



**Evaluasi Daya Tahan Benih Ikan Patin Siam Terhadap Infeksi Bakteri
Edwardsiella ictaluri dan *Aeromonas hydrophila***

Diah Artati^{1,3}, Mohammad Oman², Jadmiko Darwaman Widi Prasetya³, Evi Tahapari³, Adam Robisalmi³

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka

²Balai Riset Pemuliaan Ikan, Sukamandi

³Badan Riset dan Inovasi Nasional

*Corresponding author E-mail: diah.artati@brin.go.id

DOI : <https://doi.org/10.30605/v0k33r70>

Accepted : 25 Agustus 2026 Approved : 29 September 2026 Published : 30 September 2026

Abstrak

Ikan patin merupakan produk perikanan bernilai ekonomi penting dalam industri akuakultur. Namun, keberhasilan budidaya sering terkendala oleh serangan penyakit bakteri yang dapat menyebabkan penurunan produktivitas, peningkatan mortalitas, dan kerugian ekonomi. Salah satu penyakit utama yang menyerang ikan patin adalah *Enteric Septicemia of Catfish* (ESC) yang disebabkan oleh *Edwardsiella ictaluri* dan *Motile Aeromonads Septicemia* (MAS) yang disebabkan oleh *Aeromonas hydrophila*. Kegiatan ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan ikan patin terhadap infeksi bakteri *E. ictaluri* dan *A. hydrophila*. Pengujian dilakukan melalui ujiantang bakteri *E. ictaluri* dan *A. hydrophila* pada ikan patin siam hasil seleksi dan ikan patin siam Unit Pembenihan Rakyat (UPR). Sebelum dilakukan ujiantang, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk menentukan nilai LD₅₀ pada masing-masing bakteri. Penentuan LD₅₀ dilakukan menggunakan beberapa konsentrasi bakteri, yaitu 10⁶, 10⁷, 10⁸, dan 10⁹ CFU/mL, serta kelompok kontrol tanpa infeksi. Nilai LD₅₀ ditentukan berdasarkan persentase mortalitas ikan selama 168 jam pengamatan. Parameter yang diamati meliputi gejala klinis dan tingkat mortalitas selama pemeliharaan. Data hasil pengamatan ditabulasi menggunakan Microsoft Excel 2017 dan dianalisis secara deskriptif menggunakan rumus mortalitas dan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai LD₅₀ ikan patin yang diinfeksi bakteri *E. ictaluri* diperoleh pada konsentrasi $1,2 \times 10^8$ CFU/mL, sedangkan nilai LD₅₀ *A. hydrophila* diperoleh pada konsentrasi $1,8 \times 10^9$ CFU/mL. Ikan patin siam hasil seleksi menunjukkan tingkat ketahanan yang lebih tinggi terhadap paparan bakteri *E. ictaluri* dan *A. hydrophila* dibandingkan ikan patin siam UPR.

Kata Kunci : ikan patin siam, *Edwardsiella ictaluri*, *Aeromonas hydrophila*, LD₅₀, Ujiantang

PENDAHULUAN

Ikan patin (*Pangasianodon* sp) termasuk salah satu komoditas penting dalam bidang budidaya perikanan di dunia. Ikan ini banyak diminati oleh masyarakat Indonesia khususnya yang tinggal di daerah Pulau Jawa, Kalimantan dan Sumatera. Beberapa keunggulan yang dimiliki ikan patin sehingga dapat meningkatkan minat masyarakat untuk mengkonsumsinya adalah karena rasanya yang gurih dengan daging yang lembut serta memiliki nilai gizi yang tinggi. Ikan patin juga memiliki bobot tubuh yang besar, tumbuh cepat, daya tahan tinggi terhadap stress lingkungan serta bernilai ekonomi tinggi. Lebih dari 100 negara di seluruh dunia telah mengembangkan industri patin secara produksi dan perdagangan (Rathod *et al.*, 2018; Chowdhury *et al.*, 2020). Mengacu pada hasil penelitian, terdapat 14 spesies ikan patin di Indonesia dari 28 jenis ikan patin yang dikenal yaitu, ikan patin jambal (*Pangasius djambal*), ikan patin pasupati (*Pangasius* sp.), dan ikan patin siam Siam (*Pangasianodon hypophthalmus*). Beberapa wilayah seperti Palembang, Jambi, Lampung, Riau, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan merupakan wilayah yang menjadi sentra budidaya ikan patin di Indonesia (Gustiano, 2009; KKP, 2022). Ikan patin banyak dibudidayakan diberbagai kondisi lingkungan pemeliharaan, seperti karamba jaring apung dan perkolaman, serta ada yang telah hidup bebas di sungai-sungai besar serta waduk di wilayah Jawa dan Sumatera seperti di sungai Citarum, Waduk Wonogiri, Waduk Malahayu Sungai Batanghari (Pouyaud *et al.*, 1998; Kartamihardja *et al.*, 2011; Andriyanto *et al.*, 2012).

Permintaan pasar yang terus meningkat menjadikan budidaya ikan patin sebagai salah satu sektor potensial dalam upaya memperkuat ketersediaan dan keberlanjutan pangan serta mendukung perekonomian masyarakat (Susanti *et al.*, 2016). Realisasi produksi budidaya patin pada rentang waktu tahun 2020-2022 berkisar 48,41 % -56,79 %; dari target produksi nasional (KKP, 2024). Namun, keberhasilan budidaya sering terkendala oleh serangan penyakit infeksius yang dapat menurunkan produktivitas, meningkatkan mortalitas, dan menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan. Salah satu penyakit utama yang menyerang ikan patin adalah *Enteric*

Septicemia of Catfish (ESC) yang disebabkan oleh bakteri *Edwardsiella ictaluri*. Penyakit ini menjadi penyebab kematian pada budidaya ikan patin yang berdampak pada kerugian ekonomi yang besar termasuk di wilayah ASEAN seperti Indonesia dan Vietnam. Penyakit tersebut dibawa oleh *E. ictaluri* sebagai agen etiologi utama yang termasuk dalam golongan bakteri Gram-negatif sebagai akibat dari tingginya kegiatan budidaya yang tidak disertai cara budidaya ikan yang baik sehingga menyebabkan terjadinya wabah penyakit (Purwaningsih *et al.*, 2019; Triet *et al.*, 2019; Payne *et al.*, 2023). Penyakit ini dilaporkan sebagai masalah serius baik pada tahap pembenihan maupun pembesaran, dengan tingkat mortalitas yang tinggi. Penyakit septikemia enterik pada ikan disebabkan oleh *Edwardsiella ictaluri* yang merupakan patogen yang bersifat intraseluler fakultatif (Hawke *et al.*, 1981; Hawke *et al.*, 2013).

