

Isolasi dan Identifikasi Bakteri pada Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus coioides*) yang Dibudidayakan di Keramba Jaring Apung Kota Lhokseumawe

*Isolation and Identification of Bacteria from the Kidney, Gills, and Skin Mucus of Mud Grouper (*Epinephelus coioides*) Cultured in Floating Net Cages in Lhokseumawe*

Anis Nugrahawati^{1✉}, Akmal Izwar², Elfiana³, Rossy Azhar⁴, Dani Pratama Putra⁵, Syahirman Hakim⁶

Diterima: 1 Oktober 2025. Disetujui: 7 Oktober 2025. Dipublikasi: 29 Oktober 2025

Abstrak. Penyakit bakterial merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan produktivitas budidaya ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*). Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pada organ ginjal, insang, dan lendir permukaan tubuh ikan kerapu lumpur yang dibudidayakan di keramba jaring apung Kota Lhokseumawe, Aceh. Penelitian dilaksanakan pada Agustus–September 2024 menggunakan metode observasional dengan pendekatan laboratoris. Sampel berupa 10 ekor ikan berukuran ± 20 cm yang menunjukkan gejala klinis infeksi bakteri berupa tubuh lemah, bercak merah (erythema), dan pendarahan (hemorrhage), dipilih menggunakan purposive sampling. Isolasi bakteri dilakukan pada media Tryptic Soy Agar (TSA) 3% dan diinkubasi pada suhu 26–30°C selama 24 jam. Identifikasi isolat dilakukan menggunakan Analytical Profile Index (API) Kit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri yang berhasil diidentifikasi meliputi *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Streptococcus iniae*, dan *Bacillus cereus*. *Vibrio alginolyticus* dan *Vibrio harveyi* ditemukan pada ginjal dan insang, sedangkan *Streptococcus iniae* ditemukan pada insang dan lendir. *Bacillus cereus* hanya ditemukan pada lendir permukaan tubuh. Hasil penelitian ini memberikan informasi dasar mengenai keberadaan bakteri pada ikan kerapu lumpur sebagai pendukung diagnosis penyakit dan pengelolaan kesehatan ikan di keramba jaring apung.

Kata Kunci: API Kit, *Epinephelus coioides*, Identifikasi Bakteri, Keramba Jaring Apung

ABSTRACT. Bacterial diseases are among the major factors limiting the productivity of mud grouper (*Epinephelus coioides*) aquaculture. This study aimed to isolate and identify bacteria from the kidney, gills, and skin mucus of mud grouper cultured in floating net cages in Lhokseumawe, Aceh, Indonesia. The study was conducted from August to September 2024 using an observational method combined with laboratory-based analysis. A total of ten fish (approximately 20 cm in length) showing clinical signs of bacterial infection, including lethargy, erythema, and hemorrhage, were selected using purposive sampling. Bacterial isolation was performed on 3% Tryptic Soy Agar (TSA) and incubated at 26–30°C for 24 h. The isolates were identified using the Analytical Profile Index (API) Kit. The results revealed the presence of *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Streptococcus iniae*, and *Bacillus cereus*. *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio harveyi* were isolated from the kidney and gills, whereas *Streptococcus iniae* was detected in the gills and skin mucus. *Bacillus cereus* was identified only from the skin mucus. These findings provide baseline information on bacterial diversity associated with cultured mud grouper and may support disease diagnosis and fish health management in floating net cage aquaculture.

Keyword: API Kit, *Epinephelus coioides*, bacterial identification, floating net cages.

