

Pengaruh Mikroplastik Polistirena terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Efisiensi Pemanfaatan Pakan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

*Effect of Polystyrene Microplastics on Growth and Feed Utilization Efficiency of Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)*

Bagus Dwi Hari Setyono^{1*}, Nurbaiti Saptatriani¹, Laily Fitriani Mulyani¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*Korespondensi email: bagus.setyono@unram.ac.id

ABSTRACT

Microplastic contamination is relevant to shrimp farming because plastic particles may originate from water, feed, culture equipment, packaging, and polystyrene foam materials. This study evaluated the effects of sublethal exposure to polystyrene microplastics (PS-MPs) on growth indicators and feed utilization efficiency of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). PS-MPs were prepared by mechanical fragmentation of styrofoam into irregular fragments; because instrumental particle-size characterization was not performed, exposure was reported as nominal mass concentration. A completely randomized design was applied using four nominal concentrations of PS-MPs (0, 10, 20, and 30 mg/L), each with three replicates. PL-30 shrimp were reared for 45 days at 20 individuals per 20-L container. The measured parameters were absolute length growth, absolute weight growth, specific length growth rate, specific weight growth rate, feed conversion ratio (FCR), and feed utilization efficiency (EPP). ANOVA showed that all growth and feed-utilization parameters were significantly affected by treatment ($p < 0.001$). The 30 mg/L treatment produced the strongest response: absolute length growth decreased from 7.80 ± 0.24 to 5.32 ± 0.11 cm, absolute weight growth from 4.13 ± 0.37 to 1.92 ± 0.19 g, EPP from $53.87 \pm 1.78\%$ to $18.63 \pm 1.69\%$, while FCR increased from 1.49 ± 0.02 to 3.60 ± 0.43 . These findings indicate that PS-MPs in the rearing medium are associated with reduced growth and less efficient feed utilization in whiteleg shrimp under controlled laboratory conditions.

Key words: *Aquaculture, Feed Efficiency, Growth, Microplastics, Polystyrene, Whiteleg Shrimp.*

ARTICLE INFO

Article history:

Received: April 24th, 2026

Revised: May 18th, 2026

Accepted: July 02nd, 2026

Onlined: July 07th, 2026

I. PENDAHULUAN

Mikroplastik telah terdeteksi pada berbagai kompartemen sistem budidaya, termasuk air, sedimen, pakan, dan jaringan hewan budidaya. Skala kontaminasi tersebut telah dilaporkan

secara kuantitatif pada beberapa matriks akuakultur: Yao *et al.* (2021) menemukan rerata 10,7 mikroplastik/100 g pada tepung udang; Siddique *et al.* (2023) melaporkan seluruh sampel pakan ikan komersial yang dianalisis

terkontaminasi mikroplastik dengan kelimpahan 500-2.200 MPs/kg; sementara Valencia-Castañeda *et al.* (2024) melaporkan mikroplastik pada udang vaname yang dipelihara dalam sistem super-intensif terkontrol sebesar $0,2 \pm 0,0$ MPs/individu pada PL25 dan meningkat hingga $40,3 \pm 3,6$ MPs/individu pada udang umur tujuh bulan. Dengan demikian, kontaminasi mikroplastik dalam akuakultur tidak hanya bersifat kualitatif, tetapi juga telah memiliki bukti kuantitatif pada bahan pakan, lingkungan budidaya, dan organisme budidaya (Mohsen *et al.*, 2024; Naidu *et al.*, 2025; Páez-Osuna *et al.*, 2024; Siddique *et al.*, 2023; J. Wang & Chen, 2021; Yao *et al.*, 2021).

Pada budidaya udang vaname, relevansi persoalan ini semakin tinggi karena udang hidup dekat dasar perairan, terus-menerus berinteraksi dengan partikel tersuspensi, serta mengandalkan saluran cerna dan proses molting untuk mempertahankan pertumbuhan. Sejumlah studi lapangan telah mendokumentasikan mikroplastik pada udang budidaya maupun udang liar. Valencia-Castañeda *et al.* (2024) misalnya, menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada *L. vannamei* meningkat dari $10,0 \pm 0,3$ MPs/individu pada umur satu bulan menjadi $40,3 \pm 3,6$ MPs/individu pada umur tujuh bulan dalam sistem super-intensif, sedangkan Naidu *et al.* (2025), melaporkan mikroplastik pada 93,7% sampel udang dan pada seluruh matriks lingkungan yang dianalisis di tambak pesisir dan tambak darat. Data tersebut memperlihatkan bahwa paparan mikroplastik pada udang budidaya dapat berlangsung melalui interaksi dengan air, sedimen, pakan, dan permukaan tubuh, bukan hanya melalui satu rute paparan (B. Chen *et al.*, 2025; Gurjar *et al.*, 2021; Naidu *et al.*, 2025; Páez-Osuna *et al.*, 2023; Valencia-Castañeda, Ibáñez-Aguirre, *et al.*, 2022; Valencia-Castañeda, Ruiz-Fernández, *et al.*, 2022).

Polistirena (PS) merupakan salah satu polimer yang relevan digunakan sebagai mikroplastik uji

karena material busa berbasis PS banyak digunakan pada kemasan, pelindung transportasi, pelampung, dan berbagai komponen penunjang rantai pasok perikanan. Setelah mengalami pelapukan, busa PS mudah terfragmentasi menjadi partikel ringan yang dapat terbawa arus, tersuspensi, dan berinteraksi dengan biota akuatik. Kuroda *et al.* (2024), menunjukkan bahwa busa PS dapat ditemukan sebagai plastik terapung berukuran makro maupun mikro dan mengalami fragmentasi selama transportasi di laut. Dalam konteks budidaya udang, PS dipilih bukan untuk menyatakan bahwa polimer ini merupakan satu-satunya polimer dominan di tambak, melainkan karena sifatnya yang persisten, mudah terfragmentasi, dan relevan dengan sumber antropogenik di lingkungan pesisir serta aktivitas akuakultur (Kuroda *et al.*, 2024; Páez-Osuna *et al.*, 2024).

