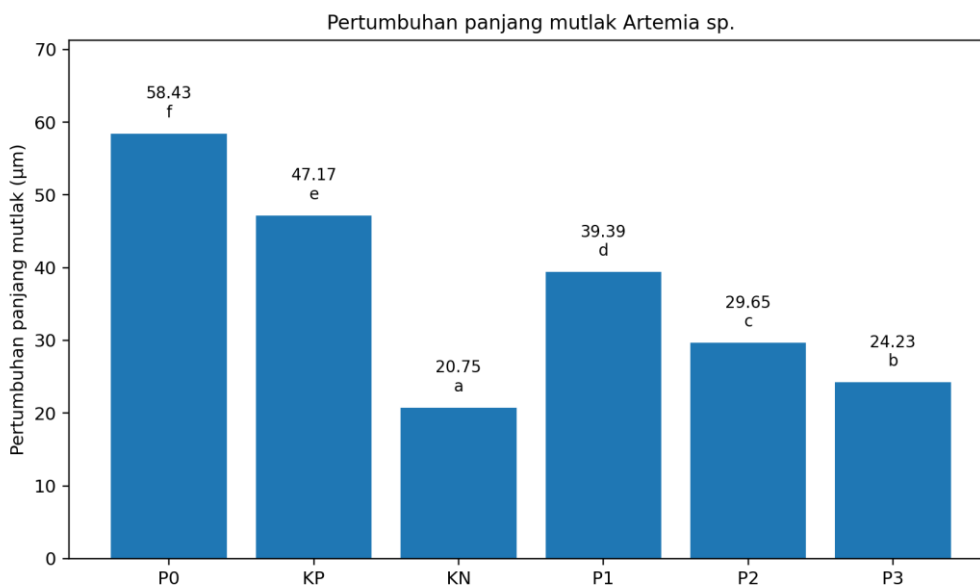
Pertumbuhan Panjang Mutlak

ANOVA berdasarkan output SPSS menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak *Artemia* sp. dengan nilai $F(5,12) = 4259,885$ dan $p < 0,001$. Uji Duncan menempatkan seluruh perlakuan pada enam subset homogen yang berbeda dengan urutan $KN < P3 < P2 < P1 < KP < P0$. Rerata pertumbuhan panjang mutlak masing-masing perlakuan adalah KN 20,75 μm , P3 24,23 μm , P2 29,65 μm , P1 39,39 μm , KP 47,17 μm , dan P0 58,43 μm .

Pola tersebut menegaskan bahwa paparan PE tanpa kehadiran bakteri halofilik menurunkan pertumbuhan *Artemia* secara tajam. Penurunan ini konsisten dengan berbagai laporan yang menunjukkan bahwa mikroplastik dapat mengganggu konsumsi pakan, mengubah integritas saluran pencernaan, dan meningkatkan tekanan fisiologis pada *Artemia* sehingga energi lebih banyak dialihkan untuk mempertahankan fungsi dasar daripada untuk pertumbuhan (L. Kim *et al.*, 2021; Saha & Chandrasekaran, 2024; Suman *et al.*, 2020; Wang, Mao, *et al.*, 2019; Wang, Zhang, *et al.*, 2019).

Nilai KP yang lebih rendah daripada P0, tetapi masih lebih tinggi daripada seluruh perlakuan yang mengandung PE, menunjukkan bahwa kehadiran bakteri pada konsentrasi 10^6 CFU/mL belum sepenuhnya netral terhadap sistem budidaya. Namun, nilai P1, P2, dan P3 yang selalu lebih tinggi daripada KN memperlihatkan adanya perbaikan parsial setelah penambahan bakteri halofilik. Dalam konteks ini, temuan penelitian lebih aman dibaca sebagai indikasi berkurangnya tekanan efektif PE pada media, bukan sebagai bukti bahwa bakteri telah memulihkan kondisi biologis *Artemia* secara penuh. Interpretasi semacam ini lebih sejalan dengan literatur tentang interaksi mikroba-plastik yang menekankan pentingnya biofilm, komunitas mikroba, dan kondisi lingkungan dalam menentukan efektivitas proses degradasi atau detoksifikasi (Atanasova *et al.*, 2021; Gao *et al.*, 2024; Krumov *et al.*, 2025; Pham *et al.*, 2024).

Untuk memperjelas perbedaan rerata pertumbuhan panjang mutlak antarperlakuan, distribusi data disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rerata pertumbuhan panjang mutlak *Artemia* sp. pada setiap perlakuan. Urutan huruf yang berbeda menunjukkan bahwa tiap perlakuan berada pada subset homogen Duncan yang berbeda pada $\alpha = 0,05$.

