

# Kajian Analisis Penyakit Pada Udang Vannamei (*Litopenaeus Vananmei*) Skala Intensif, Takalar, Sulawesi Selatan

## *Analysis Study Of Diseases Of The Intensive-Scale Vannamei Shrimp (Litopenaeus Vananmei) In Takalar, South Sulawesi*

Kasful Anwar<sup>1\*)</sup>, Alfa Astiana Afandy<sup>2)</sup>, Madyasta Anggana Rarassari<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Manajemen Perikanan Universitas Terbuka, Jalan Cabe Raya, Kota Tangerang Selatan 15437

<sup>2</sup>Balai Perikanan Budidaya Air Payau, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Akuakultur, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan

\*Korespondensi email: [kasful@ecampus.ut.ac.id](mailto:kasful@ecampus.ut.ac.id)

### ABSTRACT

Intensive brackish water whiteleg shrimp (*Litopenaeus vananmei*) cultivation has seen increasing production. This analysis study aimed to analyze the main diseases that attack whiteleg shrimp (*Litopenaeus vananmei*) intensively in Takalar Regency, South Sulawesi, and the distribution patterns of these diseases. The research method used a qualitative descriptive approach with data collection through literature studies, surveys, interviews, field observations, and laboratory studies. The study results indicated that the diseases intensively attack whiteleg shrimp in Takalar Regency were White Spot Syndrome Virus (WSSV), Enterocytozoon hepatopenaei (EHP), and Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND). The pattern of disease attacks occurred more frequently during the transition season or the change from the dry season to the rainy season in Takalar Regency. This pattern of attacks occurred when there is a drastic change in temperature that affects water quality parameters such as pH, salinity, alkalinity, and ammonia levels. The spread of these shrimp diseases is transmitted horizontally in a cluster pattern. The results of the analysis and identification of these disease attacks are expected to be a reference for disease control strategies

**Key words:** Disease, Takalar Regency, Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

### ARTICLE INFO

*Article history:*

Received: September 21<sup>st</sup>, 2025

Revised: November 26<sup>th</sup>, 2025

Accepted: December 7<sup>th</sup>, 2025

Online: December 09<sup>th</sup>, 2025

## I. PENDAHULUAN

Budidaya air payau di Indonesia telah berkembang sejak tahun 1980-an dan mengalami kemajuan pesat seiring penerapan teknologi modern yang beralih dari sistem tradisional ke semi-intensif dan intensif. Sektor ini memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan baik di tingkat nasional maupun global. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan, produksi udang budidaya mengalami peningkatan signifikan selama satu dekade terakhir (KKP, 2023; BPS, 2024). Kabupaten Takalar merupakan salah satu sentra produksi udang di Sulawesi Selatan dengan luas tambak mencapai 4.233,20 hektare (Badan Pusat Statistik Kabupaten Takalar, 2024).

Komoditas utama yang dikembangkan adalah udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*), yang produksinya menunjukkan tren peningkatan (Liu *et al.*, 2024). Pemerintah daerah juga memberikan perhatian besar terhadap pengembangan sektor ini, mulai dari pembenihan hingga operasional tambak (Emerenciano *et al.*, 2022). Meskipun demikian, produktivitas budidaya udang vannamei belum optimal akibat gangguan penyakit seperti *White Spot Syndrome Virus* (WSSV), *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP), *Early Mortality Syndrome* (EMS), dan infeksi bakteri *Vibrio spp.* yang menimbulkan kerugian ekonomi besar bagi pembudidaya (KKP, 2023). Penurunan hasil produksi juga berkaitan dengan menurunnya kualitas lingkungan, fluktuasi parameter air, serta lemahnya penerapan biosekuriti. Ketidakseimbangan ekosistem akuakultur diketahui sebagai faktor pemicu utama munculnya penyakit (Noga, 2010).

Selain itu, perubahan iklim turut memperburuk kondisi perairan, mempercepat penyebaran penyakit, dan meningkatkan suhu air yang berpengaruh terhadap patogen akuatik (Okon *et al.*, 2014). Hingga kini, informasi tentang pola serangan penyakit udang di Kabupaten Takalar masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi pola sebaran penyakit

dominan serta faktor lingkungan yang mempengaruhi kemunculannya guna merumuskan strategi pencegahan efektif.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dikerjakan pada bulan Juli hingga Desember 2024 di beberapa tambak intensif di Kabupaten Takalar, meliputi Kecamatan Galesong (Desa Boddia dan Mappakalompo), Sanrobone (Desa Lagaruda), serta Mangarabombang (Desa Punaga).