Secara eksperimental, mikroplastik telah dikaitkan dengan beberapa kelompok respons biologis pada udang dan krustasea. Pada tingkat molekuler dan imun, paparan mikroplastik dilaporkan memengaruhi respons transkriptomik, imun, dan mikroba inang (Duan *et al.*, 2021; Han *et al.*, 2021; Z. Wang *et al.*, 2021). Pada tingkat jaringan dan stres fisiologis, paparan tersebut berhubungan dengan stres oksidatif, perubahan histologis, dan gangguan pada organ target (Y.-T. Chen *et al.*, 2024; Hariharan *et al.*, 2022; Hsieh *et al.*, 2021; Seta *et al.*, 2023). Pada tingkat saluran cerna dan metabolisme, mikroplastik dilaporkan memengaruhi mikrobiota usus, proses pencernaan, dan perilaku makan (Shan *et al.*, 2025; Zhou *et al.*, 2022). Selain itu, perubahan sifat mekanik eksoskeleton pada *L. vannamei* yang terpapar mikroplastik menunjukkan bahwa proses pertumbuhan yang terkait dengan molting juga berpotensi terdampak (Tong *et al.*, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah apakah paparan mikroplastik polistirena pada konsentrasi nominal 0, 10, 20, dan 30 mg/L selama 45 hari

memengaruhi kinerja pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan udang vaname PL-30. Hipotesis yang diajukan adalah peningkatan konsentrasi PS-MPs dalam media pemeliharaan akan menurunkan pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan panjang spesifik (LPPS), laju pertumbuhan bobot spesifik (LPBS), dan efisiensi pemanfaatan pakan (EPP), serta meningkatkan *feed conversion ratio* (FCR). Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi respons enam indikator produksi tersebut pada udang vaname yang dipelihara dalam kondisi laboratorium terkontrol.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama 45 hari, yaitu pada Juni–Juli 2025, di Laboratorium Lingkungan Perairan serta Laboratorium Produksi dan Reproduksi Ikan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

2.2. Rancangan Percobaan

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dosis mikroplastik polistirena (PS), yaitu P1 = 0 mg/L (kontrol), P2 = 10 mg/L, P3 = 20 mg/L, dan P4 = 30 mg/L, masing-masing dengan tiga ulangan, sehingga diperoleh 12 unit percobaan. Keempat perlakuan tersebut membentuk gradasi paparan dari kontrol hingga dosis tinggi selama 45 hari. Pemilihan rentang dosis didasarkan pada studi terdahulu yang menunjukkan bahwa krustasea air tawar maupun udang vaname telah memperlihatkan respons biologis pada paparan PS dalam orde mg/L, misalnya 2 dan 20 mg/L pada *Macrobrachium rosenbergii* (Sun *et al.*, 2022) serta 1 mg/L untuk paparan subkronis dan 10 mg/L untuk paparan akut pada *Litopenaeus vannamei* (Zhou *et al.*, 2022). Konsentrasi 10 dan 20 mg/L digunakan sebagai kisaran yang masih berdekatan dengan literatur eksperimental tersebut, sedangkan 30 mg/L diposisikan sebagai

konsentrasi atas untuk tujuan identifikasi bahaya (*hazard identification*) dan pembacaan pola dosis-respons dalam kondisi laboratorium, bukan sebagai simulasi langsung konsentrasi mikroplastik di tambak. Pendekatan ini diperlukan karena data lapangan umumnya dilaporkan dalam satuan partikel per volume, per massa, atau per individu, sehingga tidak selalu dapat dikonversi langsung ke satuan mg/L.

2.3. Prosedur Penelitian

a. Persiapan Wadah, Media, dan Mikroplastik

Wadah pemeliharaan berupa kontainer berkapasitas 45 L sebanyak 12 unit. Setiap wadah dicuci, dibilas, dan dikeringkan sebelum digunakan. Media pemeliharaan berupa air laut yang telah diendapkan selama 24 jam, kemudian disterilisasi menggunakan klorin 15 ppm. Masing-masing wadah diisi 20 L air laut dan dilengkapi aerasi terus-menerus. Mikroplastik PS disiapkan dari styrofoam yang dihancurkan secara mekanis, dikeringkan, diayak, lalu ditimbang sesuai dosis nominal perlakuan sebelum ditambahkan ke media pemeliharaan. Partikel hasil preparasi berbentuk fragmen tidak beraturan, karena penelitian ini tidak melakukan karakterisasi ukuran partikel secara instrumentatif, distribusi ukuran dan verifikasi polimer tidak dilaporkan; paparan dinyatakan sebagai konsentrasi nominal berbasis massa. Sebelum dimasukkan ke wadah, partikel yang telah ditimbang dicampurkan terlebih dahulu dengan sebagian media air laut dan disebarkan ke dalam wadah dengan bantuan aerasi agar distribusi partikel lebih merata. Setelah penyiponan dan pergantian air, volume media dikembalikan ke 20 L dan PS-MPs ditambahkan kembali sesuai konsentrasi nominal perlakuan untuk menjaga konsistensi rancangan paparan selama pemeliharaan.

b. Hewan Uji dan Pemeliharaan

Hewan uji yang digunakan adalah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) stadia PL-30. Udang diaklimatisasi terlebih dahulu selama lebih dari 24 jam sebelum perlakuan dimulai agar organisme menyesuaikan diri terhadap suhu, salinitas, aerasi, wadah, dan pola pemberian pakan di laboratorium. Kepadatan tebar ditetapkan 20 ekor per wadah berisi 20 L air laut. Pemeliharaan berlangsung selama 45 hari. Pakan komersial diberikan sebanyak 5% dari biomassa total dengan frekuensi tiga kali sehari, yaitu pukul 07.00, 13.00, dan 18.00 WITA. Penyiponan kotoran dan pergantian air dilakukan setiap dua hari sekali untuk menjaga kualitas media pemeliharaan. Pada saat pergantian air, penambahan kembali PS-MPs dilakukan sesuai dosis nominal perlakuan sebagaimana dijelaskan pada prosedur aplikasi mikroplastik.

