

Pengaruh Infeksi *Aeromonas hydrophila* terhadap Kelangsungan Hidup dan Gejala Klinis Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

The Effect of *Aeromonas hydrophila* Infection on the Survival and Clinical Signs of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Agustinus Juliandricho Gallis^{1*}, Yuliana Salosso¹, Priyo Santoso¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan Kelautan dan Perikanan,
Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto, Penfui 85001, Kotak Pos 1212, Tlp (0380) 881589

Email correspondence: agustinusjulianricho@gmail.com

ABSTRAK Penyakit *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS) yang disebabkan oleh *Aeromonas hydrophila* merupakan salah satu infeksi bakteri penting pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) karena dapat menurunkan kondisi fisiologis dan meningkatkan angka kematian. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh infeksi *A. hydrophila* pada beberapa tingkat konsentrasi terhadap parameter hematologi, munculnya gejala klinis, dan mortalitas ikan nila. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan, yaitu kontrol tanpa infeksi dan empat perlakuan infeksi bakteri pada konsentrasi 10^4 , 10^5 , 10^6 , dan 10^7 CFU/mL. Parameter yang diamati meliputi jumlah eritrosit, jumlah leukosit, gejala klinis, dan tingkat kematian selama tujuh hari pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *A. hydrophila* menyebabkan penurunan jumlah eritrosit, peningkatan jumlah leukosit, gejala klinis yang semakin berat, serta mortalitas yang lebih tinggi. Mortalitas tertinggi ditemukan pada perlakuan 10^7 CFU/mL sebesar 100%, sedangkan mortalitas terendah terjadi pada perlakuan 10^4 CFU/mL sebesar 12,5%. Gejala klinis yang teramati meliputi penurunan nafsu makan, hemoragi, kerusakan sirip, gangguan keseimbangan berenang, dan ulserasi. Dengan demikian, semakin tinggi konsentrasi *A. hydrophila*, semakin besar dampaknya terhadap kondisi hematologi, tingkat keparahan gejala klinis, dan mortalitas ikan nila.

Kata kunci: *Aeromonas hydrophila*, ikan nila, hematologi, gejala klinis, mortalitas.

ABSTRACT *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS), caused by *Aeromonas hydrophila*, is one of the major bacterial diseases that compromises the health status and increases the mortality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). This study aimed to evaluate the effects of *A. hydrophila* infection at different bacterial concentrations on the hematological profile, clinical signs, and mortality of Nile tilapia. The experiment was conducted using a Randomized Block Design (RBD) consisting of five treatments: an uninfected control and fish challenged with *A. hydrophila* at concentrations of 10^4 , 10^5 , 10^6 , and 10^7 CFU/mL. The observed parameters included erythrocyte count, leukocyte count, clinical signs, and mortality over a seven-day observation period. The results demonstrated that increasing concentrations of *A. hydrophila* significantly decreased erythrocyte counts, increased leukocyte counts, exacerbated clinical signs, and elevated the mortality rate of Nile tilapia. The highest mortality (100%) was recorded in fish challenged with 10^7 CFU/mL, whereas the lowest mortality (12.5%) occurred in the 10^4 CFU/mL treatment. The observed clinical signs included reduced appetite, hemorrhage, fin erosion, impaired swimming balance, and skin ulceration. In conclusion, higher concentrations of *A. hydrophila* exerted greater adverse effects on the hematological profile, severity of clinical signs, and mortality of Nile tilapia.

Keywords: *Aeromonas hydrophila*, Nile tilapia, hematology, clinical signs, mortality.

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas akuakultur air tawar yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan di berbagai daerah. Keunggulan ikan ini antara lain pertumbuhan relatif cepat, kemampuan adaptasi terhadap lingkungan budidaya yang baik, serta teknik pemeliharaan yang relatif mudah. Oleh karena itu, ikan nila berperan penting dalam mendukung peningkatan produksi perikanan budidaya. Meskipun memiliki potensi budidaya yang besar, produktivitas ikan nila masih sering mengalami penurunan akibat serangan penyakit, terutama penyakit bakterial. Gangguan kesehatan ikan dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, penurunan efisiensi produksi, hingga kematian massal yang berdampak pada kerugian ekonomi pembudidaya. Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan perairan dan kondisi fisiologis ikan, sehingga pengendalian penyakit menjadi salah satu aspek penting dalam manajemen budidaya.

