

Effectiveness of Guava Leaf Extract on Hematological Profile of Nile Tilapia Infected with *Vibrio vulnificus*

Fiki Harjuni* & Zein Triko Andries

¹Program Studi Akuakultur, Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Matauli, Tapanuli Tengah, Indonesia;

Article History

Received : September 09th, 2026

Revised : September 26th, 2026

Accepted : October 05th, 2026

*Corresponding Author: **Fiki Harjuni**, Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Matauli/ Akuakultur, Tapanuli Tengah, Indonesia;
Email: fikiharjuni21@gmail.com

Abstract: Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is an important aquaculture commodity in Indonesia, but intensive production is vulnerable to bacterial infections, including *Vibrio vulnificus*. This study evaluated the effect of guava leaf (*Psidium guajava*) extract incorporated into commercial feed on the hematological profile of Nile tilapia infected with *V. vulnificus*. A completely randomized design with four treatments and three replications was used. Treatments consisted of P0 (control), P1 (25 mL/kg feed), P2 (50 mL/kg feed), and P3 (75 mL/kg feed). Fish were reared for 45 days, comprising 30 days of feeding treatment and 15 days post-infection. Blood samples were collected on days 0, 30, and 45. Guava leaf extract significantly affected erythrocyte and leukocyte counts ($P < 0.05$). The highest observed erythrocyte counts were recorded in P1, reaching 3.477×10^6 and 3.583×10^6 cells/mm³ on days 30 and 45, respectively. The highest observed leukocyte count occurred in P3, reaching 10.143×10^4 cells/mm³ on day 45. Lymphocyte proportion increased from 65.0% to 75.8%, whereas monocytes and neutrophils decreased. Basophils remained relatively stable. These findings indicate that guava leaf extract influences the hematological response of Nile tilapia following *V. vulnificus* infection. However, an optimal dose could not be established from the tested concentrations.

Keywords: Erythrocyte; Guava leaf extract; Leukocyte differential; Nile tilapia; *Vibrio vulnificus*.

Pendahuluan

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas unggulan akuakultur Indonesia karena memiliki nilai ekonomis tinggi, pertumbuhan cepat, dan toleransi luas terhadap kondisi lingkungan. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2024) mencatat produksi perikanan budidaya ikan nila pada tahun 2023 mencapai 1,3 juta ton. Namun, sistem budidaya intensif sering menyebabkan penurunan kualitas air dan peningkatan stres pada ikan, yang memicu wabah penyakit. Infeksi bakteri menjadi kendala utama karena dapat menyebabkan kematian massal dan kerugian ekonomi hingga 50-80% (Kurniawan *et al.*, 2024). Pemantauan kualitas air merupakan

komponen penting dalam penilaian kondisi ekosistem perairan (Zakaria & Trintyani, 2025).

Vibrio vulnificus merupakan bakteri patogen yang menjadi ancaman serius dalam budidaya ikan nila, terutama pada sistem air payau dan laut. Bakteri zoonotik ini menyebabkan gejala hemoragi pada kulit, kerusakan sirip, mata menonjol (*exophthalmia*), dan kerusakan organ dalam, dengan tingkat mortalitas mencapai 60-100% kematian pada ikan nila (Fauziah *et al.*, 2022; Rahmaningsih *et al.*, 2023). Penggunaan antibiotik menimbulkan resistensi dan residu (Prasetyo *et al.*, 2021; Wulandari *et al.*, 2023), sehingga diperlukan pendekatan alternatif seperti imunostimulan alami.

Daun jambu biji (*Psidium guajava*) mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid,

polifenol, dan tanin yang memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, dan imunomodulator (Karim *et al.*, 2021; Effendi *et al.*, 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan ekstrak daun jambu biji meningkatkan profil hematologi ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) yang diuji tantang dengan *Aeromonas hydrophila* (Pohan *et al.*, 2024) dan meningkatkan parameter imun pada ikan mas (Amelia *et al.*, 2021).

Parameter hematologi merupakan indikator penting status kesehatan dan imunitas ikan. Eritrosit bertanggung jawab atas transportasi oksigen, sedangkan leukosit (termasuk limfosit, monosit, neutrofil, dan basofil) berfungsi sebagai pertahanan seluler utama terhadap patogen (Firman *et al.*, 2022). Pemantauan parameter ini memberikan wawasan berharga tentang efek imunostimulan dari suplemen pakan. Namun, penelitian tentang aplikasi ekstrak daun jambu biji pada ikan nila terhadap infeksi *V. vulnificus* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh ekstrak daun jambu biji terhadap profil eritrosit, leukosit, dan diferensial leukosit ikan nila yang diinfeksi *V. vulnificus*.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada 17 Mei hingga 2 Juli 2026 di Laboratorium Kesehatan Ikan, Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Matauli, Pandan, Tapanuli Tengah, Sumatera Utara.

