

KARAKTERISASI BAKTERI PATOGEN *VIBRIO* *PARAHAEMOLYTICUS* PADA BAWAL BINTANG (*Trachinotus blochii*) DARI PERAIRAN TELUK HURUN, LAMPUNG

THE CHARACTERIZATION OF PATHOGENIC BACTERIA *VIBRIO* *PARAHAEMOLYTICUS* IN SILVER POMPANO (*Trachinotus blochii*) FROM TELUK HURUN WATERS, LAMPUNG

Rakhmat Hadi Saputra^{1,5}, Agus Setyawan^{1,2*}, Sumardi³, Yudha Trinoegraha Adiputra², Ni Luh Gede Ratna Juliasih⁴

¹Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, Pascasarjana, Universitas Lampung

²Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

³Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

⁴Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No 1, Bandar Lampung 35145 Indonesia

⁵Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung

Jl. Yos Sudarso, Desa Hanura, Kec. Teluk Pandan, Pesawaran, Lampung 35451

Email: agus.setyawan@fp.unila.ac.id

ABSTRAK

Industri perikanan budidaya laut menghadapi tantangan besar dalam pengendalian penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen. Salah satu patogen yang sering menyerang ikan budidaya adalah *Vibrio parahaemolyticus*, yang dapat menyebabkan vibriosis pada ikan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter bakteri patogen *Vibrio parahaemolyticus* yang ditemukan pada ikan Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*) di perairan Teluk Hurun, Lampung, serta menguji potensi antibakterinya. Karakterisasi bakteri *V. parahaemolyticus* meliputi uji media selektif CHROMagar *Vibrio* (CV), konfirmasi gen *toxR* dengan metode PCR, aktivitas hemolitik pada medium blood agar plate (BAP) uji biokimia dengan metode API 20E, uji patogenisitas secara *in vivo* pada bawal bintang, dan uji sensitivitas terhadap antibiotik dan bahan antimikroba. Hasil penelitian menunjukkan bakteri *V. parahaemolyticus* tumbuh pada media CAV dengan warna biru kemerahan, teramplifikasi gen *toxR*, hemolitik positif, morfologi koloni berwarna krem dengan tepi bergelombang, mampu memfermentasi beberapa karbohidrat, termasuk glukosa, mannitol, dan sukrosa. Uji patogenisitas *in vivo* pada ikan bawal bintang menunjukkan gejala klinis berupa lesu, peradangan pada sirip, dan perdarahan, yang menandakan bahwa *Vibrio parahaemolyticus* merupakan patogen penyebab vibriosis pada ikan. Uji antibakteri menunjukkan bahwa *enrofloxacin* adalah antibiotik yang paling efektif, diikuti oleh *tetrasiklin* dan *oksitetrasiklin*. Ekstrak jintan hitam menunjukkan hasil yang lebih bervariasi, meskipun tetap menunjukkan potensi antibakteri alami. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar yang lebih kuat untuk pengendalian vibriosis di perikanan budidaya serta mendorong pengembangan alternatif antibakteri alami.

Kata kunci : Bawal Bintang, Karakterisasi Biokimia, Uji Antibakteri, *Vibrio parahaemolyticus*.

ABSTRACT

The marine aquaculture industry faces significant challenges in managing diseases caused by pathogenic bacteria. One of the most common pathogens affecting farmed fish is *Vibrio parahaemolyticus*, which can lead to vibriosis in marine fish. This study aimed to characterize pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* isolated from Silver Pompano (*Trachinotus blochii*) in the waters of Teluk Hurun, Lampung, and to evaluate its antibacterial potential. The characterization of *Vibrio parahaemolyticus* included selective culturing on CHROMagar *Vibrio* (CV), *toxR* gene

