

Pengaruh Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dan Waktu Pengangkutan terhadap Respon Fisiologis Ikan Koi (*Cyprinus carpio* L.)

*Effect of Hydrogen Peroxide (H_2O_2) and Transportation Time on the Physiological Response of Koi Fish (*Cyprinus carpio* L.)*

Dien Uma Nurina^{1*}, Sinar Pagi Sektiana¹, I Ketut Sugama¹, Putu Angga Wiradana²

¹Study Program of Utilization of Fisheries Resources, Politeknik Ahli Usaha Perikanan Jakarta, Jakarta, Indonesia

²Research Group of Biological Health, Study Program of Biology, Faculty of Health and Science, Universitas Dhyana Pura, Bali, Indonesia

*Email: dien.nurina@gmail.com

Naskah diterima: 1 Agustus 2024, direvisi: 19 Juni 2025, disetujui: 16 Juli 2025

Abstract

Koi fish (*Cyprinus carpio* L.) is one of the introduced freshwater ornamental fish commodities, which is still a favorite on the international market and is a type of ornamental fish with high selling value with relatively stable prices. This study aims to investigate the effect of hydrogen peroxide administration and transportation time on the physiological response of koi fish as well as the interaction between hydrogen peroxide and transportation time. The method used was a Completely Randomized Factorial Design of two factors and three replications. Koi fish (length 10.70 ± 0.97 cm and weight 14.45 ± 0.21 grams, $n = 540$ fish) were used in this study. The first factor (A) is the concentration of H_2O_2 at six levels (A1) 0.15 ml/l, (A2) 0.35 ml/l, (A3) 0.55 ml/l, (A4) 0.75 ml/l, (A5) 0.95 ml/l, and (A6) control. Meanwhile, the second factor (B) has three levels of transportation time, namely (B1) 10 hours, (B2) 15 hours, (B3) 20 hours. The parameters measured were survival, cortisol levels, glucose, liver histology, post-transportation assessment, and water quality. The results showed that the interaction of hydrogen peroxide concentration and transportation time had a significant effect on survival, cortisol and glucose. Based on the test results, the best treatment was obtained in the A1B1 treatment with a hydrogen peroxide concentration of 0.15 ml/l and a transportation time of 10 hours, which resulted in survival of 100%, cortisol levels of 0.45 ng/ml, and glucose levels of 56.80 mg/dL, no tissue damage.

Keywords: *Cyprinus carpio* L.; fish welfare; live fish transportation; stress responses; survival rate

Abstrak

Ikan koi (*Cyprinus carpio* L.) merupakan salah satu komoditas ikan hias air tawar introduksi, yang sampai saat ini masih menjadi primadona di pasar internasional dan termasuk jenis ikan hias yang bernilai jual tinggi dengan harga yang relatif stabil. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh pemberian hidrogen peroksida dan waktu pengangkutan terhadap respon fisiologis ikan koi serta interaksi antara hidrogen peroksida dan waktu pengangkutan. Metode yang digunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dua faktor dan tiga kali ulangan. Ikan koi (panjang $10,70 \pm 0,97$ cm dan berat $14,45 \pm 0,21$ gram, $n = 540$ ekor) digunakan dalam penelitian ini. Faktor pertama (A) yaitu konsentrasi H_2O_2 sebanyak enam taraf (A1) 0,15 ml/l, (A2) 0,35 ml/l, (A3) 0,55 ml/l, (A4) 0,75 ml/l, (A5) 0,95 ml/l, dan (A6) kontrol. Sedangkan faktor kedua (B) waktu pengangkutan sebanyak tiga taraf yaitu (B1) 10 jam, (B2) 15 jam, (B3) 20 jam. Parameter yang diukur adalah sintasan, kadar kortisol, glukosa, histologi hati, penilaian pasca pengangkutan, dan kualitas air. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi hidrogen peroksida dan waktu pengangkutan berpengaruh nyata terhadap sintasan, kortisol, dan glukosa. Berdasarkan hasil pengujian, perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan A1B1 dengan konsentrasi hidrogen peroksida sebesar 0,15 ml/l dan waktu pengangkutan 10 jam, yang menghasilkan sintasan sebesar 100 %, kadar kortisol sebesar 0,45 ng/ml, dan kadar glukosa sebesar 56,80 mg/dL, tidak terdapat kerusakan pada jaringan.

