

Vibriosis In Asian Seabass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790)*(Vibriosis Pada Ikan Kakap Putih *Lates calcarifer*, Bloch1790)***Arif Maulana Abduh, Moh Kelvin Makus, Rizki Djudin, Nuriman A Anwar, Taufiq Abdullah***

Department of Aquaculture, Faculty of Marine and Fisheries Technology, Gorontalo State University, Gorontalo, Indonesia.

*Corresponding author: taufiqabd@ung.ac.id

Manuscript received: 29 Oct 2024. Revision accepted: 11 November 2024

Abstract

Aquaculture production activities have been experiencing a significant increase. Various economically valuable fish commodities have been developed, including Asian seabass, barramundi, and giant seaperch. Asian seabass farming offers advantages such as relatively fast growth, ease of maintenance, and high tolerance to environmental changes. However, the sustainability of Asian seabass farming faces challenges, including vibriosis infection. This disease can lead to economic losses due to mortality and has been reported in several Asian seabass-producing countries. This review discusses information on the causative agents of vibriosis, clinical symptoms, vibriosis control, and prevention through immunostimulants, prebiotics, and vaccination in Asian seabass. The primary causative agents of vibriosis in Asian seabass include *Vibrio anguillarum*, *V. harveyi*, and *V. alginolyticus*. Clinical symptoms include anorexia, darkening of body coloration, lesions around the anus and fin bases, scale loss and muscle degradation, hemorrhaging throughout the body, particularly at fin bases, ulcers on the operculum, kidney congestion, and liver necrosis. Infections caused by *V. anguillarum*, *V. harveyi*, and *V. alginolyticus* can be effectively managed using medicinal plants, probiotics, and vaccination, which have shown promising results in Asian seabass.

Keywords: *Lates calcarifer*; Vibriosis; *Vibrio alginolyticus*; *Vibrio anguillarum*; *Vibrio harveyi*.**Abstrak**

Produksi kegiatan akuakultur terus mengalami peningkatan yang signifikan. Berbagai komoditas ikan bernilai ekonomi telah dikembangkan salah satunya ikan kakap putih yang juga dikenal sebagai *Barramundi*, *Asian seabass* dan *Giant seaperch*. Budidaya kakap putih memiliki keunggulan, yaitu pertumbuhannya yang relatif cepat, mudah dipelihara dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Namun, keberlanjutan budidaya kakap putih tidak terlepas dari berbagai kendala, salah satunya serangan penyakit vibriosis. Penyakit ini dapat mengakibatkan kerugian ekonomi akibat kematian dan telah dilaporkan pada beberapa negara produsen kakap putih. Ulasan ini membahas informasi mengenai agen penyebab vibriosis, gejala klinis, pengendalian vibriosis, serta pencegahan melalui pemanfaatan imunostimulan, prebiotik dan vaksinasi pada kakap putih. Agen utama penyebab vibriosis pada kakap putih adalah *Vibrio anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus*. Gejala klinis yang ditimbulkan adalah anoreksia, perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, lesi di sekitar anus dan pangkal sirip, kerontokan pada sisik dan degradasi otot, hemoragi di seluruh tubuh terutama di pangkal sirip, dan ulserasi di bagian operkulum, serta kongesti pada ginjal dan nekrosis pada hati. Infeksi *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* dapat dikendalikan dengan pemanfaatan tanaman obat, probiotik dan vaksinasi yang telah terbukti pada ikan kakap putih.

Kata kunci: *Lates calcarifer*; Vibriosis; *Vibrio alginolyticus*; *Vibrio anguillarum*; *Vibrio harveyi*.**PENDAHULUAN**

Kondisi akuakultur saat ini telah mengalami peningkatan yang sangat

signifikan. Pada tahun 2022, produksi akuakultur global mencapai 130,9 juta ton dengan nilai sekitar USD 313 miliar, yang terdiri dari 94,4 juta ton hewan akuatik dan

36,5 juta ton alga. Kawasan asia menjadi produsen terbesar dengan menyumbang 91,4% dari total produksi tersebut. Peningkatan produksi ini sebagian besar merupakan kontribusi budidaya ikan sebesar, yaitu 58,1%. (FAO, 2024).

Berbagai komoditas ikan bernilai ekonomi telah dikembangkan, salah satunya ikan kakap putih (*L. calcarifer*, Bloch) yang juga dikenal sebagai *Barramundi*, *Asian seabass* dan *Giant seaperch* (Lim et al., 2019). Pengembangan komoditas budidaya ikan kakap putih telah menjadi suatu usaha yang bersifat komersial. Pada tahun 2020, *Food and Agriculture Organization* mencatat hasil produksi ikan kakap putih mencapai 105,8 juta ton (FAO, 2022). Beberapa produsen utama ikan kakap putih adalah Malaysia, Australia, Thailand, Vietnam, dan Indonesia (Tveteras et al. 2019).

Budidaya ikan Kakap Putih memiliki keunggulan, yaitu pertumbuhannya yang relatif cepat, mudah dipelihara dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan (Zheng et al., 2019; Roberts et al., 2021). Namun, keberlanjutan produksi budidaya ikan kakap putih sering menghadapi berbagai kendala. Serangan penyakit vibriosis telah menjadi kendala utama. Penyakit ini umumnya disebabkan oleh kondisi stres akibat sistem intensifikasi dan degradasi kualitas air sehingga dapat menyebabkan penurunan produksi usaha budidaya (Ina-Salwany et al., 2019).

Vibriosis merupakan salah satu penyakit yang berbahaya pada sistem budidaya ikan kakap putih. Serangan wabah ini telah dilaporkan pada produsen utama seperti Malaysia (Mohd Yazid et al., 2021), Australia (Samsing et al., 2023), Thailand (Raharjo et al., 2022), Vietnam (Dong et al., 2017) dan Indonesia (Naryaningsih dan Akhmad, 2023). Wabah ini dapat mengakibatkan kerugian ekonomi akibat kematian. Seperti pada kegiatan budidaya di pantai timur Semenanjung Malaysia yang mengalami kerugian hingga Rp. 3.210,14 per ekor per kilogram (Mohd Yazid et al. 2021). Artikel ini mengulas informasi mengenai agen penyebab

vibriosis, gejala klinis, pengendalian vibriosis, dan serta pencegahan melalui pemanfaatan tanaman obat, probiotik dan vaksinasi pada ikan Kakap Putih.

Bakteri Penyebab Dan Gejala Vibriosis Pada Ikan Kakap Putih

Vibriosis merupakan penyakit bakterial yang menyerang organisme laut. Bakteri *Vibrio* spp. berperan penting dalam penyebaran penyakit vibriosis pada kegiatan akuakultur (Sheikh et al., 2022). Serangan penyakit ini pertama kali dilaporkan pada tahun 1945 oleh Rucker et al., (1945). Saat ini berbagai komoditas ikan budidaya dilaporkan terserang bakteri *Vibrio* spp., seperti ikan *Lateolabrax japonicus* (Xie et al., 2007), cobia *Rachycentron canadum* (Rameshkumar et al., 2017), bawal bintang *Trachinotus ovatus* (Liu et al., 2018), *Seriola dumerili* (Nishiki et al., 2018), *Paralichthys olivaceus* (Sohn et al., 2019), *Sparus aurata* (Arab et al., 2020), bandeng *Chanos chanos* (Mnyoro et al., 2020), *Larimichthys crocea* (Yang et al., 2021), Nila *Oreochromis niloticus* (Elgendy et al., 2022), *Sciaenops ocellatus* (Linh et al., 2022), *Sebastes schlegeli* (Liu et al., 2023), *Dicentrarchus labrax* (Yilmaz et al., 2023), *Mugil cephalus* (Kumarage et al., 2023), dan kerapu (Choi et al., 2024). Komoditas krustase juga dilaporkan terserang *Vibrio* spp., seperti pada udang *Penaeus monodon* (Joseph et al., 2015), *Penaeus vannamei* (Teng et al., 2017), kepiting *Scylla serrata* (Kwok et al., 2024), dan lobster *Panulirus* spp. (Sukenda et al., 2024). Selain itu komoditas lain yang juga dilaporkan terserang vibriosis adalah *Anadara granosa* (Devi et al., 2019), *Hippocampus kuda* (Xie et al., 2020), dan *Perna canaliculus* (Azizan et al., 2022). Bakteri *Vibrio* juga merupakan bakteri penyebab ice-ice pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (Aris et al., 2021).