Pendahuluan

Ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) merupakan salah satu komoditas perikanan budidaya laut yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan menjadi andalan ekspor di sektor akuakultur (Fauzi, 2021). Di kawasan pesisir Kota Lhokseumawe, Aceh Utara, budidaya ikan kerapu umumnya dilakukan oleh masyarakat nelayan dengan memanfaatkan teknologi keramba jaring apung (KJA). Namun, seiring dengan peningkatan intensitas budidaya dan kepadatan tebar, kendala

utama yang sering dihadapi adalah timbulnya serangan penyakit infeksius (Nurbaiti, 2021). Penyakit bakterial menjadi ancaman paling serius karena mampu menyebar dengan cepat pada ekosistem KJA dan memicu mortalitas massal dalam waktu singkat, yang pada akhirnya menimbulkan kerugian finansial yang signifikan bagi pembudidaya lokal (Rochmady, 2022).

Timbulnya wabah bakteri pada sistem KJA sering kali dipicu oleh penurunan kualitas lingkungan perairan akibat akumulasi sisa pakan, limbah domestik, dan fluktuasi parameter oseanografi yang ekstrem (Mahdani, 2020). Perubahan kualitas perairan ini menyebabkan ikan mengalami stres fisiologis, sehingga sistem imunnya melemah dan menjadi sangat rentan terhadap invasi agen patogen (Izwar, 2025). Perubahan kualitas perairan ini menyebabkan ikan mengalami stres fisiologis, sehingga sistem imunnya melemah dan menjadi sangat rentan

✉ ¹ Anis Nugrahawati
anis.nugrahawati@unimal.ac.id

² Akmal Izwar

³ Elfiana

⁴ Rossy Azhar

⁵ Dani Pratama Putra

⁶ Syahirman Hakim

¹ Program Studi Akuakultur Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh

^{2,4,5} Program Studi Akuakultur Fakultas Pertanian Universitas Almuslim

³ Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Almuslim

⁶ Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Almuslim

terhadap invasi agen patogen (Putra dkk., 2023). Manifestasi klinis yang umum teramati pada ikan kerapu lumpur yang terinfeksi bakteri meliputi perubahan perilaku seperti tubuh yang melemah, serta kerusakan fisik berupa bercak merah (*erythema*) pada pangkal sirip dan pendarahan (*hemorrhage*) di permukaan kulit (Sarjito, 2020). Karakteristik gejala klinis ini mengindikasikan adanya kolonisasi bakteri yang agresif pada jaringan luar sebelum akhirnya menginvasi organ bagian dalam ikan (Irianto, 2021).

Ikan bandeng adalah jenis ikan air payau yang mempunyai prospek cukup baik untuk dikembangkan karena banyak digemari masyarakat. Hal ini disebabkan ikan bandeng memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis ikan lainnya yaitu memiliki rasa cukup enak dan gurih, rasa daging netral (tidak asin seperti ikan laut) dan tidak mudah hancur jika dimasak. Selain itu, harganya juga terjangkau oleh segala lapisan masyarakat (Purnomowati, 2017).

Sebagai langkah preventif untuk menahan laju penyebaran penyakit, identifikasi patogen secara cepat dan akurat mutlak diperlukan. Metode uji biokimia konvensional secara manual sering kali membutuhkan waktu yang lama dan memiliki tingkat subjektivitas yang tinggi dalam pembacaan hasil (Tarigan, 2023). Guna mengatasi kelemahan tersebut, penggunaan sistem komersial seperti Kit Analytical Profile Index (API Kit) menjadi pilihan yang sangat efisien dan akurat karena menggunakan standarisasi substrat biokimia yang mampu mengidentifikasi spesies bakteri secara spesifik hingga tingkat genus dan spesies (Widanarni, 2022).

Meskipun potensi pengembangan budidaya KJA di Kota Lhokseumawe cukup besar, informasi ilmiah mengenai pemetaan jenis-jenis bakteri patogen yang secara spesifik menyerang organ target benih ikan kerapu lumpur di wilayah ini masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian penyakit ikan di Provinsi Aceh sebelumnya lebih banyak berfokus pada komoditas air tawar atau hanya mengisolasi bakteri secara umum tanpa memetakan distribusinya pada organ target yang spesifik. Padahal, manifestasi klinis seperti *erythema* dan *hemorrhage* pada benih ukuran ± 20 cm dapat disebabkan oleh interaksi multi-spesies bakteri yang berbeda pada tiap organ penyerangannya.