2.4. Parameter Pengamatan

Parameter utama yang diamati meliputi pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan bobot mutlak, LPPS, LPBS, FCR, dan EPP. Jumlah udang mati tetap dicatat selama pemeliharaan untuk menghitung biomassa udang mati (D) dalam rumus FCR, tetapi survival rate tidak dianalisis sebagai variabel utama karena ruang lingkup artikel ini dibatasi pada kinerja pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan.

a. Pertumbuhan Panjang Mutlak

Pertumbuhan panjang mutlak diukur dari selisih antara panjang rata-rata udang pada akhir dan awal pemeliharaan. Panjang total udang diukur menggunakan penggaris/mistar ukur. Rumus ini merupakan rumus dasar pertumbuhan absolut yang umum digunakan dalam studi pertumbuhan ikan dan udang; rujukan Usman *et al.* (2022) dicantumkan sebagai contoh penerapan pada post larva udang vaname:

$$PM = Lt - L0$$

Keterangan:

PM : pertumbuhan panjang mutlak (cm)
Lt : panjang rata-rata akhir (cm)
L0 : panjang rata-rata awal (cm)

b. Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pertumbuhan bobot mutlak diukur dari selisih antara bobot rata-rata akhir dan bobot rata-rata awal udang. Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital. Rumus ini merupakan rumus dasar pertumbuhan bobot absolut; rujukan Basir *et al.* (2022) dicantumkan sebagai contoh penerapan dalam evaluasi pertumbuhan udang vaname:

$$BM = Wt - W0$$

Keterangan:

BM : pertumbuhan bobot mutlak (g)
Wt : bobot rata-rata akhir (g)
W0 : bobot rata-rata awal (g)

c. Laju Pertumbuhan Panjang Spesifik (LPPS)

LPPS dihitung menggunakan pendekatan laju pertumbuhan spesifik berbasis logaritmik yang dimodifikasi untuk variabel panjang, yaitu dengan mengganti variabel bobot menjadi panjang. Pendekatan logaritmik ini lazim digunakan untuk menilai pertumbuhan organisme akuatik, sedangkan penggunaannya pada variabel panjang dalam penelitian ini diposisikan sebagai formula modifikasi (Basir *et al.*, 2022; Melandri *et al.*, 2008):

$$LPPS = ((\ln Lt - \ln L0) / t) \times 100$$

Keterangan:

LPPS : laju pertumbuhan panjang spesifik (%/hari)
Lt : panjang rata-rata akhir (cm)
L0 : panjang rata-rata awal (cm)
t : lama pemeliharaan (hari)

d. Laju Pertumbuhan Bobot Spesifik (LPBS)

LPBS dihitung menggunakan persamaan laju pertumbuhan spesifik berbasis bobot. Rumus ini merupakan formula umum SGR berbasis

logaritmik, sedangkan rujukan Basir *et al.* (2022) digunakan sebagai contoh penerapan pada penelitian pertumbuhan udang vaname:

$$LPBS = ((\ln W_t - \ln W_0) / t) \times 100$$

Keterangan:

LPBS : laju pertumbuhan bobot spesifik (%/hari)
 Wt : bobot rata-rata akhir (g)
 W0 : bobot rata-rata awal (g)
 t : lama pemeliharaan (hari)

e. Feed Conversion Ratio (FCR)

FCR digunakan untuk menggambarkan jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan pertambahan biomassa. Rumus yang digunakan merupakan formula standar evaluasi efisiensi pakan pada budidaya udang dengan memperhitungkan biomassa awal, biomassa akhir, dan biomassa udang mati; rujukan Ariadi *et al.* (2020) dicantumkan sebagai contoh penerapan perhitungan FCR pada budidaya udang vaname:

$$FCR = F / ((W_t + D) - W_0)$$

Keterangan:

FCR : feed conversion ratio
 F : total pakan yang diberikan selama penelitian (g)
 Wt : biomassa akhir (g)
 W0 : biomassa awal (g)
 D : biomassa udang mati selama pemeliharaan (g).

f. Efisiensi Pemanfaatan Pakan (EPP)

EPP dihitung untuk menunjukkan proporsi pakan yang dapat dikonversi menjadi pertambahan biomassa udang. Rumus ini merupakan formula evaluasi efisiensi pemanfaatan pakan yang umum digunakan dalam penelitian nutrisi dan budidaya, rujukan Rachmawati *et al.* (2020) dicantumkan sebagai contoh penerapan pada udang vaname:

$$EPP = ((W_t - W_0) / F) \times 100$$

Keterangan:

EPP : efisiensi pemanfaatan pakan (%)

Wt : biomassa akhir (g)
 W0 : biomassa awal (g)
 F : total pakan yang diberikan selama penelitian (g)

g. Pengukuran Kualitas Air

Kualitas air yang diamati meliputi suhu, dissolved oxygen (DO), pH, dan salinitas. Suhu diukur menggunakan termometer, DO menggunakan DO meter, pH menggunakan pH meter, dan salinitas menggunakan refraktometer. Pengukuran dilakukan satu kali setiap minggu pada pagi dan sore hari. Untuk mengimbangi frekuensi pengukuran instrumental yang terbatas, stabilitas media juga dikendalikan melalui aerasi kontinu, penyiponan rutin, pergantian air setiap dua hari, pengamatan visual terhadap sisa pakan dan kotoran, serta pencatatan respons umum udang selama pemeliharaan. Parameter kualitas air digunakan sebagai variabel penunjang untuk memastikan bahwa perubahan kinerja pertumbuhan dan pemanfaatan pakan tidak terutama disebabkan oleh gangguan media pemeliharaan.