E. ictaluri merupakan golongan bakteri gram negatif yang berbentuk batang, bersifat fakultatif anaerob dan termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. ESC termasuk dalam penyakit yang membahayakan karena dapat mewabah dan merugikan sosio ekonomi dalam waktu yang relatif cepat sehingga masuk dalam kategori hama dan penyakit ikan karantina golongan II. *E. ictaluri* dan diketahui terjadi di Provinsi Jambi yang telah menyebabkan infeksi pada ikan patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) (Yuasa *et al.*, 2003; Supriyadi *et al.*, 2005). Kematian ikan patin akibat ESC yang disebabkan oleh bakteri *E. ictaluri* menimbulkan kematian sebesar 50-90% (Triet *et al.*, 2019). Menurut Eissa & Wang. 2016; Abdelhamed *et al.*, 2017) pakan yang berkualitas buruk, fluktuasi suhu air, kepadatan yang terlalu tinggi serta penanganan yang kasar menjadi faktor yang meningkatkan kerentanan ikan terhadap ESC. Selain itu, penerapan sistem budidaya secara intensif tanpa didukung manajemen pemeliharaan yang optimal dapat meningkatkan risiko munculnya wabah enteric septicemia of catfish (ESC), yang berpotensi menyebabkan mortalitas tinggi pada ikan patin serta menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan. (Adeolu *et al.*, 2016; Petermen & Posadas 2019).

Selain ESC serangan penyakit pada ikan patin disebabkan oleh infeksi bakteri adalah penyakit *Motile Aeromonads Septicemia* (MAS) (KKP, 2022). *Aeromonas hydrophila*

termasuk dalam genus *Aeromonas* dimana hingga saat ini, setidaknya telah dilaporkan 26 spesies dari genus ini dan sebagian besar dari mereka patogen bagi banyak spesies ikan di seluruh dunia (Samayanpaulraj *et al.*, 2020; Semwal *et al.*, 2023). *A. hydrophila* merupakan golongan bakteri gram negatif, termasuk oportunistis, penyebaran melalui air, kontak dengan peralatan yang telah tercemar atau karena pemindahan ikan, memiliki virulensi tinggi dan tingkat kematian ikan mencapai 80-100% (Lukistyowati & Kurniasih 2012; Darmawan & Rohaendi 2014; Ugarte-Torres *et al.*, 2018). Infeksi *A. hydrophila* dapat menyebabkan luka borok dan dapat berujung pada kematian ikan. terutama pada stadia pendederan dan pembesaran dengan gejala klinis adanya hemoragi di bagian kepala, mulut dan dasar sirip yang disertai penumpukan gas di saluran pencernaan (Le *et al.*, 2018; Hoa *et al.*, 2021; Erickson *et al.*, 2023). Menurut Nhin *et al.* (2021) ; Bakiyev *et al.* (2022) bahwa wabah penyakit *A. hydrophila* menyebabkan kerusakan jaringan sel dan pembentukan lubang di usus dan lambung, diikuti oleh perdarahan dan sepsis di organ tersebut serta lesi kulit dan otot ikan pada ikan yang terinfeksi MAS. Penyakit ESC dan MAS pada ikan patin dapat memengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan yang berujung pada penurunan produksi budidaya ikan patin. Oleh karena itu, penelitian untuk uji tantang dalam rangka mengevaluasi ketahanan ikan patin terhadap bakteri *Edwardsiella ictaluri* dan *Aeromonas hydrophila* masih perlu dikaji lebih lanjut untuk memperoleh informasi sintasan dan gejala klinis yang ditimbulkan. Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi ketahanan ikan patin siam hasil seleksi terhadap dua bakteri patogen utama pada budidaya, yaitu *Edwardsiella ictaluri* penyebab Enteric Septicemia of Catfish (ESC) dan *Aeromonas hydrophila* penyebab Motile Aeromonas Septicemia (MAS), dengan membandingkannya terhadap ikan patin siam dari Unit Pembenihan Rakyat (UPR). Penelitian ini memberikan informasi awal mengenai potensi ikan patin siam hasil seleksi sebagai kandidat strain budidaya yang tidak hanya memiliki performa pertumbuhan, tetapi juga respons ketahanan penyakit yang lebih baik.

METODE

Kegiatan ini dilaksanakan pada tahun 2021–2022 di Laboratorium Mikrobiologi Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI), Sukamandi. Kegiatan penelitian meliputi pemeliharaan ikan uji, persiapan dan karakterisasi bakteri uji, pengujian virulensi bakteri melalui penentuan dosis infeksi (LD₅₀), serta uji tantang terhadap ikan patin siam.

Ikan uji yang digunakan adalah benih ikan patin siam tumbuh cepat hasil seleksi dari Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI), Sukamandi dan Unit Pembenihan Rakyat (UPR) Kabupaten Subang. Ikan yang digunakan berukuran panjang 4-5 inchi yang bebas dari infeksi *E. ictaluri* dan *A. hydrophilla*. Ikan tersebut diperiksa kesehatannya dan tidak menunjukkan gejala sakit. Sebelum digunakan dalam penelitian, ikan diaklimatisasi selama 48 jam dalam akuarium berukuran 60 x 30 x 20 cm³ dengan volume air 20 liter dan diberi aerasi. Selama aklimatisasi ikan diberi pakan komersial dengan kandungan protein 30-32 %.

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *E. ictaluri* dan *A. hydrophilla* koleksi Balai Riset Pemuliaan Ikan, Sukamandi. Sebelum digunakan dalam perlakuan, kedua isolat bakteri terlebih dahulu diuji melalui Postulat Koch untuk mengembalikan tingkat virulensinya. Bakteri dikultur dalam media cair *Brain Heart Infusion Broth* (BHIB) dan diinkubasi pada suhu 25–28 °C selama 24–48 jam. Pemanenan bakteri dilakukan melalui sentrifugasi pada kecepatan 3.500 rpm selama 20 menit. Supernatan yang terbentuk dibuang, sedangkan pelet bakteri disuspensikan kembali menggunakan *Phosphate Buffered Saline* (PBS) dan dihomogenkan dengan vortex. Selanjutnya, kekeruhan suspensi bakteri diukur untuk menentukan konsentrasinya. Suspensi *E. ictaluri* dan *A. hydrophila* dengan konsentrasi 10⁹ CFU/mL sebanyak 0,1 mL diinjeksi secara intraperitoneal pada ikan uji. Setelah masa inkubasi selama 2–3 hari, ikan yang menunjukkan gejala *enteric septicemia of catfish* (ESC) maupun *motile Aeromonas septicemia* (MAS) segera dipisahkan dari kelompok pemeliharaan. Reisolasi bakteri dilakukan dari organ ginjal dan hati, yaitu *E. ictaluri* menggunakan media selektif *Edwardsiella ictaluri Medium* (EIM), sedangkan *A. hydrophila* menggunakan media selektif *Rimler-Shotts* (RS) agar. Selanjutnya,

isolat ditumbuhkan pada media *Brain Heart Infusion Agar* (BHIA) untuk memperoleh kultur murni. Bakteri yang berhasil tumbuh kemudian dikarakterisasi menggunakan kit API 20E. Isolat yang telah dikonfirmasi dan menunjukkan sifat virulen selanjutnya digunakan pada tahap pengujian berikutnya.