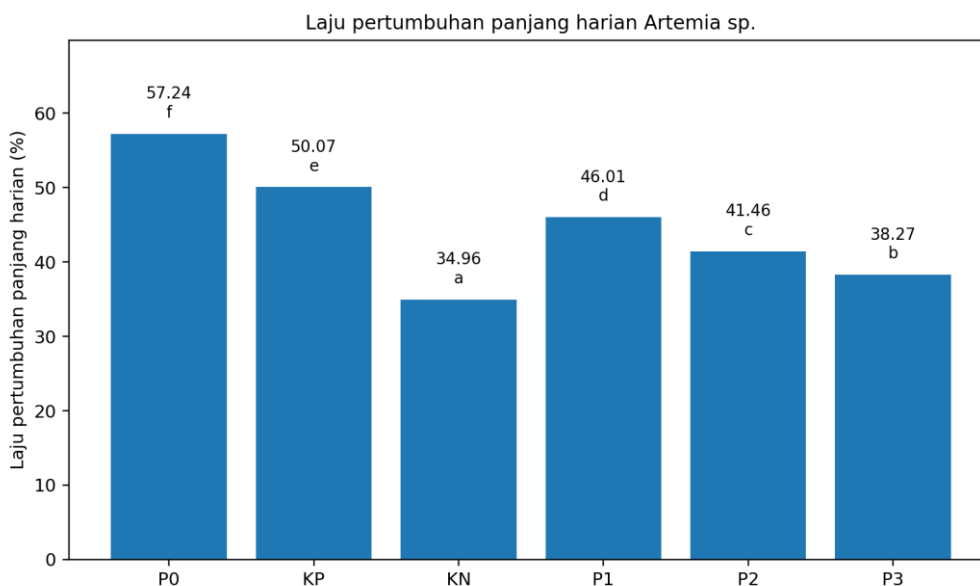
Laju Pertumbuhan Panjang Harian

Variabel laju pertumbuhan panjang harian juga berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan ANOVA dengan nilai $F(5,12) = 16355,400$ dan $p < 0,001$. Uji Duncan kembali menunjukkan enam subset homogen yang terpisah dengan urutan $KN < P3 < P2 < P1 < KP < P0$. Rerata laju pertumbuhan panjang harian berturut-turut adalah KN 34,96%, P3 38,27%, P2 41,46%, P1 46,01%, KP 50,07%, dan P0 57,24%.

Konsistensi pola antara pertumbuhan panjang mutlak dan laju pertumbuhan panjang harian memperkuat kesimpulan bahwa PE menekan performa biologis *Artemia* secara berkelanjutan selama periode pemeliharaan. Secara biologis, hal ini masuk akal karena partikel yang tertelan tidak hanya mengurangi efisiensi asupan pakan, tetapi juga dapat memperpanjang waktu pemulihan fisiologis setelah paparan. Berbagai studi sebelumnya pada *Artemia* juga melaporkan bahwa bentuk, ukuran, dan lama paparan mikroplastik berasosiasi dengan penurunan performa pertumbuhan dan meningkatnya beban fisiologis organisme (Athulya *et al.*, 2023; L. Kim *et al.*, 2024; Kwak *et al.*, 2024; Varó *et al.*, 2019).

Nilai P1 yang paling tinggi di antara seluruh perlakuan yang mengandung PE menunjukkan bahwa konsentrasi bakteri 10^6 CFU/mL merupakan kombinasi yang paling menguntungkan dalam penelitian ini. Sebaliknya, penambahan bakteri pada P2 dan P3 tidak menghasilkan perbaikan tambahan, bahkan menunjukkan penurunan bertahap. Dengan demikian, peningkatan kepadatan bakteri tidak dapat diartikan secara otomatis sebagai peningkatan manfaat biologis. Interpretasi yang lebih aman adalah bahwa pada kisaran tertentu terjadi titik keseimbangan antara potensi interaksi bakteri dengan PE dan beban ekologis tambahan yang ditimbulkan oleh keberadaan bakteri itu sendiri dalam media.

Untuk menunjukkan konsistensi pola penurunan dan perbaikan parsial antarperlakuan, laju pertumbuhan panjang harian divisualisasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik rerata laju pertumbuhan panjang harian *Artemia* sp. pada setiap perlakuan. Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa tiap perlakuan berada pada subset homogen Duncan yang berbeda pada $\alpha = 0,05$.