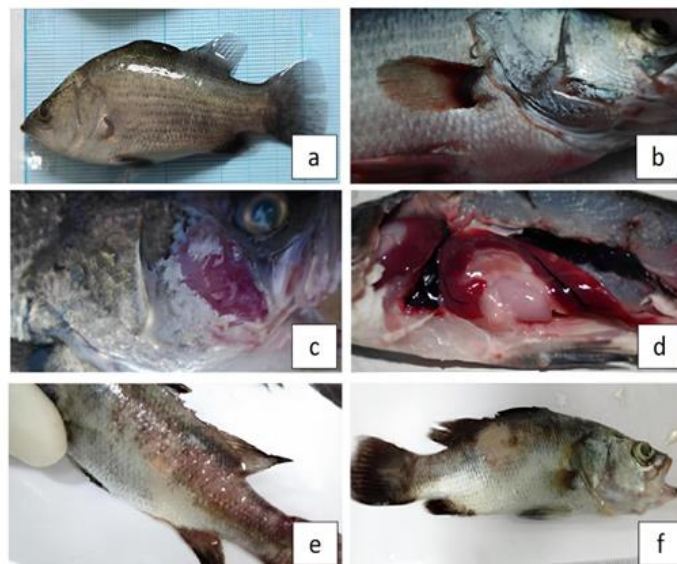
Agen utama penyebab vibriosis pada ikan kakap putih yang telah diungkapkan adalah *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* (Tabel 1). Vibriosis pada ikan kakap putih menjadi perhatian serius dalam akuakultur, mengingat berbagai spesies *Vibrio* dapat menyebabkan penyakit

dengan tingkat kematian tinggi. *V. anguillarum* menginfeksi ikan kakap putih dengan tanda-tanda hemoragi di area sisik dan pangkal sirip (Azad et al., 2004). Selain itu, *V. harveyi* menyebabkan anoreksia, perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, serta lesi di sekitar anus dan pangkal sirip, yang sering kali disertai dengan kerontokan pada sisik dan degradasi otot (Ransangan dan Mustafa, 2009; Dong et al., 2017). Sementara Infeksi oleh *V. alginolyticus* tampak jelas dengan perubahan perilaku ikan yang sering

bergerak di permukaan Keramba Jaring Apung (KJA), hemoragi di seluruh tubuh terutama di pangkal sirip, dan ulserasi di bagian operkulum (Krupesha Sharma et al., 2012). Infeksi ini juga memperlihatkan kongesti pada ginjal serta nekrosis pada hati, yang berdampak serius terhadap kesehatan ikan. Gejala-gejala klinis ini pada umumnya berujung pada kematian (Gambar 1), sehingga mengakibatkan kerugian besar dalam budidaya ikan kakap putih.

Tabel 1. Agen penyebab dan gejala klinis vibriosis pada ikan kakap putih.

Spesies	Gejala Klinis	Sumber
<i>V. anguillarum</i>	- Hemoragi pada sisik dan pangkal sirip.	Azad et al. (2004)
<i>V. harveyi</i>	- Anoreksia, - Perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, - Lesi di sekitar anus dan pangkal sirip, - Kerontokan sisik, dan - Degradasi otot.	Ransangan dan Mustafa, (2009); Dong et al. (2017)
<i>V. alginolyticus</i>	- Perubahan tingkah laku dengan bergerak di permukaan KJA, - Hemoragi diseluruh tubuh terutama di pangkal sirip, - Ulserasi di bagian operkulum, - Kongesti pada ginjal, dan - Nekrosis pada hati.	Krupesha Sharma et al. (2012)



Gambar 1. Gejala klinis vibriosis pada ikan kakap putih. Ikan kakap putih sehat tanpa gejala vibriosis (a) (Abdullah et al., 2024); Hemoragi (b) (Krupesha Sharma et al., 2012); Ulserasi (c) (Krupesha Sharma et al., 2012); Kongesti pada ginjal dan nekrosis pada hati (d) (Krupesha Sharma et al., 2012); Kerontokan sisik (e) (Dong et al., 2017); Degradasi otot (f) (Dong et al., 2017).

Karakteristik Bakteri Penyebab Vibriosis

Bakteri *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* merupakan bakteri

Gram-Negatif yang memiliki bentuk *curved-rod-shaped* dengan ciri khas berbentuk (*comma*) (Sultana et al., 2024). Bakteri-

Bakteri ini dapat ditemukan pada lingkungan laut dan estuari. Sebagai agen penyebab vibriosis yang *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* telah dilaporkan memiliki karakteristik tersendiri. *V. anguillarum* menunjukkan karakteristik positif pada β -galactosidase, arginine dihydrolase, sitrat, indol, uji Voges-Proskauer (VP), dan gelatinase. Bakteri ini mampu memfermentasi glukosa, manitol, sorbitol, sukrosa, serta arabinosa, meski menunjukkan hasil negatif pada lysine dan ornithine decarboxylase, produksi H₂S, urease, serta fermentasi inositol, rhamnosa, dan melibiosa (Urku et al., 2024).

V. harveyi menunjukkan karakteristik negatif pada β -galactosidase, arginine dihydrolase, urease, serta tidak memproduksi H₂S. Aktivitas positif terlihat pada lysine dan ornithine decarboxylase, tryptophan deaminase, serta pada uji indol. Bakteri ini mampu memanfaatkan sitrat dan dapat memfermentasi glukosa, manitol,

sorbitol, sukrosa, dan amygdalin, meski menunjukkan hasil negatif pada rhamnosa, inositol, dan melibiosa. Aktivitas positif juga terlihat pada reduksi nitrat, namun hasilnya negatif pada uji VP dan gelatin (Pavlinec et al., 2022). Sementara *V. alginolyticus* menunjukkan karakteristik negatif pada β -galactosidase, arginine dihydrolase, tryptophan deaminase, urease, serta produksi H₂S. Aktivitas positif terlihat pada lysine decarboxylase, indol, VP, gelatinase, oksidase, dan mampu memfermentasi glukosa, manitol, dan sukrosa. Reaksi variabel ditemukan pada ornithine decarboxylase, sitrat, dan sorbitol, sedangkan hasil negatif diperoleh pada inositol, rhamnosa, melibiosa, serta arabinosa (Xie et al., 2020). Karakteristik spesifik *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* akan berguna dalam identifikasi dan penentuan potensi patogenitasnya pada organisme perairan, termasuk ikan kakap putih.

Tabel 2. Karakteristik *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus*

Karakteristik	<i>V. anguillarum</i>	<i>V. harveyi</i>	<i>V. alginolyticus</i>
β -galactosidase	+	-	-
Arginine dihydrolase	+	-	-
Lysin decarboxylase	-	+	+
Ornithine decarboxylase	-	+	V
Citrate	+	+	V
H ₂ S production	-	-	-
Urease	-	-	-
Tryptophan deaminase	N	+	-
Indol	+	+	+
VP test	+	-	+
Gelatin	+	-	+
Glucose	+	+	+
Mannitol	+	+	+
Inositol	-	-	-
Sorbitol	+	+	V
Rhamnase	-	-	-
Sucrose	+	+	+
Melibiose	-	-	-
Amygdalin	N	+	-
Arabinose	+	-	-
Oxidase	N	N	+
Reduction of nitrates	N	+	N
Sumber	Urku et al. (2024)	Pavlinec et al.(2022)	Xie et al.(2020)

Keterangan: + (positif); - (negatif); N (tidak dilakukan pengamatan); V (*variable*, artinya dapat memberikan reaksi positif atau negatif).

