

POTENSI BAKTERIOFAG SEBAGAI BIOKONTROL KASUS RESISTENSI ANTIBIOTIK PADA BUDIDAYA UDANG DI INDONESIA

POTENTIAL OF BACTERIOPHAGES AS BIOCONTROL OF ANTIBIOTIC RESISTANCE CASES IN SHRIMP CULTIVATION IN INDONESIA

Nur Latifatul Qodriyah^{1)*}, Lita Meilina¹⁾, Mirriyadhil Jannah¹⁾

¹⁾Universitas Jember

*email: nurlatifah@unej.ac.id

Received: 13 Mei 2025 | Accepted: 26 Mei 2025 | published : 31 Mei 2025

ABSTRAK

Budidaya udang merupakan salah satu komoditas ekspor yang berkontribusi cukup besar dalam meningkatkan perekonomian Indonesia. Namun, terdapat satu permasalahan yang sering menyebabkan kegagalan panen pada budidaya udang yaitu infeksi bakteri patogen khususnya jenis *Vibrio* spp. Penggunaan antibiotik bisa digunakan dalam mengatasi masalah tersebut, namun penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan *Multiple Antibiotic Resistance* yang juga dapat membahayakan manusia. Bakteriofag dapat menjadi salah satu alternatif sebagai biokontrol yang menjanjikan dalam mencegah/mengontrol infeksi yang disebabkan oleh bakteri patogen karena memiliki kelebihan ramah lingkungan, bersifat spesifik terhadap bakteri inang, murah dan cepat. Penulisan tinjauan ini bertujuan untuk merangkum beberapa potensi yang menjanjikan terkait penerapan bakteriofag pada bidang budidaya udang khususnya di Indonesia. Metode yang digunakan dalam artikel ini menggunakan metode kualitatif dengan teknik pengumpulan data yaitu studi literatur. Hasil analisa beberapa artikel menunjukkan bahwa beberapa bakteriofag telah berhasil diisolasi dari berbagai daerah di Indonesia. Sehingga, bakteriofag berpotensi dalam menggantikan antibiotik dalam mengatasi infeksi bakteri patogen pada udang.

Kata Kunci : Bakteriofag; *Multiple Antibiotic Resistance*; Keamanan Pangan

ABSTRACT

Shrimp farming is one of the export commodities that contributes significantly to improving the Indonesian economy. However, there is one problem that often causes crop failure in shrimp farming, namely pathogenic bacterial infections, especially *Vibrio* spp. The use of antibiotics can be used to overcome this problem, but excessive use can cause *Multiple Antibiotic Resistance* which can also be harmful to humans. Bacteriophages can be a promising alternative in preventing/controlling infections caused by pathogenic bacteria because they have the advantages of being environmentally friendly, specific to host bacteria, cheap and fast. The purpose of this review is to summarize some promising potentials related to the application of bacteriophages in the field of shrimp farming, especially in Indonesia. The method used in this article uses a qualitative method with data collection techniques, namely literature studies. The results of the study showed that several bacteriophages have been successfully isolated from various regions in Indonesia. Thus, bacteriophages have the potential to replace antibiotics in overcoming pathogenic bacterial infections in shrimp.

Keywords: Bacteriophage; *Multiple Antibiotic Resistance*; Food Safety

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kekayaan hayati laut, sehingga memiliki potensi dalam bidang kelautan dan perikanan berkelanjutan. Beberapa cara telah banyak dilakukan dalam memanfaatkan potensi tersebut salah satunya yaitu budidaya akuakultur. Hal tersebut juga merupakan salah satu upaya dalam mewujudkan “*Sustainable Blue Economy*” (Syamsuddin dan Isyanita, 2022). Di Indonesia budidaya

udang telah berkembang sangat pesat dan memiliki potensi ekonomi yang baik di pasar nasional maupun internasional (Dahlan *et al.*, 2017). Hal tersebut menjadikan udang sebagai komoditi ekspor utama yang berkontribusi cukup besar dalam meningkatkan perekonomian Indonesia (Firman, 2019).