Karakterisasi Metode Kit API®20 E (BioMérieux- USA)

Inokulum yang digunakan merupakan kultur bakteri berumur 18–24 jam yang sebelumnya telah ditumbuhkan pada media Tryptic Soy Agar (TSA). Sebanyak 2–3 ose koloni bakteri diambil, kemudian disuspensikan ke dalam 5 mL Phosphate Buffered Saline (PBS) dan dihomogenkan. Suspensi bakteri selanjutnya diinokulasikan ke masing-masing sumuran pada strip API 20E sesuai dengan volume yang ditentukan untuk setiap jenis pengujian. Sumuran dengan kode CIT, VP, dan GEL diisi penuh dengan suspensi bakteri, sedangkan sumuran lainnya diisi hingga batas yang telah ditentukan. Pada sumuran ADH, LDC, ODC, H₂S, dan URE ditambahkan mineral oil untuk menciptakan kondisi anaerob selama proses pengujian. Setelah seluruh suspensi didistribusikan, strip API 20E ditutup dan diinkubasi pada suhu 36 ± 2 °C selama 18–24 jam. Hasil reaksi biokimia kemudian diinterpretasikan berdasarkan Reading Table yang tersedia pada kit API 20E. Apabila diperoleh tiga atau lebih hasil positif, tidak termasuk reaksi GLU, maka pembacaan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Sebaliknya, apabila jumlah reaksi positif, termasuk GLU, kurang dari tiga, strip diinkubasi kembali selama 24 ± 2 jam. Beberapa parameter pengujian memerlukan penambahan reagen tertentu sebelum hasil dapat diinterpretasikan, yaitu TDA, IND, dan VP. Pada uji TDA, satu tetes reagen TDA ditambahkan dan terbentuknya warna coklat kemerahan menunjukkan reaksi positif. Pada uji IND, penambahan reagen JAMES yang menghasilkan warna merah muda menunjukkan hasil positif. Sementara itu, pada uji VP ditambahkan reagen VP1 dan VP2, kemudian didiamkan selama kurang lebih 10 menit. Munculnya warna merah muda hingga merah menunjukkan reaksi positif. Hasil seluruh reaksi biokimia selanjutnya dikonversi menjadi numerical profile. Setiap tiga parameter pengujian dikelompokkan dengan nilai masing-masing 1, 2, dan 4. Nilai pada setiap kelompok

dijumlahkan berdasarkan reaksi yang menunjukkan hasil positif sehingga diperoleh tujuh digit nomor profil dari 20 jenis pengujian yang terdapat pada strip API 20E. Uji oksidase digunakan sebagai pengujian tambahan ke-21 dan diberi nilai 4 apabila menunjukkan hasil positif. Nomor profil yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak APIWEB™

Biomérieux (<https://apiweb.biomerieux.com/>) untuk menentukan identitas isolat bakteri berdasarkan profil biokimia yang terbentuk.

Penentuan Dosis Infeksi (LD₅₀)

Sebelum pelaksanaan uji LD₅₀, kultur bakteri *E. ictaluri* dan *A. hydrophila* terlebih dahulu diperbanyak pada media *Tryptic Soy Agar* (TSA) dan diinkubasi pada suhu 27 °C. Setelah 18–24 jam, bakteri dipanen dan disuspensikan dalam larutan PBS steril hingga diperoleh kepadatan bakteri sebesar 10⁶, 10⁷, 10⁸, dan 10⁹ CFU/mL. Penentuan nilai LD₅₀ dilakukan menggunakan lima kelompok perlakuan, dengan masing-masing kelompok terdiri atas 20 ekor ikan. Empat kelompok ikan diinjeksi secara intraperitoneal dengan suspensi bakteri pada konsentrasi 10⁶, 10⁷, 10⁸, dan 10⁹ CFU/mL sebanyak 0,1 mL per ekor, sedangkan satu kelompok lainnya digunakan sebagai kontrol tanpa infeksi. Setelah proses injeksi, ikan dipelihara dalam akuarium berukuran 60 × 30 × 20 cm dan diberi pakan berupa pelet. Pengamatan terhadap perubahan gejala klinis dan jumlah kematian ikan dilakukan selama 168 jam. Nilai LD₅₀ ditentukan berdasarkan proporsi ikan yang hidup dan mati selama periode pengamatan (Tran *et al.*, 2021). Nilai LD₅₀ yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dosis infeksi pada perlakuan ujiantang.

Uji Tantang

Uji tantang dilakukan pada dua kelompok ikan patin, yaitu ikan patin siam tumbuh cepat hasil seleksi dan ikan patin siam yang berasal dari UPR. Pada masing-masing kelompok, ikan diinfeksi secara intraperitoneal menggunakan bakteri *E. ictaluri* dan *A. hydrophila* dengan konsentrasi berdasarkan hasil uji LD₅₀, yaitu 10⁸ CFU/mL untuk *E. ictaluri* dan 10⁹ CFU/mL untuk *A. hydrophila*. Suspensi bakteri diberikan sebanyak 0,1 mL per ekor. Setelah injeksi, ikan dipelihara dalam tiga akuarium dengan kepadatan 20 ekor per akuarium. Sebagai kontrol, digunakan ikan patin siam hasil seleksi yang hanya diinjeksi

PBS tanpa pemberian bakteri. Selama masa pemeliharaan selama 168 jam, ikan diberi pakan berupa pelet komersial.

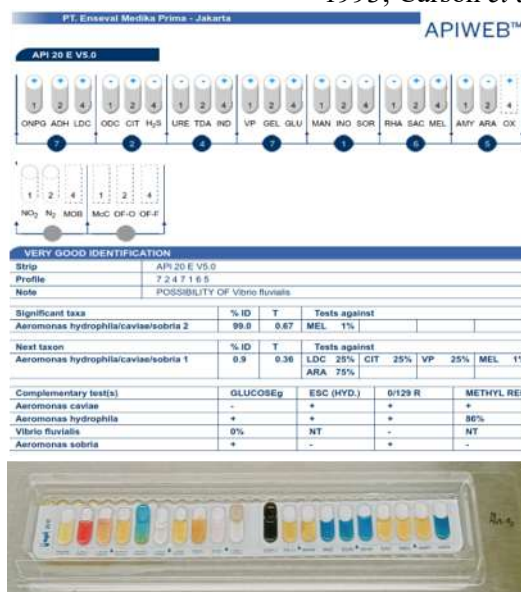
Analisis data

Data mortalitas ikan pada uji LD₅₀ dianalisis secara deskriptif menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2017. Nilai LD₅₀ dihitung berdasarkan persentase kematian ikan pada setiap konsentrasi perlakuan selama periode pengamatan 168 jam. Data gejala klinis yang muncul setelah infeksi bakteri juga dianalisis secara deskriptif berdasarkan perubahan tingkah laku, kondisi eksternal, dan perubahan organ ikan selama masa pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri KIT API 20E

Sistem API 20E merupakan metode identifikasi bakteri berbasis karakteristik biokimia yang banyak digunakan karena prosedurnya sederhana, cepat, dan relatif ekonomis. Metode ini dapat membantu identifikasi berbagai kelompok bakteri, baik bakteri patogen ikan maupun bakteri lain yang memiliki profil biokimia yang sesuai, walaupun tingkat ketepatan identifikasi dapat dipengaruhi oleh spesies bakteri yang diuji (Santos *et al.*, 1993; Carson *et al.*, 2001; Arnold *et al.*, 2004).



