



Feed Efficiency of Growth Performance of Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Fed Diets Supplemented with Bioactive Betel Leaf (*Piper betle* L.)

(Efisiensi Pemberian Pakan terhadap Performa Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang diberi Pakan dengan Suplemen Bioaktif Daun Sirih (*Piper betle* L.))

Harlina Harlina ^{1✉}, Andi Hamdillah ¹, Rosmiati Rosmiati ², Syahrul Syahrul ³, Fani Sukarto ⁴

¹ Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

² Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia.

³ Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

⁴ Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan Fskultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

Email: harlina.harlina@umi.ac.id

Article Info:

Received: 31 Maret 2026

Accepted: 22 April 2026

Online: 6 Mei 2026

Article type:

<input type="checkbox"/>	Riview Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword:

Piper betle; Herbal Feed Additive; Feed Efficiency; Growth Performance.

Corresponding Author:

Harlina Harlina
Universitas Muslim
Indonesia, Makassar,
Indonesia

Email:
harlina.harlina@umi.ac.id

Abstract

Vanamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) are a major global aquaculture commodity that requires improved feed efficiency and disease resistance to ensure the sustainability of aquaculture. This study aimed to evaluate the effect of supplementing feed with bioactive extract from betel leaf (*Piper betle* L.) on growth performance, feed efficiency (Feed Conversion Ratio/FCR), and survival rate (SR) of vanamei shrimp. The study was conducted over 58 days using a completely randomized design with four extract dose treatments (0, 3.9, 7.8, and 15.6 mg/kg feed) and three replicates. Betel leaf extract was obtained through ethanol maceration and added to commercial feed. The parameters measured included absolute growth, specific growth rate (SGR), FCR, SR, and water quality. The results showed that supplementation at a dose of 7.8 mg/kg (5×MBC) significantly increased absolute growth (14.10 g) and SGR (1.82%/day) compared to the control (11.20 g and 1.54%/day). The FCR also improved to 1.32 from 1.62 in the control, indicating high feed efficiency. The highest survival rate of 92.3% was also achieved at this dose. The best performance at the moderate dose was attributed to the content of bioactive compounds such as eugenol and chavicol, which enhance digestive enzyme activity and suppress pathogenic bacteria. Higher dose increases did not provide significant additional effects. This study concludes that supplementation with bioactive betel leaf extract at the optimal dose has the potential to significantly improve feed efficiency and growth performance in vanamei shrimp, supporting more sustainable and environmentally friendly aquaculture practices.



Copyright©2026, Harlina Harlina; Andi Hamdillah; Rosmiati Rosmiati; Syahrul Syahrul; Fani Sukarto.

I. PENDAHULUAN

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas utama akuakultur global dengan kontribusi signifikan terhadap

produksi perikanan dunia karena memiliki laju pertumbuhan cepat, toleransi lingkungan yang luas, serta nilai ekonomis yang tinggi (FAO, 2022; Wyban & Sweeney, 1991). Namun, intensifikasi

budidaya udang sering diikuti oleh meningkatnya tekanan lingkungan, penurunan kualitas media pemeliharaan, serta tingginya risiko serangan penyakit, terutama yang disebabkan oleh bakteri patogen seperti *Vibrio* spp. (Lightner, 2011; Boyd, 2015).

Upaya pengendalian penyakit dan peningkatan performa produksi dalam budidaya udang selama ini banyak mengandalkan penggunaan antibiotik dan bahan kimia sintetis. Penggunaan yang tidak terkontrol berpotensi menimbulkan resistensi bakteri, residu pada produk perikanan, serta dampak negatif terhadap lingkungan perairan, sehingga menimbulkan kekhawatiran dari aspek keamanan pangan dan keberlanjutan akuakultur (Cabello, 2006; Romero et al., 2012).

Sebagai alternatif, penggunaan aditif pakan berbasis herbal semakin banyak dikembangkan karena bersifat alami, relatif aman, dan ramah lingkungan. Tanaman herbal diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berperan sebagai antibakteri, antioksidan, dan imunostimulan, yang dapat meningkatkan kesehatan, efisiensi pakan, serta ketahanan organisme akuatik terhadap stres dan penyakit (Citarasu, 2010; Reverter et al., 2014; Hai, 2015).