Saat ini, masih terdapat beberapa masalah yang dapat mempengaruhi produksi udang di Indonesia. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi yaitu kegagalan dalam

produksi panen pada komoditas perikanan terutama udang. Secara global terdapat sekitar 20% kerugian yang dihasilkan pada produksi budidaya udang karena disebabkan oleh adanya infeksi bakteri *Vibrio* spp. Adapun penyakit tersebut sering disebut dengan istilah vibriosis dan telah dianggap sebagai ancaman yang cukup besar bagi industri budidaya udang di seluruh dunia (Abdel-Latif *et al*, 2022). Bakteri ini merupakan bakteri yang paling banyak dan sering menyerang hingga menyebabkan kematian mencapai 100% pada larva, post larva dan juvenil (KKP, 2020).

Pada umumnya untuk mengatasi atau mencegah penyakit oleh bakteri pathogen para pembudidaya udang sering kali menggunakan antibiotic. Pada dasarnya penggunaan antibiotik telah dilarang, karena dapat menyebabkan sifat resisten pada bakteri patogen dan meningkatkan kandungan residu antibiotik pada produk udang (Prihanto, 2021). Kandungan residu ini dapat mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan manusia seperti imunopatologis, alergi, dan hepatotoksitas (Dutta *et al.*, 2019). Sebanyak 63,89% isolat *Vibrio parahaemolyticus* dari udang asal pantai utara jawa memiliki indeks MAR > 0,2 dengan indeks tertinggi terjadi di Indramayu dan berpotensi menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia (Kusmarwati *et al.*, 2017). Beberapa jenis isolat *V. alginolyticus*, *V. cholerae*, *V. harveyi*, *V. vulnificus* dan *V. fischeri* juga resisten terhadap antibiotik tetrasiklin dan ampicilin dengan konsentrasi 20 µg/mL serta konsentrasi 10 µg/mL kloramfenikol (Aziza dan Riri, 2024).

Berdasarkan pemaparan diatas menunjukkan bahwa antibiotik sangat tidak ramah lingkungan dalam bidang akuakultur berkelanjutan. Sehingga, salah satu alternatif yang menjanjikan untuk mencegah infeksi yang disebabkan oleh bakteri patogen adalah dengan penggunaan bakteriofag. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) juga telah mengumumkan terkait “era pasca-antibiotik” dalam berbagai penyakit hewan. Bakteriofag memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat

spesifik terhadap bakteri dan ramah lingkungan. Artikel ini bertujuan untuk merangkum beberapa literatur penelitian dalam 5-10 tahun terakhir terkait potensi aplikasi bakteriofag sebagai alternatif biokontrol dalam menggantikan antibiotik pada permasalahan di bidang budidaya perikanan yang disebabkan karena infeksi bakteri patogen. Artikel ini juga membahas terkait tantangan penerapan bakteriofag di lapangan pada masa mendatang di bidang budidaya perikanan dan lingkungannya.

2. METODE

Metode pada artikel ini menggunakan metode kualitatif dengan teknik pengumpulan data yaitu studi literatur/pustaka. Metode dengan pengumpulan data dengan cara memahami dan mempelajari teori-teori dari berbagai literatur/pustaka yang berhubungan dengan penelitian tersebut. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari sumber pustaka seperti buku, jurnal dan riset- riset yang sudah pernah dilakukan lalu mengkonstruksi berbagai sumber tersebut. Bahan pustaka yang didapat dari berbagai referensi tersebut kedianalisis secara kritis dan mendalam agar dapat mendukung proposisi dan gagasannya.

3. PEMBAHASAN

3.1 Bakteriofag Pada Bidang Perikanan

Bakteriofag pada bidang perikanan bisa didapatkan dari beberapa sumber yang berasosiasi dengan bakteri patogen, misalnya pada lingkungan perairan terkontaminasi. Limbah pasar ikan (air bekas cucian ikan), salah satu lingkungan yang menjadi sumber utama isolasi fag *Salmonella*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Deshanda *et. al*, 2018 yang melakukan eksplorasi dan identifikasi fag *Salmonella* pada limbah pasar ikan dan air sungai di sekitar kampus Universitas Bangka Belitung. Fag *Salmonella* diperoleh dengan metode isolasi dengan filtrasi sampel menggunakan membran 0.22 µm, dan

pengkayaan dengan uji plak *double layer* pada bakteri inang *Salmonella*. Air kolam budidaya ikan lele juga digunakan untuk mengisolasi fag *Aeromonas hydrophila*, bakteri penyebab penyakit pada ikan. Filtrasi pada sampel air kolam lele dilakukan menggunakan membran 0.45 µm. Bioaktivitas siklus litik fag dilakukan dengan observasi plak bening media (Sari *et al.*, 2023).