Gambar 1. Hasil uji biokimia menggunakan KIT API 20E

Berdasarkan hasil analisis profil numerik dari uji biokimia, isolat bakteri menunjukkan kemungkinan identifikasi sebagai kelompok *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria* dengan tingkat kecocokan (%ID) sebesar 99,0% (Gambar 1). Hasil tersebut termasuk dalam kategori “*Very Good Identification*”, yang menunjukkan bahwa profil biokimia isolat memiliki kesesuaian yang sangat baik dengan karakteristik kelompok *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria*. Penentuan hasil tersebut didasarkan pada pembacaan strip berdasarkan *Reading Table* manual kit API 20 E. Pembacaan strip dimulai dari arah kiri terlihat hasil pengujian ONPG menunjukkan hasil larutan berubah warna menjadi kekuningan yang berarti hasil uji positif. Pengujian berikutnya yaitu ADH dan LDC juga menunjukkan hasil positif dimana ADH

berubah warna menjadi kemerahan dan LDC cenderung ke warna oranye. Hasil uji positif lainnya ditunjukkan pada uji CIT,IND,VP,GEL,GLU,MAN,SAC,MEL,AMY dan OX. Uji CIT positif ditunjukkan dengan larutan yang berwarna biru, sedangkan untuk IND dan VP berwarna merah muda, GEL berwarna hitam, serta larutan berwarna kuning untuk uji GLU,MAN,SAC,MEL dan AMY. Uji OX menggunakan oksidase test juga menunjukkan hasil yang positif. Sedangkan hasil negatif ditunjukkan pada uji ODC,H₂S,URE,TDA,INO,SOR,RHA dan ARA. Uji negatif pada ODC ditunjukkan dengan reaksi larutan yang berwarna kuning, begitu pula pada uji URE,TDA,INO,SOR,RHA dan ARA. Sedangkan pada uji H₂S ditunjukkan

dengan larutan yang tetap bening tidak berwarna.

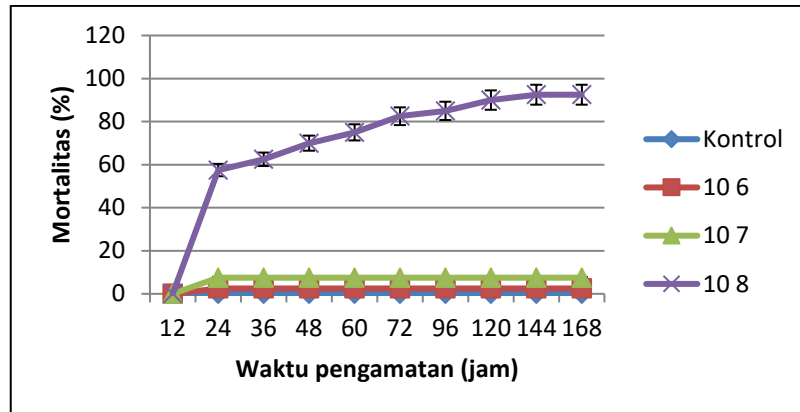
Wahjuningrum *et al.* (2018); Al-Howaidi & Al-Hamad, 2020) menyatakan bahwa hasil uji kit API 20 E pada bakteri gram negatif menunjukkan tingkat kesesuaian identifikasi pada level genus dan spesies sebesar 98%, serta penggunaan API 20 E pada beberapa isolate menunjukkan 99.00% kemiripan *A. hydrophila*. Selaras dengan laporan Mok *et al.* (2018) bahwa hasil identifikasi kit API 20E dalam mendeteksi bakteri patogen berdasarkan karakter biokimia dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya reagen yang digunakan, strip dan prosedur kerja di laboratorium.

Daya Tahan terhadap Infeksi *Edwardsiella ictaluri*

Berdasarkan rerata waktu kematian, infeksi *E. ictaluri* dapat dikelompokkan menjadi dua pola, yaitu tipe akut yang ditandai oleh kematian ikan patin dalam waktu relatif cepat dengan tingkat mortalitas tinggi, serta tipe kronis yang berlangsung lebih lambat dan menimbulkan tingkat kematian yang lebih rendah. Tingkat patogenitas uji (LD_{50}) infeksi bakteri *Edwardsiella ictaluri* pada benih ikan patin Siam tumbuh cepat diperoleh pada dosis penyuntikan $1,2 \times 10^8$ CFU/mL (Gambar 2). Tingkat kematian terjadi setelah 18 jam penyuntikan terutama pada konsentrasi 10^8 , sedangkan pada konsentrasi lainnya kematian terjadi setelah 24 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa ikan patin merupakan salah satu inang definitif bagi bakteri *E. Ictaluri* dan konsentrasi 10^8 merupakan konsentrasi yang paling mematikan, karena menyebabkan tingkat kematian yang paling cepat dan tinggi. Hasil ini selaras dengan penelitian Phuoc *et al.* (2020) bahwa terjadi kematian 50 % (LD_{50}) ikan patin *Pangasianodon hypophthalmus* yang diinjeksi *Edwardsiella ictaluri* dengan konsentrasi 1.1×10^7 cfu/mL. Hasil lainnya dilaporkan Suanyuk *et al.* (2014); Dong *et al.* (2015),

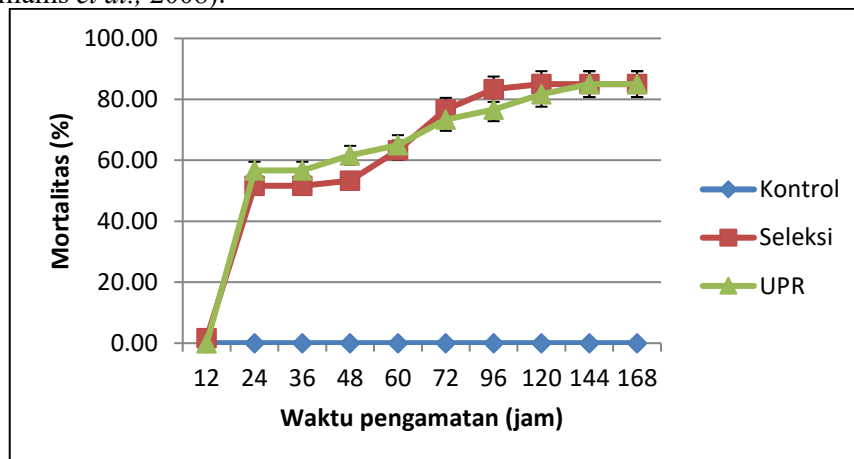
infeksi *E. ictaluri* dengan konsentrasi $2,6 \times 10^6$ sel/mL menyebabkan menimbulkan kematian 50% pada ikan catfish hibrida dan 80% pada ikan patin. Begitu pula Susanti *et al.* (2016) bahwa kepadatan *E. ictaluri* yang diinjeksi pada ikan patin sebesar $2,8 \times 10^4$ cfu/mL menyebabkan kematian 50% (LD_{50}). Adapun Syafiq-Syauqi (2014) menyatakan bahwa *E. ictaluri* 1×10^6 menyebabkan tingkat kematian 50% pada ikan patin nasustus berukuran 40 g.