### 2.2. Prosedur Penelitian

#### a. *Persiapan Penelitian*

Peralatan laboratorium yang digunakan meliputi mesin PCR, alat elektroforesis, dokumentasi gel UV, dan alat gelas lainnya. Bahan penelitian meliputi organ target udang (insang dan kaki renang untuk WSSV; hepatopankreas untuk AHPND dan EHP), kit PCR, kit ekstraksi DNA, dan bahan kimia lainnya.

#### b. *Pengumpulan Data Lapangan*

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang mengkombinasikan survei lapangan, wawancara, observasi, dan konfirmasi laboratorium. Sampel diambil secara acak dari udang yang menunjukkan gejala klinis, kemudian diuji dengan metode PCR (pengulangan sebanyak 3 kali) untuk mendeteksi WSSV, AHPND, dan EHP. Selain itu, informasi kualitas air menggunakan data sekunder (Afandy *et al.*, 2025).

### 2.3. Analisis Data

Data hasil observasi dan wawancara dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, sedangkan data kualitas air dan mikrobiologi sebagai data sekunder diinterpretasikan secara deskriptif untuk menentukan prevalensi penyakit dan kondisi lingkungan yang didukung analisa PCR secara laboratorium sebagai data primer.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

#### a. *Identifikasi Penyakit Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei)*

Afandy *et al.*, (2025) menyebutkan bahwa lingkungan tambak udang vannamei skala intensif di kawasan Takalar memiliki suhu air antara 27–33°C, pH 6.74–9.01, kadar oksigen terlarut (DO) 4.12–5.62 mg/L, salinitas 12–45 ppm, ammonia 0–0.5 mg/L, nitrit 0–3 mg/L, fosfat 0–0.5 mg/L, alkalinitas 31.19–177.73 mg/L, dan bahan organik 19.51–133.02 mg/L. Hidayat *et al.*, (2022) melaporkan adanya hubungan positif antara kadar bahan organik dan populasi *Vibrio spp.* terhadap kejadian AHPND pada udang vannamei, tingginya bahan organik memperbesar peluang munculnya *Vibrio parahaemolyticus* toksigenik pembawa gen *PirAB* sebagai penyebab utama AHPND.

Sari *et al.*, (2023) menegaskan bahwa patogen EHP cenderung berkembang pada lingkungan dengan fluktuasi pH dan tingginya bahan organik, sejalan dengan temuan di desa ini. Penelitian Rahman *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa fluktuasi suhu dan salinitas rendah berperan besar dalam pemicu WSSV, sedangkan keberadaan *Vibrio* dan bahan organik tinggi memperparah kondisi AHPND dan EHP. Yusuf *et al.*, (2022) melaporkan bahwa tingginya bahan organik dan populasi *Vibrio* merupakan pemicu utama AHPND dan EHP, hal ini terbukti bahwa total vibrio di Kawasan Takalar berkisar 38.000 sampai 120.000 CFU/ml (Afandy *et al.*, 2025). Ditambah pula adanya ketidakseimbangan lingkungan akibat fluktuasi parameter air turut memicu WSSV

#### **b. Pola Sebaran Penyakit dalam Epidemiologi Akuakultur**

Analisis pola sebaran penyakit menjadi indikator utama untuk memahami dinamika penyebaran patogen secara spasial di wilayah budidaya. Pola ini tidak hanya mengidentifikasi lokasi awal kemunculan penyakit, tetapi juga menggambarkan mekanisme penyebaran infeksi ke area lain yang dipengaruhi oleh interaksi antara faktor lingkungan, praktik manajemen tambak, serta mobilitas organisme dan material budidaya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola sebaran penyakit yang muncul bersifat kluster, sebagaimana terlihat pada kasus infeksi *White Spot*

*Syndrome Virus* (WSSV), *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND), dan *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) di Takalar, Sulawesi Selatan.

### **3.2. Pembahasan**

#### **a. Identifikasi Penyakit Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*)**

Secara umum, hasil pengukuran pada seluruh lokasi menunjukkan bahwa parameter salinitas dan bahan organik belum memenuhi standar mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri KKP Nomor 75 Tahun 2016. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh suhu, curah hujan, serta manajemen pakan dan frekuensi pemberiannya. Sebaliknya, nilai alkalinitas cenderung melebihi batas standar, diduga akibat penggunaan kapur dan bahan kimia untuk menjaga kestabilan pH air.