Patogenitas Bakteri Penyebab Vibriosis Pada Ikan Kakap Putih

Serangan bakteri patogen penyebab vibriosis dapat melalui sistem pencernaan, pernapasan, dan integumen. Pada prosesnya, bakteri *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* akan memproduksi sejumlah toksin dan faktor-faktor virulensi untuk menyebabkan kematian pada ikan kakap putih. Motilitas dan kemotaksis adalah faktor virulensi utama yang terdapat pada *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus*. Motilitas menjadi faktor terkait dengan flagela yang kemudian mengatur kolonisasi, adhesi, dan pembentukan biofilm (Kusumoto et al., 2008; Frans et al., 2011; Zhang et al., 2020). Sementara faktor-faktor kemotaksis sangat mengatur proses adhesi *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* (Frans et al., 2011; Xu et al., 2021; Huang et al., 2024). Setelah adhesi, *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* selanjutnya akan menginvasi dan melakukan kolonisasi pada organ ikan kakap putih. Kemudian memproduksi sejumlah toksin dan faktor-faktor virulensi yang menyebabkan kerusakan jaringan pada berbagai organ ikan kakap putih (Tabel 3).

V. anguillarum, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* dapat memproduksi beragam protease dan eksotoksin untuk menyebabkan kerusakan jaringan (Frans et al., 2011; Zhang et al., 2020; Sheikh et al., 2024). Pengamatan histologi menunjukkan infeksi *V. anguillarum* ikan kakap putih menunjukkan hiperplasia lamela dan fusi lamela primer pada insang, menyebabkan vakuolisasi hepatosit pada hati, degenerasi lemak jaringan asini pada pankreas, menyebabkan degenerasi tubular disertai edema, hiperemia, dan penyusutan lumen tubulus pada ginjal, serta menyebabkan penyusutan splenosit dan deplesi sel pada limpa (Azad et al., 2004). Infeksi *V. harveyi* menyebabkan nekrosis sel pada otot, menyebabkan kolaps tubulus dan penyusutan sel epitel pada ginjal, serta menyebabkan *blood congestion* pada otak (Dong et al., 2017). Sementara infeksi *V. alginolyticus* menyebabkan hemoragi parenkim hati, nekrosis hepatosit, dan

kongesti disertai vakuolisasi lemak pada hati, menyebabkan hemoragi miokardial dan kerusakan serat otot pada jantung, menyebabkan hiperplasia pada lamela sekunder dan fusi antar lamela pada insang, menyebabkan kongesti dengan perubahan nekrotik glomerulus, hemoragi parenkim ginjal, nekrosis dan degenerasi droplet hialin tubulus pada ginjal, menyebabkan hemoragi pada otak, serta menyebabkan hemoragi lamina propria, hemoragi submukosa, disertai degenerasi dan nekrosis epitel vili pada lambung (Krupesha Sharma et al. 2012).

V. anguillarum, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* juga memiliki faktor virulensi lain, beberapa diantaranya yang paling penting adalah hemolisin dan *siderophore* (Frans et al., 2011; Zhang et al., 2020; Sheikh et al., 2024). Kedua faktor ini berperan dalam mengganggu sistem peredaran darah ikan kakap putih. Hemolisin adalah faktor virulensi yang mengakibatkan hemolisis, yaitu penghancuran dinding sel darah merah (Wang et al. 2007; Bunpa et al. 2016). Ketika infeksi vibriosis terjadi, salah satu gejala yang dapat dilihat adalah menurunnya total eritrosit ikan kakap putih. Seperti percobaan Abdullah et al. (2024), yang menunjukkan infeksi vibriosis pada ikan kakap putih menyebabkan penurunan total eritrosit. Sementara *siderophore* adalah faktor virulensi dihasilkan untuk memperoleh iron-protein complexes pada inang yang banyak terdapat pada hati dan darah (Page, 2019). Ketika terjadi infeksi vibriosis, salah satu sel target adalah hemoglobin yang banyak terdapat zat besi. Akibatnya kadar hemoglobin akan mengalami penurunan saat infeksi *Vibrio* sp. pada ikan kakap putih (Abdullah et al., 2024). Dampak selanjutnya faktor-faktor virulensi ini adalah terjadinya kematian ikan kakap putih dengan persentase yang berkisar dari 40% - 100% (Ransangan et al. 2012).

Tabel 3. Dampak infeksi bakteri *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* terhadap kerusakan jaringan ikan kakap putih

Spesies	Kerusakan Jaringan	Sumber
<i>V. anguillarum</i>	Insang.	Azad <i>et al.</i> (2004)
	- Hiperplasi lamela	
	- Fusi lamela primer	
	Hati	
	- Vakuolisasi hepatosit	
	Pankreas	
	- Degenerasi lemak jaringan asini	
	Ginjal	
	- Degenerasi tubular	
	- Edema, hiperemia, dan penyusutan lumen tubulus	
<i>V. harveyi</i>	Limpa	Dong <i>et al.</i> (2017)
	- Penyusutan splenosit dan deplesi sel	
	Otot	
	- Nekrosis sel pada otot	
<i>V. alginolyticus</i>	Ginjal	Krupesha Sharma <i>et al.</i> (2012)
	- Kolaps tubulus	
<i>V. alginolyticus</i>	- Penyusutan sel epitel pada ginjal	
	Otak	
	- <i>Blood congestion</i>	
	Hati	
	- Hemoragi parenkim hati	
	- Nekrosis hepatosit	
	- Kongesti disertai vakuolisasi lemak,	
	Jantung	
	- Hemoragi myocardial	
	- Kerusakan serat otot jantung	
	Insang	
	- Hiperplasia pada lamela sekunder	
	- Fusi antar lamela	
	Ginjal	
	- Kongesti dengan perubahan nekrotik glomerulus	
	- Hemoragi parenkim ginjal	
	- Nekrosis dan degenerasi droplet hialin tubulus	
Otak		
- Hemoragi pada otak		
Lambung		
- Hemoragi lamina propria		
- Hemoragi submukosa		
- Degenerasi dan nekrosis epitel vili pada lambung		

Pengendalian Dan Pencegahan Vibriosis Pada Ikan Kakap Putih

Serangan vibriosis pada ikan kakap putih dapat ditangani dengan pemberian antibiotik seperti oksitetrasiklin (OTC). Ikan kakap putih yang direndam dengan OTC dapat meningkatkan kelangsungan hidup terhadap infeksi vibriosis, meningkatkan nafsu makan dan luka mengalami penyembuhan (Zaenuddin *et al.*, 2019). Tetapi, aplikasi antibiotik dapat menimbulkan dampak negatif pada

lingkungan perairan dan kesehatan konsumen karena adanya residu (Liu *et al.*, 2017; Lulijwa *et al.*, 2019). Selain itu, penggunaan antibiotik pada agen penyebab vibriosis dapat menyebabkan terjadinya resistan antibiotik (Loo *et al.*, 2020). Seiring dengan adanya kecenderungan yang memperhatikan masalah keamanan pangan dan lingkungan maka dikembangkan metode pencegahan penyakit bakterial yang bersifat aman bagi pembudidaya, ramah

lingkungan dan murah seperti pemberian herbal atau tanaman obat, pemberian probiotik dan vaksinasi (Hai, 2015).

Pencegahan vibriosis pada ikan kakap putih dengan pemberian herbal atau tanaman obat dapat dilakukan melalui pakan, perendaman, serta injeksi. Tanaman yang telah dimanfaatkan untuk pencegahan serangan vibriosis pada ikan kakap putih adalah bawang putih *Allium sativum* (Talpur dan Ikhwanuddin, 2012), mimba *Azadirachta indica* (Talpur dan Ikhwanuddin, 2012), jahe *Zingiber officinale* (Talpur et al., 2013), peppermint *Mentha piperita* (Talpur, 2014), jintan hitam *Nigella sativa* (Fauzy et al., 2014), wortel *Daucus carota* (Aris et al., 2019), bambu vinegar (Harikrishnan et al., 2021), alga *Haematococcus pluvialis* dalam bentuk astaxanthin (Lim et al., 2021), pisang ambon *Musa paradisiacal* (Pattah et al., 2021), *Astragalus membranaceus* dalam bentuk *Polysaccharides* (Yu et al., 2021), peptida kedelai + bawang putih (Liao et al., 2022), *Polygonum chinense* (Rashidah et al., 2023), dan kenari *Canarium indicum* (Abdullah et al., 2024). Pemanfaatan tanaman-tanaman ini dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dari infeksi bakteri *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* pada ikan kakap putih (Tabel 4).