Urgensi penelitian ini terletak pada fokus identifikasinya yang secara spesifik menginventarisasi jenis bakteri pada tiga komponen utama: pertahanan luar (lendir), organ respirasi (insang), dan organ sistemik dalam (ginjal) pada ikan yang telah menunjukkan gejala klinis

jelas. Dengan mengetahui jenis bakteri yang berasosiasi pada masing-masing organ target menggunakan akurasi API Kit, penelitian ini berhasil mengungkap profil patogen bakterial yang riil di KJA Lhokseumawe. Data dasar (*baseline data*) yang dihasilkan dari penelitian ini menjadi landasan ilmiah yang sangat krusial bagi pembudidaya dan instansi terkait dalam menyusun strategi manajemen kesehatan ikan serta aplikasi pengobatan penyakit bakterial yang lebih tepat sasaran di masa depan.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Laminar Air Flow* (LAF), inkubator, mikropipet (ukuran 0,1 mL), tip steril, cawan petri steril, tabung reaksi, jarum ose, pembakar spiritus, pisau bedah (*scalpel*), pinset, penggaris, dan perangkat strip API Kit (*Analytical Profile Index*) beserta *reagen* penunjangnya. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 10 ekor benih ikan kerapu lumpur, media *Tryptic Soy Agar* (TSA) 3% sebagai media tumbuh bakteri, larutan Natrium Fisiologis (NaCl 0,9%) steril sebagai agen pengencer, alkohol 70% untuk sterilisasi permukaan, Akuades steril, serta iodine sebagai antiseptik luar.

Pengambilan Sampel (*Purposive Sampling*)

Koleksi sampel ikan dilakukan dengan menerapkan metode *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan atau kriteria spesifik yang ditetapkan berdasarkan tujuan penelitian (Sugiyono, 2020). Sampel yang diambil adalah benih ikan kerapu lumpur yang memiliki panjang total rata-rata ± 20 cm sebanyak 10 ekor. Kriteria inklusi sampel di lapangan diwajibkan menunjukkan gejala klinis infeksi patogen bakterial yang jelas, seperti pergerakan tubuh yang lemah, keberadaan bercak merah (*erythema*) yang terkonsentrasi pada pangkal sirip, serta tanda-tanda pendarahan (*hemorrhage*) di permukaan kulit sesuai dengan panduan identifikasi gejala klinis penyakit bakterial ikan laut (Rochmady dkk., 2022). Ikan sampel yang memenuhi kriteria tersebut kemudian ditranspor secara hidup menggunakan wadah plastik beroksigen menuju laboratorium untuk segera dipreparasi guna menjaga viabilitas sel bakteri patogen di dalam jaringan (Putra, 2023).

Isolasi Bakteri pada Organ Target

Proses isolasi bakteri dalam penelitian ini difokuskan pada tiga organ target utama yang

meliputi lendir (mukus) permukaan kulit, insang, dan ginjal, di mana seluruh prosedurnya dikerjakan secara aseptik di dalam *laminar air flow* untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang (Widanarni dkk., 2022). Langkah awal isolasi dimulai pada organ bagian luar dengan cara menyeka (*swab*) area luka atau permukaan kulit ikan yang menunjukkan gejala klinis menggunakan jarum ose steril, kemudian hasil sekaan tersebut dimasukkan dan dihomogenkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan Natrium Fisiologis (NaCl 0,9%) steril (Hasmar, 2022).