Alat dan Bahan

Benih ikan nila (ukuran 3-4 cm, bobot awal 1,3-1,9 g) diperoleh dari pembudidaya di Tapanuli Tengah. Pakan komersial yang digunakan adalah HI-Pro-Vite FF-888 (kandungan protein 35%). Daun jambu biji diperoleh dari kebun pribadi. Kultur *V. vulnificus* diperoleh dari koleksi laboratorium. Peralatan yang digunakan meliputi wadah 20 L, aerator, mikroskop, hemositometer, refraktometer, DO meter, dan pH meter.

Rancangan Penelitian

Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan digunakan dengan total 12 unit percobaan, dengan masing-masing wadah 10 ekor :

P0: Kontrol (Pakan tanpa ekstrak)

P1: Pakan + 25 mg/kg ekstrak daun jambu biji

P2: Pakan + 50 mg/kg ekstrak daun jambu biji

P3: Pakan + 75 mg/kg ekstrak daun jambu biji

Pembuatan Ekstrak Daun Jambu Biji

Daun jambu biji segar (daun ke-4 hingga ke-10 dari pucuk) dicuci, dikeringkan di bawah sinar matahari, dan digiling menjadi serbuk. Ekstraksi dilakukan dengan maserasi menggunakan etanol 96% (perbandingan 1:4) selama 24 jam dengan pengadukan, diikuti dengan penyaringan. Hasil penyaringan lalu dipanaskan dengan menggunakan water bath untuk menguapkan etanol sampai habis hingga memiliki komposisi berbentuk pasta kental. Ekstrak yang digunakan tidak di stradarisasi lebih lanjut. Filtrat dikumpulkan dan disimpan untuk suplementasi pakan.

Persiapan Pakan Uji

Ekstrak dicampur dan dihomogenkan dengan aquades masing-masing sebanyak 50 mL untuk pengenceran dan disemprotkan ke pakan komersil sesuai dosis yang ditentukan, dihomogenkan selama 10-15 menit, dianginkan, dan disimpan dalam wadah kedap udara. Pakan uji dibuat setiap 15 hari untuk menjaga kualitas senyawa bioaktif.

Pemeliharaan dan Pengambilan Sampel

Ikan diberi pakan uji selama 45 hari, terbagi menjadi: fase induksi 30 hari (hari ke-0 hingga 30) dan fase pasca infeksi 15 hari (hari ke-30 hingga 45). Pada hari ke-30, ikan diuji tantang dengan *V. vulnificus* dengan kepadatan 10^8 CFU/mL, dengan 0,1 mL/ekor secara intramuskular ke seluruh ikan uji sebanyak 120 ekor. Pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-0, 30, dan 45 melalui vena kaudalis menggunakan spuit yang dibasahi EDTA.

Analisis Hematologi

Jumlah eritrosit: Darah diencerkan dengan larutan Hayem (1:200) dan dihitung menggunakan hemositometer di bawah mikroskop. Jumlah leukosit: Darah diencerkan dengan larutan Turk (1:20) dan dihitung menggunakan hemositometer. Diferensial leukosit: Preparat ulas darah diwarnai dengan larutan Giemsa 50% dan diamati di bawah mikroskop (perbesaran 1000x). Limfosit,

monosit, neutrofil, dan basofil diidentifikasi dan dihitung berdasarkan karakteristik morfologinya (Colville & Bassert, 2016; Kiswari, 2014).

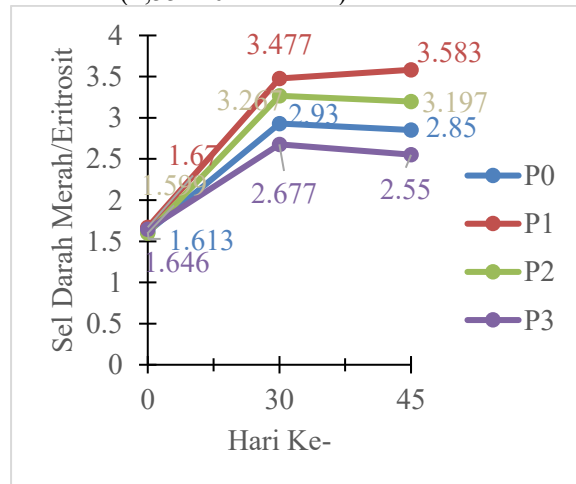
Analisis Data

Data yang diperoleh pada hari ke 0, 30 dan 45 masing-masing dianalisis menggunakan ANOVA satu arah yang dilanjutkan dengan uji Duncan ($\alpha=0,05$) menggunakan perangkat lunak SPSS.