Organisme akuatik juga menjadi sumber yang potensial untuk mengeksplorasi fag alami, misalnya usus udang dan ikan sehat. Fag anti-*Streptococcus agalactiae* diisolasi dari usus ikan sakit dengan gejala klinis Streptococcosis. Isolasi fag dilakukan dengan filtrasi membran 0.45 µm. Uji zona lisis dengan metode plak pada *S. iniae* dan *S. agalactiae* (Lusiastuti *et al.*, 2010). Udang *vannamei* yang terkontaminasi *Salmonella* dan *V. parahaemolyticus* juga menjadi sumber isolasi fag untuk penanganan pascapanen udang (Lestari *et al.*, 2023, Takwin *et al.*, 2024).

Teknik isolasi bakteriofag merupakan salah satu hal terpenting dalam memperoleh bakteriofag dari sampel. Isolasi bakteriofag merupakan langkah awal dalam memperoleh bakteriofag yang dapat digunakan sebagai agen pengendali infeksi bakteri patogen. Proses ini melibatkan pengambilan sampel dari lingkungan, pengayaan dengan bakteri inang, dan deteksi bakteriofag melalui metode seperti plaque assay (Adila, 2022). Metode *plaque assay* adalah teknik standar yang digunakan untuk mengukur jumlah bakteriofag infeksi dalam suatu sampel, dinyatakan dalam satuan *plaque-forming units* (PFU). Metode ini memanfaatkan kemampuan bakteriofag untuk menginfeksi dan melisis bakteri inang, sehingga membentuk area bening (plak) pada lapisan agar yang diinokulasi dengan bakteri (Savitri dan Ningrum, 2023).

3.2 Potensi Aplikasi Bakteriofag Pada Budidaya Udang di Indonesia

Tingginya tingkat kegagalan panen yang disebabkan kematian oleh bakteri patogen pada industri budidaya udang mengakibatkan kerugian ekonomi yang cukup besar. Penyakit yang sering ditemukan pada budidaya udang adalah infeksi akibat bakteri *Vibrio* spp. Bakteri tersebut dapat menyebabkan beberapa penyakit seperti *black tail*, *moulting*, *dark spot* hingga kematian pada udang. Penggunaan bakteriofag memiliki beberapa potensi sebagai pengganti antibiotik dalam industri budidaya udang. Saat ini fag sering digunakan untuk mengendalikan dan mencegah infeksi bakteri yang resistan terhadap antibiotik baik di skala laboratorium hingga uji coba skala kecil untuk aplikasi lapangan dalam akuakultur (Çağatay, 2023).

Adapun beberapa penelitian telah banyak dilakukan terkait potensi fag dalam menghambat atau mengobati bakteri *Vibrio* spp. yang resisten terhadap beberapa antibiotik. Bakteriofag VA5 berhasil di isolasi dari sampel air budidaya dan limbah lingkungan budidaya menggunakan metode *double-layer agar plate*. Hasil penelitian menunjukkan bakteriofag VA5 termasuk dalam kelas Siphoviridae. Bakteriofag VA5 juga menunjukkan adanya efek penghambatan yang signifikan pada kultur udang yang terinfeksi *V. alginolyticus* (Hao *et al.*, 2023).

Proses isolasi fag dari air tambak di Banyuwangi menggunakan metode *double-layer agar* yang ditandai dengan terbentuknya plak pada media tersebut. Hasil penelitian menunjukkan adanya fag dengan terbentuknya *clear plaque*. Fag secara efektif dapat mengurangi jumlah kepadatan *V. parahaemolyticus* dengan hasil paling baik yaitu pada perlakuan fag FB9 pada kepadatan 109 PFU/mL (Takwin *et al.*, 2024).