2.5. Analisis Data

Data panjang mutlak, bobot mutlak, LPPS, LPBS, FCR, dan EPP dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%. Sebelum ANOVA, data diuji normalitasnya menggunakan Shapiro-Wilk dan diuji homogenitas variansnya menggunakan *Levene test*. Jika hasil ANOVA menunjukkan pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan untuk membedakan rerata antarperlakuan. Seluruh analisis statistik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS, sedangkan interpretasi biologis diarahkan secara hati-hati pada hubungan antara paparan PS di media pemeliharaan dan respons produksi udang vaname.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

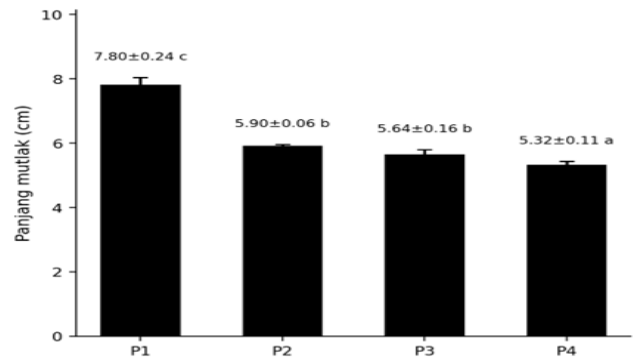
Seluruh parameter pertumbuhan dan pemanfaatan pakan menunjukkan respons nyata terhadap paparan mikroplastik polistirena. Peningkatan dosis nominal PS dari 0 hingga 30 mg/L selama 45 hari diikuti oleh penurunan panjang mutlak, bobot mutlak, LPPS, LPBS, dan EPP, serta peningkatan FCR. Ringkasan rerata, simpangan baku, dan hasil pengelompokan Duncan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Penelitian (Rerata ± SD).

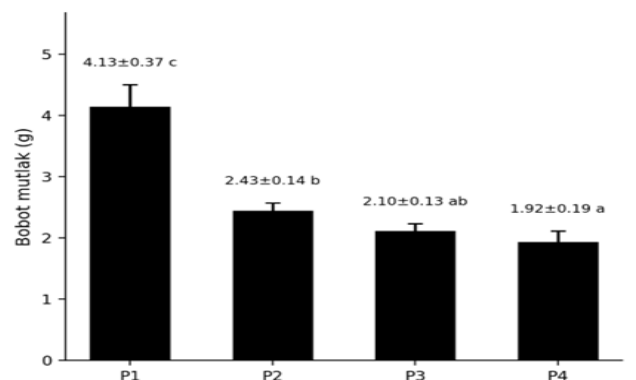
Parameter	Perlakuan			
	P1 (0 mg/L)	P2 (10 mg/L)	P3 (20 mg/L)	P4 (30 mg/L)
Panjang mutlak (cm)	7,80 ± 0,24 c	5,90 ± 0,06 b	5,64 ± 0,16 b	5,32 ± 0,11 a
Bobot mutlak (g)	4,13 ± 0,37 c	2,43 ± 0,14 b	2,10 ± 0,13 ab	1,92 ± 0,19 a
LPPS (%/hari)	4,57 ± 0,07 c	3,94 ± 0,02 b	3,84 ± 0,06 b	3,72 ± 0,04 a
LPBS (%/hari)	3,15 ± 0,20 c	1,97 ± 0,12 b	1,64 ± 0,14 ab	1,45 ± 0,22 a
FCR	1,49 ± 0,02 b	3,03 ± 0,44 a	3,31 ± 0,09 a	3,60 ± 0,43 a
EPP (%)	53,87 ± 1,78 c	23,27 ± 3,27 b	19,93 ± 0,83 ab	18,63 ± 1,69 a

Catatan: huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%. Uji Shapiro-Wilk dan Levene menunjukkan tidak ada pelanggaran asumsi normalitas dan homogenitas varians yang terdeteksi pada taraf 5% untuk parameter yang dianalisis, sehingga ANOVA satu arah dilanjutkan untuk seluruh variabel utama. Nilai rerata, simpangan baku, serta pola pengelompokan telah disinkronkan dengan output SPSS asli pada lampiran naskah sumber.

Secara biologis, penurunan paling jelas terlihat pada perlakuan 30 mg/L. Dibandingkan kontrol, panjang mutlak turun dari 7,80±0,24 menjadi 5,32±0,11 cm, sedangkan bobot mutlak turun dari 4,13±0,37 menjadi 1,92±0,19 g. ANOVA mengonfirmasi pengaruh perlakuan terhadap panjang mutlak ($F = 146,428$; $p < 0,001$) dan bobot mutlak ($F = 57,653$; $p < 0,001$). Kontrol berbeda nyata pada seluruh kelompok terpapar, sedangkan P4 umumnya menunjukkan nilai terendah.

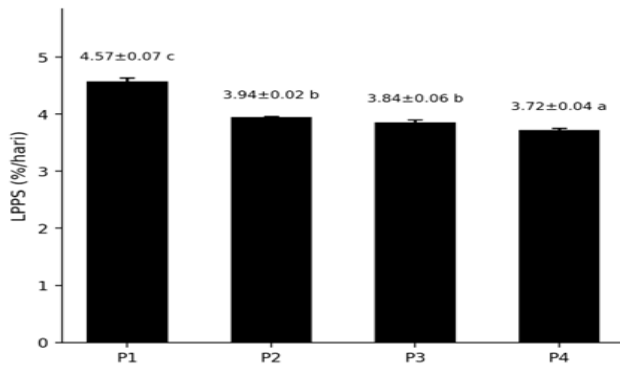


Gambar 1. Respons pertumbuhan absolut panjang udang vaname terhadap paparan mikroplastik polistirena pada media pemeliharaan. Keterangan: Batang menyatakan rerata ± SD ($n = 3$), dan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut uji Duncan ($\alpha = 0,05$).

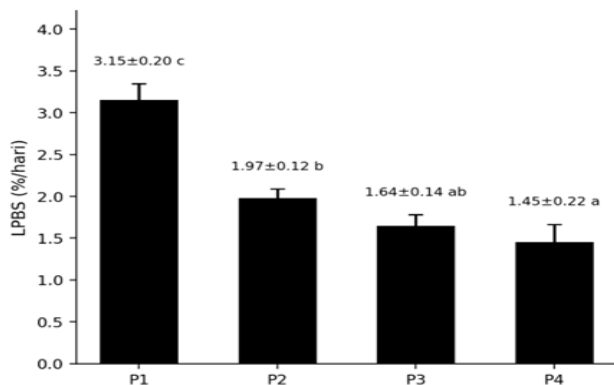


Gambar 2. Respons pertumbuhan absolut bobot udang vaname terhadap paparan mikroplastik polistirena pada media pemeliharaan. Keterangan: Batang menyatakan rerata ± SD ($n = 3$), dan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut uji Duncan ($\alpha = 0,05$).