Komposisi nutrisi pakan juga menentukan daya tahan tubuh. Kadar protein yang tidak seimbang dapat menurunkan imunitas nonspesifik dan meningkatkan risiko infeksi oportunistik seperti WSSV (Li *et al.*, 2024). Selain itu, pemberian pakan berlebih dapat meningkatkan bahan organik dan pertumbuhan *Vibrio* di dasar tambak, sehingga manajemen pemberian pakan harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan fase pertumbuhan. Secara keseluruhan, penggunaan pakan komersial yang tepat, pengkayaan dengan probiotik dan fitobiotik, serta pengelolaan pemberian pakan yang efisien berperan strategis sebagai upaya preventif terhadap penyakit utama seperti WSSV, AHPND, dan EHP pada sistem budidaya intensif.

#### **b. Pola Sebaran Penyakit dalam Epidemiologi Akuakultur**

Pola konsentrasi infeksi pada lokasi tertentu bersifat kluster menunjukkan adanya kesamaan kondisi lingkungan, sistem pengelolaan, kualitas air, sanitasi, serta kedekatan geografis antar tambak. Temuan ini sejalan dengan laporan Cox *et al.*, (2023) menjelaskan bahwa penyebaran WSSV cenderung membentuk kluster pada area yang menggunakan sumber air bersama atau memiliki keseragaman praktik budidaya. Penyakit WSSV

umumnya banyak terjadi pada tambak udang secara tradisional (Putri *et al.*, 2020). Kajian epidemiologi molekuler oleh Bui-Nguyen *et al.*, (2025) juga memperkuat bahwa penyebaran AHPND terjadi secara lokal melalui pergerakan benur, penggunaan peralatan bersama, dan aliran air antar tambak dalam satu kawasan. Studi toksikologi dan patogenesis AHPND oleh Kumar *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa media air merupakan jalur utama transmisi patogen, menyebabkan terbentuknya klaster kasus pada tambak yang berdekatan.

Ketiga penyakit utama tersebut (AHPND, EHP, dan WSSV) menjadi ancaman signifikan bagi keberhasilan budidaya udang vannamei di Kabupaten Takalar. Pola penyebaran menunjukkan variasi antar desa yang dapat dijadikan dasar penetapan prioritas pengendalian penyakit. Di Desa Lagaruda, Kecamatan Sanrobone diketahui ketiga penyakit pernah terdeteksi pada waktu secara bersamaan, umumnya pada bulan Agustus sampai Januari yang merupakan rentang musim hujan. Pola ini menunjukkan dominasi WSSV pada musim hujan, terutama saat curah hujan tinggi. Yukasano (2025) menjelaskan bahwa intensitas hujan yang tinggi dapat memengaruhi keseimbangan osmotik udang dan mempercepat replikasi virus WSSV. Selain itu, fluktuasi salinitas dan peningkatan bahan organik pada musim hujan memperburuk kondisi tambak. Hubungan antara kondisi iklim dan kejadian penyakit semakin nyata ketika dianalisis bersama data kualitas air.

Suryana *et al.*, (2023) menemukan bahwa ketidaksesuaian suhu dan pH terhadap standar mutu dapat memicu infeksi AHPND secara signifikan. Penelitian Cao *et al.*, (2023) juga menunjukkan bahwa AHPND lebih sering muncul pada musim hujan atau masa peralihan musim. Secara epidemiologis, kejadian penyakit tersebut berkorelasi kuat dengan ketidakstabilan kualitas air dan peningkatan bahan organik akibat curah hujan terus-menerus, menjadikan musim hujan

dan masa transisi sebagai periode rawan penyakit (Kumar *et al.*, 2021).

Homogenitas genetik isolat EHP dari berbagai wilayah Indonesia menunjukkan bahwa faktor lingkungan memiliki peran lebih dominan dibandingkan variasi genetik dalam menentukan pola penyebaran (Artanto *et al.*, 2020). Kondisi kualitas air seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, amonia, nitrat, pH, dan padatan tersuspensi sangat berpengaruh terhadap kesehatan udang dan perkembangan penyakit. Wabah WSSV umumnya muncul akibat perubahan mendadak parameter fisik-kimia air, terutama pada tambak dengan pengelolaan yang kurang baik (Islam *et al.*, 2022; Chowdhury *et al.*, 2024). Selain itu, tekanan lingkungan dapat mengganggu keseimbangan mikrobiota tambak, yang meningkatkan peluang infeksi oleh *Vibrio spp.*, termasuk penyebab AHPND (Zeng *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2024).