Hasil dan Pembahasan

Jumlah Eritrosit

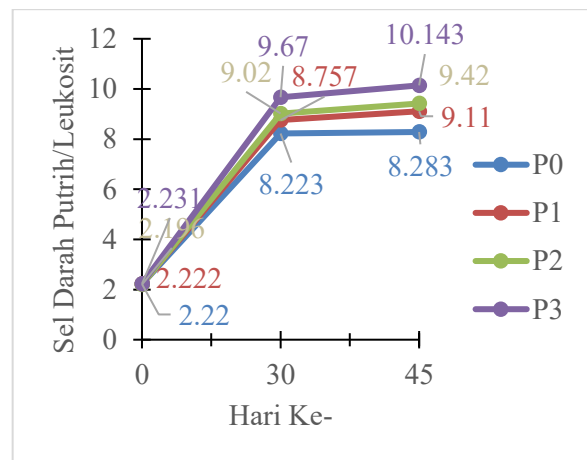
Penambahan ekstrak daun jambu biji berpengaruh signifikan terhadap jumlah eritrosit ($P<0,05$). Pada akhir penelitian (hari ke-45), jumlah eritrosit tertinggi terdapat pada P1 ($3,58 \times 10^6$ sel/mm³), diikuti P2 ($3,20 \times 10^6$ sel/mm³), P0 ($2,85 \times 10^6$ sel/mm³), dan P3 ($2,55 \times 10^6$ sel/mm³) (Gambar 1). Analisis temporal menunjukkan bahwa selama fase induksi (hari ke-0→30), eritrosit meningkat di semua perlakuan, dengan P1 menunjukkan peningkatan tertinggi ($1,67 \rightarrow 3,48 \times 10^6$ sel/mm³). Pasca infeksi (hari ke-30→45), P1 mempertahankan nilai tertinggi ($3,58 \times 10^6$ sel/mm³), sedangkan P3 menunjukkan nilai terendah ($2,55 \times 10^6$ sel/mm³).



Gambar 1. Jumlah Eritrosit setiap sampling

Jumlah Leukosit

Jumlah leukosit dipengaruhi secara signifikan oleh perlakuan ($P<0,05$). Pada akhir penelitian (hari ke-45), jumlah leukosit tertinggi terdapat pada P3 ($10,14 \times 10^4$ sel/mm³), diikuti P2 ($9,42 \times 10^4$ sel/mm³), P1 ($9,11 \times 10^4$ sel/mm³), dan P0 ($8,28 \times 10^4$ sel/mm³) (Gambar 2). Selama induksi (hari ke-0→30), leukosit meningkat di semua perlakuan, dengan P3 menunjukkan peningkatan tertinggi ($2,23 \rightarrow 9,67 \times 10^4$ sel/mm³). Pasca infeksi (hari ke-30→45), leukosit meningkat lebih lanjut, dengan P3 mempertahankan nilai tertinggi ($10,14 \times 10^4$ sel/mm³). P0 menunjukkan respons terendah sepanjang penelitian.



Gambar 2. Jumlah Leukosit setiap sampling

Diferensial Leukosit

Analisis diferensial leukosit menunjukkan perubahan yang bergantung pada dosis (Tabel 1). Limfosit meningkat seiring peningkatan dosis ekstrak: P0 (65,00%), P1 (70,50%), P2 (73,20%), dan P3 (75,80%). Monosit menurun dengan peningkatan dosis: P0 (18,00%), P1 (15,00%), P2 (13,00%), dan P3 (11,50%). Neutrofil juga menurun: P0 (15,00%), P1 (12,80%), P2 (12,00%), dan P3 (11,00%). Basofil tetap rendah dan stabil (1,70–2,00%) di semua perlakuan.