Laju pertumbuhan spesifik memperlihatkan kecenderungan yang sama. LPPS menurun dari 4,57±0,07%/hari pada kontrol menjadi 3,72±0,04%/hari pada 30 mg/L, sedangkan LPBS menurun dari 3,15±0,20%/hari menjadi 1,45±0,22%/hari. Perlakuan berpengaruh nyata terhadap LPPS ($F = 139,919$; $p < 0,001$) dan LPBS ($F = 55,072$; $p < 0,001$).

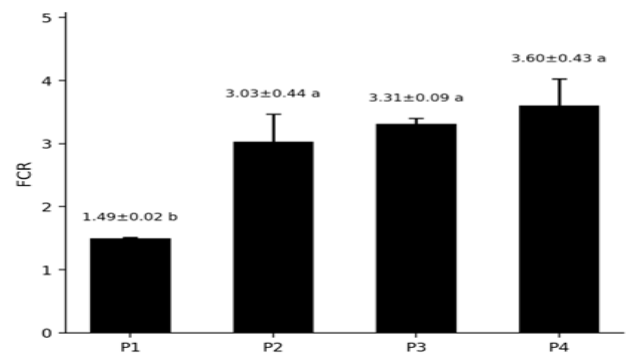


Gambar 3. Respons laju pertumbuhan panjang spesifik udang vaname pada berbagai dosis mikroplastik polistirena. Keterangan: Batang menyatakan rerata \pm SD ($n = 3$), dan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut uji Duncan ($\alpha = 0,05$).

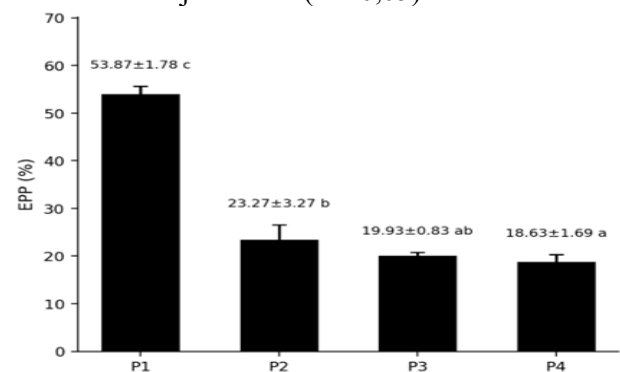


Gambar 4. Respons laju pertumbuhan bobot spesifik udang vaname pada berbagai dosis mikroplastik polistirena. Keterangan: Batang menyatakan rerata \pm SD ($n = 3$), dan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut uji Duncan ($\alpha = 0,05$).

Parameter pemanfaatan pakan menunjukkan perubahan yang konsisten dengan penurunan pertumbuhan. FCR meningkat dari $1,49 \pm 0,02$ pada kontrol menjadi $3,60 \pm 0,43$ pada 30 mg/L , sedangkan EPP menurun dari $53,87 \pm 1,78\%$ menjadi $18,63 \pm 1,69\%$. ANOVA menunjukkan pengaruh perlakuan terhadap FCR ($F = 26,952$; $p < 0,001$) dan EPP ($F = 192,493$; $p < 0,001$). Pada FCR, seluruh perlakuan terpapar berbeda nyata dari kontrol, tetapi tidak berbeda nyata satu sama lain. Pada EPP, P3 berada pada posisi transisional karena tidak berbeda nyata baik dengan P2 maupun P4.



Gambar 5. Perubahan FCR udang vaname setelah paparan mikroplastik polistirena. Keterangan: Batang menyatakan rerata \pm SD ($n = 3$), dan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut uji Duncan ($\alpha = 0,05$).



Gambar 6. Perubahan EPP udang vaname setelah paparan mikroplastik polistirena. Keterangan: Batang menyatakan rerata \pm SD ($n = 3$), dan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut uji Duncan ($\alpha = 0,05$).

Parameter kualitas air dicatat sebagai variabel penunjang. Selama pemeliharaan, suhu, DO, pH, dan salinitas dipantau secara berkala, disertai aerasi kontinu, penyiponan, dan pergantian air rutin. Catatan pemeliharaan menunjukkan bahwa tidak terdapat indikasi gangguan media yang ekstrem, seperti hipoksia, perubahan salinitas mendadak, atau akumulasi sisa pakan yang tidak terkendali. Ringkasan ini digunakan untuk mendukung pembacaan bahwa penurunan pertumbuhan dan efisiensi pakan lebih konsisten dengan pola paparan PS-MPs dibandingkan dengan gangguan media pemeliharaan.

3.2. Pembahasan

Data penelitian ini menunjukkan bahwa paparan subletal mikroplastik polistirena pada gradasi konsentrasi nominal 0, 10, 20, dan 30 mg/L selama 45 hari berasosiasi kuat dengan penurunan kinerja pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan udang vaname PL-30. Pada dosis tertinggi (30 mg/L), panjang mutlak turun dari $7,80 \pm 0,24$ cm pada kontrol menjadi $5,32 \pm 0,11$ cm, bobot mutlak turun dari $4,13 \pm 0,37$ g menjadi $1,92 \pm 0,19$ g, LPBS turun dari $3,15 \pm 0,20\%$ /hari menjadi $1,45 \pm 0,22\%$ /hari, sedangkan EPP turun dari $53,87 \pm 1,78\%$ menjadi $18,63 \pm 1,69\%$. Sebaliknya, FCR meningkat dari $1,49 \pm 0,02$ pada kontrol menjadi $3,60 \pm 0,43$ pada 30 mg/L. Pola ini selaras dengan laporan bahwa mikroplastik dapat mengganggu fungsi saluran cerna (Hsieh *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2022), homeostasis oksidatif (Seta *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2022), status imun (Duan *et al.*, 2021; Z. Wang *et al.*, 2021), serta keseimbangan mikrobiota dan perilaku makan udang (Shan *et al.*, 2025; Zhu *et al.*, 2024).