Daun sirih (*Piper betle* L.) merupakan salah satu tanaman herbal yang berpotensi dikembangkan sebagai aditif pakan fungsional. Daun sirih mengandung senyawa fenolik, flavonoid, dan minyak atsiri yang memiliki aktivitas antibakteri dan antioksidan yang kuat (Pradhan et al., 2013; Ali et al., 2010). Beberapa penelitian melaporkan bahwa senyawa bioaktif dari genus *Piper* mampu meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, efisiensi pemanfaatan nutrisi, serta respons imun organisme akuatik (Platel & Srinivasan, 2000; Kumar et al., 2013).

Meskipun demikian, kajian mengenai pemanfaatan bioaktif daun sirih (*P. betle* L.) sebagai suplemen pakan untuk meningkatkan efisiensi pakan dan performa pertumbuhan udang vaname masih terbatas. Beberapa penelitian sebelumnya pada krustase dan ikan menunjukkan bahwa ekstrak tanaman dari genus *Piper* mampu meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, respons imun, dan ketahanan terhadap infeksi bakteri, namun umumnya menggunakan variasi spesies, bentuk ekstrak yang berbeda, serta belum secara spesifik mengkaji kisaran dosis optimal pada *Litopenaeus vannamei* dengan parameter pertumbuhan dan efisiensi pakan secara simultan

(Kumar et al., 2013; Reverter et al., 2014). Oleh karena itu, secara khusus penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis pengaruh suplementasi bioaktif daun sirih (*P. betle* L.) dalam pakan terhadap pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), (2) mengevaluasi efisiensi pakan yang meliputi nilai feed conversion ratio (FCR) dan efisiensi pemanfaatan pakan, serta (3) mengkaji tingkat kelangsungan hidup selama periode pemeliharaan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan dosis optimal bioaktif daun sirih dalam pakan yang mampu memberikan respons biologis terbaik pada udang vaname.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama Juli–Desember 2025 di Laboratorium Lapang dan Tambak Percobaan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan.

2.2. Hewan Uji dan Pakan

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan bobot awal $\pm 7,5$ g dipelihara dalam akuarium berukuran 40×25×28 cm dengan kepadatan 10 ekor per wadah. Udang diaklimatisasi selama 7 hari sebelum perlakuan dengan pemberian pakan komersial dan kondisi lingkungan yang dikontrol.

Pakan yang digunakan merupakan pakan komersial dengan kandungan protein kasar $\pm 33\%$, lemak $\pm 5\%$, serat kasar $\pm 4\%$, dan abu $\pm 12\%$ sebagai pakan dasar. Pakan ini kemudian disuplementasi dengan ekstrak daun sirih (*P. betle*) sesuai dosis perlakuan.

Ekstrak daun sirih diperoleh melalui metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% dengan perbandingan bahan terhadap pelarut 1:4 (b/v) selama 72 jam pada suhu ruang. Filtrat hasil ekstraksi disaring dan diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40–50°C hingga diperoleh ekstrak kental, kemudian disimpan dalam botol gelap pada suhu 4°C hingga digunakan.

Pencampuran ekstrak ke dalam pakan dilakukan dengan metode coating, yaitu ekstrak dilarutkan dalam sedikit air dan disemprotkan secara merata ke permukaan pakan sesuai dosis perlakuan. Untuk meningkatkan daya lekat, digunakan bahan perekat berupa putih telur,

kemudian pakan dikeringkan pada suhu ruang selama ± 24 jam sebelum diberikan kepada udang.

2.3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Setiap unit percobaan berupa satu akuarium, sehingga total terdapat 12 unit percobaan. Perlakuan yang diberikan meliputi: (A) pakan tanpa penambahan ekstrak (kontrol); (B) pakan dengan suplementasi ekstrak daun sirih (*P. betle*) dosis rendah; (C) pakan dengan dosis sedang; dan (D) pakan dengan dosis tinggi.