confirmation using PCR, hemolytic activity testing on blood agar plate (BAP), biochemical identification via the API 20E method, in vivo pathogenicity testing on Silver Pompano, and sensitivity testing against antibiotics and antimicrobial substances. The results showed that *Vibrio parahaemolyticus* produced reddish-purple colonies on CAV, exhibited *toxR* gene amplification, and was hemolysis-positive. Colony morphology appeared cream-colored with undulate edges, and the bacterium was able to ferment several carbohydrates, including glucose, mannitol, and sucrose. In vivo pathogenicity tests revealed clinical symptoms such as lethargy, fin inflammation, and hemorrhaging, confirming *Vibrio parahaemolyticus* as the causative pathogen of vibriosis in fish. Antibacterial testing indicated that enrofloxacin was the most effective antibiotic, followed by tetracycline and oxytetracycline. Black cumin (*Nigella sativa*) extract exhibited more variable results but still demonstrated potential as a natural antibacterial agent. This study is expected to provide a stronger foundation for the control of vibriosis in aquaculture and support the development of alternative natural antibacterial treatments

Keywords : Antibacterial Testing, Biochemical Characterization, Silver pompano, *Vibrio parahaemolyticus*

PENDAHULUAN

Perikanan merupakan salah satu sektor utama dalam perekonomian Indonesia, memberikan kontribusi signifikan terhadap sumber daya alam, ketahanan pangan, dan pendapatan masyarakat pesisir. Indonesia, dengan lebih dari 17.000 pulau, memiliki kekayaan hayati laut yang sangat tinggi, menjadikannya sebagai negara dengan potensi perikanan yang luar biasa. Salah satu komoditas utama yang dibudidayakan di wilayah perairan tropis Indonesia adalah ikan Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*), yang dikenal karena nilai ekonominya yang tinggi serta permintaan yang terus meningkat di pasar domestik dan internasional. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2020), produksi benih ikan Bawal Bintang di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, yang menunjukkan potensi besar dari komoditas ini. Namun, dalam usaha budidaya ikan, sektor perikanan menghadapi tantangan yang signifikan, termasuk serangan penyakit yang disebabkan oleh patogen, terutama bakteri *V. parahaemolyticus*, yang dikenal dapat menyebabkan vibriosis pada ikan (Istiqomah et al., 2020).

Vibrio parahaemolyticus merupakan bakteri patogen yang ditemukan di perairan laut tropis dan subtropis. Bakteri ini tidak hanya berperan sebagai patogen pada ikan, tetapi juga berpotensi menyebabkan keracunan makanan pada manusia melalui konsumsi makanan laut yang terkontaminasi (Wang et al., 2015). Meskipun sudah banyak penelitian yang mengeksplorasi potensi patogenisitas *V. parahaemolyticus*, studi mengenai karakteristik biokimia serta potensi antibakterinya, khususnya pada ikan yang dibudidayakan di perairan tropis, masih terbatas (Elmahdi et al., 2016). Selain itu, perubahan iklim global turut memengaruhi

distribusi dan prevalensi bakteri *Vibrio* di lingkungan laut. Kenaikan suhu permukaan laut serta penurunan salinitas akibat pencairan es dan peningkatan curah hujan menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan dan penyebaran patogen ini ke wilayah yang sebelumnya tidak terdampak, sehingga menimbulkan tantangan baru dalam pengendalian penyakit di akuakultur (Brumfield et al., 2021). Penelitian tentang karakterisasi bakteri ini penting dilakukan untuk meningkatkan pemahaman tentang interaksi patogen dengan ikan dan juga untuk menjelajahi potensi antibakteri alami sebagai alternatif pengendalian penyakit (Novita et al., 2015).

Penggunaan antibiotik secara luas dalam budidaya perikanan masih menjadi metode umum untuk mencegah dan mengobati infeksi bakteri. Namun, praktik ini dapat memicu timbulnya resistensi antibiotik pada bakteri patogen, yang tidak hanya membahayakan kesehatan ikan, tetapi juga berpotensi menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Zin et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengembangkan strategi pengendalian penyakit yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Alternatif seperti penggunaan senyawa antibakteri alami dari tanaman, vaksinasi, serta pendekatan berbasis penguatan mikrobiota usus telah terbukti menjanjikan dalam mengurangi ketergantungan terhadap antibiotik dalam sistem akuakultur (Rahimi et al., 2022).