### **c. Penerapan Biosekuriti**

Penerapan biosekuriti masih beragam antar tambak. Beberapa strategi yang terbukti efektif antara lain sterilisasi air menggunakan sinar ultraviolet untuk menekan populasi *Vibrio sp.* hingga di bawah  $1 \times 10^3$  CFU/mL (Govindasamy *et al.*, 2023), penggunaan disinfektan berbasis oksidator kuat seperti asam peroksimonosulfurik yang mampu menekan infeksi AHPND dan EHP (Sunarto & Sadikin, 2023; Duan *et al.*, 2023), serta penerapan kombinasi probiotik dan fitobiotik dalam pakan untuk meningkatkan imunitas dan kestabilan mikrobiota (Yin *et al.*, 2023; Pang *et al.*, 2019). Pemantauan kualitas air secara rutin juga menjadi bagian penting dari sistem biosekuriti yang berkelanjutan. Hasil identifikasi dan sebaran penyakit menjadi dasar untuk menerapkan kebijakan biosekuriti untuk pengendalian strategi penyakit di lingkungan tambak udang vannamei skala intensif di kabupataen Takalar

## **IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan pemilik tambak, serangan WSSV dan AHPND biasanya Berdasarkan hasil temuan dan

pembahasan penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sebaran penyakit udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) yaitu *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) teridentifikasi merata disemua lokasi pengamatan, yaitu Desa Boddia, Desa Mappakalombo, Desa Lagaruda dan Desa Punaga. Penyakit *White Spot Syndrome Virus* (WSSV), dan *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND) teridentifikasi di 3 lokasi pengamatan, yaitu Desa Boddia, Desa Lagaruda dan Desa Punaga.
2. Serangan penyakit pada budidaya udang vannamei (*Liopenaeus vannamei*) skala intensif lebih sering terjadi di bulan Agustus sampai Januari yang merupakan rentang musim hujan
3. Transmisi penyakit WSSV, AHPND dan EHP pada budidaya udang vannamei (*Liopenaeus vannamei*) skala intensif di Kabupaten Takalar terjadi secara horizontal dengan pola sebaran penyakit adalah pola kluster.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas Perikanan Kabupaten Takalar atas dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar dan BKIPM Makassar atas fasilitas laboratorium, serta seluruh tim teknis yang turut membantu dalam pengambilan sampel, pengujian PCR, analisis kualitas air, dan pengolahan data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandy, A. A., Anwar, K., & Ridhowati, S. (2025). Strategi penanganan penyakit budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) skala intensif di kabupaten Takalar. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 10(1), 258-270. <https://doi.org/10.33087/akuakultur.v10i2.290>
- Artanto, Y. K., Prayitno, S. B., Sarjito, S., Desrina, D., & Haditomo, A. H. C. (2020). Molecular

characteristics of Indonesian isolate *Enterocytozoon hepatopenaei* based on sequence analysis of 18S rRNA genes. *Omni-Akuatika*, 16(2), 85–94. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2020.16.2.694>

Badan Pusat Statistik Kabupaten Takalar. (2024). *Kabupaten Takalar dalam Angka 2024* (Vol. 49). Takalar: BPS Kabupaten Takalar.

BPS. (2023) *Dinamika Ekspor Perikanan Indonesia*. <https://bps.go.id/publication/2023>

Bui-Nguyen, T.-A., Huynh, T.-B., & Tran-Van, H. (2025). Molecular epidemiology of acute hepatopancreatic necrosis disease: A review. *Developmental & Comparative Immunology*, 170, 105444. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2025.105444>.

Cao, Z., Chen, C., Wang, C., Li, T., Chang, L., Si, L., & Yan, D. (2023). Enterocytozoon hepatopenaei (EHP) Infection Alters the Metabolic Processes and Induces Oxidative Stress in *Penaeus vannamei*. *Animals*, 13(23), 3661. <https://doi.org/10.3390/ani13233661>

Chowdhury, A., Chandan, C. S. S., Pandit, D., Ahammad, B., Rahman, M. H., Chowdhury, M. I., Mia, R., Akter, S., Rahman, M. Z., & Majumdar, B. C. (2024). Assessing white spot syndrome virus (WSSV) and acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) concurrent with *vibrio* spp. In various *penaeus monodon* aquaculture farms at southwestern region of bangladesh. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 7, 200178. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2024.200178>

Cox, N., De Swaef, E., Corteel, M., Van Den Broeck, W., Bossier, P., Dantas-Lima, J. J., & Nauwynck, H. J. (2023). The way of water: Unravelling white spot syndrome virus (WSSV) transmission dynamics in *Litopenaeus vannamei* shrimp. *Viruses*, 15(9), 1824. <https://doi.org/10.3390/v15091824>.