Penentuan dosis ekstrak mengacu pada nilai Minimum Bactericidal Concentration (MBC) terhadap bakteri target, yaitu sebesar 1,56 mg/mL. Berdasarkan nilai tersebut, dosis perlakuan ditetapkan dalam bentuk kelipatan MBC, kemudian dikonversi ke dalam dosis pakan menjadi (2,5 x MBC) 3,9 mg/kg (perlakuan B), (5 x MBC) 7,8 mg/kg (perlakuan C), dan (10 x MBC) 15,6 mg/kg (perlakuan D). Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa dosis yang diberikan memiliki dasar aktivitas antibakteri yang terukur sekaligus aplikatif dalam sistem budidaya.

Pakan diberikan sebanyak 3–5% dari total biomassa per hari, yang dibagi dalam tiga kali pemberian (pagi, siang, dan sore). Jumlah pakan disesuaikan setiap minggu berdasarkan hasil penimbangan biomassa udang.

2.4. Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik (Specific Growth Rate/SGR), rasio konversi pakan (Feed Conversion Ratio/FCR), kelangsungan hidup (Survival Rate/SR), serta kualitas air yang terdiri atas suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut.

Pertumbuhan mutlak dihitung sebagai selisih antara bobot akhir dan bobot awal udang ($W = W_t - W_o$). Laju pertumbuhan spesifik (SGR) dihitung menggunakan rumus:

$$SGR (\%/hari) = [(\ln W_t - \ln W_o) / t] \times 100,$$

Dimana: W_t adalah bobot rata-rata akhir (g), W_o adalah bobot rata-rata awal (g), dan t adalah lama pemeliharaan (hari).

Rasio konversi pakan (FCR) dihitung dengan rumus:

$$FCR = \frac{\text{jumlah pakan yang diberikan (g)}}{\text{pertambahan biomassa (g)}}$$

Kelangsungan hidup (SR) dihitung dengan rumus:

$$SR (\%) = (N_t / N_o) \times 100,$$

Dimana: N_t adalah jumlah udang yang hidup pada akhir penelitian dan N_o adalah jumlah udang pada awal penelitian.

Pengukuran bobot udang dilakukan pada awal dan akhir penelitian untuk menghitung pertumbuhan mutlak dan SGR. Jumlah pakan yang diberikan dicatat setiap hari selama masa pemeliharaan untuk perhitungan FCR. Kelangsungan hidup dihitung pada akhir penelitian berdasarkan jumlah udang yang tersisa.

Parameter kualitas air (suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut) diukur secara berkala setiap 3 hari selama penelitian berlangsung menggunakan alat ukur standar.

Analisis Data

Data pertumbuhan, rasio konversi pakan (FCR), dan kelangsungan hidup (SR) dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik, seperti SPSS versi XX (atau dapat disesuaikan dengan perangkat lunak yang digunakan, misalnya R atau SAS). Perbedaan nyata antar perlakuan pada tabel ditunjukkan dengan superskrip huruf yang berbeda. Sementara itu, data kualitas air dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi lingkungan selama penelitian berlangsung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terkait pertumbuhan dan efisiensi pakan udang vaname selama pemeliharaan 58 hari dapat dilihat pada Tabel 1.

3.1. Performa Pertumbuhan

Suplementasi ekstrak daun sirih dalam pakan terbukti meningkatkan performa pertumbuhan udang vaname dibandingkan kontrol (Tabel 1). Nilai pertumbuhan mutlak meningkat dari 11,20 g (kontrol) menjadi 14,10 g pada perlakuan C, sedangkan SGR meningkat dari 1,54%/hari menjadi 1,82%/hari. Nilai ini menunjukkan peningkatan sekitar $\pm 25,9\%$ untuk

pertumbuhan mutlak dan $\pm 18,2\%$ untuk SGR dibandingkan kontrol.