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa ikan patin yang digunakan realtif memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan beberapa hasil studi sebelumnya. Kondisi ini berkontribusi pada rendahnya nilai LD_{50} pada ikan yang berukuran kecil dibandingkan dengan ikan berukuran lebih besar. Magnadottir *et al.* (2010); Shoemaker *et al.* (2015) menyatakan bahwa ikan kecil relatif lebih rentan terhadap infeksi bakteri dikarenakan sistem kekebalan tubuh belum berkembang sehingga menyebabkan kerentanan yang memungkinkan bakteri untuk dengan mudah menginfeksi inang. ESC rentan pada ikan berumur kurang dari satu tahun dengan infeksi terjadi akut dalam kisaran suhu optimal 22-28 °C dan kronis di luar kisaran tersebut serta jika kondisi lingkungannya kurang optimal (Phuoc *et al.* 2020). Hawke *et al.* (2013) menyatakan bahwa pada infeksi akut, kematian ikan umumnya mulai terjadi pada hari ke-4 hingga ke-12. Tingkat kerentanan ikan terhadap ESC juga dapat meningkat akibat berbagai faktor stres, seperti kualitas air yang kurang baik, mutu pakan yang rendah, penanganan yang tidak tepat, kepadatan pemeliharaan yang tinggi, serta perubahan suhu air. Kondisi stres yang disertai manajemen pemeliharaan yang kurang optimal dapat menurunkan efektivitas mekanisme pertahanan inang sehingga meningkatkan risiko terjadinya ESC (Eissa & Wang, 2016; Abdelhamed *et al.*, 2017).



Gambar 2. Mortalitas benih ikan patin Siam tumbuh cepat pada uji LD₅₀ infeksi bakteri *Edwardsiella ictaluri* dengan dosis 10⁶, 10⁷ dan 10⁸ CFU/mL.

Hasil ujiantang bakteri *Edwardsiella ictaluri* pada konsentrasi $1,2 \times 10^8$ CFU/mL terhadap benih ikan patin siam tumbuh cepat dan UPR menunjukkan tingkat kematian pada rentang waktu 12- 168 jam. Adapun pada kelompok kontrol tidak terjadi kematian hingga akhir periode pemeliharaan (Gambar 3). Pada 24 jam pertama diketahui tingkat kematian pada kelompok ikan seleksi mauoun kontrol menunjukkan hasil yang serupa sebesar 56 % dan 52%. Kematian lebih tinggi terjadi pada kelompok ikan UPR setelah 48 jam infeksi sebesar 61%, Namun, pada akhir pemeliharaan 168 jam kedua kelompok ikan menunjukkan hasil yang relatif sama dengan tingkat kematian 85%. Hasil ini mortalitas yang terjadi pada perlakuan disebabkan oleh infeksi bakteri *E. ictaluri* dan bukan akibat faktor lingkungan selama pemeliharaan. Tingginya mortalitas UPR pada fase awal menunjukkan bahwa ikan UPR mengalami respons yang lebih cepat terhadap infeksi, tetapi respons pertahanan tubuhnya belum mampu menghambat perkembangan bakteri secara efektif pada tahap awal infeksi. Kondisi ini dapat berkaitan dengan kemampuan sistem imun bawaan ikan dalam mengenali dan melawan patogen, karena fase awal infeksi sangat dipengaruhi oleh respons nonspesifik seperti aktivitas fagositosis, produksi sel imun, dan mekanisme pertahanan mukus. Efek patogenik *E. ictaluri* dilaporkan mampu menyebabkan tingkat kematian ikan hingga 50%. Namun, mekanisme patogenisitas bakteri tersebut, termasuk hubungan antara produk ekstraseluler yang dihasilkan dengan faktor virulensinya, masih belum banyak dipahami (Williams *et al.*, 2008).



Gambar 3. Tingkat kematian benih ikan patin Siam tumbuh cepat dan UPR beserta kontrol negatif (tidak diinfeksi) yang diuji tantang dengan infeksi bakteri *Edwardsiella ictaluri* dosis $1,2 \times 10^8$ CFU/mL.

Gejala klinis yang umum ditemukan pada ikan yang terinfeksi bakteri *Edwardsiella ictaluri* penyebab *Enteric Septicemia of Catfish* (ESC) meliputi perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, penurunan kondisi tubuh, pembengkakan abdomen akibat akumulasi cairan, hemoragi, serta perubahan

pada organ internal. Berdasarkan pengamatan pada Gambar 4, ikan yang terinfeksi menunjukkan adanya perubahan warna kulit (melanosis) dan kerusakan organ visceral yang ditandai dengan perdarahan pada jaringan internal. Infeksi *E. ictaluri* dapat masuk melalui permukaan tubuh, insang, dan saluran pencernaan, kemudian menyebar melalui sistem peredaran darah menuju organ target seperti hati, ginjal, dan limpa. Penyebaran bakteri tersebut menyebabkan terjadinya septikemia yang ditandai dengan kerusakan jaringan, pembentukan lesi, dan gangguan fungsi organ internal. Gejala klinis lain yang dapat ditemukan berupa lesi kulit berukuran sekitar 3–5 mm pada bagian posterolateral tubuh. Lesi tersebut terbentuk akibat adanya fistula yang berasal dari jaringan otot bagian dalam dan kemudian tampak sebagai massa subdermal (Noga, 2000). Kemudian dengan berkembangnya penyakit, terjadi abses di otot tubuh dan ekor. Abses ini dapat memperbesar, dan berkembang menjadi rongga yang berisi gas dan terlihat berpigmen, berbentuk cembung yang jika ditusuk akan mengeluarkan bau busuk (Austin & Austin 1987). Chen *et al.* (2019) melaporkan pada awal infeksi jumlah koloni *E. ictaluri* di otak lebih rendah dibandingkan dengan jaringan di hati, limpa, dan ginjal. Namun terjadi peningkatan jumlah koloni secara signifikan setelah 3 hari. Nusbaum & Morrison, (2002) menyatakan keberadaan serum yang mengandung antibodi terhadap *E. ictaluri* dapat meningkatkan efisiensi proses fagositosis terhadap sel bakteri.



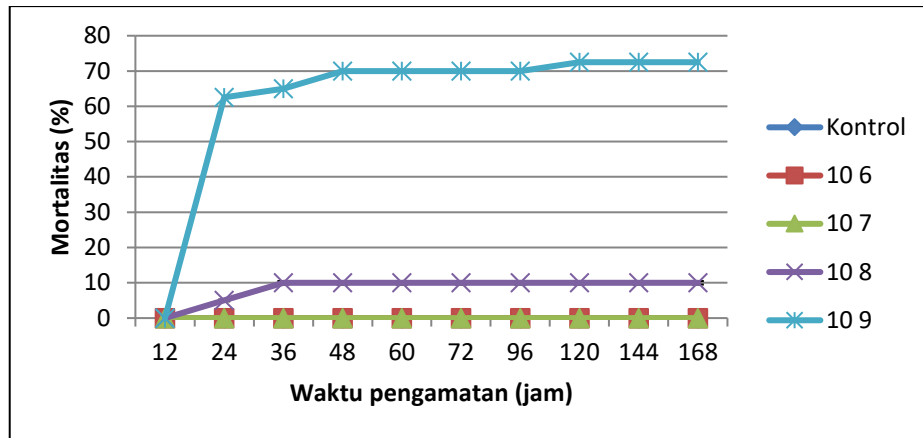
Gambar 4. Gejala klinis ikan patin yang terinfeksi bakteri *E. ictaluri*