Kata kunci: *Cyprinus carpio* L.; kesejahteraan ikan; respons terhadap stress; tingkat kelangsungan hidup; transportasi ikan hidup

Pendahuluan

Ikan koi (*Cyprinus carpio* L.) merupakan salah satu komoditas ikan hias air tawar dari hasil introduksi negara Jepang pada tahun 1991. Ikan koi saat ini masih menjadi primadona di pasar internasional dan termasuk jenis ikan hias yang bernilai jual tinggi dengan harga yang relatif stabil (Kusrini *et al.*, 2015). Ikan koi memiliki prospek yang baik dan keberlanjutan karena permintaan ikan koi saat ini mengalami peningkatan baik pasar lokal maupun ekspor (Stanivuk *et al.*, 2024; Tarihoran *et al.*, 2023). Pada tahun 2008 Indonesia menempati peringkat kelima sebagai eksportir ikan hias terbesar di dunia dengan pangsa pasar mencapai 7%, termasuk komoditas ikan koi. Ikan koi merupakan salah satu jenis ikan hias yang menyumbang 23,3% dari total ekspor pada tahun 2013 (Gusnaim, 2018). Pengangkutan ikan menggunakan moda transportasi merupakan bagian penting dalam aktivitas budidaya perikanan. Ikan mengalami stres berat selama transportasi, termasuk gesekan fisik, peningkatan kadar amonia, getaran, dan stres suhu, yang semuanya berdampak negatif, sehingga sangat penting untuk meningkatkan imunologi ikan dan anti-stres selama aktivitas transportasi berlangsung (Zheng *et al.*, 2021). Menentukan kepadatan ikan yang ideal untuk pengangkutan dapat menghasilkan tingkat kelangsungan hidup benih ikan yang dibawa lebih besar dan lingkungan perairan pengangkutan yang lebih bersih, sehingga menurunkan kerugian dalam proses pengangkutan (Bai *et al.*, 2024).

Pengangkutan sistem tertutup dapat digunakan untuk pengangkutan ikan jarak dekat maupun jauh (Ebrahimzadeh Mousavi *et al.*, 2023; Thongprajukaew *et al.*, 2023; Yousefi *et al.*, 2022). Pengangkutan jarak jauh harus tetap memperhatikan kondisi lingkungan dalam kemasan sehingga dapat meminimalisir

tingkat stress yang dialami oleh ikan (Kamalam *et al.*, 2017). Begitu pula dengan lama waktu pengangkutan sangat mempengaruhi kondisi lingkungan dalam wadah pemeliharaan (Harmon, 2009). Kekurangan dari sistem pengangkutan tertutup salah satunya adalah media air yang tidak dapat bersentuhan dengan udara langsung (tidak ada difusi oksigen dari udara) sehingga mengurangi suplai oksigen tambahan yang dapat dimanfaatkan oleh ikan, tidak dapat dilakukan pergantian air, dan memerlukan kecermatan dalam memperhitungkan kebutuhan oksigen dengan lama waktu perjalanan (Jalila *et al.*, 2021). Selain itu, masalah lainnya yang dihadapi antara lain adalah sulitnya mendapatkan benih ikan koi dengan kondisi fisiologis yang tetap baik dalam pengangkutan dengan jarak tempuh dan waktu pengangkutan yang cukup lama (Hemal *et al.*, 2017).

Permasalahan yang seringkali dihadapi saat pengiriman ikan adalah tingkat kelulusan hidupan yang relatif rendah yang disebabkan minimnya kadar oksigen terlarut dalam kemasan. Di sisi lain, kematian ikan pada sistem pengangkutan juga akibat dari tingginya kadar CO₂, akumulasi amoniak, ikan terlalu aktif, infeksi patogen, luka fisik akibat penanganan yang tidak tepat, dan waktu yang cukup lama saat perjalanan menuju lokasi budidaya (Manullang, 2019). Aktivitas pengangkutan dengan populasi ikan dengan kepadatan lebih tinggi meningkatkan kemungkinan gesekan fisik dan respons stres yang diakibatkannya (Fang *et al.*, 2023; Gomes *et al.*, 2003; Portz *et al.*, 2006). Hal ini pada akhirnya berdampak buruk pada kesehatan fisiologis, respons imunologis, dan kinerja pertumbuhan, serta meningkatkan kematian ikan dan mengakibatkan kerugian yang signifikan bagi pembudidaya (Hasimuna *et al.*, 2021). Dalam kondisi stress, ikan mengalami reaksi biokimia, termasuk reaksi tingkat pertama