Survival Rate

Survival rate *Artemia* sp. juga dipengaruhi nyata oleh perlakuan berdasarkan ANOVA dengan nilai $F(5,12) = 110,933$ dan $p < 0,001$. Berdasarkan uji Duncan, seluruh perlakuan kembali terpisah ke dalam enam subset homogen yang berbeda dengan urutan $KN < P3 < P2 < P1 < KP < P0$. Nilai survival rate pada akhir penelitian masing-masing adalah KN 5,33%, P3 10,00%, P2 12,00%, P1 14,00%, KP 16,67%, dan P0 19,33%.

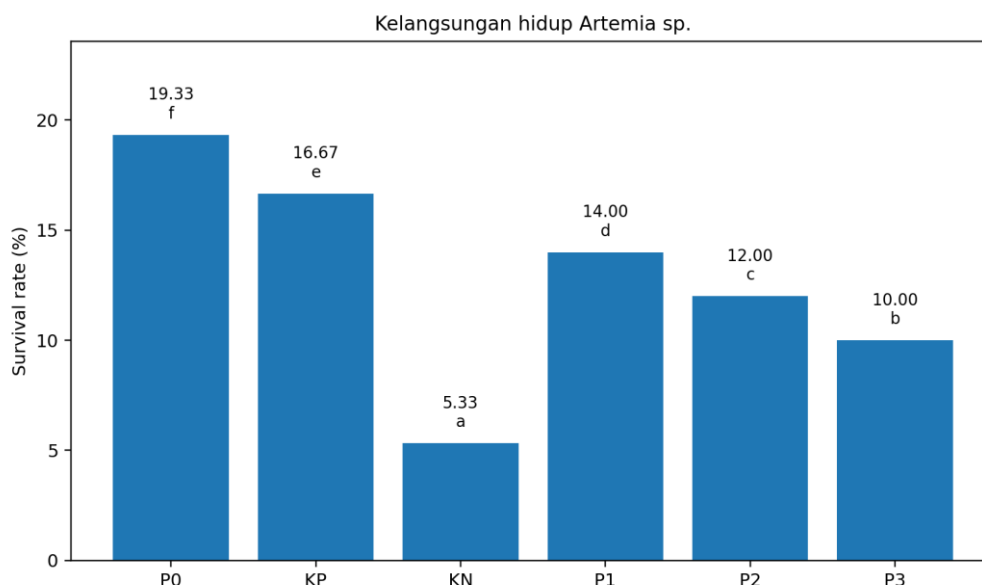
Nilai survival rate yang paling rendah pada KN menegaskan bahwa PE memberikan tekanan paling berat ketika hadir tanpa penambahan bakteri. Penjelasan yang paling masuk akal adalah kombinasi antara gangguan mekanistik pada saluran pencernaan, penurunan efisiensi makan, dan peningkatan stres fisiologis yang pada akhirnya memperbesar risiko kematian. Literatur eksperimental pada *Artemia* menunjukkan bahwa mikroplastik yang telah mengalami pelapukan alami, mikroplastik dalam kondisi kimia tertentu, serta mikroplastik yang membawa kontaminan lain dapat memperparah dampak biologis dan meningkatkan tingkat kerusakan jaringan penghalang usus (Kanimozhi *et al.*, 2024; Sahandi *et al.*, 2026; Vengatesh *et al.*, 2024). Kecenderungan penurunan pertumbuhan dan sintasan akibat paparan mikroplastik juga telah dilaporkan pada ikan nila yang terpapar PVC melalui pakan, sehingga temuan dalam penelitian ini tetap sejalan dengan bukti eksperimental pada organisme budidaya lain (Putrajab *et al.*, 2024).

Walaupun P1, P2, dan P3 menunjukkan survival rate yang lebih tinggi daripada KN, seluruh nilai pada sistem yang mengandung PE tetap relatif rendah. Karena itu, manfaat bakteri halofilik pada penelitian ini lebih tepat ditafsirkan sebagai perbaikan parsial terhadap tekanan

mikroplastik, bukan sebagai intervensi yang telah mengembalikan kondisi budidaya ke tingkat aman sepenuhnya. Penekanan ini penting agar interpretasi hasil tidak melampaui daya dukung data.

Rendahnya survival rate pada seluruh perlakuan, termasuk kontrol, juga merupakan catatan metodologis yang penting. Perbedaan antarperlakuan memang tetap bermakna secara statistik, tetapi nilai absolut yang rendah menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan secara umum masih cukup menantang bagi *Artemia*. Oleh sebab itu, generalisasi hasil ke kondisi budidaya skala lapang perlu dilakukan secara hati-hati.