Daya Tahan terhadap Infeksi *Aeromonas hydrophila*

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa setelah 12 jam pertama pasca penyuntikan tidak terjadi kematian ikan patin siam yang diinjeksi bakteri *A. hydrophila*, bahkan pada konsentrasi $1,8 \times 10^6$, $1,8 \times 10^7$ serta kontrol tidak terjadi kematian sampai waktu pemeliharaan 168 jam. Kematian mulai terjadi pada dosis $1,8 \times 10^7$ sebesar 5% pada 24 jam pertama dan meningkat menjadi 10% pada jam ke 36. Adapun tingkat patogenitas tertinggi infeksi bakteri *A. hydrophila* pada benih ikan patin Siam tumbuh cepat ditunjukkan pada dosis penyuntikan $1,8 \times 10^9$ CFU/mL dengan kematian mencapai 62% pada 24 jam pertama dan meningkat menjadi 70% pada rentang 96 -168 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai LD₅₀ terdapat pada dosis 10^9 karena menyebabkan tingkat kematian lebih dari 50%.

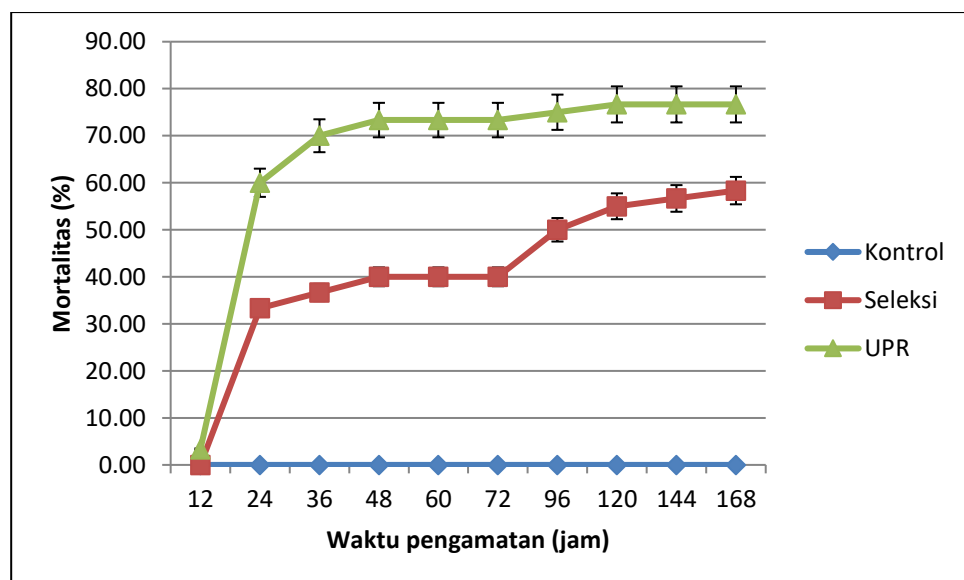
Beberapa studi melaporkan nilai LD₅₀ bakteri *A. Hydrophila* diantaranya pada ikan tor diketahui nilai LD₅₀ 48 jam terdapat pada konsentrasi $1,0 \times 10^{6,6}$ CFU/mL (Putri *et al.*, 2022). Kemudian pada ikan *Arapaima gigas* nilai LD₅₀ 96 jam ditunjukkan dosis $1,8 \times 10^8$ CFU/mL (Dias *et al.*, 2016). Begitu pula Susandi *et al.* (2017) melaporkan nilai LD₅₀ 96 jam pada ikan gurami pada dosis 1×10^4 CFU/mL sebesar

63.33 5. Peningkatan dosis infeksi dapat memperberat tingkat serangan penyakit, sehingga mortalitas ikan juga cenderung meningkat dan ikan berisiko mengalami *Motile Aeromonas Septicemia*. (MAS).



Gambar 5. Mortalitas benih ikan patin Siam tumbuh cepat pada uji LD₅₀ infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan dosis 10⁶, 10⁷, 10⁸ dan 10⁹ CFU/mL

Pada Gambar 6 diketahui bahwa tingkat kematian pada 24 jam pertama terjadi pada benih ikan patin Siam tumbuh cepat hasil seleksi dan benih ikan patin siam dari UPR. Tingkat kematian tertinggi ditunjukkan benih UPR sebesar 60% dan meningkat menjadi 70-76% pada masa pemeliharaan 36 jam dan cenderung setabil hingga akhir pengamatan. Tingkat kematian lebih rendah ditunjukkan benih seleksi sebesar 33% dan meningkat 40-55% hingga akhir pengamatan yang mengindikasikan respons daya tahan yang lebih baik terhadap serangan bakteri. Adapun pada perlakuan kontrol negatif tidak menunjukkan mortalitas selama 168 jam pengamatan.



Gambar 6. Tingkat kematian benih ikan patin Siam tumbuh cepat dan UPR beserta kontrol negatif (tidak diinfeksi) yang diuji tantang dengan infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* dosis 1,8x10⁹ CFU/mL.

Gejala klinis pada ikan patin yang terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* ditandai dengan munculnya lesi pada permukaan tubuh, perdarahan (hemoragi), dan kerusakan jaringan pada area tertentu. Berdasarkan hasil pengamatan, ikan menunjukkan adanya perubahan warna tubuh, perdarahan pada bagian ventral tubuh, serta luka terbuka (ulcer) yang merupakan indikasi terjadinya infeksi sistemik

akibat aktivitas patogen. Infeksi *A. hydrophila* juga dapat menyebabkan gejala klinis lainnya seperti pembengkakan abdomen (dropsy), anus berwarna kemerahan, nekrosis jaringan, kerusakan sirip, gangguan keseimbangan, penurunan aktivitas renang, serta ikan cenderung berada di permukaan atau dasar perairan (Gambar 7). Menurut Hussain Bhat *et al.* (2021) bahwa tingkat patogenisitas bakteri secara umum dipengaruhi oleh dosis, metode penyuntikan, kualitas air, tingkat kekebalan tubuh, serta bobot ikan. Adapun tingkat kematian pada awal pemeliharaan 12-24 jam disebabkan adanya kerusakan sistem saraf akibat injeksi bakteri (Carriero *et al.*, 2016). Fu *et al.* (2014) menyatakan akibat yang ditimbulkan oleh serangan bakteri *A. hydrophila* yaitu adanya pendarahan yang diikuti dengan kematian. Molnar *et al.*, (2019) melaporkan bahwa ikan kecil memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi dibanding ikan dewasa yang menyerang organ sirip, kulit, rongga perut dan mampu merusak pembuluh darah dan menyebabkan kulit menghitam (Plumb *et al.*, 2011; Dehghani *et al.*, 2012; Song *et al.*, 2014).