Selain menjadi agen penyebab penyakit pada ikan budidaya, *V. parahaemolyticus* juga sering ditemukan pada produk hasil perikanan seperti udang, baik dari perairan domestik maupun impor, dan diketahui menunjukkan berbagai tingkat resistensi terhadap antibiotik umum, seperti ampicilin dan tetrasiklin (Mulya et al., 2022). Kondisi ini mempertegas

pentingnya pengawasan dan pengendalian terhadap patogen ini, tidak hanya dari sisi kesehatan ikan, tetapi juga dalam konteks keamanan pangan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi *Vibrio parahaemolyticus* yang ditemukan pada ikan Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*) di perairan Teluk Hurun, Lampung, dan menguji potensi antibakterinya. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa *V. parahaemolyticus* yang ditemukan di perairan tersebut memiliki karakteristik biokimia yang berbeda dari isolat lainnya dan menunjukkan potensi antibakteri terhadap beberapa patogen yang relevan dalam budidaya ikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Balai Besar Perikanan Budi Daya Laut (BBPBL) Lampung, Pesawaran, Lampung dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Lampung, pada September - Desember 2024, dengan fokus pada karakterisasi *Vibrio parahaemolyticus* yang ditemukan pada ikan Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*). Penelitian terdiri dari tiga tahap utama, yaitu isolasi bakteri, karakterisasi biokimia, dan uji antibakteri.

Alat dan Bahan

Alat-alat utama dalam melaksanakan penelitian ini diantaranya inkubator, timbangan analitik, pH meter, *centrifuge*, *vortex-mixer*, *autoclave*, *laminar air flow*, *hot plate stirrer*, *waterbath shaker*, *freezer*, *petridish*, *ose*, *beaker glass*, *erlenmeyer*, tabung reaksi, *bunzen*, gelas ukur, *mikropipet*, bak untuk pemeliharaan ikan, botol sampel. Bahan yang diperlukan untuk identifikasi bakteri dengan metode ini antara lain isolat bakteri *Vibrio parahaemolyticus*, media darah, *Chorm agar*, media TSA, media TSB, strip API, media API, *mineral oil*, reagen VP 1 + VP 2, reagen NIT 1 + NIT 2, reagen PDA, reagen *James*, standar *Mc Farland*, pipet tetes (Biomerieux, 2010), Antibiotik: *enrofloxacin*, *tetrasiklin*, *oksitetrasiklin*, ekstrak jintan hitam.

Isolasi dan Identifikasi Bakteri

Isolasi *Vibrio parahaemolyticus* dilakukan menggunakan media selektif CHROMagar *Vibrio* yang dirancang untuk mendeteksi bakteri *Vibrio*. Koloni yang tumbuh dengan warna ungu kemerahan dipilih sebagai indikasi keberadaan *V. parahaemolyticus*. Selanjutnya, konfirmasi identifikasi dilakukan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). PCR

dilakukan dengan amplifikasi gen *toxR*, yang spesifik untuk *V. parahaemolyticus*, menggunakan primer forward (VpF: 5'-ACTGCACTGTGCTCGTGTC-3') dan primer reverse (VpR: 5'-ATGTGCTTCTGCTGCAAGT-3'), yang dikutip dari literatur sebelumnya (Kim et al., 1999). Hasil PCR dianalisis menggunakan elektroforesis gel agarosa 1% untuk memastikan amplifikasi gen dengan ukuran sekitar 368 bp.

Karakterisasi Biokimia

Karakterisasi biokimia dilakukan dengan menggunakan API 20E (bioMérieux, Prancis), mengacu pada prosedur yang dijelaskan dalam Biomerieux (2002). Hasil uji karakterisasi dengan API 20E digunakan untuk identifikasi biokimia bakteri Gram negatif, mencakup kemampuan bakteri untuk memfermentasi beberapa karbohidrat, termasuk glukosa, mannitol, dan sukrosa. Selain itu, variasi dalam fermentasi sorbitol dan melibiosa juga diamati untuk mengidentifikasi kemungkinan perbedaan strain bakteri.