Penurunan panjang dan bobot mutlak pada kelompok terpapar menunjukkan bahwa dampak PS-MPs tidak hanya muncul sebagai perbedaan statistik, tetapi juga sebagai perubahan ukuran tubuh yang terukur. Dibandingkan dengan kontrol, perlakuan 30 mg/L menghasilkan penurunan panjang mutlak sebesar 2,48 cm atau 31,8% dan penurunan bobot mutlak sebesar 2,21g atau 53,5%. Penurunan tersebut diduga berkaitan dengan terganggunya pemanfaatan nutrisi, karena studi pada *L. vannamei* menunjukkan bahwa paparan mikroplastik dapat menurunkan asupan pakan spesifik sebesar 24,92% pada kelompok micro-MPs dan 28,48% pada kelompok nano-MPs, serta memengaruhi olfaksi, nafsu makan, aktivitas enzim pencernaan, dan komposisi mikrobiota usus (Shan *et al.*, 2025). Namun, karena penelitian ini tidak mengukur konsumsi pakan individual, aktivitas enzim pencernaan, histologi, atau mikrobiota usus, hubungan mekanistik tersebut

harus dibaca sebagai dugaan berbasis literatur, bukan pembuktian langsung dari percobaan ini.

Kenaikan FCR dan penurunan EPP menunjukkan bahwa paparan PS-MPs berkaitan langsung dengan efisiensi penggunaan pakan. Dalam penelitian ini, FCR meningkat sebesar 2,11 poin dari $1,49 \pm 0,02$ pada kontrol menjadi $3,60 \pm 0,43$ pada 30 mg/L, atau meningkat 141,6%. Pada saat yang sama, EPP menurun sebesar 35,24 poin persentase dari $53,87 \pm 1,78\%$ menjadi $18,63 \pm 1,69\%$, atau turun 65,4%. Secara kuantitatif, perubahan ini menunjukkan bahwa pakan yang diberikan pada kelompok terpapar menghasilkan biomassa lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Pola tersebut konsisten dengan telaah mutakhir yang menyimpulkan bahwa paparan partikel plastik skala mikro pada hewan akuakultur cenderung berkaitan dengan penurunan pertumbuhan, gangguan pencernaan, dan rendahnya efisiensi biologis, terutama ketika partikel plastik berinteraksi dengan saluran cerna atau jalur oral (Mohsen *et al.*, 2025; Timilsina *et al.*, 2023).

Hasil penelitian ini tetap perlu ditempatkan dalam konteks paparan lapangan secara proporsional. Data lapangan tidak selalu dilaporkan dalam satuan mg/L seperti pada percobaan ini, tetapi umumnya dalam satuan partikel per volume, per massa, atau per individu organisme. Sebagai contoh, Yao *et al.* (2021) melaporkan 10,7 mikroplastik/100 g pada tepung udang, Siddique *et al.* (2023) melaporkan 500-2.200 MP/kg pada pakan ikan komersial, Valencia-Castaneda *et al.* (2024) melaporkan $3,5 \pm 0,5$ MP/g pada PL25 dan 1,5-2,0 MP/g jaringan pada udang umur satu hingga tujuh bulan, sedangkan Naidu *et al.* (2025) melaporkan mikroplastik pada 93,7% sampel udang dan pada seluruh matriks lingkungan tambak yang dianalisis. Dengan demikian, dosis nominal 10-30 mg/L dalam penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menyamai angka lapangan tertentu, tetapi untuk menguji respons biologis pada gradasi

paparan terkontrol dan untuk identifikasi potensi bahaya.

Dari sisi biologi udang, penurunan pertumbuhan diduga dapat berkaitan dengan pengalihan energi dari pertumbuhan menuju pemeliharaan fungsi fisiologis dan respons stres. Dugaan tersebut didukung oleh laporan bahwa paparan mikroplastik dapat berhubungan dengan perubahan enzim antioksidan, inflamasi jaringan, dan modulasi jalur metabolik pada udang atau krustasea lain (Y. Chen *et al.*, 2024; Hariharan *et al.*, 2022; Leela *et al.*, 2025; Seta *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2022). Selain itu, perubahan sifat mekanik eksoskeleton yang dilaporkan oleh Tong *et al.* (2024), membuka kemungkinan bahwa paparan mikroplastik juga dapat mengganggu proses pertumbuhan yang bergantung pada molting. Akan tetapi, karena biomarker oksidatif, histologi, dan karakteristik eksoskeleton tidak diukur dalam penelitian ini, penjelasan tersebut tetap diposisikan sebagai hipotesis biologis yang memerlukan verifikasi lanjutan.

Keterbatasan utama penelitian ini adalah belum dilakukannya karakterisasi ukuran partikel secara instrumentatif, verifikasi polimer dengan FTIR/Raman, pengukuran konsentrasi aktual partikel selama pemeliharaan, serta analisis histologi dan biomarker oksidatif pada sampel udang. Oleh karena itu, istilah kausal digunakan secara hati-hati, dan interpretasi mekanistik diposisikan sebagai inferensi yang diperkuat oleh literatur, bukan pembuktian langsung dalam percobaan ini.

Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan bukti eksperimental bahwa gradasi paparan nominal PS-MPs 10-30 mg/L dalam media pemeliharaan dapat menekan indikator kinerja pertumbuhan dan pemanfaatan pakan *L. vannamei* PL-30 pada kondisi laboratorium selama 45 hari. Interpretasi tersebut diperkuat oleh kondisi media yang dijaga melalui aerasi, penyiponan, pergantian air, dan pemantauan kualitas air, meskipun data kualitas air tetap

diperlakukan sebagai variabel penunjang. Generalisasi ke tambak komersial perlu dilakukan secara hati-hati karena kondisi lapangan melibatkan campuran polimer, variasi ukuran dan bentuk partikel, interaksi dengan kualitas air, serta rute paparan yang lebih kompleks daripada desain laboratorium satu polimer seperti penelitian ini.