Selanjutnya, operkulum atau tutup insang dibuka secara hati-hati menggunakan pinset steril agar bagian filamen insang dapat diseka menggunakan jarum ose steril baru, lalu sampel tersebut segera dilarutkan ke dalam tabung reaksi berisi NaCl 0,9% steril yang terpisah (Pertiwi, 2023). Setelah pengambilan sampel organ luar selesai, permukaan tubuh ikan diseka menggunakan alkohol 70% untuk meminimalkan mikrob lingkungan sebelum dilakukan pembedahan fisik. Pembedahan dilakukan secara aseptik menggunakan scalpel steril yang dimulai dari lubang anus ditarik ke arah atas menuju linea lateralis hingga rongga tubuh terbuka sepenuhnya (Irianto, 2021). Saluran pencernaan dan organ dalam lainnya kemudian disisihkan dengan hati-hati hingga organ ginjal yang terletak di sepanjang tulang belakang terlihat jelas, lalu organ ginjal tersebut ditusuk dan diambil jaringannya menggunakan jarum ose steril untuk dimasukkan ke dalam tabung berisi larutan NaCl 0,9% steril yang telah disiapkan (Syam dkk., 2024).

Penanaman Bakteri pada Media TSA 3%

Suspensi bakteri dari masing-masing organ target yang telah dihomogenkan dalam larutan NaCl 0,9% diambil sebanyak 0,1 mL menggunakan mikropipet dan tip steril. Cairan sampel tersebut ditetaskan di atas permukaan media *Tryptic Soy Agar* (TSA) 3% di dalam cawan petri. Penyebaran suspensi dilakukan menggunakan batang penyebar (L-rod) atau ose dengan metode sebar (*spread plate*) secara merata hingga cairan meresap sempurna ke dalam media agar untuk menumbuhkan koloni yang terpisah dengan baik (Sarjito, 2020).

Inkubasi dan Karakterisasi Menggunakan API Kit

Cawan petri yang telah ditanami bakteri dibalik dan dimasukkan ke dalam inkubator. Proses inkubasi dilakukan pada suhu kamar terkisar antara 26–30°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi,

koloni-koloni bakteri yang tumbuh terpisah diamati karakteristik morfologinya secara makroskopis. Koloni tunggal yang dominan kemudian dimurnikan kembali pada media TSA baru untuk mendapatkan kultur murni. Kultur murni bakteri yang didapat selanjutnya diidentifikasi secara biokimia menggunakan sistem Kit API (*Bio Mérieux*) sesuai dengan panduan teknis manufaktur (Tarigan, 2023). Suspensi bakteri dimasukkan ke dalam cupule strip API, diinkubasi, dan ditetesi reagen spesifik untuk memunculkan perubahan warna indikator. Hasil perubahan biokimia tersebut dikonversi menjadi kode numerik (profil indeks) untuk dicocokkan dengan basis data perangkat lunak APIweb guna menentukan spesies bakteri yang menginfeksi organ target (Austrian, 2021).

Analisis Data

Data jenis-jenis spesies bakteri yang berhasil diidentifikasi pada organ ginjal, insang, dan lendir permukaan tubuh ditabulasikan secara teratur. Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai variasi jenis patogen yang berasosiasi pada tiap organ target tanpa menghitung kuantifikasi kepadatan sel (Nurbaiti et al., 2021).

Hasil dan Pembahasan

Hasil Identifikasi Bakteri pada Organ Target

Berdasarkan hasil isolasi dan karakterisasi biokimia menggunakan sistem Kit API terhadap sampel benih ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) yang memiliki panjang total rata-rata ± 20 cm dengan gejala klinis infeksi patogen bakterial, ditemukan variasi jenis spesies bakteri yang menginfeksi organ target. Penelitian ini berfokus pada inventarisasi jenis spesies patogen secara kualitatif tanpa melakukan kuantifikasi jumlah koloni ataupun uji virulensi. Rincian distribusi spesies bakteri yang berhasil diidentifikasi pada setiap organ target disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Jenis Bakteri pada Organ Target Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus coioides*)

No	Organ Target	Spesies Bakteri yang Teridentifikasi
1	Ginjal	<i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Vibrio barveji</i>
2	Insang	<i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Vibrio barveji</i> , <i>Streptococcus iniae</i>
3	Lendir (Permukaan Kulit)	<i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Vibrio barveji</i> , <i>Streptococcus iniae</i> , <i>Bacillus cereus</i>