Duan, Y., Xing, Y., Zhu, X., Li, H., Wang, Y., & Nan, Y. (2023). Integration of transcriptomic and metabolomic reveals carbonate alkalinity stress responses in the hepatopancreas of



- Litopenaeus vannamei*. *Aquatic Toxicology*, 260, 106569. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106569>
- Emerenciano, M. G. C., Rombenso, A. N., Vieira, F. d. N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., Noble, T. H., & Simon, C. J. (2022). Intensification of penaeid shrimp culture: an applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. *Animals*, 12(3), 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>
- Govindasamy, T., Bhassu, S., & Samudi Raju, C. (2023). Enterocytozoon hepatopenaei infection in shrimp: Diagnosis, interventions, and food safety guidelines. *Microorganisms*, 12(1), 21. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010021>
- Hidayat, M., Ramli, A., & Nur, S. (2022). Korelasi antara bahan organik dan populasi *Vibrio* terhadap kejadian AHPND pada udang vannamei. *Jurnal Akuakultur Tropika*, 7(2), 85–94.
- Islam, S. K. I., Mou, M. J., Sanjida, S., & Mahfuj, S. (2022). A review on molecular detection techniques of white spot syndrome virus: Perspectives of problems and solutions in shrimp farming. *Veterinary Medicine and Science*, 9(2), 778–801. <https://doi.org/10.1002/vms3.979>
- KKP. (2023). *Statistik Perikanan Budidaya 2022*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kumar, V., Roy, S., Behera, B. K., Bossier, P., Das, B. K., & dkk. (2021). Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND): virulence, pathogenesis and mitigation strategies in shrimp aquaculture. *Toxins*, 13(8), 524. <https://doi.org/10.3390/toxins13080524>
- Le, N. T. T., Armstrong, C. W., Brækkan, E. H., & Eide, A. (2024). Climatic events and disease occurrence in intensive *Litopenaeus vannamei* shrimp farming in the Mekong area of Vietnam. *Aquaculture*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740867>
- Li, Z., Huang, G., Zhang, J., Li, M., Liu, Z., Peng, S., Wang, R., & Liu, D. (2025). Genomic evolution of white spot syndrome virus in shrimp: Insights from transposon dynamics. *Biology (Basel)*, 14(6), 653. <https://doi.org/10.3390/biology14060653>
- Liu, F., Sun, J., Long, J., Sun, L., Liu, C., Wang, X., Zhang, L., Hao, P., Wang, Z., Cui, Y., Wang, R., & Li, Y. (2024). Assessing the interactive effects of high salinity and stocking density on the growth and stress physiology of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fishes*, 9(2), 62. <https://doi.org/10.3390/fishes9020062>
- Nababan, Y. I., Alimuddin, & Widanarni. (2019). Respons imun dan mortalitas kumulatif udang vaname *Litopenaeus vannamei* pascakoinfeksi white spot syndrome virus dan vibrio harveyi. Institut Pertanian Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/97757>
- Okon, E. M., Oyesiji, A. A., Okeleye, E. D., Kanonuhwa, M., Khalifa, N. E., Eissa, E. H., Mathew, R. T., Eissa, M. E. H., Alqahtani, M. A., & Abdelnour, S. A. (2024). The escalating threat of climate change-driven diseases in fish: Evidence from a global perspective – A literature review. *Environmental Research*, 263(Part 3), 120184. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120184>
- Pang, L., Zhang, X., Wang, Y., & Wang, W. (2019). Survival and immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* following single and concurrent infections with WSSV and *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 87, 544–551. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.01.037>
- Putri, D. S., Affandi, M. I., & Sayekti, W. D. (2020). Analisis kinerja usaha dan risiko petambak udang vaname pada sistem tradisional dan sistem semi intensif di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *JIIA (Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis)*, 8(4), 625-632.

- Rakhmanda, A., Pribadi, A., Parjiyo, P., & Wibisono, B. I. G. (2021). Production performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei* with super-intensive culture on different rearing densities. *Deleted Journal*, 20(1), 56. <https://doi.org/10.19027/jai.20.1.56-64>
- Yin, X., Zhuang, X., Liao, M., Cui, Q., Yan, C., Huang, J., Jiang, Z., Huang, L., Luo, W., Liu, Y., & Wang, W. (2023). *Andrographis paniculata* improves growth and non-specific immunity of shrimp *Litopenaeus vannamei*, and protects it from *Vibrio alginolyticus* by reducing oxidative stress and apoptosis. *Developmental & Comparative Immunology*, 139, 104542. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2022.104542>
- Zeng, S., He, J., & Huang, Z. (2024). The intestine microbiota of shrimp and its impact on cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 362. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13213-3>