Skrining Patogenisitas

Untuk mengevaluasi potensi patogenisitas, skrining dilakukan dengan menggunakan blood agar plate. Bakteri ditumbuhkan pada BAP dan inkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam. Aktivitas hemolitik dianalisis berdasarkan zona transparansi di sekitar koloni bakteri, yang mengindikasikan produksi eksotoksin yang berpotensi merusak sel darah merah.

Uji Patogenisitas In Vivo

Untuk uji patogenisitas *in vivo*, ikan bawal bintang yang sehat dipelihara dalam akuarium dengan kondisi terkontrol. Ikan dikohabitasi dengan suspensi *V. parahaemolyticus* yang mengandung konsentrasi 3×10^7 CFU/ml, 3×10^5 CFU/ml, 3×10^3 CFU/ml, 3×10^1 CFU/ml dan kontrol (tanpa kohabitasi bakteri). Gejala klinis diamati selama pemeliharaan 14 hari setelah inokulasi meliputi pergerakan, perubahan morfologi, dan luka pada tubuh ikan. Mortalitas ikan dihitung pada akhir pemeliharaan dengan menggunakan rumus,\

$$RWK = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Keterangan: a = waktu kematian (hari); b = jumlah ikan yang mati (ekor)

Uji Antibakteri

Uji antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode disk diffusion pada *Mueller Hinton Agar* (MHA). Beberapa

antibiotik yang diuji meliputi *enrofloxacin*, *tetrasiklin*, dan *oksitetrasiklin*. Selain itu, ekstrak jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan sebagai agen antibakteri alami pada konsentrasi yang berbeda. Semua sampel diuji untuk mengukur zona hambat setelah inkubasi 24 jam pada suhu 30°C. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong untuk menentukan efektivitas antibakteri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skrining *Vibrio parahaemolyticus* dengan blood agar plate

Skrining pada blood agar plate menunjukkan bahwa seluruh isolat *V. parahaemolyticus* memiliki aktivitas hemolitik. Hasil skrining hemolitik menunjukkan bahwa semua isolat *V. parahaemolyticus* memiliki kemampuan untuk memproduksi eksotoksin yang merusak sel darah merah, yang merupakan karakteristik umum dari patogen ini. Aktivitas hemolitik ini penting dalam menilai virulensi bakteri karena eksotoksin yang dihasilkan dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan inang. Hal ini sejalan dengan temuan oleh Zhou et al. (2021) yang juga menunjukkan bahwa eksotoksin merupakan faktor utama dalam patogenisitas *V. parahaemolyticus* pada ikan. Aktivitas hemolitik yang terdeteksi di BAP menunjukkan bahwa skrining ini merupakan metode yang efektif dalam mengidentifikasi bakteri patogen di perairan budidaya.

Isolasi *Vibrio parahaemolyticus* dengan CHROMagar Vibrio

Isolasi bakteri menggunakan CHROMagar Vibrio menghasilkan koloni berwarna ungu kemerahan, ciri khas dari *V. parahaemolyticus*. Penggunaan CAV sebagai media selektif terbukti efektif untuk isolasi *V. parahaemolyticus* dari sampel lingkungan. Warna ungu kemerahan pada koloni adalah indikasi yang spesifik untuk *Vibrio parahaemolyticus*, yang membedakannya dari bakteri *Vibrio* lainnya. Keberhasilan isolasi ini sejalan dengan penelitian oleh Su et al. (2005), yang mengevaluasi media kromogenik serupa dan menemukan bahwa media tersebut efektif dalam membedakan *V. parahaemolyticus* dari spesies *Vibrio* lainnya melalui pembentukan koloni berwarna ungu khas.