Salah satu bakteri patogen yang sering ditemukan pada budidaya ikan nila adalah *Aeromonas hydrophila*. Bakteri ini merupakan penyebab penyakit *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS), yaitu infeksi yang umumnya berkembang ketika daya tahan tubuh ikan menurun atau kualitas lingkungan berada pada kondisi yang kurang optimal. Infeksi *A. hydrophila* dapat menimbulkan berbagai gejala

klinis, seperti hemoragi, ulserasi, kerusakan sirip, penurunan nafsu makan, gangguan keseimbangan berenang, hingga kematian dengan tingkat mortalitas yang tinggi. Tingkat keparahan infeksi dipengaruhi oleh virulensi bakteri dan jumlah inokulum yang menginfeksi ikan. Respons ikan terhadap infeksi bakteri dapat dievaluasi melalui parameter hematologi, pengamatan gejala klinis, dan mortalitas. Perubahan jumlah eritrosit dan leukosit sering digunakan sebagai indikator kondisi fisiologis dan respons imun ikan. Penurunan eritrosit menunjukkan adanya gangguan pada sistem peredaran darah akibat infeksi, sedangkan peningkatan leukosit mencerminkan aktivasi mekanisme pertahanan tubuh terhadap invasi bakteri. Selain itu, pengamatan gejala klinis dan tingkat kematian dapat memberikan gambaran mengenai tingkat virulensi *A. hydrophila* pada ikan nila.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh infeksi *A. hydrophila* pada beberapa tingkat konsentrasi terhadap profil hematologi, perkembangan gejala klinis, dan mortalitas ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai hubungan antara konsentrasi bakteri dengan tingkat gangguan kesehatan ikan, sehingga dapat menjadi dasar dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit pada budidaya ikan nila.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Metode

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas perikanan air tawar yang memiliki nilai ekonomis penting dan banyak dikembangkan dalam kegiatan budidaya yang berperan penting dalam mendukung produksi akuakultur karena memiliki pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan, serta bernilai ekonomi tinggi. Meskipun demikian, produktivitas budidaya ikan nila masih sering mengalami penurunan akibat serangan penyakit bakterial yang menyebabkan kerugian ekonomi cukup besar. Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan status kesehatan ikan, sehingga pengendalian penyakit menjadi salah satu aspek penting dalam sistem budidaya (Abd El-Hack et al., 2022; Food and Agriculture Organization, 2024).

Salah satu bakteri patogen yang banyak berasosiasi dengan gangguan kesehatan pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah *Aeromonas hydrophila*. Bakteri ini dikenal sebagai penyebab penyakit *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS), yaitu infeksi bakterial yang umumnya berkembang ketika daya tahan tubuh ikan menurun atau kondisi lingkungan budidaya tidak berada pada kisaran yang optimal. Keberadaan bakteri tersebut dapat memicu berbagai gangguan kesehatan yang berdampak pada penurunan performa budidaya dan peningkatan risiko kematian ikan. Infeksi *A.*

hydrophila dapat menimbulkan gejala klinis berupa hemoragi, ulserasi, kerusakan sirip, penurunan nafsu makan, hingga kematian dengan tingkat mortalitas yang tinggi. Tingkat keparahan infeksi dipengaruhi oleh virulensi bakteri dan konsentrasi inokulum yang diberikan (Abdella et al., 2024; Ade, 2024).

Respons ikan terhadap infeksi bakteri dapat dievaluasi melalui parameter hematologi, gejala klinis, dan mortalitas. Perubahan jumlah eritrosit dan leukosit merupakan indikator penting untuk menggambarkan kondisi fisiologis dan respons imun ikan terhadap infeksi. Penurunan eritrosit menunjukkan adanya gangguan sistem peredaran darah akibat infeksi, sedangkan peningkatan leukosit merupakan bentuk pertahanan tubuh terhadap invasi bakteri. Selain itu, gejala klinis dan mortalitas dapat digunakan untuk menentukan tingkat virulensi *A. hydrophila* pada ikan nila (Aboyadak et al., 2021; Hassanin et al., 2024; Bernal-González et al., 2025).