IV. KESIMPULAN

Pada kondisi laboratorium selama 45 hari, paparan mikroplastik polistirena pada konsentrasi nominal 0, 10, 20, dan 30 mg/L berpengaruh nyata terhadap kinerja pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan udang vaname PL-30. Respons paling kuat terlihat pada 30 mg/L, yaitu penurunan panjang mutlak 31,8%, bobot mutlak 53,5%, LPBS 54,0%, dan EPP 65,4%, serta peningkatan FCR 141,6% dibandingkan dengan kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa PS-MPs dapat mengganggu kinerja pertumbuhan dan pemanfaatan pakan pada udang vaname dalam kondisi paparan terkontrol; namun, hasil ini tidak dimaksudkan sebagai estimasi langsung konsentrasi mikroplastik di tambak komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui Skema Penelitian Peningkatan Kapasitas DIPA BLU Universitas Mataram Tahun Anggaran 2025 berdasarkan Kontrak Nomor 3762/UN18.L1/PP/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariadi, H., Wafi, A., & Supriatna. (2020). Water Quality Relationship with FCR Value in Intensive Shrimp Culture of *Vannameii* (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(1), 44–50. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v11i1.653>
- Basir, B., Nursyahrhan, N., Jufiyati, J., & Apriliani, I. (2022). Optimasi Kinerja Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan Suplementasi Daun Kelor dan Probiotik pada

- Pakan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, 17(1), 78–87. <https://doi.org/10.31851/jipbp.v17i1.8333>
- Chen, B., Hossain, K. B., Kang, R., Zhou, Y., Wang, J., & Cai, M. (2025). Assessment of microplastic hazards in *Penaeus vannamei* shrimp in a typical estuary of China: Polymer composition, risk assessment, and health implications. *Journal of Oceanology and Limnology*, 43, 572–588. <https://doi.org/10.1007/s00343-024-4013-0>
- Chen, Y.-T., Xu, R.-Q., Cheng, J.-W., Singhanian, R. R., Chen, C.-W., Dong, C.-D., & Hsieh, S.-L. (2024). Immunotoxicity and oxidative damage in *Litopenaeus vannamei* induced by polyethylene microplastics and copper co-exposure. *Marine Pollution Bulletin*, 205, 116683. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116683>
- Chen, Y., Mitra, A., Rahimnejad, S., Chi, S., Kumar, V., Tan, B., Niu, J., & Xie, S. (2024). Retrospect of fish meal substitution in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feed: Alternatives, limitations and future prospects. *Reviews in Aquaculture*, 16(1), 382–409. <https://doi.org/10.1111/raq.12843>
- Duan, Y., Xiong, D., Wang, Y., Zhang, Z., Li, H., Dong, H., & Zhang, J. (2021). Toxicological effects of microplastics in *Litopenaeus vannamei* as indicated by an integrated microbiome, proteomic and metabolomic approach. *Science of the Total Environment*, 761, 143311. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143311>
- Gurjar, U. R., Xavier, M., Nayak, B. B., Ramteke, K., Deshmukhe, G., Jaiswar, A. K., & Shukla, S. P. (2021). Microplastics in shrimps: A study from the trawling grounds of north eastern part of Arabian Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35), 48494–48504. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14121-z>
- Han, J. E., Choi, S.-K., Jeon, H. J., Park, J.-K., Han, S.-H., Jeong, J., Kim, J. H., & Lee, J. (2021). Transcriptional response in the whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) to short-term microplastic exposure. *Aquaculture Reports*, 20, 100713. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100713>
- Hariharan, G., Purvaja, R., Anandavelu, I., Robin, R. S., & Ramesh, R. (2022). Ingestion and toxic impacts of weathered polyethylene (wPE) microplastics and stress defensive responses in whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*). *Chemosphere*, 300, 134487. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134487>
- Hsieh, S.-L., Wu, Y.-C., Xu, R.-Q., Chen, Y.-T., Chen, C.-W., Singhanian, R. R., & Dong, C.-D. (2021). Effect of polyethylene microplastics on oxidative stress and histopathology damages in *Litopenaeus vannamei*. *Environmental Pollution*, 287, 117800. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117800>
- Kuroda, M., Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T., Kitakado, T., Yoshitake, M., Miyamoto, Y., Mukai, T., Imai, K., Shimizu, K., Yagi, M., Mituhasi, T., & Habano, A. (2024). Abundance and potential sources of floating polystyrene foam macro- and microplastics around Japan. *Science of the Total Environment*, 925, 171421. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171421>
- Leela, M., Pushpalatha, V., Swetha, S., Anusuya, S., Madhavan, S., Eswari, S., Thilagam, H., Thiagarajan, R., & Krishnamurthy, R. (2025). Ingestion of weathered high density polyethylene microplastics-induced oxidative stress and modulation of antioxidant responses in post larval stages of *Litopenaeus vannamei*. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1617070. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1617070>
- Melandri, M., Stone, N., & Lochmann, R. (2008). Effects of Temperature on the Growth of Golden Shiners in Aquaria. *North American Journal of Aquaculture*, 70(4), 452–458. <https://doi.org/10.1577/A07-084.1>
- Mohsen, M., Gündoğdu, S., Wang, Q., Zhou, H., & Zhang, C. (2025). Impact of micro and nanoplastics on aquaculture animals: A systematic review. *Aquaculture International*, 33, 655. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02323-y>
- Mohsen, M., Lin, J., Lu, K., Wang, L., & Zhang, C. (2024). Microplastic pollution in aquafeed