seperti peningkatan kadar katekolamin dan kortisol, reaksi tingkat kedua seperti aksi hormon pada tingkat jaringan, dan reaksi tingkat ketiga seperti perubahan konsentrasi, kinerja jangka panjang, perubahan perilaku, dan ketahanan terhadap penyakit (Varela *et al.*, 2010). Sistem endokrin dan neurologis berperan dalam reaksi stres, yang memengaruhi jalur metabolisme. Oleh karena itu, sangat penting untuk meneliti variabel-variabel yang menghasilkan respons stres, serta perubahan indeks biokimia darah dan fungsi kekebalan ikan selama pengangkutan hidup (Liu *et al.*, 2022).

Pada kegiatan budidaya, hidrogen peroksida umumnya digunakan untuk mengatasi infeksi jamur pada telur ikan, dan mengontrol bakteri dan parasit pada ikan budidaya (Escobar-Lux *et al.*, 2020; Escobar-Lux & Samuelsen, 2020). Hidrogen peroksida (H_2O_2) di alam ditemukan pada hampir seluruh permukaan air yang terpapar sinar ultraviolet dalam bentuk *dissolved organic carbon* (DOC) (Moreno, 2012; Sarathy & Mohseni, 2010; Ueki *et al.*, 2020). Hidrogen peroksida memiliki sifat alami mudah larut dalam air maupun oksigen. Proses degradasi tersebut melalui beberapa mekanisme diantaranya reduksi kimiawi dan secara enzimatis berupa dekomposisi oleh alga, zooplankton, dan bakteri heterotropik (Schmidt *et al.*, 2006 dalam Andriyanto *et al.*, 2018). Hidrogen peroksida termasuk oksidator kuat dengan memiliki bentuk cair dan berwarna bening, lebih kental daripada air, lebih kuat dari klorin, klorin dioksida dan kalium permanganate (Krupińska, 2020). Sifat hidrogen peroksida yang sangat reaktif dapat menyebabkan perubahan respon fisiologis ikan (Chen *et al.*, 2009; Chen & Yeh, 2006; Qiao *et al.*, 2017). Namun, pengaruh variasi konsentrasi H_2O_2 dan waktu pengangkutan terhadap respon stress dan kelangsungan hidup ikan koi masih belum diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh pemberian H_2O_2 dan waktu pengangkutan terhadap respon stress dan kelangsungan hidup ikan koi (*C. carpio*). Implikasi dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu transportasi dan konsentrasi terpilih untuk spesies ikan hias, yang dapat mengurangi biaya transportasi sekaligus meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ikan

koi. Penelitian ini memberikan bukti ilmiah untuk menentukan konsentrasi terpilih dan durasi pengangkutan terhadap sintasan dan penurunan tingkat stress ikan koi yang optimal dalam praktik budidaya perikanan.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023 di Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Pengujian sampel darah dan organ liver akan dilakukan di CV. Gamma Scientific Biolab dan Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.

Ikan uji yang digunakan adalah ikan koi (*C. rubrofasciatus*) berukuran $10,70 \pm 0,97$ cm dan berat $14,45 \pm 0,21$ g sebanyak 540 ekor. Ikan uji dilakukan pengemasan dengan kantong plastik kapasitas volume 10 liter yang diisi sebanyak 3 liter air bersih dan dimasukkan sebanyak 10 ekor setiap kantong. Sebanyak 5 kantong kelompok perlakuan ditambahkan hidrogen peroksida dengan konsentrasi yang berbeda dan 1 kemasan tanpa dosis perlakuan (kontrol). Kelompok perlakuan pada penelitian ini sebagai berikut:

Faktor A: Konsentrasi Hidrogen peroksida

1. Perlakuan A1 dengan konsentrasi 0,15 ml/l
2. Perlakuan A2 dengan konsentrasi 0,35 ml/l
3. Perlakuan A3 dengan konsentrasi 0,55 ml/l
4. Perlakuan A4 dengan konsentrasi 0,75 ml/l
5. Perlakuan A5 dengan konsentrasi 0,95 ml/l
6. Perlakuan A6 merupakan kontrol

Faktor B: Waktu pengangkutan

1. Perlakuan B1 dengan waktu pengangkutan 10 jam
2. Perlakuan B2 dengan waktu pengangkutan 15 jam
3. Perlakuan B3 dengan waktu pengangkutan 20 jam

Setiap interval 0, 10, 15, dan 20 jam dilakukan pengecekan kualitas air yaitu oksigen terlarut, suhu, dan pH air kemasan. Pada waktu tersebut juga dilakukan pengambilan sampel darah dan organ hati. Setelah selesai dilakukan pemeliharaan untuk diuji parameter pasca pengangkutan. Parameter fisiologis yang diukur adalah sintasan, kadar kortisol, glukosa, histologi hati, dan kualitas air. Jumlah ikan uji

yang digunakan untuk setiap kali analisis adalah 54 ekor.

Prosedur dalam pengangkutan ikan dilakukan dengan sistem tertutup yaitu kantong plastic (2 lapis) dengan kapasitas volume 10 liter diisi air sebanyak 3 liter, lalu sebanyak 10 benih ikan koi yang telah diseleksi sebelumnya melalui prosedur sortir, grading, dan pemberokan dimasukkan ke dalam masing – masing kantong plastik secara aseptis. Udara dalam kantong plastic dihilangkan dengan menekan kantong ke permukaan air. Kemudian diberikan tambahan hydrogen peroksida untuk tiap kantong yang disesuaikan dengan kelompok perlakuan, yaitu sebanyak 5 kantong diisi dosis perlakuan dan 1 kantong tanpa perlakuan (kontrol). Setiap kantong diisi dengan suplai oksigen yang berasal dari tabung oksigen dengan kadar optimal sebesar 5 mg/L. Plastic diikat dan diposisikan membujur dengan suhu berkisar 20 - 25°C. Pengangkutan ikan diangkut menggunakan mobil selama 10 jam, 15 jam, dan 20 jam. Setiap 0, 10, 15, 20 jam dilakukan pengecekan kualitas air yaitu oksigen terlarut, suhu dan pH air kemasan dan dilakukan pengecekan ikan secara visual. Ikan diambil sebanyak 1 ekor untuk pengambilan sampel darah dan organ hati setiap 10, 15, 20 jam. Benih ikan yang mengalami kematian segera dipisahkan dari kelompok. Tahap akhir, benih ikan dipindahkan ke kolam pemeliharaan pasca proses pengangkutan. Masa pemeliharaan benih dilakukan selama 7 hari. Parameter yang diamati pada masa pemeliharaan meliputi bentuk tubuh dan ukuran, warna, corak, sirip, pergerakan, dan kesehatan ikan. Pengamatan ini dilakukan secara visual oleh responden tenaga ahli dari penyuluh perikanan Kabupaten Tegal menggunakan kuisioner penilaian.

Pengambilan sampel darah menggunakan *syringe* ukuran 1 ml (Terumo, Japan), pengambilan darah dilakukan pada bagian *linea lateralis*. Posisi jarum 45° pada saat pengambilan darah, kemudian ditarik secara perlahan-lahan sampai darah masuk ke dalam *syringe*. Selanjutnya sampel darah dimasukkan ke dalam *Eppendorf* (OneMed, Indonesia) yang sudah diberi EDTA sebagai antikoagulan. Sebagian darah yang didapat digunakan untuk mengukur kadar kortisol dan sebagian lagi digunakan untuk mengukur glukosa. Pengukuran

parameter kortisol menggunakan metode RIA (*radioimmuno assay*). Pengujian ini dilakukan sesuai prosedur kerja sebagai berikut yaitu