Tabel 1. Data Diferensial Leukosit setelah 45 hari

Perlakuan	Limfosit (%)	Monosit (%)	Neutrofil (%)	Basofil (%)
P0	65,00 ± 1,20 ^a	18,00 ± 0,90 ^d	15,00 ± 0,70 ^c	2,00 ± 0,10 ^a
P1	70,50 ± 1,10 ^b	15,00 ± 0,80 ^c	12,80 ± 0,60 ^b	1,70 ± 0,08 ^a
P2	73,20 ± 0,90 ^c	13,00 ± 0,70 ^b	12,00 ± 0,50 ^{ab}	1,80 ± 0,06 ^a
P3	75,80 ± 0,80 ^d	11,50 ± 0,60 ^a	11,00 ± 0,50 ^a	1,70 ± 0,07 ^a

Tabel 2. Kualitas air di lokasi penelitian

Parameter	Perlakuan				SNI (2017)
	P0	P1	P2	P3	
Suhu (°C)	26,7-30	27,2-30	26,8- 30	26,1 - 30	26 - 30
DO (mg/L)	7,9 - 9,4	7,2 - 9,4	7,2 - 9,0	7,1 - 9,2	> 4
pH	6,5–7,14	6,5–7,00	6,5–7,77	6,69–7,07	6,5 – 8,5
Amoniak (ppm)	0,05–0,1	0,05–0,1	0,05–0,1	0,05	< 0,1
Salinsalinitas (ppt)	10-11	10-11.5	10-12	10.5	5 - 15

Pembahasan

Respons Eritrosit

Jumlah eritrosit tertinggi di antara dosis yang diuji terdapat pada P1 (25 mL/kg pakan), diikuti P2, P0, dan P3 (Gambar 1). Pola ini menunjukkan hubungan nonlinier antara dosis ekstrak dan jumlah eritrosit; namun, mekanisme di balik pola tersebut belum dapat dijelaskan karena penelitian ini tidak mengukur parameter toksisitas, stres oksidatif, atau melakukan analisis dose-response. Senyawa bioaktif dalam daun jambu biji (flavonoid, polifenol, dan tanin) dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang dapat melindungi membran eritrosit dari hemolisis (Kamaruddin *et al.*, 2024); namun, apakah mekanisme ini terjadi pada penelitian ini tidak dapat dikonfirmasi dari data yang tersedia.

Temuan ini sejalan secara kualitatif dengan Kamble *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa ekstrak daun jambu biji dalam pakan memengaruhi parameter immuno-hematologi ikan nila, meskipun dosis dan kondisi pemeliharaan berbeda. Penurunan jumlah eritrosit pasca infeksi terjadi pada semua perlakuan, konsisten dengan aktivitas hemolitik *V. vulnificus* yang dilaporkan dalam literatur. Penurunan yang lebih ringan pada P1 dibandingkan P3 bersifat observasional dan tidak dapat disimpulkan sebagai efek protektif tanpa pengukuran hemolisis atau viabilitas eritrosit secara langsung.

Respons Eritrosit

Peningkatan leukosit yang bergantung pada dosis ($P3 > P2 > P1 > P0$) mengindikasikan potensi imunostimulan ekstrak daun jambu biji. Flavonoid dan polifenol dilaporkan mengaktifkan makrofag dan neutrofil serta meningkatkan aktivitas fagositosis (Kamaruddin *et al.*, 2024; Nuryati *et al.*, 2025). Peningkatan temporal pasca infeksi menunjukkan bahwa ekstrak mendukung mobilisasi imun

berkelanjutan terhadap *V. vulnificus*. Meskipun jumlah leukosit meningkat seiring dosis, jumlah eritrosit tertinggi pada P1 menunjukkan pola respons yang berbeda antara eritrosit dan leukosit. Namun, penelitian ini tidak mengukur parameter energi, metabolisme, atau stres, sehingga tidak dapat disimpulkan adanya trade-off energi antara respons imun dan eritropoiesis.

Nilai leukosit yang diamati berada dalam kisaran yang dilaporkan untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada kondisi pemeliharaan tertentu; namun, tanpa data pembandingan dari kondisi yang identik, kisaran ini tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan status kesehatan secara umum. Penilaian status kesehatan memerlukan integrasi berbagai parameter hematologi dan biokimia, tidak hanya satu parameter. Peningkatan leukosit yang progresif dari induksi hingga pasca infeksi menunjukkan bahwa ekstrak terus merangsang produksi sel imun, berbeda dengan P0 yang leukositnya tetap terendah.