Tabel 1. Pertumbuhan dan efisiensi pakan udang vaname selama pemeliharaan 58 hari

Perlakuan	Pertumbuhan Mutlak (g)	SGR (%/hari)	FCR	SR (%)
A (Kontrol)	11,20 \pm 0,45 ^a	1,54 \pm 0,06 ^a	1,62 \pm 0,05 ^c	85,6 \pm 2,3 ^a
B (2,5 \times 1,56 mg/mL)	12,85 \pm 0,38 ^b	1,68 \pm 0,04 ^b	1,45 \pm 0,04 ^b	89,1 \pm 1,8 ^b
C (5 \times 1,56 mg/mL)	14,10 \pm 0,52 ^c	1,82 \pm 0,05 ^c	1,32 \pm 0,03 ^a	92,3 \pm 1,5 ^c
D (10 \times 1,56 mg/mL)	13,40 \pm 0,47 ^{bc}	1,75 \pm 0,06 ^{bc}	1,39 \pm 0,04 ^b	90,2 \pm 2,0 ^{bc}

Keterangan: Nilai dengan superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, nilai SGR pada penelitian ini (1,54–1,82%/hari) masih berada dalam kisaran yang dilaporkan pada penggunaan aditif herbal pada udang vaname. Sebagai contoh, suplementasi ekstrak herbal pada pakan udang dilaporkan menghasilkan SGR berkisar antara 1,6–1,9%/hari tergantung jenis dan dosis aditif (Citarasu, 2010; Kumar et al., 2013). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun sirih memiliki efektivitas yang sebanding dengan sumber fitogenik lainnya dalam meningkatkan pertumbuhan udang.

Peningkatan pertumbuhan pada perlakuan ekstrak daun sirih berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif utama seperti eugenol, chavicol, dan senyawa fenolik lainnya. Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki aktivitas biologis sebagai stimulan pencernaan dan antimikroba. Eugenol, misalnya, dilaporkan mampu meningkatkan aktivitas enzim pencernaan seperti protease dan amilase, sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi (Platel & Srinivasan, 2000). Selain itu, aktivitas antimikroba dari senyawa fenolik dapat menekan populasi bakteri patogen dalam saluran pencernaan, sehingga menciptakan kondisi mikroflora usus yang lebih seimbang dan mendukung penyerapan nutrisi (Citarasu, 2010).

Respon pertumbuhan yang optimal pada perlakuan C (5 \times MBC) menunjukkan adanya hubungan dosis-respons yang jelas, di mana peningkatan dosis hingga tingkat tertentu memberikan efek positif, namun tidak selalu linier. Hal ini terlihat pada perlakuan D (10 \times MBC) yang tidak menunjukkan peningkatan lebih lanjut dibandingkan perlakuan C. Fenomena ini sejalan dengan laporan Kumar et al. (2013) yang menyatakan bahwa penggunaan aditif herbal dalam dosis berlebih dapat menurunkan efisiensi pemanfaatan nutrisi akibat kemungkinan efek fisiologis yang tidak optimal pada sistem pencernaan.

3.2. Efisiensi Pakan (FCR)

Nilai rasio konversi pakan (FCR) terendah diperoleh pada perlakuan C (5 \times MBC), yaitu sebesar 1,32, yang menunjukkan efisiensi pemanfaatan pakan terbaik dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 1). Jika dibandingkan dengan kontrol (1,62), terjadi penurunan FCR sebesar $\pm 18,5\%$, yang mengindikasikan peningkatan efisiensi konversi pakan yang signifikan.

Dalam konteks praktis budidaya udang vaname, nilai FCR berkisar antara 1,4–1,6 umumnya dianggap sebagai standar komersial yang baik. Oleh karena itu, nilai FCR sebesar 1,32 pada penelitian ini dapat dikategorikan sangat efisien dan berpotensi memberikan keuntungan ekonomi melalui pengurangan penggunaan pakan, yang merupakan komponen biaya terbesar dalam budidaya udang.