1. Setiap sumuran microplate ditandai sesuai nomor sampel, selanjutnya ditambahkan 50 µl dari masing-masing control standar sesuai dengan penomoran dan ditambahkan 40 µl serum sampel ke dalam sumuran yang sesuai dengan penomoran.
2. Tahap berikutnya adalah penambahan sebanyak 10 µl antibody kortisol (*monoclonal*) dan 50 µl konjugat enzim ke dalam masing-masing sumuran dan ditutup. Proses pencampuran dilakukan menggunakan *shacker* selama 10 detik agar tercampur dengan baik.
3. Selanjutnya dilakukan inkubasi selama 60 menit pada suhu 37° C. Setelah masa inkubasi berlangsung, kemudian isi dari sumuran dikeluarkan dan microplate dibilas dengan larutan pencuci sebanyak 5 kali. Berikutnya sebanyak 50 µl larutan substrat ditambahkan ke dalam setiap sumuran dan diinkubasi kembali selama 10 menit pada suhu kamar.
4. Tahap akhir dilakukan penambahan 50 µl stop solution pada setiap sumuran untuk menghentikan reaksi enzimatik dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian hasilnya dianalisa menggunakan *ELISA reader* pada *Optical Density* (OD) 450 nm (Sadoul & Geffroy, 2019).

Analisis kadar glukosa darah menggunakan alat glukometer. Singkatnya, sampel darah ikan diambil sebanyak 1 ml menggunakan spuit dan sampel darah segera dianalisis dengan alat test GlucoDr. Alat tes GlucoDr dan strip GlucoDr merupakan alat yang digunakan untuk pengujian mandiri dari luar tubuh yang digunakan dalam pengukuran kadar glukosa dalam kapiler segar. Glukometer ini secara otomatis akan hidup ketika glucose test strip dimasukan ke alat. Sampel darah yang berada di spuit segera dimasukkan ke strip, kemudian strip dimasukkan ke alatnya. Hasil tes pengukuran akan muncul sekitar 10-15 detik.

Pengujian histopatologi hati mengikuti prosedur dari penelitian Pratiwi & Manan (2015). Pengambilan organ hati dilakukan

dengan membedah bagian tubuh ikan dimulai dari lubang anus hingga ke bagian sirip dada, kemudian memisahkan hati ikan. Organ tersebut kemudian diawetkan dengan formalin (Merck, Germany). Prosedur pembuatan preparate histopatologi pada ikan terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap fiksasi, dehidrasi, parafinasi, deparafinasi, pewarnaan, dehidrasi dan mounting.

Analisa data

Analisis data sintasan pengangkutan, kadar kortisol, kadar glukosa, dan kualitas air dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 26. Olah data dengan uji Analisa sidik ragam yaitu jika hasil sidik ragam diketahui perlakuan faktor A dan B menunjukkan hasil yang berbeda nyata atau sangat nyata maka dilakukan uji lanjut yang disebut uji *Tukey* atau disebut juga uji beda nyata jujur atau HSD (*honestly significant difference*). Uji lanjut ini dilakukan untuk menentukan kelompok perlakuan yang memberikan respon beda nyata dari interaksi antar perlakuan, sehingga diperoleh hasil interaksi antar perlakuan yang memiliki pengaruh terhadap respon yang diuji. Jika perlakuan interaksi tidak beda nyata, maka dilanjutkan hanya pada perlakuan faktor A dan faktor B. Parameter histopatologi dianalisis secara deskriptif pada tiap kelompok perlakuan. Hasil analisis data ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, dan gambar.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa persentase sintasan tertinggi secara berturut-turut pada perlakuan (A1) 0,15 ml/l dan (A2) 0,35 ml/l yaitu sebesar 100 % pada waktu pengangkutan (B1) 10 jam, (B2) 15 jam, dan (B3) 20 jam. Sedangkan sintasan terendah secara berturut-turut pada perlakuan A6 (kontrol atau tanpa perlakuan) pada waktu pengangkutan (B3) 20 jam yaitu sebesar 60% , A4 (0,75 ml/l) pada waktu pengangkutan (B3) 20 jam sebesar 80 % dan A3 (0,55 ml/l) pada waktu pengangkutan (B3) 20 jam sebesar 86,67 persen.