Respons Diferensial Leukosit

Peningkatan limfosit seiring dosis ekstrak menunjukkan peningkatan respons imun spesifik dan nonspesifik. Limfosit adalah efektor utama imunitas humoral dan seluler, dan peningkatannya mengindikasikan aktivasi jalur sel B (produksi antibodi) dan sel T (imunitas seluler) (Aspinall & Cappello, 2015). Penurunan bersamaan pada monosit dan neutrofil menunjukkan pergeseran populasi leukosit menuju peningkatan kapasitas pengawasan imun. Pola ini sejalan dengan Nuryati *et al.* (2025), yang mengamati peningkatan limfosit dan penurunan monosit pada ikan nila yang diberi fraksi daun jambu biji dan diuji tantang dengan *A. hydrophila*.

Neutrofil, meskipun proporsinya menurun, tetap penting untuk pertahanan awal melalui fagositosis (Kiswari, 2014). Stabilitas basofil di semua perlakuan (<2%) sesuai dengan literatur

yang menyatakan bahwa basofil jarang berlimpah pada ikan teleostei dalam kondisi normal (Colville & Bassert, 2016). Data temporal diferensial leukosit menunjukkan bahwa ekstrak memodulasi sistem imun dengan mempromosikan ekspansi limfosit sebagai mekanisme pertahanan utama, dengan neutrofil berfungsi sebagai lini pertahanan pertama selama infeksi akut.

Implikasi dan Mekanisme

Perubahan hematologi yang diamati dapat dikaitkan dengan senyawa bioaktif dalam daun jambu biji. Flavonoid (kuersetin, kaempferol) dilaporkan meningkatkan fungsi imun melalui regulasi sitokin (IL-1, IL-6, TNF- α) dan aktivitas antioksidan (Kamaruddin *et al.*, 2024; Kamble *et al.*, 2024). Tanin dan polifenol dilaporkan menunjukkan aktivitas antimikroba, yang dapat mengurangi beban patogen dan stimulasi imun tidak langsung.

Efek diferensial pada eritrosit dan leukosit menunjukkan bahwa pola respons terhadap dosis berbeda antar parameter, dengan 25 mL/kg terkait dengan jumlah eritrosit tertinggi di antara dosis yang diuji dan 75 mL/kg terkait dengan jumlah leukosit tertinggi di antara dosis yang diuji. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup tidak diukur dalam penelitian ini, sehingga tidak dapat disimpulkan adanya keterkaitan antara dosis ekstrak dan parameter tersebut. Pemantauan temporal menunjukkan bahwa efek imunostimulan ekstrak daun jambu biji bersifat progresif, menjadi lebih nyata setelah ujiantang infeksi, terutama untuk parameter leukosit.

Kesimpulan

Suplementasi ekstrak daun jambu biji berasosiasi dengan perbedaan profil hematologi ikan nila setelah ujiantang *Vibrio vulnificus*. Di antara dosis yang diuji, nilai eritrosit tertinggi tercatat pada 25 mL/kg pakan, sedangkan nilai leukosit tertinggi tercatat pada 75 mL/kg pakan. Namun, penetapan dosis optimal tidak dapat dilakukan berdasarkan penelitian ini karena hanya tiga dosis yang diuji, outcome yang berbeda (eritrosit dan leukosit) menunjukkan pola yang tidak konsisten, dan tidak dilakukan analisis dose-response. Pernyataan mengenai dosis optimal memerlukan penelitian lanjutan dengan rentang dosis yang lebih luas, analisis

dose-response, dan verifikasi konsistensi data. Pola diferensial leukosit menunjukkan peningkatan proporsi limfosit disertai penurunan monosit dan neutrofil. Potensi ekstrak sebagai imunostimulan perlu dikonfirmasi melalui desain longitudinal yang sesuai, kontrol ujiantang yang lengkap, serta pengukuran parameter imun dan performa tambahan. Kesimpulan ini bergantung pada audit data dan model statistik yang valid; oleh karena itu, interpretasi akhir harus menunggu verifikasi lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Akuakultur Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Matauli atas fasilitas dan dukungan yang diberikan. Terima kasih khusus kepada seluruh asisten laboratorium dan rekan-rekan mahasiswa yang berkontribusi dalam penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan sebagai bagian dari skripsi penulis pertama.