Perbandingan survival rate antarperlakuan disajikan pada Gambar 3 untuk menunjukkan bahwa penambahan bakteri halofilik hanya menghasilkan perbaikan parsial pada sistem yang terpapar PE.



Gambar 3. Grafik rerata kelangsungan hidup *Artemia* sp. pada setiap perlakuan. Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa tiap perlakuan berada pada subset homogen Duncan yang berbeda pada $\alpha = 0,05$.

Integrasi Respons Biologis *Artemia* sp. dan Kualitas Air

Apabila ketiga variabel biologis dibaca secara bersama-sama, pola hasil penelitian ini sangat konsisten. P0 selalu menghasilkan performa terbaik, KN selalu menghasilkan performa terendah, KP berada di bawah kontrol tetapi di atas seluruh perlakuan yang mengandung PE, sedangkan P1 menjadi kombinasi paling baik di antara perlakuan yang terpapar PE. Pola ini menunjukkan bahwa PE merupakan faktor penekan utama, sementara bakteri halofilik berasosiasi dengan penurunan sebagian tekanan biologis pada sistem yang mengandung PE.

Dari sudut pandang ekologi budidaya, hasil ini relevan dengan kecenderungan umum yang dilaporkan pada sistem akuakultur, yaitu bahwa mikroplastik tidak hanya hadir sebagai kontaminan lingkungan, tetapi juga dapat mengganggu performa organisme pada tingkat trofik awal dan memengaruhi kualitas sistem secara keseluruhan. Karena *Artemia* merupakan pakan alami penting bagi banyak larva ikan dan udang, penurunan performa biologis *Artemia* akibat PE memiliki implikasi yang lebih luas terhadap kualitas produksi budidaya (Le *et al.*, 2024; Miao *et al.*, 2023; Pal *et al.*, 2025). Relevansi praktisnya semakin kuat karena studi di wilayah

Lombok juga telah mendokumentasikan keberadaan mikroplastik pada area budidaya perairan dan pada komponen sistem budidaya udang, termasuk air, pakan, dan organ organisme budidaya (Setyono *et al.*, 2024; Sumsanto *et al.*, 2024).

Namun demikian, hasil penelitian ini belum cukup untuk menyimpulkan bahwa bakteri halofilik telah mendegradasi PE secara penuh. Literatur mengenai biodegradasi plastik oleh bakteri menunjukkan bahwa keberhasilan proses semacam ini sangat bergantung pada karakter polimer, kolonisasi biofilm, ketersediaan oksigen, struktur komunitas mikroba, dan lamanya paparan. Oleh sebab itu, peningkatan performa biologis *Artemia* pada penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai indikasi adanya interaksi biologis yang mengurangi tekanan efektif PE, bukan sebagai pembuktian akhir atas degradasi polimer (Pathak & Navneet, 2023; Ventura *et al.*, 2024; Wróbel *et al.*, 2023; N. Zhang *et al.*, 2022).

Tabel 2. Ringkasan respons biologis *Artemia* sp. dan kelompok homogen uji Duncan

Perlakuan	Pertumbuhan Panjang Mutlak (μm)	Laju Pertumbuhan Panjang Harian (%)	Kelangsungan Hidup (%)
P0	58,43 (f)	57,24 (f)	19,33 (f)
KP	47,17 (e)	50,07 (e)	16,67 (e)
P1	39,39 (d)	46,01 (d)	14,00 (d)
P2	29,65 (c)	41,46 (c)	12,00 (c)
P3	24,23 (b)	38,27 (b)	10,00 (b)
KN	20,75 (a)	34,96 (a)	5,33 (a)

Keterangan: huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada $\alpha = 0,05$.

Tabel 3. Kualitas air selama penelitian

Parameter	Kisaran yang Diperoleh	Kisaran yang Layak
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	28,4–28,6	25–30
DO (mg/L)	5,3–6,4	>5 atau masih layak 2–7
pH	7,0–7,2	6,0–8,4
Salinitas (ppt)	37	30–55

Secara umum, kualitas air selama penelitian masih berada pada kisaran yang layak untuk pemeliharaan *Artemia* sp. Oleh karena itu, perbedaan performa biologis antarperlakuan lebih rasional dikaitkan dengan perbedaan paparan PE dan keberadaan bakteri, meskipun variasi mikro-lingkungan antarsatuan percobaan tetap tidak dapat dikesampingkan sepenuhnya.