Konfirmasi *Vibrio parahaemolyticus* Menggunakan Metode PCR

Konfirmasi identifikasi *V. parahaemolyticus* dilakukan menggunakan PCR dengan amplifikasi gen *toxR*, yang

menghasilkan pita DNA pada ukuran 368 bp. Metode PCR menggunakan amplifikasi gen *toxR* terbukti efektif dan sangat spesifik dalam mengidentifikasi *V. parahaemolyticus*. Gen *toxR* dikenal sebagai penanda molekuler yang hanya terdapat pada *V. parahaemolyticus*, yang mengonfirmasi hasil isolasi yang diperoleh. Hal ini sejalan dengan temuan Kim et al. (1999) yang melaporkan bahwa PCR dengan primer spesifik *toxR* sangat akurat dalam mendeteksi *V. parahaemolyticus* di sampel lingkungan. Oleh karena itu, PCR menjadi metode yang lebih unggul dibandingkan dengan teknik konvensional seperti pengamatan morfologi atau uji biokimia. Penggunaan pendekatan molekuler juga didukung oleh Letchumanan et al. (2014), yang menekankan pentingnya teknik PCR dalam mendeteksi gen virulensi dan membedakan antara strain patogen dan non-patogen. Evaluasi lebih lanjut oleh Thaotumpitak et al. (2024) menunjukkan bahwa isolat lingkungan dari sistem akuakultur juga memiliki potensi virulensi yang tinggi, menegaskan perlunya pemantauan ketat terhadap patogen ini dalam budidaya. Anggota genus *Vibrio*, termasuk *V. parahaemolyticus*, secara luas dikenal sebagai penyebab utama penyakit pada berbagai organisme laut, seperti ikan dan invertebrata, sebagaimana juga dijelaskan oleh Zhang et al. (2020) dalam kajiannya terhadap patogen *Vibrio* di lingkungan marikultur.

Karakterisasi Morfologi Koloni *Vibrio parahaemolyticus*

Karakterisasi morfologi koloni *V. parahaemolyticus* menunjukkan koloni berwarna krem atau putih susu dengan tepi bergelombang. Koloni ini memiliki tekstur yang mengkilat dan umumnya berdiameter 1-2 mm pada media agar setelah inkubasi 24 jam pada suhu 30°C. Karakteristik morfologi koloni *V. parahaemolyticus* yang diamati pada media TSA menunjukkan kesamaan dengan literatur sebelumnya, di mana koloni tampak bulat dan berwarna putih kekuningan (Yoon et al., 2021).

Karakterisasi Biokimia *Vibrio parahaemolyticus* dengan Metode Analytical Profile Index (API)

Uji biokimia menggunakan API 20E menunjukkan bahwa *V. parahaemolyticus* dapat memfermentasi glukosa, mannitol, dan sukrosa. Namun, terdapat perbedaan dalam kemampuan memfermentasi sorbitol dan melibiosa antar isolat, yang menunjukkan adanya variasi strain dalam spesies ini. Karakterisasi biokimia dengan menggunakan

API 20E memungkinkan identifikasi *Vibrio parahaemolyticus* berdasarkan kemampuan fermentasi karbohidrat tertentu. Variasi dalam kemampuan fermentasi sorbitol dan melibiosa antar isolat menunjukkan adanya perbedaan strain *V. parahaemolyticus* yang dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berbeda, seperti salinitas atau kandungan nutrisi yang ada di perairan tempat bakteri berkembang. Temuan ini sejalan dengan Siregar et al. (2021), yang melaporkan adanya perbedaan metabolisme karbohidrat pada isolat *Vibrio* di perairan akuakultur.

Patogenesis *Vibrio parahaemolyticus* secara *In Vivo*

Uji patogenisitas in vivo pada ikan Bawal Bintang (*T. blochii*) menunjukkan gejala klinis berupa lesu, peradangan pada sirip, dan perdarahan pada tubuh ikan. Gejala ini lebih cepat muncul pada konsentrasi inokulasi yang lebih tinggi (3×10^7 CFU/mL). Gejala klinis yang muncul pada ikan menunjukkan bahwa *Vibrio parahaemolyticus* adalah patogen penyebab vibriosis yang serius. Semakin tinggi konsentrasi inokulasi, semakin cepat gejala muncul, yang menunjukkan hubungan antara dosis inokulasi dengan keparahan penyakit. Hasil ini sejalan dengan laporan Marudhupandi et al. (2017) yang juga menemukan gejala seperti perdarahan pada pangkal sirip, ulkus kulit, dan perubahan warna tubuh pada ikan yang terinfeksi *V. parahaemolyticus*.