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima perlakuan dengan masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak dua kali ulangan. Adapun perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Perlakuan A: Kontrol (Tidak disuntik bakteri *A. hydrophila*)

Perlakuan B:104 (Ikan disuntik dengan bakteri *A. hydrophila* dengan kepadatan 104)

Perlakuan C:105 (Ikan disuntik dengan bakteri *A. hydrophila* dengan kepadatan 105)

Perlakuan D:106 (Ikan disuntik dengan bakteri *A. hydrophila* dengan kepadatan 106)

Perlakuan E:107 (Ikan disuntik dengan bakteri *A. hydrophila* dengan kepadatan 107)

Parameter yang Diamati

Hematologi

Darah Merah

Penghitungan eritrosit dilakukan dengan metode impedansi listrik. Prinsipnya, sel darah akan menyebabkan perubahan resistansi listrik saat melewati lubang kecil. Semakin banyak sel darah yang melewati, semakin besar perubahan resistansi yang terdeteksi. Hasil dinyatakan dalam satuan sel/ μ L.

Darah Putih

Metode yang digunakan yaitu impedansi listrik dan differential count. Untuk sel darah putih, alat tidak hanya menghitung total leukosit tetapi juga melakukan differential count yang mengklasifikasikan jenis-jenis sel darah putih seperti neutrofil, limfosit, monosit, eosinofil, dan basophil berdasarkan ukuran dan kompleksitasnya. Hasil akhir yang diperoleh adalah total leukosit dalam satuan sel/ μ L dan persentase masing-masing jenis sel, memberikan gambaran komprehensif tentang sistem kekebalan tubuh ikan.

Gejala Klinis

Pengamatan gejala klinis dilakukan untuk mengetahui tanda-tanda fisik yang menunjukkan adanya gangguan kesehatan

pada ikan nila. Gejala yang diamati: perubahan warna tubuh, timbulnya luka atau perdarahan, sirip rusak, perut membengkak, atau berenang tidak seimbang.

Mortalitas

Mortalitas merupakan persentase jumlah organisme yang mengalami kematian selama periode pemeliharaan atau penelitian. Parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat kematian organisme uji sebagai respons terhadap perlakuan yang diberikan selama penelitian. Nilai mortalitas dihitung dengan membandingkan jumlah organisme yang mati dengan jumlah organisme pada awal penelitian (Effendie, 1997).

$$M = \frac{N_0 - N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan:

M = Mortalitas (%)

N_0 = Jumlah organisme pada awal penelitian
 $\times 100\%$

N_t = Jumlah organisme yang hidup pada akhir penelitian

ANALISIS DATA

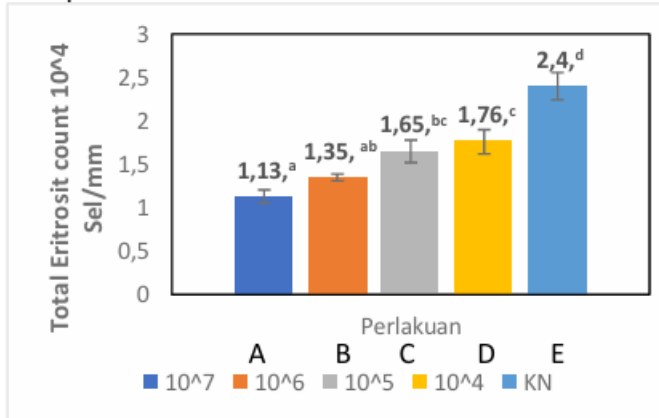
Data kuantitatif berupa jumlah koloni bakteri *A. hydrophila* meliputi gejala klinis dan perubahan tingkah laku dianalisis secara deskriptif. Data kualitatif yang diperoleh dianalisis variabel yang meliputi sel darah eritrosit, leukosit, dan mortalitas dengan menggunakan anova.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hematologi

Eritrosit

Perubahan jumlah total eritrosit (sel darah merah) dijadikan sebagai indikator respons terhadap infeksi yang terjadi pada ikan. Data hasil perhitungan jumlah eritrosit pada hari ke-6 dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