Perubahan kadar kortisol pada perlakuan A4 (0,75 ml/l) pada waktu pengangkutan (B1) 10 jam yaitu sebesar $1,08 \pm 0,06$ ng/ml yang menunjukkan nilai sangat signifikan jika dibandingkan dengan kelompok perlakuan lainnya. Begitu pula dengan kadar glukosa (Tabel 1) yang menunjukkan terjadinya peningkatan pada perlakuan A4 (0,75 ml/l) pada waktu pengangkutan B2 (15 jam) yaitu sebesar $109,30 \pm 0,29$ mg/dL. Hal ini sejalan dengan adanya peningkatan kadar kortisol pada perlakuan tersebut. Peningkatan kadar glukosa dan kortisol pada kelompok A4 sebelum tahap pengangkutan dapat dianggap sebagai peristiwa stress fisiologis jangka pendek, dengan kemungkinan efek sub-lethal yang dipengaruhi oleh ukuran ikan, metode handling, dan paparan udara pada saat pengambilan sampel darah

Tabel 1. Nilai Rerata dan Hasil Uji Lanjut Tukey Parameter Sintasan, Kadar Kortisol, dan Glukosa benih ikan koi

Parameter	Perlakuan	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Rerata
Sintasan	B1	100,00	100,00	96,67	86,67	90,00	86,67	93,33
	B2	100,00	100,00	90,00	83,33	90,00	86,67	91,67
	B3	100,00	93,33	86,67	80,00	90,00	60,00	85,00
	Rerata	100,00a	97,78a	91,11b	83,33bc	90,00bc	77,78c	90,00
	B1	0,45	0,55	0,67	1,08	0,67	0,76	0,69
Kortisol	B2	0,44	0,55	0,56	0,83	0,57	0,52	0,58
	B3	0,46	0,56	0,83	0,63	0,39	0,55	0,57
	Rerata	0,45a	0,55ab	0,69ab	0,85c	0,54a	0,61b	0,61
	B1	56,8	64,60	91,60	106,97	67,10	72,70	76,62
	B2	66,40	70,43	84,27	109,30	71,30	77,00	79,80
Glukosa	B3	69,30	77,90	97,57	112,03	71,57	80,97	84,89
	Rerata	64,17a	70,98ab	91,15bc	109,43ab	70,00bc	77,00b	80,40

Keterangan: A: Konsentrasi hidrogen peroksida A1 (0,15 ml/l); A2 (0,35 ml/l); A3 (0,55 ml/l); A4 (0,75 ml/l); A5 (0,95 ml/l); A6 (Kontrol). B: Waktu pengangkutan B1 (10 jam); B2 (15 jam); B3 (20 jam). Notasi huruf pada baris yang berbeda pada tiap kelompok perlakuan menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$) berdasarkan hasil uji Tukey.

(Cooke & Suski, 2004; Pinder *et al.*, 2019). Reaksi stress terhadap metode *handling* yang tidak tepat terhadap ikan dapat dinilai melalui perubahan kimia darah (Luttrell & Halliwill, 2017). Ketika ikan terkena stressor, kadar kortisolnya dapat meningkat (Carbajal *et al.*, 2018).

Pada Tabel 2 menjelaskan mengenai hasil penilaian pasca pengangkutan benih ikan koi pada penelitian ini. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penilaian pasca pengangkutan berupa pengamatan secara visual bentuk tubuh dan ukuran, warna, corak, sirip, pergerakan, dan kesehatan ikan. Hasil penilaian pasca pengangkutan diperoleh rerata sebesar 72,00 dan nilai sintasan antara 83,3 % – 96,67 %.

Stres dari benih ikan koi dapat berdampak buruk pada pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan kualitas warnanya, serta merupakan penyebab mudahnya terinfeksi oleh agen patogen (Daskalova, 2019). Infeksi patogen (Triki *et al.*, 2016; Wiradana *et al.*, 2019, 2023) dan faktor pemicu stress lingkungan seperti kualitas air yang buruk (Riandi *et al.*,