KESIMPULAN

Paparan mikroplastik PE menurunkan performa biologis *Artemia* sp. secara nyata, yang tercermin dari penurunan pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan panjang harian, dan survival rate pada perlakuan tanpa bakteri. Penambahan bakteri halofilik berkaitan dengan perbaikan respons biologis pada sistem yang terpapar PE, terutama pada konsentrasi 10^6 CFU/mL, tetapi manfaat tersebut belum mampu mengembalikan performa *Artemia* ke tingkat

kontrol. Dengan demikian, bakteri halofilik pada penelitian ini lebih tepat ditafsirkan sebagai faktor perbaikan parsial daripada bukti pemulihan penuh terhadap tekanan mikroplastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Produksi dan Reproduksi, Laboratorium Hidrobiologi, dan Laboratorium Kesehatan Ikan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, atas fasilitas dan dukungan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimba CG, Faggio C. 2019. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 68: 61–74.
- Atanasova N, Stoitsova S, Paunova-Krasteva, T, Kambourova M. 2021. Plastic degradation by extremophilic bacteria. *International Journal of Molecular Sciences* 22(11): 5610.
- Athulya PA, Sunil Z, Manzo S, & Chandrasekaran, N. 2023. Prepared microplastics interaction with *Artemia salina* under low pH conditions representing ocean acidification: A simulated environmental exposure. *Journal of Environmental Management* 348: 119367.
- Charoeythornkhajhornchai P, Kunjiek T, Chaipayang S, Phosri S. 2023. Toxicity assessment of bioplastics on brine shrimp (*Artemia franciscana*) and cell lines. *Emerging Contaminants*, 9(4).
- Choi TR., Park JH, Yang YH, Yoon JJ. 2021. Biodegradation of polyethylene and polypropylene by *Lysinibacillus* species JJY0216 isolated from soil grove. *Polymer Degradation and Stability* 189: 109662.
- Gao W, Xu M, Zhao W, Yang X, Xin F, Dong W, Jia H, Wu X. 2024. Microbial degradation of (micro) plastics: Mechanisms, enhancements, and future directions. *Fermentation* 10(9): 441.
- Kanimozhi S, Seenivasan R, Mukherjee A, Chandrasekaran N. 2024. Naturally weathered polypropylene microplastic from environment and its toxic behaviour in *Artemia salina*. *Environmental Science and Pollution Research* 31(9): 13207–13217.
- Kim C, Han IS, Lee JS, Yang JY. 2024. Establishment of a foundation for risk assessment in fisheries issues and identification of the impact of marine climate change. *Journal of Climate Change Research* 15(5–2): 909–918.
- Kim L, Kim H, Kim TH, An YJ. 2025. Size- and shape-dependent effects of polyethylene terephthalate microplastics on the benthic crustacean *Artemia franciscana*. *Marine Pollution Bulletin* 211: 117391.
- Kim L, Kim H, Song Y, An YJ. 2024. Chronic effects of irregular and fibril microplastics on *Artemia franciscana* in a benthic environment: Size- and shape-dependent toxicity.

Marine Pollution Bulletin 209(Pt B): 117270.

Kim L, Kim SA, Kim TH, Kim J, An, YJ. 2021. Synthetic and natural microfibers induce gut damage in the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Aquatic Toxicology* 232: 105748.

Krumov N, Atanasova, N, Boyadzhieva I, Paunova-Krasteva T, Berberov K, Petrov K, Petrova, P. 2025. New halophilic community degrades plastics: A metagenomic study. *Fermentation* 11(4): 227.

Kwak JI, Rhee H, Kim L, An YJ. 2024. In vivo visualization of environmentally relevant microplastics and evaluation of gut barrier damages in *Artemia franciscana*. *Journal of Hazardous Materials* 478: 135596.

Lazarotto E, Mayeski KK, Staniscuaski N, da Silva MCA, Zakrzewski SBB, Cansian RL, Mielniczki-Pereira AA. 2026. *Artemia* genus as a tool for studies of microplastic ingestion and trophic transfer: a review. *Biologia* 81, 79.

Le VG, Nguyen MK, Ngo HH, Barcelo D, Nguyen HL, Um MJ, Nguyen DD. 2024. Microplastics in aquaculture environments: Current occurrence, adverse effects, ecological risk, and nature-based mitigation solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 209(Pt A): 117168.