Gambar 7. Gejala klinis ikan patin yang terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*

SIMPULAN DAN SARAN

Nilai LD₅₀ ikan patin yang diinfeksi bakteri *Edwardsiella ictaluri* diperoleh pada konsentrasi 1,2x10⁸ CFU/mL, sedangkan pada bakteri *Aeromonas hydrophila* pada konsentrasi 1,8x10⁹ CFU/mL. Ikan patin siam hasil seleksi mempunyai daya tahan yang lebih tinggi terhadap paparan bakteri *Edwardsiella ictaluri* dan *Aeromonas hydrophila* dibandingkan ikan patin siam UPR

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengevaluasi mekanisme ketahanan ikan patin siam hasil seleksi terhadap infeksi bakteri melalui pendekatan fisiologis, imunologi, dan molekuler, seperti analisis respons imun, ekspresi gen terkait ketahanan penyakit, serta perubahan histopatologi organ target. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam program seleksi dan pengembangan strain ikan patin yang memiliki ketahanan

penyakit lebih baik untuk mendukung peningkatan produktivitas budidaya ikan patin.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdelhamed, H., Lawrence, M. L., & Karsi, A. (2017). The role of *Edwardsiella ictaluri* TonB mutant in *Edwardsiella ictaluri* virulence. *Frontiers in Physiology*, 8(DEC), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01066>
- Adeolu, M., Alnajjar, S., Naushad, S., & Gupta, R. S. (2016). Genome-based phylogeny and taxonomy of the ‘Enterobacteriales’: Proposal for enterobacterales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov., and

- Budviciaceae fam. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66(12), 5575–5599. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.001485>
- Andriyanto S., Tahapari, E dan Insan, I. 2012. Pendederan Ikan Patin Sebagai Pendukung Program Restocking di Waduk Malahayu–Brebes, Jawa Tengah. Prosiding Indoaqua - Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2012. Jakarta, pp 211 – 215.
- Arnold, T., Neubauer, H., Nikolaou, K., Roesler, U., & Hensel, A. (2004). Identification of *Yersinia enterocolitica* in Minced Meat: A Comparative Analysis of API 20E, *Yersinia* Identification Kit and a 16S rRNA-based PCR Method. *Journal of Veterinary Medicine Series B: Infectious Diseases and Veterinary Public Health*, 51(1), 23–27. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2003.00718.x>
- Austin B dan Austin DA. 1987. Bacterial Fish Pathogens : Disease in Farmed and Wild Fish. John Willy and Sons Ltd. England
- Bakiyev, S., Smekenov, I., Zharkova, I., Kobegenova, S., & Sergaliyev, N. (2022). Isolation , identification , and characterization of pathogenic *Aeromonas hydrophila* from critically endangered *Acipenser baerii*. *Aquaculture Reports*, 26(May), 101293. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101293>
- Carson, J., Wagner, T., Wilson, T., & Donachie, L. (2001). Miniaturized tests for computer-assisted identification of motile *Aeromonas* species with an improved probability matrix. *Journal of Applied Microbiology*, 90(2), 190–200. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01231.x>
- Carriero, M.M., Mendes Maia, A.A., Moro Sousa, R.L. and Henrique-Silva, F. (2016), Characterization of a new strain of *Aeromonas dhakensis* isolated from diseased pacu fish (*Piaractus mesopotamicus*) in Brazil. *J Fish Dis*, 39: 1285-1295. <https://doi.org/10.1111/jfd.12457>
- Chen H, Yuan G, Su J, Liu X. 2019. Hematological and immune genes responses in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) with septicemia induced by *Edwardsiella ictaluri*. *J Fish and Shellfish Immunology*. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.071>
- Chowdhury, M. A., & Roy, N. C. (2020). Probiotic supplementation for enhanced growth of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in cages. *Aquaculture Reports*, 18, 100504. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100504>
- Darmawan, B. D., & Rohaendi, O. E. (2014). Zoonosis : Infeksi penyakit ikan terhadap manusia akibat kesalahan manajemen dan penanganan ikan maupun produk olahannya. *Journal of Aquatropica Asia*, 1, 2–9.
- Dehghani, S., Akhlaghi, M., & Dehghani, M. (2012). Efficacy of formalin-killed, heat-killed and lipopolysaccharide vaccines against motile aeromonads infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Global Veterinaria*, 9(4), 409–415. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2012.9.4.6591>
- Eissa, N., & Wang, H. P. (2016). Transcriptional stress responses to environmental and husbandry stressors in aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 61–88. <https://doi.org/10.1111/raq.12081>
- Erickson VI, Khoi LM, Hounmanou YMG, Dung TT, Phu MT, Dalsgaard A. 2023. Comparative genomic analysis of *Aeromonas dhakensis* and *Aeromonas hydrophila* from diseased striped catfish fingerlings cultured in Vietnam. *Frontiers in Microbiology*. 14:1254781. doi:10.3389/fmicb.2023.1254781
- Fu, G. H., Liu, F., Xia, J. H., & Yue, G. H. (2014). The LBP gene and its association with resistance to *Aeromonas hydrophila* in *Tilapia*. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(12), 22028–22041. <https://doi.org/10.3390/ijms151222028>
- Gustiano, R. 2009. Pangasiid catfishes of Indonesia. *Buletin Plasma Nutfah* 15(2): 91-100.
- Hawke, J. P., McWhorter, A. C., Steigerwalt, A. G., & Brenner, D. J. (1981). *Edwardsiella ictaluri* sp. nov., the causative agent of enteric septicemia of catfish. *International Journal of Systematic*