2021; Zarantoniello *et al.*, 2021), penanganan (T. Ellis *et al.*, 2004), kebisingan (Mickle & Higgs, 2018), dan kepadatan yang berlebihan (Odhiambo *et al.*, 2020) umumnya mampu menginduksi respons stress pada ikan. Nilai persentase sintasan benih ikan koi pada pasca pengangkutan masih tergolong tinggi, namun memiliki aspek fisik yang cenderung menurun. Hal ini tentunya dapat menurunkan nilai jual dari ikan koi. Selain menurunkan performa ikan koi pada kolam pemeliharaan, benih ikan akan lebih mudah terinfeksi oleh patogen. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ikan koi yang ditransportasikan ke Blitar lebih mudah terinfeksi penyakit parasite seperti *Trichodina*, *Dactylogyrus*, *Gyrodactylus*, *Myxobolus*, *Thelohanellus*, *Ichthyophthirius*, dan *Argulus* sekaligus berkorelasi dengan peningkatan profil glukosa ikan (Afiyah *et al.*, 2023). Peningkatan kortisol ikan rainbow trout dan salmon Atlantik yang diinjeksi virus Viral Haemorrhagic Septicaemia dan *Aeromonas salmonicida* meningkat 5-7 hari pasca uji tantang. Eksperimen dari penelitian tersebut

Tabel 2. Hasil penilaian sintasan dan aspek fisik benih ikan koi pasca pengangkutan

A5	Jumlah tebar Ikan (ekor)	Sintasan (%)	Penilaian Aspek Fisik Pasca Angkut	A5 Kriteria
A1B1	30	96,67	72,00	Tinggi
A1B2	30	93,33	71,83	Tinggi
A1B3	30	93,33	71,17	Tinggi
A2B1	30	93,33	71,67	Tinggi
A2B2	30	93,33	70,00	Tinggi
A2B3	28	93,33	72,00	Tinggi
A3B1	29	93,33	71,67	Tinggi
A3B2	27	93,33	72,00	Tinggi
A3B3	26	93,33	72,00	Tinggi
A4B1	26	93,33	72,00	Tinggi
A4B2	25	90,00	70,00	Tinggi
A4B3	24	90,00	70,00	Tinggi
A5B1	27	90,00	71,83	Tinggi
A5B2	27	90,00	71,17	Tinggi
A5B3	27	90,00	71,17	Tinggi
A6B1	26	90,00	71,17	Tinggi
A6B2	26	86,67	71,17	Tinggi
A6B3	18	83,33	70,00	Tinggi
Total Tebar (ekor)	486			

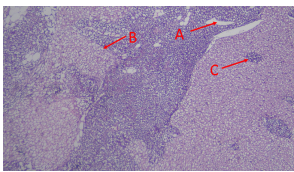
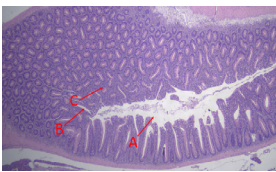
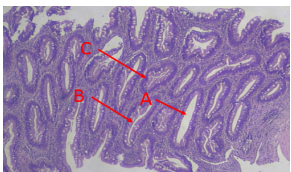
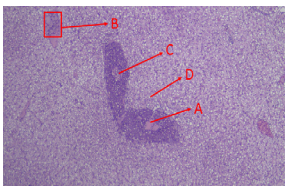
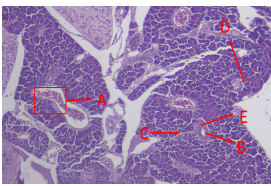
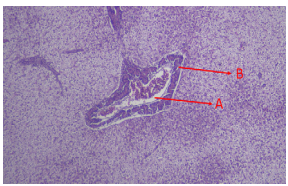
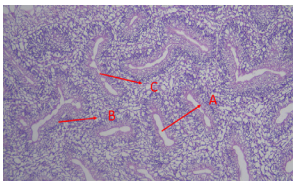
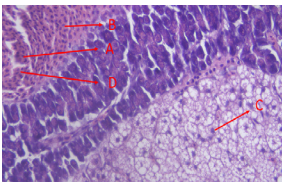
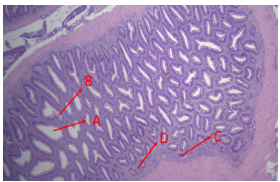
menegaskan bahwa respons kortisol ikan diakibatkan oleh infeksi patogen (Tim Ellis *et al.*, 2007).