Uji Antibakteri

Uji antibakteri menunjukkan bahwa enrofloxacin adalah antibiotik yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *V. parahaemolyticus*, diikuti oleh tetrasiklin dan oksitetrasiklin. Ekstrak jintan hitam menunjukkan hasil yang bervariasi, dengan beberapa isolat menunjukkan hambatan lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya, yang sejalan dengan temuan Almatroudi et al. (2020) yang melaporkan aktivitas antibakteri signifikan dari ekstrak biji *N. sativa* terhadap berbagai bakteri patogen. Enrofloxacin terbukti sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan *V. parahaemolyticus*, yang sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Zhang et al. (2024). Sementara itu, tetrasiklin dan oksitetrasiklin menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan, meskipun lebih rendah dibandingkan dengan enrofloxacin. Penurunan efektivitas antibiotik ini bisa disebabkan oleh resistensi yang berkembang pada bakteri. Ekstrak jintan hitam menunjukkan potensi antibakteri alami meskipun dengan variasi yang lebih besar di

antara isolat. Hasil ini mendukung temuan Manju et al. (2016), yang melaporkan bahwa ekstrak jintan hitam memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan berbagai bakteri patogen.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Vibrio parahaemolyticus* yang ditemukan pada ikan Bawal Bintang di Perairan Teluk Hurun memiliki karakteristik morfologi dan biokimia yang konsisten dengan spesies tersebut. Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa enrofloxacin efektif menghambat pertumbuhan bakteri ini, diikuti oleh tetrasiklin dan oksitetrasiklin. Ekstrak jintan hitam (*N. sativa*) juga menunjukkan potensi antibakteri meskipun dengan efektivitas yang lebih rendah dibandingkan antibiotik komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak dapat terlaksana tanpa dukungan dari berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung atas izin dan fasilitas yang diberikan selama penelitian berlangsung. Terima kasih juga kepada Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan akademik.

REFERENSI

- Almatroudi A, Khadri H, Azam M, Rahmani AH, Al Khaleefah FK, Khateef R, Ansari MA, Allemail KS. 2020. Antibacterial, antibiofilm and anticancer activity of biologically synthesized silver nanoparticles using seed extract of *Nigella sativa*. *Processes*. 8(4):388. doi: 10.3390/pr8040388.
- Biomerieux. 2002. *Annexe API 20E*. Lyon, Prancis.
- Biomerieux. 2010. *API 20E package insert*. bioMérieux SA
- Brumfield KD, Usmani M, Chen KM, Gangwar M, Jutla AS, Huq A, Colwell RR. 2021. Environmental parameters associated with incidence and transmission of pathogenic *Vibrio* spp. *Environmental Microbiology*. 23(12):7314–7340. doi: 10.1111/1462-2920.15716.
- Elmahdi S, DaSilva LV, Parveen S. 2016. Antibiotic resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in various countries: A review. *Food Microbiology*. 57:128–134. doi: 10.1016/j.fm.2016.02.008.
- Istiqomah I, Sukardi, Murwantoko M, Isnansetyo A. 2020. Review vibriosis