- Bacteriology*, 31(4), 396–400.
<https://doi.org/10.1099/00207713-31-4-396>
- Hawke JP, Kent M, Rogge M, Baumgartner W, Wiles J, Shelley J, Savolainen LC, Wagner R, Murray K, Peterson TS. 2013. Edwardsiellosis Caused by *Edwardsiella ictaluri* in Laboratory Populations of Zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Aquatic Animal Health* 25(3): 171–183.
<https://doi.org/10.1018/08997659.2013.782226>
- Hoa, T. T. T., Boerlage, A. S., Duyen, T. T. M., Thy, D. T. M., Hang, N. T. T., Humphry, R. W., & Phuong, N. T. (2021). Nursing stages of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in Vietnam: Pathogens, diseases and husbandry practices. *Aquaculture*, 533(July 2020), 736114.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736114>
- Hussain Bhat, R. A., Thakuria, D., Dubey, M. K., Tandel, R. S., Sharma, P., Khangembam, V. C., Dash, P., Tripathi, G., & Sarma, D. (2021). Lethal dose and histopathological alterations induced by *Aeromonas salmonicida* in experimentally challenged common carp, *Cyprinus carpio*. *Microbial Pathogenesis*, 158(April), 105110.
<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105110>
- Kartamihardja, E. S., Purnomo, K., Koeshendrajana, S., Umar, C. 2011. Karakteristik limnologis, perkembangan populasi ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) introduksi dan perikanan di waduk wonogiri, jawa tengah. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia* 3(1), 37–50
- KKP, 2022. Kelautan dan Perikanan Dalam Angka Tahun 2022. Pusat Data, Statistik dan Informasi. Kementerian Kelautan Dan Perikanan. 348 hal.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2024. Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan 2023 Edisi ke-1. Jakarta: KKP Pr.
- Le, T. S., Nguyen, T. H., Vo, H. P., Doan, V. C., Nguyen, H. L., Tran, M. T., Tran, T. T., Southgate, P. C., & İpek Kurtböke, D. (2018). Protective effects of bacteriophages against *Aeromonas hydrophila* species causing motile aeromonas Septicemia (MAS) in striped catfish. *Antibiotics*, 7(1), 1–11.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics7010016>
- Lukistyowati, I. and Kurniasih, 2012. Pelacakan Gen Aerolysin dari *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Mas yang Diberi Pakan Ekstrak Bawang Putih. *Jurnal Veteriner*, 13(1), pp.43–50.
- Magnadottir, B. (2010). Immunological Control of Fish Diseases. *Mar Biotechnol* 12, 361–379
<https://doi.org/10.1007/s10126-010-9279-x>
- Mok, D., Nabulsi, R., & Chowdhury, S. (2018). Conformity evaluation checklists of API 20 E for ISO 15189:2012 internal auditing: An optimisation tool for medical laboratories. *New Zealand Journal of Medical Laboratory Science*, 72(3), 90–95.
<https://www.researchgate.net/publication/328876253>
- Nhinh, D.T., Le, D.V., Van, K.V., Huong Giang, N.T., Dang, L.T., Hoai, T.D., 2021. Prevalence, virulence gene distribution and alarming the multidrug resistance of *Aeromonas hydrophila* associated with disease outbreaks in freshwater aquaculture. *Antibiotics* 10 (5), 532. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01711.x>.
- Nusbaum KE, Morrison EE. 2002. *Edwardsiella ictaluri* bacteraemia elicits shedding of *Aeromonas hydrophila* complex in latently infected channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *J. of Fish Diseases*, 25:343–350.
- Noga EJ. 2000. *Fish Disease : Diagnosis and Treatment*. Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, Iowa. 366 hal.
- Payne, C. J., Grace, K., Phuong, V. H., Phuoc, N. N., Dung, T. T., Phuoc, L. H., & Crumlish, M. (2023). Exploring the genetic diversity of *Edwardsiella ictaluri* in Vietnamese striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) farms over a 20-year period. *Frontiers in Marine Science*, 10(December), 1–13.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1270968>
- Peterman, M. A., & Posadas, B. C. (2019). Direct Economic Impact of Fish Diseases

- on the East Mississippi Catfish Industry. *North American Journal of Aquaculture*, 81(3), 222–229. <https://doi.org/10.1002/naaq.10090>
- Phuoc, N. N., Richards, R., & Crumlish, M. (2020). Environmental conditions influence susceptibility of striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage) to *Edwardsiella ictaluri*. *Aquaculture*, 523(May 2019), 735226. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735226>
- Plumb, J. A., & Hanson, L. A. (2011). *Health maintenance and principal microbial diseases of cultured fishes* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Pouyaud, L., R. Gustiano and M. Legendre. 1998. Phylogenetic relationship among pangasiid catfish species (Siluriformes, Pangasiidae) and new insights on their zoogeography. In: M. Legendre and A. Parisele (eds.). *The Biological Diversity and Aquaculture of Clariid and Pangasiid Catfishes in South-East Asia*. Proceeding of The Mid-Term Workshop of the Catfish Asia Project, 11-15 May 1998. Cantho - Vietnam. Pp. 49-56
- Purwaningsih U, Novita H, Sugiani D, Andriyanto S. 2019. Identifikasi dan karakterisasi bakteri *Edwardsiella ictaluri* penyebab penyakit Enteric Septicemia of Catfish (ESC) pada ikan patin (*Pangasius* sp.). *Jurnal Riset Akuakultur* 14 (1): 47-57.
- Putri, F. A., Rahman, & Arif, M. M. (2022). Determination of LC50 and Clinical Symptoms of *Aeromonas hydrophila* Infection on the Fingerlings of Semah (Tor soro), the Indonesian Native Freshwater Fish. *E3S Web of Conferences*, 348. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234800019>
- Rathod NB, Pagarkar AU, Pujari KH, Shingare PE, Satam SB, Phadke GG, Gaikwad BV. 2018. Status of Valuable Components from *Pangasius*: A Review. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 7(4): 2106-2120. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.241>
- Samayanpaulraj, V., Sivaramapillai, M., Palani, S. N., Govindaraj, K., Velu, V., & Ramesh, U. (2020). Identification and characterization of virulent *Aeromonas hydrophila* Ah17 from infected *Channa striata* in river Cauvery and in vitro evaluation of shrimp chitosan. *Food Science and Nutrition*, 8(2), 1272–1283. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1416>
- Santos, Y., Romalde, J. L., Bandín, I., Magariños, B., Núñez, S., Barja, J. L., & Toranzo, A. E. (1993). Usefulness of the API-20E system for the identification of bacterial fish pathogens. *Aquaculture*, 116(2–3), 111–120. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90002-G](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90002-G)
- Semwal, A., Kumar, A., & Kumar, N. (2023). Heliyon Review article A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. *Heliyon*, 9(3), e14088. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14088>
- Shoemaker, C., Xu, D. H., LaFrentz, B., & LaPatra, S. (2015). Overview of fish immune system and infectious diseases. *Dietary Nutrients, Additives and Fish Health*, 1–24. <https://doi.org/10.1002/9781119005568.ch1>
- Song, X., Zhao, J., Bo, Y., Liu, Z., Wu, K., & Gong, C. (2014). *Aeromonas hydrophila* induces intestinal inflammation in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): An experimental model. *Aquaculture*, 434, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.08.015>
- Susandi, F., & Rosmawati, M. (2017). Increased Immunity of Giant Gouramy (*Osphronemus gouramy* Lac.) Fry Against *Aeromonas hydrophila* Bacteria Used Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Mina Sains*, 3(2), 1–12.
- Supriyadi, H., Widiyati, A., Sunarto, A., & Prihadi, T.H. 2005. Keragaan penyakit bacterial ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada keramba jaring apung (KJA) di Lokasi Berbeda, J. Pen. Perik. Indonesia 11(7): 35–41
- Susanti, W., Indrawati, A., & Pasaribu, F. H. (2016). Kajian patogenisitas bakteri *Edwardsiella ictaluri* pada ikan patin *Pangasionodon hypophthalmus*. *Jurnal*

- Akuakultur Indonesia*, 15(2), 99–107.
<https://doi.org/10.19027/jai.15.99-107>
- Triet TH, Tinh BT, Hau LV, Huong TV, Binh NQ. 2019. Development and potential use of an *Edwardsiella ictaluri* wzz mutant as a live attenuated vaccine against enteric septicemia in *Pangasius hypophthalmus* (Tra catfish). *Fish Shellfish Immunol.* 87: 87–95.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.01.005>
- Ugarte-Torres, A., Perry, S., Franko, A., & Church, D. L. (2018). Multidrug-resistant *Aeromonas hydrophila* causing fatal bilateral necrotizing fasciitis in an immunocompromised patient: A case report. *Journal of Medical Case Reports*, 12(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1186/s13256-018-1854-1>
- Yuasa K, Kholidin EB, Panigoro N, Hatai K. 2003. First isolation of *Edwardsiella ictaluri* from cultured striped catfish *Pangasius hypophthalmus* in Indonesia. *Fish Pathol* 38 (4): 181-183.