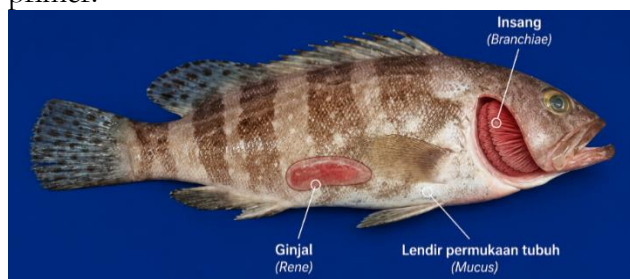
Data pada Tabel 1 menunjukkan adanya pola degradasi keragaman jenis bakteri yang bergerak dari organ luar menuju organ dalam tubuh ikan kerapu lumpur. Komponen luar tubuh ikan, yaitu lendir pada permukaan kulit, memiliki kompleksitas jenis bakteri tertinggi dengan ditemukannya 4 spesies bakteri (*V. alginolyticus*, *V.*

harveyi, *S. iniae*, dan *B. cereus*). Organ respirasi (insang) menempati posisi kedua dengan keberadaan 3 spesies bakteri, sedangkan organ dalam sistemik (ginjal) hanya diinfeksi oleh 2 spesies bakteri dari genus yang sama, yaitu *V. alginolyticus* dan *V. harveyi*.

Pembahasan

Ditemukannya genus *Vibrio* (*V. alginolyticus* dan *V. harveyi*) pada seluruh organ target (lendir, insang, dan ginjal) mengindikasikan bahwa kelompok bakteri ini merupakan agen patogen utama yang menginfeksi benih ikan kerapu lumpur di kawasan Keramba Jaring Apung (KJA) Kota Lhokseumawe. Secara ekologis, bakteri dari genus *Vibrio* merupakan mikrob indigenous yang secara alami hidup di lingkungan perairan laut dan bersifat oportunistik patogen (Sarjito, 2020). Ketika kondisi lingkungan perairan KJA mengalami penurunan kualitas akibat akumulasi sisa pakan atau fluktuasi parameter lingkungan selama bulan Agustus–September, imunitas ikan akan mengalami penurunan. Penurunan sistem imun ini memicu bakteri oportunistik tersebut untuk menginvasi jaringan tubuh ikan secara agresif (Putra, 2023).

Keberadaan empat jenis bakteri pada lendir permukaan kulit berhubungan erat dengan fungsi lendir sebagai sistem pertahanan mekanis non-spesifik terluar pada tubuh ikan. Lendir kaya akan komponen nutrisi seperti glikoprotein yang menjadi substrat ideal bagi penempelan dan kolonisasi awal berbagai jenis mikrob yang tersuspensi di air (Hasmar, 2022). Munculnya gejala klinis berupa bercak merah (*erythema*) pada pangkal sirip dan pendarahan (*hemorrhage*) pada kulit sampel ikan secara patologis disebabkan oleh aktivitas enzimatis dari *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, dan *S. iniae*. Bakteri-bakteri patogen tersebut memproduksi enzim ekstraseluler seperti protease, lipase, dan hemolisin yang mampu mendegradasi jaringan epidermis serta merusak kapiler darah ikan (Rochmady, 2022). Adapun keberadaan *Bacillus cereus* yang hanya ditemukan pada lendir permukaan kulit kemungkinan besar bersifat saprofitik atau kontaminan dari kolom air yang menempel pada jaringan kulit luar yang telah mengalami nekrosis akibat infeksi bakteri patogen primer.