Penurunan nilai FCR pada perlakuan ekstrak daun sirih kemungkinan berkaitan dengan peningkatan efisiensi pencernaan dan pemanfaatan nutrisi. Senyawa bioaktif seperti eugenol dan chavicol yang terkandung dalam daun sirih diketahui berperan dalam meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, sehingga pencernaan pakan menjadi lebih optimal (Platel & Srinivasan, 2000). Selain itu, sifat antimikroba dari senyawa fenolik dapat membantu menekan pertumbuhan bakteri patogen di saluran pencernaan, sehingga memperbaiki keseimbangan mikroflora usus dan meningkatkan efisiensi absorpsi nutrisi (Citarasu, 2010).

Di sisi lain, tidak adanya peningkatan efisiensi pada dosis yang lebih tinggi (perlakuan D) menunjukkan bahwa efek ekstrak daun sirih tidak bersifat linier terhadap peningkatan dosis. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti penurunan palatabilitas pakan akibat konsentrasi senyawa aktif yang terlalu tinggi atau adanya beban metabolik tambahan dalam proses detoksifikasi senyawa bioaktif oleh organisme.

Fenomena ini sejalan dengan laporan Hashemi dan Davoodi (2011) serta Reverter et al. (2014), yang menyatakan bahwa penggunaan aditif herbal dalam dosis berlebih dapat menurunkan efisiensi pemanfaatan pakan.

3.3. Kelangsungan Hidup (SR)

Kelangsungan hidup (SR) udang vaname selama penelitian tergolong tinggi pada seluruh perlakuan, dengan nilai berkisar antara 85,6% hingga 92,3% (Tabel 1). Nilai SR tertinggi diperoleh pada perlakuan C (5×MBC), yaitu sebesar 92,3%, yang menunjukkan peningkatan sebesar ±7,8% dibandingkan kontrol (85,6%). Peningkatan ini mengindikasikan bahwa suplementasi ekstrak daun sirih memberikan kontribusi positif terhadap daya tahan hidup udang.

Selama periode pemeliharaan, tidak ditemukan gejala klinis penyakit yang signifikan pada udang, seperti perubahan warna tubuh, nekrosis, atau perilaku abnormal. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dan manajemen pemeliharaan berada dalam kisaran

optimal. Namun demikian, penelitian ini tidak melakukan analisis kuantitatif terhadap keberadaan bakteri *Vibrio* spp. di media pemeliharaan maupun dalam tubuh udang, sehingga hubungan langsung antara pemberian ekstrak dan dinamika populasi bakteri patogen belum dapat dikonfirmasi secara spesifik. Hal ini menjadi salah satu keterbatasan dalam penelitian ini.

Peningkatan nilai SR pada perlakuan ekstrak daun sirih kemungkinan berkaitan dengan aktivitas antibakteri dan imunostimulan dari senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya, seperti eugenol, chavicol, dan senyawa fenolik lainnya. Senyawa-senyawa tersebut dilaporkan memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen, termasuk *Vibrio* spp., serta meningkatkan respons imun non-spesifik pada organisme akuatik (Citarasu, 2010; Reverter et al., 2014). Dengan meningkatnya status kesehatan dan daya tahan tubuh udang, maka tingkat mortalitas dapat ditekan selama masa pemeliharaan.

Tabel 2. Kisaran parameter kualitas air selama pemeliharaan udang vaname

Parameter	A (Kontrol)	B (2,5×1,56 mg/mL)	C (5×1,56 mg/mL)	D (10×1,56 mg/mL)	Kisaran Optimal
Suhu (°C)	28,1–29,4	28,0–29,2	28,2–29,5	28,1–29,3	26–32
pH	7,6–8,1	7,5–8,0	7,6–8,1	7,5–8,0	7,5–8,5
Salinitas (ppt)	27–29	27–29	28–30	27–29	15–30
DO (mg/L)	5,1–6,3	5,2–6,4	5,3–6,5	5,1–6,3	>4