- management in Indonesian marine fish farming. *E3S Web of Conferences*. 147: 01001. doi: 10.1051/e3sconf/202014701001.
- Kim YB, Okuda J, Matsumoto C, Takahashi N, Hashimoto S, Nishibuchi M. 1999. Identification of *Vibrio parahaemolyticus* strains at the species level by PCR targeted to the *toxR* gene. *Journal of Clinical Microbiology*. 37(4):1173–1177. doi: 10.1128/jcm.37.4.1173-1177.1999.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2020. Statistik Perikanan Budidaya Indonesia Tahun 2020. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya.
- Letchumanan V, Chan KG, Lee LH. 2014. *Vibrio parahaemolyticus*: A review on the pathogenesis, prevalence, and advance molecular identification techniques. *Frontiers in Microbiology*. 5:705. doi: 10.3389/fmicb.2014.00705.
- Manju S, Malaikozhundan B, Withyachumnarnkul B, Vaseeharan B. 2016. Essential oils of *Nigella sativa* protects *Artemia* from the pathogenic effect of *Vibrio parahaemolyticus* Dahv2. *Journal of Invertebrate Pathology*. 136: 43–49. doi: 10.1016/j.jip.2016.03.004.
- Marudhupandi T, Kumar TTA, Prakash S, Balamurugan J, Dhayanithi NB. 2017. *Vibrio parahaemolyticus*: A causative bacterium for tail rot disease in ornamental fish, *Amphiprion sebae*. *Aquaculture Reports*. 8: 39–44. doi: 10.1016/j.aqrep.2017.09.004.
- Novita H, Rusmana I, Yuhana M, Pasaribu FH. 2015. Karakterisasi bakteri anti quorum sensing (AQS) sebagai penghambat virulensi penyakit pada ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Riset Akuakultur*. 10(1): 89–98. doi: 10.15578/jra.10.1.2015.89-98.
- Mulya MA, Pasaribu FH, Afiff U, Yuhana M. 2022. Characterization and molecular detection of pathogenicity and antibiotic-resistance genes in *Vibrio parahaemolyticus* isolated from Pacific white shrimp. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 21(1): 81–92. doi: 10.19027/jai.21.1.81-92.
- Rahimi NNMN, Natrah I, Loh JY, Ranzil FKE, Gina M, Lim SHE, Lai KS, Chong CM. 2022. Phytocompounds as an alternative antimicrobial approach in aquaculture. *Antibiotics*. 11(4):469. doi: 10.3390/antibiotics11040469.
- Siregar T, Siswoyo BH, Syafitri E. 2021. Isolasi dan identifikasi *Vibrio parahaemolyticus* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) penyebab penyakit vibriosis. *Jurnal Aquaculture Indonesia*. 1(1):7–14. doi: 10.46576/jai.v1i1.1389.
- Su YC, Duan J, Wu WH. 2005. Selectivity and specificity of a chromogenic medium for detecting *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Food Protection*. 68(7):1454–1456. doi:10.4315/0362-028X-68.7.1454
- Thaotumpitak V, Odoi JO, Anuntawirun S, Jeamsripong S. 2024. Meta-Analysis and systematic review of phenotypic and genotypic antimicrobial resistance and virulence factors in *Vibrio parahaemolyticus* isolated from shrimp. *Antibiotics*. 13(4): 370. doi: 10.3390/antibiotics13040370.
- Wang R, Zhong Y, Gu X, Yuan J, Saeed AF, Wang S. 2015. The pathogenesis, detection, and prevention of *Vibrio parahaemolyticus*. *Frontiers in Microbiology*. 6:144. doi: 10.3389/fmicb.2015.00144.
- Yoon JH., Bae YM, Song H, Lee S, Moon SK, Oh SW, Lee SY. 2021. Development of enhanced selective media for detection of *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. *Food Science and Biotechnology*. 30(3): 475–485. doi: 10.1007/s10068-021-00877-0.
- Zhang F, Zhang J, Lin G, Chen X, Huang H, Xu C, Chi H. 2024. Antibiotic resistance and genetic profiles of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from farmed Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Ningde regions. *Microorganisms*. 12(1): 152. doi: 10.3390/microorganisms12010152.
- Zhang XH., He X, Austin B. 2020. *Vibrio harveyi*: A serious pathogen of fish and invertebrates in mariculture. *Marine Life Science & Technology*. 2(3):231–245. doi: 10.1007/s42995-020-00037-z.
- Zin H, Ham I, Shin S, Yu H, Choi TJ., Ha K, Mok JS. 2025. Distribution, antibiotic resistance, and virulence factors of *Vibrio parahaemolyticus* in the Southern Coastal Waters of Republic of Korea. *Antibiotics*. 14(5):435. doi: 10.3390/antibiotics14050435.