Pemanfaatan probiotik juga dapat mencegah serangan penyakit pada sistem akuakultur. Probiotik merupakan mikroorganisme baik yang memiliki peran dapat meningkatkan pertumbuhan, menjaga kesehatan usus, meningkatkan imun, serta sebagai biokontrol patogen (Yilmaz et al., 2022). Penelitian mengenai probiotik pada ikan kakap putih menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan ketahanan ikan terhadap infeksi vibriosis (Tabel 5). Probiotik *Enterobacter* sp. G87 dan *Enterococcus hirae* LAB3 adalah beberapa diantaranya yang menunjukkan hasil yang signifikan pada ikan kakap putih. *Enterobacter* sp. G87 terbukti mampu menekan pertumbuhan *V. harveyi* dan meningkatkan ketebalan ikan kakap putih (Zakaria et al., 2019). Demikian pula, *Enterococcus hirae*

LAB3 memiliki potensi serupa dalam menekan pertumbuhan *V. harveyi* dan meningkatkan daya tahan ikan kakap putih (Masduki et al. 2020).

Selain tanaman obat dan probiotik, vaksinasi juga dapat mencegah serangan penyakit vibriosis. Vaksinasi merupakan upaya meningkatkan imun yang bersifat spesifik pada ikan (Adams, 2019). Pada sistem budidaya ikan kakap putih, infeksi *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* dapat dikendalikan dengan pemberian vaksin (Tabel 6). Infeksi *V. anguillarum* dapat dikendalikan dengan pemberian vaksin DNA *Outer membrane protein* (OMP38) bakteri *V. anguillarum* NB10 (Kumar et al., 2007). Beberapa vaksin lain juga terbukti dapat meningkatkan ketahanan terhadap infeksi *V. anguillarum* pada ikan kakap putih, seperti Vaksin DNA OMP38 *V. anguillarum* + adjuvant chitosan (Kumar et al., 2008), *Formalin killed V. anguillarum* (Shalaby dan Khalil, 2008), dan *heat-inactivated biofilm cells* (BF) dan *free cell* (FC) *V. anguillarum* (Ram et al., 2019).

Infeksi *V. harveyi* dapat dikendalikan dengan aplikasi vaksin *live attenuated* dan *formalin-killed V. harveyi* yang mampu meningkatkan ketahanan ikan kakap putih terhadap *V. harveyi* (Chin et al., 2019). Beberapa vaksin lain yang dapat dimanfaatkan adalah vaksin bivalent *Pseudomonas stutzeri* dan *V. harveyi* (Nugrahawati et al., 2019), vaksin *formalin-killed V. harveyi* VH1 (Mohamad et al., 2021), dan beberapa vaksin lainnya. Demikian juga dengan infeksi *V. alginolyticus*, dengan pemberian vaksin *attenuated V. alginolyticus* ATCC (Idris et al., 2009) dan vaksin *Formalin killed V. alginolyticus* (Ahangarzadeh et al., 2022). Beberapa vaksin *Vibrio* juga bahkan dapat mengendalikan infeksi bakteri selain bakteri penyebab vibriosis pada ikan kakap putih. Seperti pemanfaatan vaksin bivalent *Streptococcus iniae* dan *V. harveyi* yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap *S. iniae* (Erfanmanesh et al., 2024). Inovasi budidaya ikan kakap putih yang berbasis pada imunomodulasi, penggunaan mikroorganisme baik, dan bahan alami

seperti herbal ini menawarkan metode pencegahan yang lebih berkelanjutan dan sejalan dengan pendekatan akuakultur

modern yang mengedepankan keamanan pangan serta kelestarian lingkungan.

Tabel 4. Aplikasi tanaman obat untuk infeksi bakteri *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* pada ikan kakap putih.

Tanaman	Metode Pemberian	Spesies Patogen	Efek pada Ikan Kakap Putih	Sumber
Bawang putih, <i>Allium sativum</i> (Umbi)	5 g, 10 g, 15 g dan 20 g/kg pakan	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun, kinerja pertumbuhan, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. harveyi</i> . Dosis optimal adalah 10 g/kg pakan.	Talpur dan Ikhwanuddin, (2012)
Mimba, <i>Azadirachta indica</i> (Daun)	1, 2, 3, 4 dan 5 g/kg pakan.	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun, kinerja pertumbuhan, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. harveyi</i> .	Talpur dan Ikhwanuddin, 2012
Jahe, <i>Zingiber officinale</i> (Rimpang)	1, 2, 3, 5 dan 10 g/kg pakan.	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun, kinerja pertumbuhan, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. harveyi</i> . Dosis optimal adalah 5 dan 10 g/kg pakan.	Talpur et al. (2013)
Papermint, <i>Mentha piperita</i> (Daun)	1, 2, 3, 4 dan 5 g/kg pakan.	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun, kinerja pertumbuhan, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. harveyi</i> .	Talpur et al. (2014)
Jintan hitam, <i>Nigella sativa</i>	2,5, 5, dan 7,5 g/kg pakan.	<i>V. alginolyticus</i>	Meningkatkan sistem imun dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. alginolyticus</i> . Dosis optimal adalah 7,5 g/kg pakan.	Fauzy et al. (2014)
Wortel, <i>Daucus carota</i> (Umbi)	Injeksi 100, 150, 200 µL/ekor	<i>V. alginolyticus</i>	Meningkatkan aktivitas fagositosis pada ikan kakap putih terhadap <i>V. alginolyticus</i> . Dosis optimal yang efektif yaitu pada perlakuan 200 µl/ekor	Aris et al. (2019)
Bambu vinegar	2 g/kg pakan	<i>V. anguillarum</i>	Meningkatkan kinerja pertumbuhan, sistem imun, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. anguillarum</i> . Dosis optimal adalah 2 g/kg pakan.	Harikrishnan et al., (2021)
Astaxanthin alga <i>Haematococcus pluvialis</i>	50, 100, 150 mg/kg pakan	<i>V. alginolyticus</i>	Meningkatkan sistem imun dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. alginolyticus</i> .	Lim et al. (2021)

Pisang ambon, <i>Musa paradisiacal</i>	3 g / 100 g pakan	<i>V.</i> <i>alginolyticus</i>	Meningkatkan sistem imun dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. alginolyticus</i> . Dapat dimanfaatkan untuk pencegahan dan pengobatan terhadap vibriosis.	Pattah et al. (2021)
Polysaccharides <i>Astragalus membranaceus</i> (Akar)	0,10 dan 0,20 %/kg pakan	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan kinerja pertumbuhan, sistem imun, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. harveyi</i> . Dosis optimal adalah 0,10 %/kg pakan.	Yu et al. (2021)
Peptida kedelai (500 g/kg) + Bubuk bawang putih (1 g/kg)	1 dan 2 g/kg pakan	<i>V.</i> <i>alginolyticus</i>	Meningkatkan kinerja pertumbuhan, sistem imun dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. alginolyticus</i> .	Liao et al. (2022)
<i>Polygonum chinense</i> (Daun)	2, 5, dan 10 g/kg pakan	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. harveyi</i>	Rashidah et al. (2023)
Kenari, <i>Canarium indicum</i> (Kacang/Cotyledon)	5, 10, 20 g/kg pakan	<i>V.</i> <i>alginolyticus</i>	Meningkatkan kinerja pertumbuhan, sistem imun dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup terhadap infeksi <i>V. alginolyticus</i> .	Abdullah et al. (2024)

Tabel 5. Aplikasi probiotik untuk infeksi vibriosis pada ikan kakap putih.