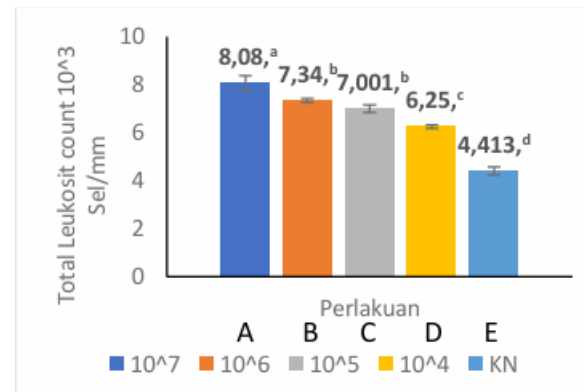
Gambar 1. Rata-rata jumlah total eritrosit ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Berdasarkan Gambar 1, rata-rata jumlah eritrosit ikan nila menunjukkan adanya perbedaan respons pada setiap perlakuan yang diberikan. Variasi jumlah eritrosit tersebut mengindikasikan bahwa tingkat perlakuan yang diterapkan memberikan pengaruh terhadap kondisi hematologis ikan nila selama masa penelitian. Infeksi *Aeromonas hydrophila* juga dapat menimbulkan perdarahan (*hemorrhage*) pada berbagai jaringan akibat kerusakan pembuluh darah dan respons inflamasi. Kondisi tersebut menyebabkan kehilangan eritrosit dari sirkulasi darah sehingga jumlah eritrosit menurun. Penurunan jumlah eritrosit merupakan salah satu indikator terjadinya

anemia pada ikan yang mengalami infeksi bakteri, dan tingkat penurunannya umumnya dipengaruhi oleh tingkat virulensi bakteri serta tingkat keparahan infeksi (Aboyadak et al., 2021). Rerata jumlah eritrosit pada perlakuan 10^7 adalah 1,13; 10^6 sebesar 1,35; 10^5 sebesar 1,65; 10^4 sebesar 1,76; dan kontrol (KN) sebesar 2,4. Notasi huruf (a, ab, bc, c, d) menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan, di mana perlakuan 10^7 berbeda sangat nyata dibandingkan dengan kontrol.

Leukosit

Perubahan jumlah leukosit merupakan salah satu indikator respons imun ikan dalam menghadapi infeksi bakteri patogen, termasuk *A. hydrophila*. Peningkatan jumlah leukosit menunjukkan adanya aktivasi mekanisme pertahanan nonspesifik sebagai respons terhadap keberadaan agen infeksi dalam tubuh ikan (Alamanda et al., 2007). Berdasarkan hasil pengamatan pada hari ke-6, jumlah total leukosit ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan (Gambar 2).



Gambar 2. Jumlah total leukosit ikan nila
 (*Oreochromis niloticus*)

Berdasarkan leukosit, terlihat bahwa jumlah leukosit ikan nila berbeda nyata antarperlakuan konsentrasi bakteri. Nilai rerata leukosit tertinggi terdapat pada perlakuan 10^7 , yaitu 8,08, diikuti 10^6 sebesar 7,34, kemudian 10^5 sebesar 7,00, 10^4 sebesar 6,25, dan yang terendah pada hematop (KN) sebesar 4,41. Notasi huruf menunjukkan perbedaan nyata, di mana perlakuan 10^7 berbeda secara signifikan dibandingkan dengan hematop, dan hematop memiliki nilai paling rendah. Peningkatan jumlah leukosit pada konsentrasi bakteri yang lebih tinggi menunjukkan adanya respons imun terhadap infeksi *A. hydrophila*. Leukosit (sel darah putih) berfungsi sebagai pertahanan tubuh dalam melawan mikroba melalui proses fagositosis dan produksi zat antibakteri. Ketika ikan terinfeksi, sistem imun akan merangsang peningkatan produksi leukosit (*leukositis*) sebagai mekanisme pertahanan.