Gambar 1. Organ target Sampel

Pada organ insang, teridentifikasinya *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, dan *S. iniae* merefleksikan posisi insang sebagai organ respirasi aktif yang secara konstan terpapar oleh aliran air interlamelar. Karakteristik jaringan insang yang memiliki vaskularisasi darah yang padat menjadikannya pintu masuk (*portal of entry*) yang sangat rentan diinvasi oleh patogen (Pertiwi, 2023). Infeksi *S. iniae* pada insang patut diwaspadai karena bakteri Gram positif ini dikenal mampu menginduksi penyakit *streptococcosis* yang menyerang sistemik ikan laut. Kolonisasi multi-spesies bakteri pada filamen insang berpotensi memicu *hiperplasia* (penebalan sel) dan fusi lamela insang, sehingga mengganggu proses pertukaran oksigen dan menyebabkan gejala klinis berupa kondisi tubuh ikan yang melemah akibat hipoksia (Irianto, 2021).

Temuan yang paling krusial dalam penelitian ini adalah berhasil diisolasinya *V. alginolyticus* dan *V. harveyi* dari organ ginjal. Ginjal merupakan organ dalam yang dalam kondisi normal bersifat steril dan terlindung dari paparan lingkungan luar secara langsung. Keberadaan kedua spesies *Vibrio* tersebut di dalam jaringan ginjal membuktikan bahwa infeksi bakteri telah berkembang dari fase lokalis (permukaan kulit/insang) menjadi fase infeksi sistemik yang akut (*septicemia*) melalui sirkulasi aliran darah (Syam, 2024). *Vibrio harveyi* dan *V. alginolyticus* memiliki faktor virulensi tinggi yang memungkinkannya meloloskan diri dari sistem pertahanan makrofag ikan, masuk ke aliran darah, dan bermetastasis ke organ hematopoiesis seperti ginjal. Kerusakan pada jaringan ginjal akibat vibriosis sistemik ini secara logis mengganggu fungsi osmoregulasi dan pembentukan sel darah, yang menjelaskan mengapa benih ikan kerapu lumpur yang diuji menunjukkan kondisi tubuh yang sangat lemah di lapangan (Tarigan, 2023).

Secara keseluruhan, alur patogenesis infeksi bakterial pada benih kerapu lumpur di KJA Kota Lhokseumawe berjalan secara bertahap dari organ luar menuju jaringan dalam. Penggunaan Kit API dalam mendeteksi agen-agen patogen ini memberikan kepastian diagnosis yang akurat bagi para pembudidaya. Fakta bahwa infeksi *Vibrio* spp. telah mencapai organ ginjal mengindikasikan bahwa penanganan penyakit di KJA tersebut tidak lagi cukup hanya dengan metode pengobatan luar (seperti perendaman/bath), melainkan memerlukan pendekatan sistemik melalui manajemen kualitas air yang ketat serta aplikasi pemberian imunostimulan guna meningkatkan titer antibodi benih kerapu secara dini (Widanarni, 2022).

Simpulan

Berdasarkan hasil isolasi dan identifikasi menggunakan sistem Kit API, dapat disimpulkan bahwa benih ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) dengan gejala klinis *erythema* dan *hemorrhage* di KJA Kota Lhokseumawe terinfeksi oleh variasi jenis bakteri patogen yang terdistribusi secara spesifik pada masing-masing organ target. Keragaman jenis patogen mengalami degradasi dari luar ke dalam tubuh ikan, di mana pada organ ginjal berhasil diisolasi spesies *V. alginolyticus* dan *V. harveyi*. Pada organ insang diidentifikasi spesies *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, dan *S. iniae*, sedangkan pada lendir permukaan kulit ditemukan jenis bakteri paling kompleks yang meliputi *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *S. iniae*, dan *B. cereus*. Keberadaan genus *Vibrio* pada seluruh organ target, termasuk organ dalam (ginjal), membuktikan bahwa infeksi patogen telah berkembang menjadi fase sistemik (*septicemia*) akut yang meluas melalui sirkulasi darah dan menjadi faktor utama penyebab lemahnya kondisi fisik benih ikan kerapu lumpur di lapangan.