Probiotik	Metode Pemberian	Spesies Patogen	Efek pada Ikan Kakap Putih	Sumber
<i>Enterobacter</i> sp. G87	Penambahan pada air dengan konsentrasi 10^4 , 10^6 dan 10^8 CFU/ml	<i>V. harveyi</i>	Mampu menekan pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan ikan kakap putih terhadap <i>V. harveyi</i> . Dosis optimal adalah 10^6 CFU/ml	Zakaria et al. (2019)
<i>Enterococcus hirae</i> LAB3	Penambahan pada air dengan konsentrasi 10^4 dan 10^6 CFU/ml	<i>V. harveyi</i>	Mampu menekan pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan ikan kakap putih terhadap <i>V. harveyi</i> . Dosis optimal adalah 10^6 CFU/ml	Masduki et al. (2020)

Tabel 6. Aplikasi vaksin untuk infeksi *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* pada ikan kakap putih.

Vaksin	Metode Pemberian	Spesies Patogen	Efek pada Ikan Kakap Putih	Sumber
Vaksin DNA <i>Outer membrane protein</i> (OMP38)	Injeksi Intramuscular dengan dosis 20 μ g larutan vaksin	<i>V. anguillarum</i>	Meningkatkan titer antibodi dan ketahanan terhadap <i>V. anguillarum</i> .	Kumar et al. (2007)

bakteri <i>V. anguillarum</i> NB10	DNA yang ditentukan (1 µg/µl).			
Vaksin DNA OMP38 bakteri <i>V. anguillarum</i> NB10 + adjuvant chitosan	Oral dengan dosis 10 ⁸ CFU/g pakan	<i>V. anguillarum</i>	Meningkatkan titer antibodi dan ketahanan terhadap <i>V. anguillarum</i> .	Kumar et al. (2008)
Vaksin <i>Formalin killed V. anguillarum</i>	Perendaman dengan dosis 10 ⁸ CFU/mL, Oral dengan dosis 10 ⁸ CFU/g pakan, dan Injeksi intraperitoneal dengan dosis 0.1 mL/ikan	<i>V. anguillarum</i>	meningkatkan sistem imun dan ketahanan terhadap infeksi <i>V. anguillarum</i> . Pemberian dengan melalui oral dan injeksi intraperitoneal paling efektif melawan vibriosis	Shalaby dan Khalil (2008)
Vaksin <i>Attenuated V. alginolyticus</i> ATCC	Oral dengan dosis 10 ⁸ -10 ¹⁰ CFU/g pakan	<i>V. alginolyticus</i>	Menghambat pertumbuhan <i>V. alginolyticus</i> , meningkatkan pertumbuhan, titer antibodi dan ketahanan terhadap <i>V. alginolyticus</i> .	Idris et al. (2009)
Vaksin <i>heat-inactivated biofilm cells</i> (BF) dan <i>free cell</i> (FC) <i>V. anguillarum</i>	Oral dengan dosis 10 ⁷ , 10 ¹⁰ , dan 10 ¹³ CFU/g pakan	<i>V. anguillarum</i>	Meningkatkan titer antibodi dan ketahanan terhadap <i>V. anguillarum</i> . Vaksin BF lebih efektif melawan vibriosis	Ram et al. (2019)
Vaksin bivalent <i>Pseudomonas stutzeri</i> dan <i>V. harveyi</i>	Injeksi intraperitoneal dengan dosis 0,1 ml/ikan	<i>P. stutzeri</i> dan <i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun dan ketahanan terhadap <i>P. stutzeri</i> dan <i>V. harveyi</i> .	Nugrahawati et al. (2019)
Vaksin <i>live attenuated</i> dan <i>formalin-killed V. harveyi</i>	Perendaman dengan dosis 10 ⁷ CFU/ml	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun dan ketahanan terhadap infeksi <i>V. harveyi</i> . Vaksin live attenuated paling efektif melawan vibriosis.	Chin et al. (2019)
Vaksin sel rekombinan <i>Outer Membrane Protein K</i> (r-OmpK) bakteri <i>V. alginolyticus</i> , Vaksin sel rekombinan DNA <i>Chaperone J</i> (r-DnaJ) bakteri <i>V. harveyi</i> , dan Vaksin <i>Whole</i>	Injeksi intraperitoneal dengan dosis 10 ⁷ CFU/mL	<i>V. harveyi</i> , <i>V. alginolyticus</i> , dan <i>V. parahaemolyticus</i>	Meningkatkan sistem imun dan ketahanan terhadap berbagai strain <i>Vibrio</i> patogen. Vaksin sel rekombinan yang mengandung r-OmpK paling efektif melawan vibriosis.	Silvaraj et al. (2020)

<i>cells-killed V. harveyi</i>				
Vaksin <i>formalin-killed V. harveyi</i> VH1	Oral dengan dosis 10 ⁶ CFU/g pakan	<i>V. harveyi</i>	Meningkatkan kinerja pertumbuhan, sistem imun, dan ketahanan terhadap <i>V. harveyi</i> .	Mohamad et al. (2021)
Vaksin <i>Formalin killed V. alginolyticus</i> , dan Vaksin <i>Formalin killed V. alginolyticus</i> + adjuvant	Oral dengan dosis 10 ⁸ CFU/g pakan, dan Injeksi intraperitoneal dengan dosis 0.1 mL/ikan	<i>V. alginolyticus</i>	Meningkatkan titer antibodi dan ketahanan terhadap infeksi <i>V. alginolyticus</i> . Pemberian vaksin + adjuvant lebih efektif terhadap infeksi vibriosis.	Ahangarzadeh et al. (2022)
Vaksin <i>formalin-killed V. harveyi</i> VH1	Oral dengan dosis 10 ⁶ CFU/g pakan	<i>V. harveyi</i> , <i>V. alginolyticus</i> , dan <i>V. parahaemolyticus</i>	Meningkatkan sistem imun dan ketahanan terhadap berbagai strain <i>Vibrio</i> patogen. Vaksin formalin-killed <i>V. harveyi</i> VH1 efektif melawan vibriosis.	Mohamad et al. (2022)
Vaksin monovalent <i>V. harveyi</i> , dan Vaksin bivalent <i>Streptococcus iniae</i> dan <i>V. harveyi</i>	Injeksi intraperitoneal dengan dosis 0.1 mL/ikan, dan Perendaman dengan dosis 10 ⁹ CFU/mL	<i>S.iniae</i> dan <i>V. harveyi</i>	Meningkatkan sistem imun dan ketahanan terhadap <i>S.iniae</i> dan <i>V. harveyi</i> . Vaksin monovalent <i>V. harveyi</i> yang diberi dengan Injeksi intraperitoneal paling efektif melawan vibriosis.	Erfanmanesh et al. (2024)

KESIMPULAN

Serangan vibriosis pada kegiatan budidaya ikan kakap putih disebabkan oleh bakteri dari genus *Vibrio*, yaitu *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* yang memiliki karakteristik masing-masing. Pengendalian infeksi *V. anguillarum*, *V. harveyi*, dan *V. alginolyticus* dapat menggunakan antibiotik, tetapi metode ini tidak dianjurkan karena dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan perairan, patogen yang menjadi resistensi, dan residu antibiotik. Pencegahan penyakit dengan pemanfaatan tanaman obat, probiotik dan vaksinasi lebih dianjurkan karena bersifat

lebih aman dan ramah lingkungan. Pemberian tanaman obat, probiotik dan vaksinasi terbukti dapat mencegah infeksi agen penyebab penyakit vibriosis pada ikan kakap putih..

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, T., Wahjuningrum, D., & Widanarni, W. (2024). Effect of Dietary *Canarium indicum* L. on the Growth, Health, and Resistance of Asian Seabass Challenged with *Vibrio alginolyticus*. *Scientific Journal of Fisheries & Marine/Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 16(1), 31-46.