Gejala Klinis dan Perubahan Tingkah Laku

Gejala klinis pada ikan dapat ditandai dengan munculnya luka pada permukaan

tubuh, sisik yang mudah terlepas, serta kondisi hati yang tampak pucat. Kondisi ini dapat terjadi lebih awal akibat respons imun, termasuk pembentukan antibodi. Selain itu, perubahan suhu lingkungan juga dapat memicu stres pada ikan, yang berdampak pada penurunan kesehatan ikan secara keseluruhan (Pattipeiluhu et al., 2022). Menurut Tri Utami et al. (2013), ikan nila yang terinfeksi *A. hydrophila* menunjukkan gejala klinis berupa berenang berputar (swimming spinning), warna tubuh menjadi lebih gelap, serta pergerakan yang lemah. Selanjutnya, Supriyadi dan Gardenia (2010), menjelaskan bahwa gejala yang umum terlihat pada infeksi *A. hydrophila* antara lain perubahan warna tubuh menjadi gelap, *exophthalmia* (mata menonjol), mata tampak putih, serta kondisi perut yang cekung meskipun pada beberapa kasus dapat terlihat membengkak. Shoemaker et al. (2013) menambahkan bahwa infeksi *S. iniae* juga dapat menyebabkan gangguan pada mata seperti kekeruhan (*opacity*), adanya nanah (*purulens*), hingga kerusakan mata (*lisis*). Gejala klinis ikan nila dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Gejala klinis ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Konsentrasi bakteri CFU/ml	Perubahan tingkah laku	Dokumentasi
10^4 CFU/ml	Ikan mulai mengalami penurunan nafsu makan dan aktivitas. Pergerakan terlihat sedikit lambat, namun masih mampu berenang normal.	

10 ⁵ CFU/ml	Nafsu makan menurun secara signifikan, ikan tampak lemah, dan mulai mengalami gangguan keseimbangan saat berenang. Respons terhadap rangsangan menurun.
10 ⁶ CFU/ml	Nafsu makan hampir hilang, pergerakan sangat lemah, dan ikan sering berenang tidak normal seperti miring atau berputar. Ikan cenderung diam di dasar dan kurang responsif.
10 ⁷ CFU/ml	Respons ikan makan ikan terlihat menurun dalam kurun waktu 24 jam. Ikan lebih suka berdiam mendekati selang aerator.
Kontrol	Respon ikan terhadap bakteri normal

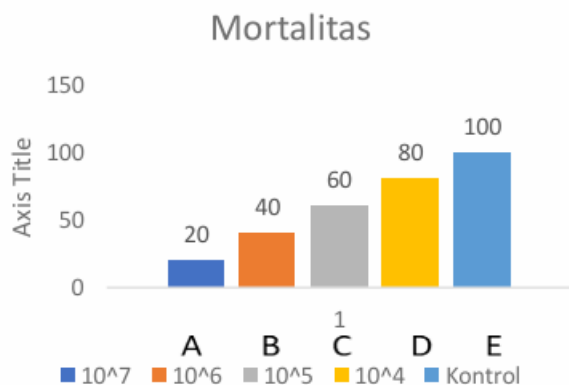


Pasca infeksi bakteri *A. hydrophila* sebanyak 0,1 ml dengan kepadatan bakteri 10⁷, gejala klinis yang ditimbulkan berupa perubahan tingkah laku ikan dan morfologi. Gejala klinis yang timbul pada ikan perlakuan menunjukkan adanya inflamasi yang ditandai dengan peradangan atau pembengkakan disertai sedikit perdarahan pada area bekas infeksi bakteri. Infeksi bakteri *A. hydrophila* menimbulkan gejala klinis pada ikan yang ditandai dengan munculnya luka radang yang meningkat menjadi hemoragi dan tukak. Kerusakan morfologi ikan berupa radang dan

luka borok diduga akibat serangan *A. hydrophila* melalui suntikan sehingga menyebabkan kerusakan jaringan otot sebagai dampak dari toksin bakteri tersebut.

Mortalitas

Pengamatan mortalitas ikan nila dilakukan melalui pemantauan harian terhadap jumlah individu ikan yang mengalami kematian selama periode penelitian. Hasil pengamatan tingkat mortalitas ikan nila pada hari ke-6 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3.