Miao, C, Zhang J, Jin R, Li T, Zhao, Y, Shen M. 2023. Microplastics in aquaculture systems: Occurrence, ecological threats and control strategies. *Chemosphere* 340: 139924.

Pal D, Prabhakar R, Barua VB, Zekker I, Burlakovs J, Krauklis A, Hogland, W, Vincevica-Gaile, Z. 2025. Microplastics in aquatic systems: A comprehensive review of its distribution, environmental interactions, and health risks. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(1), 56–88.

Pathak VM, Navneet. 2023. Exploitation of bacterial strains for microplastics (LDPE) biodegradation. *Chemosphere* 316: 137845.

Pham VHT, Kim J, Chang S. 2024. A valuable source of promising extremophiles in microbial plastic degradation. *Polymers* 16(15): 2109.

Putrajab EW, Setyono BDH, Alim S. 2024. The effect of exposure to microplastic polyvinyl chloride (PVC) in feed on the growth and survival of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fish Health* 4(2): 42–51.

Saha G, Chandrasekaran N. 2024. A comprehensive review on the adverse effect of microplastics in the gastrointestinal system of *Artemia* sp. *Heliyon* 10(18): e37720.

Sahandi J, Sorgeloos P, Tang KW, Jafaryan H, Mai K, Zhang W. 2026. Sea salt associated microplastics amplify pathogenic *Vibrio* and impair development in brine shrimp (*Artemia franciscana*). *Marine Pollution Bulletin* 222(Pt 3): 118895.

Setyono BDH, Wahyudi R, Asri Y, Diniariwisan D, Sumsanto M. 2024. Characterization of microplastic contamination of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultivation in North Lombok, Indonesia. *Journal of Fish Health* 4(4): 262–272.

- Suman TY, Jia PP, Li WG, Junaid M, Xin GY, Wang Y, Pei DS. 2020. Acute and chronic effects of polystyrene microplastics on brine shrimp: First evidence highlighting the molecular mechanism through transcriptome analysis. *Journal of Hazardous Materials* 400: 123220.
- Sumsanto M, Setyono BDH, Asri Y, Dwiyantri S. 2024. Analysis of the abundance and diversity of microplastic contamination in Ekas Bay cultivation areas. *Journal of Fish Health* 4(2): 63–72.
- Varo I, Perini A, Torreblanca A, Garcia Y, Bergami E, Vannuccini ML, Corsi I. 2019. Time-dependent effects of polystyrene nanoparticles in brine shrimp *Artemia franciscana* at physiological, biochemical and molecular levels. *Science of the Total Environment* 675: 570–580.
- Vengatesh BT, Chandrasekaran N, Mukherjee A. 2024. Effect of seasonal dynamics on microplastic pollution and its vectorization of heavy metals: An in-vitro toxicity assessment in *Artemia franciscana*. *Marine Pollution Bulletin* 209(Pt B):117294.
- Ventura E, Marin A, Gamez-Perez J, Cabedo L. 2024. Recent advances in the relationships between biofilms and microplastics in natural environments. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 40(7): 220.
- Wang Y, Mao Z, Zhang M, Ding G, Sun J, Du M, Liu Q, Cong Y, Jin F, Zhang W, Wang J. 2019. The uptake and elimination of polystyrene microplastics by the brine shrimp, *Artemia parthenogenetica*, and its impact on its feeding behavior and intestinal histology. *Chemosphere* 234: 123–131.
- Wang Y, Zhang D, Zhang M, Mu J, Ding G, Mao Z, Cao Y, Jin F, Cong Y, Wang L, Zhang W, Wang J. 2019. Effects of ingested polystyrene microplastics on brine shrimp, *Artemia parthenogenetica*. *Environmental Pollution* 244: 715–722.
- Wrobel M, Szymanska S, Hryniewicz K, Kowalkowski T. 2023. Selection of microorganisms capable of polyethylene (PE) and polypropylene (PP) degradation. *Microbiological Research* 267: 127251.
- Yao Z, Seong HJ, Jang YS. 2022. Degradation of low density polyethylene by *Bacillus* species. *Applied Biological Chemistry* 65, 84.
- Zhang H, Liu Q, Wu H, Sun W, Yang F, Ma Y, Qi Y. 2023. Biodegradation of polyethylene film by the *Bacillus* sp. PELW2042 from the guts of *Tenebrio molitor* (mealworm larvae). *Process Biochemistry* 130: 236–244.
- Zhang N, Ding M, Yuan Y. 2022. Current advances in biodegradation of polyolefins. *Microorganisms* 10(8): 1537.