- Adams, A. (2019). Progress, challenges and opportunities in fish vaccine development. *Fish & shellfish immunology*, 90, 210-214.
- Ahangarzadeh, M., Houshmand, H., Kakoolaki, S., Sepahdari, A., Ghorbanpoor, M., Ajdari, A., Nazemroaya, S., Najafabadi, M. Z., Mozanzadeh, M. T., & Sadr, A. S. (2022). Efficiency of monovalent *Vibrio alginolyticus* formaldehyde-killed vaccine on the immune responses and protection of Asian seabass (*Lates calcarifer*) juveniles against Vibriosis. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(6), 1367-1382.
- Arab, S., Nalbone, L., Giarratana, F., & Berbar, A. (2020). Occurrence of *Vibrio* spp. along the Algerian Mediterranean coast in wild and farmed *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Veterinary World*, 13(6), 1199.
- Aris, M., Juharni, J., & Abdullah, T. (2019). Pemanfaatan ekstrak Wortel (*Daucus carota* L.) sebagai imunostimulan pada ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*). *e-Journal BUDIDAYA PERAIRAN*, 7(2), 38-43.
- Aris, M., Tamrin, T., & Labenua, R. (2021). Isolation, culture characteristics and identification of bacteria from *Kappaphycus alvarezii* (Doty, 1987) attacked by ice-ice. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 14(6), 3806-3816.
- Azad, I.S., A.R. Thirunavukkarasu, M. Kailasam, J.J.S. Rajan. (2004). Virulence and Histopathology of *Vibrio anguillarum* like (VAL) Bacterium Isolated from Hatchery Produced Juveniles of *Lates calcarifer* (Bloch). *Asian Fisheries Science*, 17: 101-110.
- Azizan, A., Alfaro, A. C., Jaramillo, D., Venter, L., Young, T., Frost, E., Lee, K., Nguyen, T. V., Kitundu, E., Archer, S. D. J., Ericson, J. A., Foxwell, J., Quinn, O., & Ragg, N. L. (2022). Pathogenicity and virulence of bacterial strains associated with summer mortality in marine mussels (*Perna canaliculus*). *FEMS Microbiology Ecology*, 98(12), fiac140.
- Chin, Y. K., Al-saari, N., Zulperi, Z., Mohd-Aris, A., Salleh, A., Silvaraj, S., Mohamad, A., Lee, J. Y., Zamri-Saad, M., & Ina-Salwany, M. Y. (2020). Efficacy of bath vaccination with a live attenuated *Vibrio harveyi* against vibriosis in Asian seabass fingerling, *Lates calcarifer*. *Aquaculture Research*, 51(1), 389-399.
- Choi, H. J., Choi, D. Y., Jo, S., Shin, J., Park, J. Y., Bang, I. C., & Kang, Y. J. (2024). Monitoring of infectious diseases in three grouper species (*Hyporthodus septemfasciatus*, *Epinephelus moara* and *E. moara* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) cultured in recirculating aquaculture systems. *Journal of fish pathology*, 37(1), 97-110.
- Devi, A. R., Susilowati, A., & Setyaningsih, R. (2019). Morphology, molecular identification, and pathogenicity of *Vibrio* spp. on blood clam (*Anadara granosa*) in Yogyakarta, Indonesia tourism beach areas. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(10).
- Dong, H.T., S. Taengphu, P. Sangsuriya, W. Charoensapsri, K. Phiwsaiya, T. Sornwatana, P. Khunrae, T. Rattanarojpong, S. Senapin. 2017. Recovery of *Vibrio harveyi* from scale drop and muscle necrosis disease in farmed barramundi, *Lates calcarifer* in Vietnam. *Aquaculture*, 473: 89–96
- Elgendy, M. Y., Abdelsalam, M., Kenawy, A. M., & Ali, S. E. (2022). Vibriosis outbreaks in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) caused by *Vibrio mimicus* and *V. cholerae*. *Aquaculture International*, 30(5), 2661-2677.
- Erfanmanesh, A., Beikzadeh, B., Khanzadeh, M., & Alishahi, M. (2024). Immuno-protective response of Asian seabass (*Lates calcarifer*) to inactivated vaccines against *Streptococcus iniae* and *Vibrio harveyi*. *BMC Veterinary Research*,

- 20(1), 89.
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. doi:https://doi.org/10.4060/cc0461en
- FAO. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome. doi:https://doi.org/10.4060/cd0683en
- Frans, I., Michiels, C. W., Bossier, P., Willems, K. A., Lievens, B., & Rediers, H. (2011). *Vibrio anguillarum* as a fish pathogen: virulence factors, diagnosis and prevention. *Journal of fish diseases*, 34(9), 643-661.
- Harikrishnan, R., Devi, G., Van Doan, H., Arockiaraj, J., Jawahar, S., Balasundaram, C., Balamurugan, P., Soltani, M., & Jaturasitha, S. (2021). Influence of bamboo vinegar powder (BVP) enriched diet on antioxidant status, immunity level, and pro-anti-inflammatory cytokines modulation in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch 1790) against *Vibrio anguillarum*. *Fish & Shellfish Immunology*, 119, 462-477.
- Hidayat, R., Harpeni, E., & Wardiyanto, W. (2014). Profil Hematologi Kakap Putih (*Lates calcallifer*) yang Distimulasi dengan Jintan Hitam (*Nigela sativa*) dan Efektifitasnya Terhadap Infeksi *Vibrio alginolyticus*. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(1), 327-334.
- Huang, Z., Li, Y., Yu, K., Ma, L., Pang, B., Qin, Q., Li, J., Wang, D., Gao, H., & Kan, B. (2024). Genome-wide expanding of genetic evolution and potential pathogenicity in *Vibrio alginolyticus*. *Emerging Microbes & Infections*, 13(1), 2350164.
- Idris, N. H., Al-Haj, N. A., Shamsudin, M. N., & Rahim, R. A. (2009). Evaluation of safe attenuated *Vibrio alginolyticus* for oral vaccination of *Lates calcarifer* against vibriosis. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(4), 509-513.
- Ina-Salwany, M. Y., Al-saari, N., Mohamad, A., Mursidi, F. A., Mohd-Aris, A., Amal, M. N. A., Kasai, H., Mino, S., Sawabe, T., & Zamri-Saad, M. (2019). Vibriosis in fish: a review on disease development and prevention. *Journal of aquatic animal health*, 31(1), 3-22.
- Islam, S. I., Mahfuj, S., Baqar, Z., Asadujjaman, M., Islam, M. J., Alsiwiehri, N., Almeahmadif, M., Sanjida, S., & Ahammad, F. (2024). Bacterial diseases of Asian sea bass (*Lates calcarifer*): A review for health management strategies and future aquaculture sustainability. *Heliyon*.
- Joseph, T. C., Murugadas, V., Reghunathan, D., Shaheer, P., Akhilnath, P. G., & Lalitha, K. V. (2015). Isolation and characterization of *Vibrio cholerae* O139 associated with mass mortality in *Penaeus monodon* and experimental challenge in postlarvae of three species of shrimp. *Aquaculture*, 442, 44-47.
- Krupesha Sharma, S. R., Rathore, G., Verma, D. K., Sadhu, N., & Philipose, K. K. (2012). *Vibrio alginolyticus* infection in Asian seabass (*Lates calcarifer*, Bloch) reared in open sea floating cages in India. *Aquaculture Research*, 44(1), 86-92.
- Kumar, S. R., Ahmed, V. I., Parameswaran, V., Sudhakaran, R., Babu, V. S., & Hameed, A. S. (2008). Potential use of chitosan nanoparticles for oral delivery of DNA vaccine in Asian sea bass (*Lates calcarifer*) to protect from *Vibrio (Listonella) anguillarum*. *Fish & Shellfish Immunology*, 25(1-2), 47-56.
- Kumar, S. R., Parameswaran, V., Ahmed, V. I., Musthaq, S. S., & Hameed, A. S. (2007). Protective efficiency of DNA vaccination in Asian seabass (*Lates calcarifer*) against *Vibrio anguillarum*. *Fish & Shellfish Immunology*, 23(2), 316-326.
- Kumarage, P. M., Majeed, S., De Silva, L. A. D. S., & Heo, G. J. (2023). Detection of virulence, antimicrobial resistance, and heavy metal resistance properties in *Vibrio anguillarum* isolated from mullet (*Mugil cephalus*) cultured in Korea. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54(1), 415-425.
- Kusumoto, A., Shinohara, A., Terashima,