- of diverse aquaculture animals. *Heliyon*, 10(17), e37370. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37370>
- Naidu, B. C., Xavier, K. A. M., Sahana, M. D., Landge, A. T., Jaiswar, A. K., Shukla, S. P., Ranjeet, K., & Nayak, B. B. (2025). Temporal variability of microplastics in shrimp (*Litopenaeus vannamei*), feed, water and sediments of coastal and inland culture ponds. *Science of the Total Environment*, 959, 178173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178173>
- Páez-Osuna, F., Valencia-Castañeda, G., Bernot-Simon, D., & Arreguin-Rebolledo, U. (2024). A critical review of microplastics in the shrimp farming environment: Incidence, characteristics, effects, and a first mass balance model. *Science of the Total Environment*, 955, 176976. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176976>
- Páez-Osuna, F., Valencia-Castañeda, G., Rodríguez Valenzuela, O., & Frías-Espericueta, M. G. (2023). Microplastics and heavy metals in shrimp *Litopenaeus vannamei* from the SAMARE lagoon, Gulf of California: Is it a case of combined MPs-Zn pollution in gills? *Environmental Pollution*, 336, 122479. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122479>
- Rachmawati, D., Hutabarat, J., Dewi, E. N., & Windarto, S. (2020). Suplementasi Enzim Papain dalam Pakan terhadap Performa Pertumbuhan, Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Kelulushidupan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Marine Research*, 9(3), 215–222. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27609>
- Seta, A. S., Muller, L., Tavella, R., Silva Junior, F. M. R. da, Pedrosa, V., Romano, L. A., Wasielesky, W., Josende, M. E., & Ventura-Lima, J. (2023). Oxidative effects of consuming microplastics in different tissues of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Marine Pollution Bulletin*, 193, 115137. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115137>
- Shan, C., Zhang, X., Lu, L., Tong, D., Zhang, W., Gao, Y., Yu, Y., Shu, Y., Li, W., Zhao, X., Liu, G., & Shi, W. (2025). Microplastics exposure affects the feeding behavior of the whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* by impairing the appetite, olfaction and digestion. *Marine Pollution Bulletin*, 220, 118455. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118455>
- Siddique, M. A. M., Tahsin, T., Hossain, I., Hossain, M. S., & Shazada, N. E. (2023). Microplastic contamination in commercial fish feeds: A major concern for sustainable aquaculture from a developing country. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 267, 115659. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115659>
- Sun, S., Jin, Y., Luo, P., & Shi, X. (2022). Polystyrene microplastics induced male reproductive toxicity and transgenerational effects in freshwater prawn. *Science of the Total Environment*, 842, 156820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156820>
- Timilsina, A., Adhikari, K., Yadav, A. K., Joshi, P., Ramena, G., & Bohara, K. (2023). Effects of microplastics and nanoplastics in shrimp: Mechanisms of plastic particle and contaminant distribution and subsequent effects after uptake. *Science of the Total Environment*, 894, 164999. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164999>
- Tong, D., Yu, Y., Lu, L., Zhou, W., Yu, Y., Zhang, X., Tian, D., Liu, G., & Shi, W. (2024). Microplastics weaken the exoskeletal mechanical properties of Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Hazardous Materials*, 468, 133771. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133771>
- Usman, S., Masriah, A., & Jamaluddin, R. (2022). Pengaruh Padat Tebar terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Postlarva Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*) yang Dipelihara pada Wadah. *FISHIANA Journal of Marine and Fisheries*, 1(1), 21–32. <https://doi.org/10.61169/fishiana.v1i1.10>
- Valencia-Castañeda, G., Ibáñez-Aguirre, K., Arreguin-Rebolledo, U., Capparelli, M. V., &

- Páez-Osuna, F. (2022). Microplastic contamination in wild shrimp *Litopenaeus vannamei* from the Huizache-Caimanero Coastal lagoon, SE Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 109(3), 425–430. <https://doi.org/10.1007/s00128-022-03568-6>
- Valencia-Castaneda, G., Medina-Lopez, J. A., Frias-Espericueta, M. G., & Paez-Osuna, F. (2024). Farmed stage (age)-dependent accumulation and size of microplastics in *Litopenaeus vannamei* shrimp reared in a super-intensive controlled system. *Science of the Total Environment*, 918, 170575. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170575>
- Valencia-Castañeda, G., Medina-López, J. A., Frías-Espericueta, M. G., & Páez-Osuna, F. (2024). Farmed stage (age)-dependent accumulation and size of microplastics in *Litopenaeus vannamei* shrimp reared in a super-intensive controlled system. *Science of the Total Environment*, 918, 170575. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170575>
- Valencia-Castañeda, G., Ruiz-Fernández, A. C., Frías-Espericueta, M. G., Rivera-Hernández, J. R., Green-Ruiz, C. R., & Páez-Osuna, F. (2022). Microplastics in the tissues of commercial semi-intensive shrimp pond-farmed *Litopenaeus vannamei* from the Gulf of California ecoregion. *Chemosphere*, 297, 134194. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134194>
- Wang, J., & Chen, G. (2021). Occurrence and ecological impact of microplastics in aquaculture ecosystems. *Chemosphere*, 274, 129989. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129989>
- Wang, Z., Fan, L., Wang, J., Xie, S., Zhang, C., Zhou, J., Zhang, L., Xu, G., & Zou, J. (2021). Insight into the immune and microbial response of the white-leg shrimp *Litopenaeus vannamei* to microplastics. *Marine Environmental Research*, 169, 105377. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105377>
- Yao, C., Liu, X., Wang, H., Sun, X., Qian, Q., & Zhou, J. (2021). Occurrence of microplastics in fish and shrimp feeds. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 107, 684–692. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03328-y>
- Zhou, N., Wang, Z., Yang, L., Zhou, W., Qin, Z., & Zhang, H. (2022). Size-dependent toxicological effects of polystyrene microplastics in the shrimp *Litopenaeus vannamei* using a histomorphology, microbiome, and metabolic approach. *Environmental Pollution*, 315, 120635. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120635>
- Zhu, C., Li, Y., Liu, G., Abdullah, A. L., & Jiang, Q. (2024). Effects of nanoplastics on the gut microbiota of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *PeerJ*, 12, e16743. <https://doi.org/10.7717/peerj.16743>