Penggunaan fag dalam mencegah atau mengobati penyakit pada budidaya udang juga telah banyak dilakukan di seluruh dunia. Bakteriofag yang berhasil diisolasi dari sampel air limbah dari tambak udang di Bangladesh telah diuji pada skala laboratorium dan menunjukkan dapat menginfeksi 91% dari strain *Vibrio* spp. Hal ini menunjukkan potensi penggunaan fag sebagai Solusi berkelanjutan untuk mencegah dan mengendalikan penyakit dalam budidaya udang yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio* spp (Hossain *et al.*, 2024). Beberapa fag yang berhasil diisolasi dan dapat menghambat bakteri pathogen pada udang dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan pemaparan diatas teknik isolasi yang paling efektif digunakan menggunakan metode *plaque assay*. Metode tersebut dilakukan dengan cara menggunakan *double layer agar* dan mengamati terbentuknya *clear plaque*. Adanya *clear plaque* menunjukkan adanya fag litik pada sampel.

Tabel 2. Potensi Bakteriofag sebagai Agen Biokontrol terhadap Bakteri *Vibrio* spp. Pada Budidaya Udang.

No	Jenis Phage	Jenis Bakteri yang Bisa Dihambat	Pustaka
1	Bakteriofag ST22	<i>Desulfovibrio</i> spp., (penghasil hidrogen sulfida/H ₂ S)	(Van <i>et al.</i> , 2024)
2	Vibriophage-qLV6	<i>Vibrio harveyi</i> (luminescent)	(Benala <i>et al.</i> , 2023)
3	Bakteriofag vB_ValM_PVA23 (PVA23)	<i>Vibrio alginolyticus</i> (penyebab utama vibriosis)	(Fu <i>et al.</i> , 2023)
4	Bakteriofag vB_VpaP_SJSY21	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	(Xu <i>et al.</i> , 2023)
5	Bacteriophage VA5	<i>Vibrio alginolyticus</i>	(Hao <i>et al.</i> , 2023)
6	Bacteriophages (Φ-5, Φ-6, and Φ-7)	<i>Vibrio alginolyticus</i>	(Le <i>et al.</i> , 2020)
7	Vibrio phage VPK8	<i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. cholerae</i> , <i>V. mimicus</i> .	(Jintasakul <i>et al.</i> , 2025)
8	Vibriophages vB_VcaP_R24D and vB_VcaP_R25D	<i>V. campbellii</i>	(Ding <i>et al.</i> , 2025)
9	Bacteriophages (VallY-3 and VpaJT-1)	<i>Vibrio</i> sp. Va-F3	(Chen <i>et al.</i> , 2019)
10	phage BP14	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	(Hsu <i>et al.</i> , 2024)

3.3 Tantangan Aplikasi Bakteriofag Pada Budidaya Udang di Indonesia

Penerapan bakteriofag dalam budidaya udang di Indonesia menghadirkan beberapa tantangan meskipun potensi manfaatnya dalam mengendalikan penyakit bakteri seperti

vibriosis dan AHPND. Tantangan-tantangan ini dapat dikategorikan ke dalam efektivitas, masalah peraturan, dan implementasi praktis.

Penggunaan bakteriofag sebagai agen biokontrol dalam budidaya udang telah menarik perhatian luas sebagai alternatif yang menjanjikan terhadap penggunaan antibiotik. Bakteriofag, yaitu virus yang secara spesifik menginfeksi dan melisis bakteri, menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dan berpotensi mengurangi risiko resistensi antimikroba. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bakteriofag dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup udang secara signifikan, serta merangsang respons imun non-spesifik, yang berkontribusi pada peningkatan ketahanan terhadap infeksi patogenik (Andriawan *et al.*, 2024; Jun *et al.*, 2018). Namun demikian, efektivitas bakteriofag sangat dipengaruhi oleh spesifisitasnya terhadap strain bakteri tertentu. Variabilitas ini menimbulkan tantangan tersendiri, karena tidak semua fag efektif terhadap seluruh patogen, sehingga diperlukan pendekatan yang disesuaikan untuk setiap jenis infeksi (Ninawe *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pengembangan koktail fag melalui kombinasi beberapa jenis fag yang menargetkan berbagai strain patogen dapat menjadi strategi yang menjanjikan untuk meningkatkan cakupan dan keefektifan terapi.