- H., Kojima, S., Yakushi, T., & Homma, M. (2008). Collaboration of FlhF and FlhG to regulate polar-flagella number and localization in *Vibrio alginolyticus*. *Microbiology*, 154(5), 1390-1399.
- Kwok, C.T.K., Yu, R.C.W., Hau, P.T., Cheung, K.Y.C., Ng, I.C.F., Fung, J., Wong, I.T.F., Yau, M.C.Y., Liu, W.M., Kong, H.K., Siu, G.K.H., Chow, F.W.N., & Seto, S.W. (2024). Characteristics and pathogenicity of *Vibrio alginolyticus* SWS causing high mortality in mud crab (*Scylla serrata*) aquaculture in Hong Kong. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14, 1425104.
- Liao, Z. H., Huang, H. T., Lin, Y. R., Chen, B. Y., Lee, Y. F., Lin, Y. H., Chuang, C. Y., & Nan, F. H. (2022). Natural feed supplements improve growth, non-specific immune responses and resistance against *Vibrio alginolyticus* in *Lates calcarifer*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5), 692.
- Lim, K. C., Yusoff, F. M., Shariff, M., & Kamarudin, M. S. (2019). Dietary administration of astaxanthin improves feed utilization, growth performance and survival of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). *Aquaculture Nutrition*, 25(6), 1410-1421.
- Lim, K. C., Yusoff, F. M., Shariff, M., & Kamarudin, M. S. (2021). Dietary astaxanthin augments disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790), against *Vibrio alginolyticus* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 114, 90-101.
- Linh, N. Q., Yen, P. T. H., & Tram, N. D. Q. (2022). Isolation and determination of *Vibrio* spp. pathogen from *Sciaenops ocellatus* suffering from hemorrhagic disease under cage culture in Vietnam. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 10(2), 405 – 415.
- Liu, S., Li, E., Cai, Y., Wang, S., Ren, Z., Li, Q., Guo, W., Wu, Y., & Zhou, Y. (2018). Isolation, identification and pathogenicity characterization of *Vibrio ponticus* from the golden pompano *Trachinotus ovatus*. *Aquaculture*, 496, 285-290.
- Liu, X., Steele, J. C., & Meng, X. Z. (2017). Usage, residue, and human health risk of antibiotics in Chinese aquaculture: A review. *Environmental Pollution*, 223, 161-169.
- Liu, X., You, C., & Zeng, Y. (2023). Isolation and Identification of Pathogenic *Vibrio* Species in Black Rockfish *Sebastes schlegelii*. *Fishes*, 8(5), 235.
- Loo, K. Y., Letchumanan, V., Law, J. W. F., Pusparajah, P., Goh, B. H., Ab Mutalib, N. S., He, Y. W., & Lee, L. H. (2020). Incidence of antibiotic resistance in *Vibrio* spp. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2590-2608.
- Lulijwa, R., Rupia, E. J., & Alfaro, A. C. (2020). Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, health and environmental risks: a review of the top 15 major producers. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 640-663.
- Masduki, F., Zakaria, T., Min, C. C., & Karim, M. (2020). Evaluation of *Enterococcus hirae* LAB3 as potential probiont against *Vibrio harveyi* in *Artemia nauplii* and Asian seabass larvae (*Lates calcarifer*) cultures. *Journal of Environmental Biology*, 41, 1153-1159.
- Mnyoro, M. E. S., Komba, E. V., & Mmochi, A. J. (2020). Occurrence of *Vibrio cholerae* and *Vibrio parahaemolyticus* among milkfish farms in Zanzibar. *Journal of Applied Aquaculture*, 32(1), 70-80.
- Mohamad, A., Mursidi, F. A., Zamri-Saad, M., Amal, M. N. A., Annas, S., Monir, M. S., Loqman, M., Hairudin, F., Alsaari, N., & Ina-Salwany, M. Y. (2022). Laboratory and field assessments of oral vibrio vaccine indicate the potential for protection against vibriosis in cultured marine fishes. *Animals*, 12(2), 133.
- Mohamad, A., Zamri-Saad, M., Amal, M. N. A., Al-Saari, N., Monir, M. S., Chin, Y. K., & Md Yasin, I. S. (2021). Vaccine efficacy of a newly developed feed-based whole-cell polyvalent vaccine against vibriosis, streptococcosis and

- motile aeromonad septicemia in asian seabass, *Lates calcarifer*. *Vaccines*, 9(4), 368.
- Mohd Yazid, S. H., Mohd Daud, H., Azmai, M. N. A., Mohamad, N., & Mohd Nor, N. (2021). Estimating the economic loss due to vibriosis in net-cage cultured Asian seabass (*Lates calcarifer*): Evidence from the East coast of peninsular Malaysia. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 644009.
- Naryaningsih, A., & Akhmad, S. R. C. (2023). Antibiotic Resistance in *Vibrio* spp. Causing Disease in Barramundi Fish (*Lates Calcarifer*) Eye. *Journal of Marine Biotechnology and Immunology*, 1(1), 5-9.
- Nishiki, I., Minami, T., Murakami, A., Hoai, T. D., & Fujiwara, A. (2018). Multilocus sequence analysis of *Vibrionaceae* isolated from farmed amberjack and the development of a multiplex PCR assay for the detection of pathogenic species. *Journal of fish diseases*, 41(8), 1295-1301.
- Nugrahawati, A., Nuryati, S., Sukenda, S., Rahman, R., Brite, M., & Aditya, T. W. (2019). Efficacy of bivalent vaccine against black body syndrome (BBS) of barramundi *Lates calcarifer* B. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(2), 172-181.
- Page, M. G. (2019). The role of iron and siderophores in infection, and the development of siderophore antibiotics. *Clinical Infectious Diseases*, 69(7), S529-S537.
- Pattah, H., Wahjuningrum, D., Yuhana, M., & Widanarni, W. (2021). Control of *Vibrio alginolyticus* infection in asian sea bass *Lates calcarifer* using ambon banana plant powder *Musa paradisiacal* through the feed. *Indonesian Aquaculture Journal*, 15(2), 85-91.
- Pavlinec, Ž., Zupičić, I. G., Oraić, D., Lojkić, I., Fouz, B., & Zrnčić, S. (2022). Biochemical and molecular characterization of three serologically different *Vibrio harveyi* strains isolated from farmed *Dicentrarchus labrax* from the Adriatic Sea. *Scientific reports*, 12(1), 7309.
- Raharjo, H. M., Budiyanah, H., Mursalim, M. F., Chokmangmeepisarn, P., Sakulworakan, R., Madyod, S., Sewaka, M., Sonthi, M., Debnath, P. P., Elayaraja, S., Rung-ruangkijkrai, T., Dong, H. T., & Rodkhum, C. (2022). Distribution of *Vibrionaceae* in farmed Asian sea bass, *Lates calcarifer* in Thailand and their high prevalence of antimicrobial resistance. *Journal of Fish Diseases*, 45(9), 1355-1371.
- Ram, M. K., Kumar, B. N., Poojary, S. R., Abhiman, P. B., Patil, P., Ramesh, K. S., & Shankar, K. M. (2019). Evaluation of biofilm of *Vibrio anguillarum* for oral vaccination of Asian seabass, *Lates calcarifer* (BLOCH, 1790). *Fish & Shellfish Immunology*, 94, 746-751.
- Rameshkumar, P., Nazar, A. K. A., Pradeep, M. A., Kalidas, C., Jayakumar, R., Tamilmani, G., Sakthivel, M., Samal, A. K., Sirajudeen, S., Venkatesan, V., & Nazeera, B. M. (2017). Isolation and characterization of pathogenic *Vibrio alginolyticus* from sea cage cultured cobia (*Rachycentron canadum* (Linnaeus 1766)) in India. *Letters in applied microbiology*, 65(5), 423-430.
- Ransangan, J., & Mustafa, S. (2009). Identification of *Vibrio harveyi* isolated from diseased Asian seabass *Lates calcarifer* by use of 16S ribosomal DNA sequencing. *Journal of Aquatic Animal Health*, 21(3), 150-155.
- Ransangan, J., Lal, T. M., & Al-Harbi, A. H. (2012). Characterization and experimental infection of *Vibrio harveyi* isolated from diseased Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Malaysian Journal of Microbiology*, 8(2), 104-115.
- Rashidah, A. R., Shariff, M., Yusoff, F. M., & Ismail, I. S. (2023). Dietary supplementation of *Polygonum chinense* improves the immunity of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) against *Vibrio harveyi*