Referensi

- Austrian, R., Rozi, R., & Rahayu, K. (2021). Efektivitas penggunaan API 20E kit untuk mengidentifikasi bakteri Gram negatif pada komoditas perikanan laut. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 13(2), 188-195. <https://doi.org/10.20473/jipk.v13i2.24610>
- Fauzi, M., Amelia, R., & Siregar, T. (2021). Prospek ekonomi dan pengembangan budidaya ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) di perairan pantai. *Jurnal Kebijakan Perikanan*, 13(1), 45-53. <https://doi.org/10.15578/jkp.13.1.2021.45-53>
- Hasmar, H., Rosmawati, R., & Hidayat, S. (2022). Peran mukus kulit sebagai sistem pertahanan non-spesifik pada ikan laut terhadap infeksi bakteri. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 7(2), 112-119. <https://doi.org/10.24198/jaki.v7i2.39412>
- Irianto, A., Kuswanta, F., & Prayitno, S. B. (2021). Patologi dan transmisi bakteri patogen pada ikan laut ekonomis penting. *Jurnal Patologi Perikanan*, 9(3), 201-210. <https://doi.org/10.29303/jpat.v9i3.412>
- Izwar, A., Fauza, S., Muktitama, A. M., Nugrahawati, A., Azhar, R., Putra, D. P., ... & Musarady, Y. (2025). The water quality and biological indicators of estuarine and marine waters affected by shrimp farming effluents in Bireuen Regency, Aceh. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 12(3), 361-367. <https://doi.org/10.29103/aa.v12i3.24729>
- Mahdani, M., Rizal, S., & Munandar, A. (2020). Analisis kualitas air pada kawasan budidaya keramba jaring apung di pesisir Aceh Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 310-318. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.310-318>
- Nurbaiti, N., Mahdani, M., & Realita, R. (2021). Identifikasi bakteri patogen pada ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) di balai budidaya laut. *Jurnal Akuakultur Aceh*, 5(1), 23-31. <https://doi.org/10.29103/jaa.v5i1.4115>
- Pertiwi, D. A., Sabdono, A., & Radjasa, O. K. (2023). Asosiasi bakteri patogen pada organ insang ikan kerapu di perairan tercemar. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(1), 77-85. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i1.16241>
- Putra, A. N., Mustahal, M., & Syamsunarno, M. B. (2023). Respons stres fisiologis dan imunitas ikan laut akibat perubahan suhu lingkungan yang ekstrem. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22(2), 145-154. <https://doi.org/10.19028/jai.22.2.145-154>
- Rochmady, R., Susiana, S., & Afandy, A. (2022). Gejala klinis dan histopatologi ikan kerapu yang terserang penyakit bakterial di keramba jaring apung. *Jurnal Riset Akuakultur*, 17(2), 115-124. <https://doi.org/10.15578/jra.17.2.2022.115-124>
- Sarjito, S., Desrina, D., & Haditomo, A. H. C. (2020). Agen penyebab vibriosis pada ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) yang dibudidayakan di KJA. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 345-352. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i3.8610>
- Sugiyono. (2020). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Syam, A. R., Haryanti, H., & Kurniastuti, E. (2024). Kerusakan histologis organ ginjal ikan kerapu lumpur akibat infeksi bakteri sistemik. *Jurnal Riset Akuakultur*, 19(1), 33-41. <https://doi.org/10.15578/jra.19.1.2024.33-41>
- Tarigan, R., Salasia, S. I. O., & Tatang, M. (2023). Penerapan sistem API 20E dan API 20NE dalam identifikasi bakteri Gram negatif pada ikan air laut. *Jurnal Veteriner Indonesia*, 11(2), 89-98. <https://doi.org/10.21157/j.vet.ind.v11i2.29153>

Widanarni, W., Sukenda, S., & Wahjuningrum, D. (2022). Standardisasi metode identifikasi biokimia cepat menggunakan API Kit untuk bakteri patogen akuakultur. *Jurnal Akuakultur Komersial*, 4(2), 101-109. <https://doi.org/10.29244/jak.4.2.101-109>