3.3.1 Tantangan Regulasi dan Bioetika

Salah satu hambatan utama dalam implementasi bakteriofag di sektor akuakultur adalah kurangnya regulasi yang jelas. Ketidakpastian regulatif ini menghambat pengembangan dan komersialisasi terapi fag, sehingga dibutuhkan pedoman yang terstandarisasi untuk menjamin keamanan serta efektivitas penggunaannya (Saucedo-Uriarte *et al.*, 2020). Selain itu, isu bioetika dan biosafety menjadi perhatian tersendiri, mengingat penggunaan virus di lingkungan terbuka memerlukan pertimbangan ekologis yang matang. Risiko munculnya resistensi

terhadap fag, serta potensi gangguan terhadap mikrobiota alami di lingkungan perairan, menjadi aspek penting yang harus dikaji melalui studi jangka panjang (Saucedo-Uriarte *et al.*, 2020).

3.3.2 Implementasi Praktis di Lapangan

Formulasi dan metode pengiriman bakteriofag dalam sistem budidaya masih menjadi tantangan teknis yang signifikan. Diperlukan pengembangan metode pemberian yang efisien, baik melalui media air maupun campuran dalam pakan, untuk memaksimalkan efektivitas terapinya (Ninawe *et al.*, 2020). Di samping itu, masih terdapat kesenjangan antara hasil penelitian laboratorium dan aplikasi di lapangan. Hal ini menegaskan perlunya program sosialisasi, pelatihan, serta dukungan kebijakan dari pemerintah guna mempercepat integrasi terapi fag dalam praktik budidaya udang (Ninawe *et al.*, 2020). Secara keseluruhan, meskipun bakteriofag menawarkan alternatif berkelanjutan dan ramah lingkungan terhadap

penggunaan antibiotik dalam budidaya udang, keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada penyelesaian berbagai tantangan, khususnya yang berkaitan dengan aspek regulatif dan teknis di lapangan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa beberapa literatur potensi aplikasi bakteriofag pada bidang perikanan khususnya pada budidaya udang sudah banyak diteliti dan dilakukan pada 5-10 tahun terakhir. Bahkan, beberapa metode isolasi bakteriofag dari berbagai lingkungan sudah banyak dikembangkan dan dieksplorasi oleh banyak peneliti. Bakteriofag hingga saat ini masih menjadi tren dalam bidang bioteknologi keamanan pangan. Namun, penerapan bakteriofag masih memiliki beberapa tantangan yang cukup kompleks seperti terkait regulasi dan praktek di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Latif, H.M.R., E.Yilmaz, M.A.O. Dawood, E.Ringø, E.Ahmadifar, dan S.Yilmaz. (2022). Shrimp Vibriosis and Possible Control Measures Using Probiotics, Postbiotics, Prebiotics, and Synbiotics: A Review. *Aquaculture* 551: 737951.
- Adila, E. F. (2022). *Isolasi Bakteriofag yang Berpotensi Sebagai Agen Pengendali Infeksi Bakteri Escherichia coli*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Andriawan, S., Ilham Wahyudi, M., Hasana, I., Trisdayanti, I., & Taqwa, B. A. (2024). Vibriosis control in Vannamei Shrimp: intestinal and mangrove-derived bacteriophages. *BIO Web of Conferences*, 143. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414302007>
- Aziza, R.N dan Riri R.A.C. (2024). Isolasi Bakteri *Vibrio* Sp. Resisten Antibiotik Pada Sampel Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) dari Pasar Seketeng. *Journal of Life Science and Technology* Vol 2 (1): 26-35. ISSN 3025-7166.
- Benala, M., Vaiyapuri, M., Sivam, V., Raveendran, K., Mothadaka, M. P., dan Badireddy, M. R. (2023). Genome Characterization and Infectivity Potential of Vibriophage-φLV6 with Lytic Activity against Luminescent Vibrios of *Penaeus vannamei* Shrimp Aquaculture. *Viruses* 15(4).
- Chen, L., Fan, J., Yan, T., Liu, Q., Yuan, S., Zhang, H., Yang, J., Deng, D., Huang, S., dan Ma, Y. (2019). Isolation and Characterization of Specific Phages to Prepare a Cocktail Preventing *Vibrio* sp. Va-F3 Infections in Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Frontiers in Microbiology* Vol 10: 2337.
- Çağatay, Ifakat T. (2023). Bacteriophage applications in aquaculture. *Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 75(2):1-26.
- Ding, H., Shi, K., Hsiao, M., Li, W., Liu, X., Xu, J., Yang, Y., dan Zhang, R. (2025). Two virulent *Vibrio campbellii* phages with potential for phage therapy in aquaculture. *BMC Microbiology* 25(1).
- Deshanda, R.P., Lingga, L., Hidayati, N.A., Sari, E., & Hertati, R. (2018). Fag Salmonella Asal Limbah Pasar Ikan dan Air Sungai di Sekitar Kampus Universitas Bangka Belitung. *Ekotonia: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 03(2), 45-49
- Fu, J., Li, Y., Zhao, L., Wu, C., dan He, Z. (2023). Characterization and Genomic Analysis of a Bacteriophage with Potential in Lysing *Vibrio alginolyticus*. *Viruses* 15(1).
- Fard, Ramin Mazaheri Nezhad. (2018). Bacteriophages: An Illustrated General Review. *Iranian Journal of Virology* 12(1): 52-62. Iranian Society of Virology.
- Firman, Wahyudi. (2019). “Analisis Daya Saing Udang Indonesia di Pasar Indonesia,” *Agribisnis Forum* vol. 9 : 1–15.
- Ge H, Fu S, Guo H. *Application and challenge of bacteriophage in the food protection*. International Journal of Food Microbiology. 2022;380:109872. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109 872
- Guo Z, Lin H, Ji X. *Therapeutic applications of lytic phages in human medicine*. Microbial Pathogenesis. 2020;142:104048. doi:10.1016/j.micpat h.2020.104048
- Hao, Q., Bai, Y., Zhou, H., Bao, X., Wang, H., Zhang, L., Lyu, M., & Wang, S. 2023. *Isolation and Characterization of Bacteriophage VA5 against Vibrio alginolyticus*. *Microorganisms*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11122822>
- Hossain, Md. Mer Mosharraf, Lutfun Nahar Tanni, Md. Anisur Rahman, Nawshin Farjana, Rubab Sharmeen Moon, Nishat Zahan Tonni, Mahbuba Rahman Mekat. 2024. *Bacteriophage and non-*