- infection. *Fish and Shellfish Immunology Reports*, 5, 100118.
- Roberts, B. H., Morrongiello, J. R., Morgan, D. L., King, A. J., Saunders, T. M., & Crook, D. A. (2021). Faster juvenile growth promotes earlier sex change in a protandrous hermaphrodite (barramundi *Lates calcarifer*). *Scientific reports*, 11(1), 2276.
- Rucker, R. R., Earp, B. J., & Ordal, E. J. (1954). Infectious diseases of Pacific salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 83(1), 297-312.
- Samsing, F., Zhang, W., Zadoks, R. N., Whittington, R., Venturini, C., Giles, C., Carson, J., & Becker, J. A. (2023). Cold temperature stress and damaged skin induced high mortality in barramundi (*Lates calcarifer*) challenged with *Vibrio harveyi*. *Journal of Fish Diseases*, 46(7), 751-766.
- Shalaby, S., & Khalil, R. (2008). Immunological and biochemical responses in Asian Seabass Fingerlings (*Lates calcarifer*) vaccinated with immunological vaccinated with *Vibrio anguillarum* bacterin. *Veterinary Medical Journal (Giza)*, 56(1), 135-153.
- Sheikh, H. I., Alhamadin, N. I. I., Liew, H. J., Fadhlina, A., Wahid, M. E. A., Musa, N., & Jalal, K. C. A. (2024). Virulence Factors of the Zoonotic Pathogen *Vibrio alginolyticus*: A Review and Bibliometric Analysis. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 1-18.
- Sheikh, H., John, A., Musa, N., Abdulrazzak, L. A., Alfatama, M., & Fadhlina, A. (2022). *Vibrio* spp. and their vibriocin as a vibriosis control measure in aquaculture. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194(10), 4477-4491.
- Silvaraj, S., Md Yasin, I. S., A. Karim, M. M., & Saad, M. Z. (2020). Elucidating the efficacy of vaccination against vibriosis in *Lates calcarifer* using two recombinant protein vaccines containing the outer membrane protein K (r-OmpK) of *Vibrio alginolyticus* and the DNA chaperone J (r-DnaJ) of *Vibrio harveyi*. *Vaccines*, 8(4), 660.
- Sohn, H., Kim, J., Jin, C., & Lee, J. (2019). Identification of *Vibrio* species isolated from cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Jeju Island, South Korea. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 22, 1-8.
- Sukenda, S., Lastriliah, M., Widanarni, W., Effendi, I., & Hidayatullah, D. (2024). The presence of disease in growing spiny lobster *Panulirus* spp. in floating net cages at Tanjung Putus Island, Lampung Keberadaan penyakit pada pembesaran lobster *Panulirus* spp. di keramba jaring apung di Pulau Tanjung Putus, Lampung, Indonesia. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 23(1), 24-35.
- Sultana, R., Mahmud, A., Koli, S. M., Nayema, J., Ghosh, A., Sushree, S. B., Shom, P., Siddiqui, T. A., Das, K. K., & Acharjee, M. (2024). Isolation and Identification of *Vibrio* Species from Different Types of Water Sources Along with Their Drug Susceptible Pattern. *Biomedical and Biotechnology Research Journal (BBRJ)*, 8(2), 207-212.
- Talpur, A. D. (2014). *Mentha piperita* (Peppermint) as feed additive enhanced growth performance, survival, immune response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch) against *Vibrio harveyi* infection. *Aquaculture*, 420, 71-78.
- Talpur, A. D., & Ikhwanuddin, M. (2013). *Azadirachta indica* (neem) leaf dietary effects on the immunity response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* challenged with *Vibrio harveyi*. *Fish & shellfish immunology*, 34(1), 254-264.
- Talpur, A. D., & Ikhwanuddin, M. H. D. (2012). Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer*

- (Bloch). *Aquaculture*, 364, 6-12.
- Talpur, A. D., Ikhwanuddin, M., & Bolong, A. M. A. (2013). Nutritional effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on immune response of Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch) and disease resistance against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, 400, 46-52.
- Teng, T., Liang, L., Chen, K., Xi, B., Xie, J., & Xu, P. (2017). Isolation, identification and phenotypic and molecular characterization of pathogenic *Vibrio vulnificus* isolated from *Litopenaeus vannamei*. *PLoS One*, 12(10), e0186135.
- Tveteras, R., Nystoyl, R., Jory, D. (2019). *Finfish production outlook*. Global Aquaculture Alliance. India.
- Urku, C., Secer, F. S., Onalan, S., & Akayli, T. (2024). Investigation of vibriosis caused by *Vibrio anguillarum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Cellular and Molecular Biology*, 70(8), 32-38.
- Xie, J., Bu, L., Jin, S., Wang, X., Zhao, Q., Zhou, S., & Xu, Y. (2020). An outbreak of vibriosis caused by *Vibrio harveyi* and *Vibrio alginolyticus* in farmed seahorse *Hippocampus kuda* in China. *Aquaculture*, 523, 735168.
- Xie, Z. Y., Hu, C. Q., Zhang, L. P., Chen, C., Ren, C. H., & Shen, Q. (2007). Identification and pathogenicity of *Vibrio ponticus* affecting cultured Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes). *Letters in applied microbiology*, 45(1), 62-67.
- Xu, X., Li, H., Qi, X., Chen, Y., Qin, Y., Zheng, J., & Jiang, X. (2021). cheA, cheB, cheR, cheV, and cheY are involved in regulating the adhesion of *Vibrio harveyi*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 591751.
- Yang, A., Li, W., Tao, Z., Ye, H., Xu, Z., Li, Y., Gao, Y., & Yan, X. (2021). *Vibrio harveyi* isolated from marine aquaculture species in eastern China and virulence to the large yellow croaker (*Larimichthys crocea*). *Journal of Applied Microbiology*, 131(4), 1710-1721.
- Yilmaz, S., Karataş, S., Steinum, T. M., Gürkan, M., Yilmaz, D. K., & Abdel-Latif, H. M. (2023). Isolation, Identification, and Pathogenicity of *Vibrio gigantis* Retrieved from European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Farmed in Türkiye. *Animals*, 13(22), 3580.
- Yilmaz, S., Yilmaz, E., Dawood, M. A., Ringø, E., Ahmadifar, E., & Abdel-Latif, H. M. (2022). Probiotics, prebiotics, and synbiotics used to control vibriosis in fish: A review. *Aquaculture*, 547, 737514.
- Yu, W., Yang, Y., Zhou, Q., Huang, X., Huang, Z., Li, T., Wu, Q., Zhou, C., Ma, Z., & Lin, H. (2022). Effects of dietary *Astragalus polysaccharides* on growth, health and resistance to *Vibrio harveyi* of *Lates calcarifer*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 207, 850-858.
- Zaenuddin, A., Nuraini, Y. L., Faries, A., & Wahyuningsih, S. (2019). Pengendalian penyakit vibriosis pada ikan kakap putih. *Jurnal Perekayasaan Budidaya Air Payau dan Laut*, 14(1), 77-83.
- Zhang, X. H., He, X., & Austin, B. (2020). *Vibrio harveyi*: a serious pathogen of fish and invertebrates in mariculture. *Marine life science & technology*, 2, 231-245.
- Zhang, X. H., He, X., & Austin, B. (2020). *Vibrio harveyi*: a serious pathogen of fish and invertebrates in mariculture. *Marine life science & technology*, 2, 231-245.
- Zheng, X., Yang, R., Hu, J., Lin, S., Gu, Z., & Ma, Z. (2019). The gut microbiota community and antioxidant enzymes activity of barramundi reared at seawater and freshwater. *Fish & shellfish immunology*, 89, 127-131.