Referensi

- Amelia, R., Harpeni, E., & Fidyandini, H. P. (2021). Penggunaan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) sebagai imunostimulan ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang diinfeksi *Motile Aeromonas* Septicemia. *Journal of Aquatropica Asia*, 6(2), 48–59.
- Aspinall, V., & Cappello, M. (2015). *Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology Textbook (3rd ed.)*. Elsevier Health Sciences.
- Colville, T. P., & Bassert, J. M. (2016). *Clinical Anatomy and Physiology for Veterinary Technicians (3rd ed.)*. Elsevier.
- Effendi, I., Windarti, W., Masjudi, H., Razman, M. R., Al-Harbi, A. H., Nasution, N. M., Syahputra, T., & Kurniawan, R. (2023). The addition of guava leaves in feed to the blood glucose of carp reared in brackish water and infected with *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Natur Indonesia*, 21(2), 156–161.
- Fauziah, R., Sarjito, S., & Haditomo, A. H. C. (2022). Isolasi dan identifikasi bakteri *Vibrio* spp. pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan di tambak payau Kabupaten Demak. *Journal of*

- Aquaculture Management and Technology*, 11(1), 45–54.
- Firman, S. W., Saputra, H. K. H., & Hamka, M. S. (2022). Status hematologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan kepadatan berbeda pada sistem resirkulasi menggunakan micro bubble generator. *Jurnal Aquafish Saintek*, 2(2), 1–8.
- Fouz, B., Larsen, J. L., & Toranzo, A. E. (2002). Susceptibility of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to vibriosis caused by *Vibrio vulnificus* biotype 2 (serovar E). *Journal of Fish Diseases*, 25(11), 687–689. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2002.00401.x>
- Kamaruddin, T. A., Alahmadi, K. R., & Thompson, K. D. (2024). Dietary Psidium guajava leaf extract protects Nile tilapia from *Pseudomonas aeruginosa* infection and enhances growth. *Comparative Immunology Reports*, 7, 200164. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2024.200164>
- Kamble, M. T., Chaiyapechara, S., Kettawan, A., Thompson, K. D., & Pirarat, N. (2024). Guava and star gooseberry leaf extracts improve growth performance, innate immunity, intestinal microbial community, and disease resistance in Nile tilapia against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Reports*, 35, 101947. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.101947>
- Karim, N. U., Rahman, I. R. A., Muhammad, M. K., Zainol, N. A. K., & Ikhwanuddin, M. (2021). Effects of guava leaves extract coating on giant freshwater prawns during chilled storage. *Journal of Sustainability Science and Management*, 13(1), 159–167.
- Kiswari, R. (2014). *Hematologi dan Transfusi*. Erlangga.
- KKP. (2024). *Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2023*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kurniawan, R., Windarti, W., Effendi, I., Putri, M. N., Syahputra, T., & Gusriansyah, D. (2024). Potential of various Indonesian medicinal plants to inhibit the growth of *Aeromonas hydrophila* bacteria. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 7(2), 299–304.
- Nuryati, S., Alimuddin, A., & Santoso, B. (2025). Effectiveness of guava leaf fraction on phagocytosis activity and leukocyte differentiation in tilapia infected with *Aeromonas hydrophila*. *World's Veterinary Journal*, 15(3), 612–621. <https://doi.org/10.54203/scil.2025.wvj60>
- Pohan, I. F., Riauaty, M., & Syawal, H. (2024). Hematologi dan fisiologi ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) dengan penambahan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 29(1), 367–374.
- Prasetio, E., Fakhrudin, S. D., & Susanti, S. (2021). Resistensi antibiotik pada bakteri *Vibrio* yang diisolasi dari ikan nila di Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Riset Akuakultur*, 16(3), 189–198.
- Rahmaningsih, S., Ariyati, R. W., & Hastuti, S. (2023). Prevalensi dan karakterisasi *Vibrio vulnificus* pada ikan nila yang dibudidayakan di tambak intensif. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(1), 89–98.
- Standar Nasional Indonesia. (2017). SNI 6141:2017 tentang Produksi Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Kelas Benih Sebar. Badan Standardisasi Nasional.
- Wulandari, T., Sarjito, S., & Haditomo, A. H. C. (2023). Dampak penggunaan antibiotik dalam budidaya ikan terhadap resistensi bakteri dan lingkungan. *Jurnal Perikanan Tropis*, 10(2), 156–167.
- Zakaria, Z., & Trintyani, R. (2025). Analysis of sea water pollution status using gastropoda as bioindicators in the Amahami Mangrove Area of Bima City. *Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism*, 1(1), 17–27. <https://journals.widhatulfaeha.id/index.php/jbee/article/view/10>