- pathogenic *Vibrio* to control diseases in shrimp aquaculture. *Comparative Immunology Reports* 6 (2024) 200126. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2023.200126>.
- Hsu, T. K., Shih, H. Y., Huang, H. J., Hsu, J. C. K., Wang, H. C., Chen, Y. Y., & Chen, L. L. 2024. Isolation and characterization of the novel phage BP14 for lysing *Vibrio parahaemolyticus* and reducing virulence proteins. *Aquaculture*, 581(2), 740484. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740484>
- Jintasakul, V., Pattano, J., Preeprem, S., & Mittraparp-Arthorn, P. 2025. Characterization and genome analysis of lytic *Vibrio* phage VPK8 with potential in lysing *Vibrio parahaemolyticus* isolates from clinical and seafood sources. *Virology Journal*, 22(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12985-025-02637-6>
- J. Dahlan, M. Hamzah, A. Kurnia, P. The Growth of Vaname white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured in bioflock system probiotic Supplement,” *Journal of Fishery Science and Innovation Januari*, vol. 1, no. 1, pp. 19–27, 2017.
- Jun, J. W., Han, J. E., Giri, S. S., Tang, K. F. J., Zhou, X., Aranguren, L. F., Kim, H. J., Yun, S., Chi, C., Kim, S. G., & Park, S. C. (2018). Phage Application for the Protection from Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in *Penaeus vannamei*. *Indian Journal of Microbiology*, 58(1), 114–117. <https://doi.org/10.1007/s12088-017-0694-9>
- K. N. Ambat, I. W. Abida, and R. Maherlina, “Kelimpahan Bakteri *Vibrio* sp. Pada Sampel Air Tambak di UPT Laboratorium Kesehatan Ikan dan Lingkungan Pasuruan Jawa timur,” *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, vol. 3, no. 3, pp. 66–72, Nov. 2022, doi: 10.21107/juvenil.v3i3.16461.
- KKP, “KKP | Kementerian Kelautan dan Perikanan,” 2020. Accessed: May, 11, 2024. [Online]. Avail- able: <https://kkp.go.id/artikel/32431-laporan-tahunan-kkp-2020>
- Kusmarwati, A., Y. Yennie, and Ninoek. Antibiotic Resistance in *Vibrio parahaemolyticus* from Vannamei Shrimp Originated from Northern Coast of Java for Export Market,” *JPB kelautan dan Perikanan* , vol. 12, no. 1, pp. 91–106, 2017, doi: 10.15578/jpbkp.v12i2.352.
- Le, T. S., Southgate, P. C., O’connor, W., Vu, S. V., & İpek Kurtböke, D. 2020. Application of bacteriophages to control *vibrio alginolyticus* contamination in oyster (*Saccostrea glomerata*) larvae. *Antibiotics*, 9(7), 1–13. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9070415>
- Lestari, D., Yuhana, M., & Yuniarti, A. (2023). The potential of bacteriophage for controlling *Vibrio parahaemolyticus* on vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22(1), 1-9
- Lu TK, Collins JJ. 2009. Engineered bacteriophage targeting gene networks as adjuvants for antibiotic therapy. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2009;106(12):4629-4634. doi:10.1073/pnas.0800442106
- Ninawe, A. S., Sivasankari, S., Ramasamy, P., Kiran, G. S., & Selvin, J. (2020). Bacteriophages for aquaculture disease control. *Aquaculture International*, 28(5), 1925–1938. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00567-4>
- Pratiwi, R., H. 2021. Virus Bakteri Sebagai Terapi Untuk Penyakit Infeksi. *Bioedusains : Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 4 (2):193-204.
- Prihanto. 2021. Probiotik Perikanan: Konsep, Metode, dan Aplikasi - Asep Awaludin Prihanto, Happy Nursyam, Andi Kurniawan - Google Buku, vol. 2. 2021. Accessed: May, 11, 2023.