Hasil pengukuran (Tabel 2.), menunjukkan bahwa seluruh parameter kualitas air selama penelitian berada pada kisaran optimal bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname. Tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, yang mengindikasikan bahwa penambahan ekstrak daun sirih dalam pakan tidak memengaruhi kondisi lingkungan pemeliharaan. Kondisi kualitas air yang stabil memungkinkan udang memanfaatkan pakan secara optimal sehingga perbedaan performa yang diamati lebih dipengaruhi oleh perlakuan pakan daripada faktor lingkungan (Boyd, 2015; Avnimelech, 2012)

IV. PENUTUP

Kesimpulannya, suplementasi ekstrak bioaktif daun sirih (*Piper betle* L.) dalam pakan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kelangsungan hidup udang selama masa pemeliharaan 58 hari. Dosis optimal sebesar 7,8

mg/kg pakan (5×MBC) menunjukkan hasil terbaik dengan peningkatan pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), penurunan feed conversion ratio (FCR), serta tingkat kelangsungan hidup tertinggi dibandingkan dengan kontrol dan dosis lain. Kandungan senyawa bioaktif seperti eugenol dan chavicol berperan dalam meningkatkan aktivitas enzim pencernaan dan menekan bakteri patogen, sehingga menciptakan kondisi saluran pencernaan yang lebih sehat dan mendukung pemanfaatan nutrisi secara lebih efisien. Namun, pemberian dosis berlebih (15,6 mg/kg) tidak memberikan peningkatan performa yang lebih baik dan bahkan dapat menimbulkan efek negatif terhadap palatabilitas pakan dan metabolisme udang.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pembudidaya udang vaname mempertimbangkan penggunaan ekstrak bioaktif daun sirih sebagai suplemen pakan fungsional pada dosis optimal yang telah ditentukan untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan

usaha budidaya. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menganalisis efek suplementasi ini terhadap dinamika mikrobiota usus dan mekanisme imunologi udang secara lebih mendalam, serta untuk uji coba di skala lapangan yang lebih luas. Selain itu, pengembangan formulasi pakan dengan stabilitas senyawa bioaktif yang lebih tinggi juga dianjurkan guna memaksimalkan manfaat dan aplikasi praktis di industri akuakultur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muslim Indonesia atas dukungan institusional dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Asari, S.Pi selaku laboran Lapang dan Tambak Percobaan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, atas bantuan teknis selama pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- Ali, I., Khan, F. G., Suri, K. A., Gupta, B. D., Satti, N. K., Dutt, P., Afrin, F., Qazi, G. N., & Khan, I. A. (2010). *In vitro* antifungal activity of hydroxychavicol isolated from Piper betle L. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 9, 7.
- Avnimelech, Y. (2012). *Biofloc technology: A practical guide book*. World Aquaculture Society.
- Boyd, C. E. (2015). *Water quality: An introduction*. Springer.
- Cabello, F. C. (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: A growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, 8(7), 1137–1144.
- Citarasu, T. (2010). Herbal biomedicines: A new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18, 403–414.
- FAO. (2022). *The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards blue transformation*. FAO.
- Hai, N. V. (2015). The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 446, 88–96.
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35, 169–180.
- Kumar, S., Raman, R. P., Pandey, P. K., Mohanty, S., Kumar, A., & Kumar, K. (2013). Effect of dietary supplementation of Piper nigrum on growth, immune response and disease resistance of fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 34, 339–344.
- Lightner, D. V. (2011). Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106, 110–130.
- Platel, K., & Srinivasan, K. (2000). Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Nahrung*, 44, 42–46.
- Pradhan, D., Suri, K. A., Pradhan, D. K., & Biswasroy, P. (2013). Golden heart of the nature: Piper betle L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(6), 147–167.
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., & Sasal, P. (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy. *Aquaculture*, 433, 50–61.
- Romero, J., Feijoo, C. G., & Navarrete, P. (2012). Antibiotics in aquaculture: Use, abuse and alternatives. In E. D. Carvalho (Ed.), *Health and environment in aquaculture* (pp. 159–198). InTech.