Mekanisme kematian diduga berkaitan dengan produksi toksin hemolisin dan aerolisin yang bersifat sitotoksik. Toksin ini dapat merusak membran sel dan menyebabkan hemolisis eritrosit sehingga terjadi penurunan kemampuan darah dalam mengangkut oksigen. Kondisi hipoksia jaringan yang berat mempercepat kegagalan fungsi organ. Menurut Austin dan Austin (2012), infeksi *A. hydrophila* dengan dosis tinggi dapat menyebabkan kematian akut dalam waktu singkat akibat kombinasi efek toksik dan respons inflamasi sistemik. Sebaliknya, pada konsentrasi rendah (10^4 CFU/ml), mortalitas relatif rendah (12,5 %), yang menunjukkan bahwa sistem imun ikan masih mampu mengendalikan infeksi pada tingkat tertentu. Hal ini mengindikasikan adanya ambang dosis minimal yang diperlukan untuk menimbulkan infeksi fatal. Nilai LD50 yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi sekitar 10^5 CFU/ml merupakan dosis yang menyebabkan kematian pada 50 % populasi, sehingga dapat

dikategorikan sebagai tingkat virulensi sedang hingga tinggi.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian *Aeromonas hydrophila* dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh terhadap kondisi kesehatan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Semakin tinggi konsentrasi bakteri yang diberikan, semakin berat gejala klinis yang ditunjukkan, meliputi penurunan nafsu makan, perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, hemoragi, kerusakan sirip, gangguan keseimbangan berenang, dan penurunan respons terhadap rangsangan. Tingkat mortalitas ikan nila meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi *Aeromonas hydrophila*, dengan mortalitas tertinggi pada konsentrasi 10^7 CFU/mL dan terendah pada konsentrasi 10^4 CFU/mL.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan, Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, atas fasilitas serta dukungan akademik yang diberikan selama proses penelitian berlangsung. Penulis juga menyampaikan penghargaan kepada rekan-

rekan mahasiswa angkatan 2021 atas bantuan, semangat, dan motivasi yang diberikan hingga penyusunan karya ilmiah ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Nader, M. M., et al. (2022). Environmental factors affecting growth performance and health status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biometeorology*, 66, 2183–2194.
- Abdella, B., Shokrak, N. M., Abozakra, N. A., et al. (2024). Aquaculture and *Aeromonas hydrophila*: A complex interplay of environmental factors and virulence. *Aquaculture International*, 32, 7671–7681.
- Abeyta, C., Kaysner, C. A., Wekell, M. M., & Stott, R. F. 2001. *Aeromonas hydrophila* and Other *Aeromonas* Species. U.S. Food and Drug Administration.
- Aboyadak, I. M., Ali, N. G. M., Goda, A. M. A. S., Saad, W., & Salam, A. M. E. (2021). Hematological and immunological responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) experimentally infected with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture International*, 29, 183–198.
- Ade Pratama. 2024. Infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan dan gejala klinisnya. *Jurnal Perikanan*.
- Afiat, D. 2017. Morfologi dan anatomi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan Indonesia*, 19(2): 112–118.
- Afrianto, E., & Liviawaty, E. 1992. Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan. Kanisius.
- Andriyan, R., Siregar, Y., & Hamdani, H. 2018. Adaptasi ikan nila terhadap salinitas dan suhu lingkungan. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 17(1): 33–42.
- Angka, S. L. 2001. Patogenitas *Aeromonas hydrophila* pada ikan air tawar. *Jurnal Perikanan*, 3(2): 45–52.
- Austin, B., & Austin, D. A. 2007. *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish*. Edisi ke-4. Springer.
- Austin, B., & Austin, D. A. 2012. *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish*. Edisi ke-6. Springer.
- Bayu, F., Suryanto, D., & Hartono, R. 2017. Respon imun nonspesifik ikan nila terhadap paparan bakteri patogen. *Jurnal Aquatik Indonesia*, 6(2): 122–130.
- Bernal-González, K.G., Toledo-Ibarra, G.A., Covantes-Rosales, C.E., Barrios-García, R.G., Diaz-Resendiz, K.G., Ventura-Ramón, H., Mercado-Salgado, U., Girón-Pérez, D.A., Martínez-Pérez, V.E. dan Girón-Pérez, M.I. 2025. Proinflammatory cytokines and innate immune parameters in response to *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to diazinon, an organophosphate pesticide. *Comparative Immunology Reports*. 8:200195.
- Chopra, A. K., Xu, X. J., Ribardo, D. A., Gonzalez, M., Kuhl, K., Peterson, J. W., & Houston, C. W. 2000. The cytotoxic enterotoxin of *Aeromonas hydrophila* induces proinflammatory cytokine production and apoptosis in murine macrophages. *Infection and Immunity*, 68(2): 108–116.
- Cipriano, R. C. 2001. *Aeromonas hydrophila* and *Motile Aeromonas Septicemias* of Fish. U.S. Department of the Interior.
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C., & Heo, M. S. 2003. Effect of probiotics on immuneresponse in fish. *Fish and Shellfish Immunology*, 15(4): 365–374.
- Hossain, M. J., et al. 2008. Transmission of *Aeromonas hydrophila* in fish. *Aquaculture Research*, 39(4): 456–464.
- Lukistyowati, I., & Kurniasih. 2012. Virulensi *Aeromonas hydrophila* pada ikan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 17(2): 55–62.
- Lukistyowati, I., & Windarti. 2007. Kondisi hematologi ikan nila. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6(1): 21–28.
- Manik, R., et al. 2014. *Hemorrhagic septicemia* pada ikan nila. *Jurnal Perikanan Indonesia*, 20(1): 11–18.
- Napitupulu, R., et al. 2016. Gejala klinis ikan akibat infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Perikanan Indonesia*.