- Sari, D.P., & Yuhana, M. (2023). Isolasi dan Aplikasi Bakteriofag untuk Penghambatan *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Lele (*Clarias gariepinus*). Institut Pertanian Bogor.
- Saucedo-Uriarte, J. A., Honorio-Javes, C. E., Vallenás-Sánchez, Y. P. A., & Acuña-Leiva, A. (2020). Bacteriófagos: aliados para combatir enfermedades bacterianas en acuicultura. Un primer punto de partida en la acuicultura ecológica. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 7(2), 107–121. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2020.070200107>
- Savitri, A. M., & Ningrum, S. G. (2023). Isolasi Bakteriofag Dari Limbah Burung Walet Menggunakan Metode Plaque Assay. *Prosiding Seminar Nasional Kusuma*. Prosiding Seminar Nasional Kusuma III, Volume 2.
- Shoumik Mojumdar a, Nimur Rahman a, Bipul Kumar Sen a, Suraiya Alam Rojoni a,
- Syamsuddin, Rajuddin dan Isyanita. 2022. Indonesia Menuju Akuakultur Berkelanjutan. Prosiding Simposium Nasional IX Kelautan dan Perikanan. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 4 Juni 2022.
- T. K. Dutta, S. K. Yadav, and A. Chatterjee, “Antibiotics as feed additives for livestock: Human health concerns,” *Indian Journal of Animal Health*, vol. 58, no. 2-SPL, p. 121, Dec. 2019, doi: 10.36062/ijah.58.2spl.2019.121-136.
- Takwin, Bagus Ansani, Dinamella Wahjuningrum, Widanarni Widanarni, dan Hasan Nasrullah. 2024. The potential of bacteriophage for controlling *Vibrio parahaemolyticus* as in-vitro. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 23 (2), 122–133 (2024). DOI: 10.19027/jai.23.2.122-133.
- Van, T. T. B., Minh Thu, T. V., Vo, V. T., & Loan Anh, N. T. (2024). Application of Bacteriophages to Treat Toxic Gas-producing Bacteria *Desulfovibrio* spp. in Shrimp Ponds. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 76(4), 306–315. <https://doi.org/10.46989/001c.125735>
- Xu, Y., Sun, J., Hu, J., Bao, Z., & Wang, M. (2023). Characterization and Preliminary Application of a Novel Lytic *Vibrio parahaemolyticus* Bacteriophage vB_VpaP_SJSY21. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(24). <https://doi.org/10.3390/ijms242417529>
- Zhang, Menghui, Tianyou Zhang, Meishun Yu, Yu-Lei Chen, and Min Jin. 2022. The Life Cycle Transitions of Temperate Phages: Regulating Factors and Potential Ecological Implications. *Viruses* 2022, 14, 1904. <https://doi.org/10.3390/v14091904>.