- Noga, E. J. 2000. Fish Disease: Diagnosis and Treatment. Iowa State University Press.
- Noga, E. J. 2010. Fish Disease: Diagnosis and Treatment. Edisi ke-2. Wiley-Blackwell.
- Pattipeiluhu, M., et al. 2022. Respons imun dan gejala klinis ikan akibat perubahan lingkungan dan infeksi patogen. Jurnal Akuakultur Indonesia.
- Plumb, J. A., & Hanson, L. A. 2011. Health Maintenance and Principal Microbial Diseases of Cultured Fishes. Edisi ke-3. Wiley-Blackwell.
- Popma, T., & Masser, M. P. 1999. Tilapia: Life History and Biology. SRAC.
- Rasch, M., et al. 2004. Quorum sensing in *Aeromonas hydrophila*. Applied and Environmental Microbiology, 70(4): 2103–2111.
- Sherif, A. H., Farag, E. A. H., & Mahmoud, A. E. (2024). Temperature fluctuation alters immuno-antioxidant response and enhances the susceptibility of *Oreochromis niloticus* to *Aeromonas hydrophila* challenge. Aquaculture International.
- Shoemaker, C. A., et al. 2013. Pathogenesis and clinical signs of *Streptococcus iniae* infection in fish. Journal of Aquatic Animal Health.
- Supriyadi, H., & Gardenia, L. 2010. Gejala klinis dan penanganan infeksi bakteri pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Perikanan.
- Tri Utami, et al. 2013. Gejala klinis ikan nila yang terinfeksi *Aeromonas hydrophila*. Jurnal Perikanan Indonesia.
- Triyaningsih, S., et al. 2014. Wabah *Aeromonas hydrophila* di Indonesia. Jurnal Penelitian Perikanan, 10(1): 25–31.
- Yan, Z., Yu, G., Wang, Y., Ma, J. dan Xia, X. 2025. Rapid on-site low-cost detection of *Aeromonas hydrophila* in fish via direct sample loading on a molecularly imprinted polymer electrode. Journal of Agriculture and Food Research.
- Winton, J. R. 2001. Fish disease and pathology. Annual Review of Fish Diseases, 11: 120.
- Yanto, S., et al. 2015. Hematologi ikan nila dalam sistem budidaya. Jurnal Perikanan dan Kelautan, 20(2): 55–63.
- Yuasa, K., et al. 2003. *Motile Aeromonas septicemia* in fish. Fish Pathology, 38(2): 99–105.
- Yulita. 2002. Identifikasi bakteri *Aeromonas*. Jurnal Mikrobiologi, 6(1): 10–15