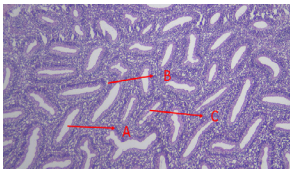
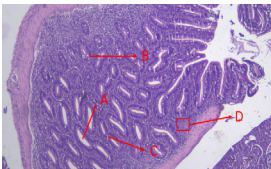
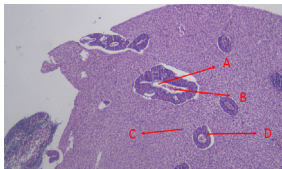
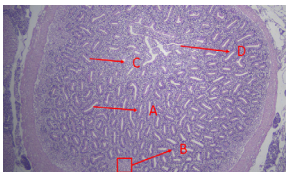
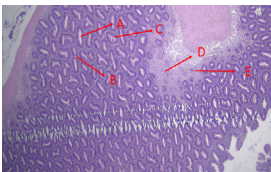
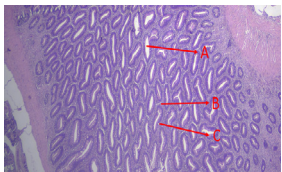
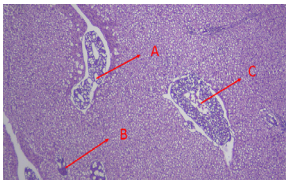
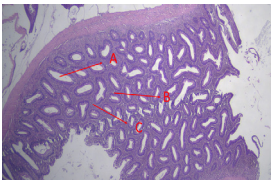
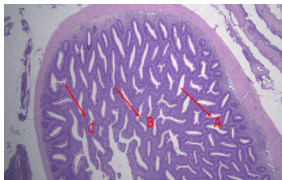
Kerusakan jaringan hepar pada benih ikan koi diperlihatkan oleh kelompok perlakuan A4 (dosis H_2O_2 0,75 ml/l) pada jam ke-10 (B1). Kerusakan hepar diperlihatkan dengan hepatosit mengalami fibrosis, sedangkan pada jam ke-15 (B2) memperlihatkan hepatosit mengalami nekrosis dan jam ke-20 (B3) terjadi degenerasi lipid. Kerusakan hepar pada kelompok perlakuan A4 sesuai dengan peningkatan kadar kortisol dan glukosa. Kerusakan jaringan hepar juga diperlihatkan oleh kelompok perlakuan A5 (0,95 ml/l) pada jam ke-15 (B2). Sedangkan, kelompok A1 (0,15 ml/l) pada jam ke-10 (B1)

hingga jam ke-20 (B3) tidak menunjukkan kerusakan jaringan hepar (Tabel 3).

Jaringan hepar pada benih ikan koi kelompok A1 menunjukkan kondisi kesehatan yang masih baik, tanpa adanya lesi pada sampel jaringan yang dihasilkan (Guo *et al.*, 2023). Degenerasi lipid pada jaringan hepar menunjukkan terjadinya kerusakan sitoplasma termasuk atrofi, nekrosis sel dan menurunnya jumlah sel hepatosit (Jafar nodeh *et al.*, 2024). Hepatosit normal memiliki bentuk sel bulat dan oval serta meliputi lempeng hepatosit. Hati berfungsi sebagai organ target utama bagi banyak racun dan toksikan karena terus-menerus terpapar zat kimia yang tertelan dari lambung dan beredar dalam sirkulasi. Oleh karena fungsinya dalam

Tabel 3. Gambaran histopatologi hepar dari benih ikan koi berdasarkan pemberian variasi konsentrasi Hidrogen Peroksida dan waktu pengangkutan.

Konsentrasi Hidrogen peroksida	Waktu Pengangkutan		
	B1 (10 jam)	B2 (15 jam)	B3 (20 jam)
A1 (0,15 ml/l)	 A. Central vena B. Sinusoid C. Hepatosit normal	 A. Central vena B. Sinusoid C. Sel Hepatosit	 A. Central vena B. Sinusoids C. Edema
A2 (0,35 ml/l)	 A. Edema B. Nekrosis C. Infiltrasi limfosit D. Sinusoid	 A. Sel hepatosit abnormal B. Central vein C. Infiltrasi limfosit D. Sinusoid E. Nekrosis	 A. Fatty degeneration B. Saluran portal diselubungi limfosit
A3 (0,55 ml/l)	 A. Central vein B. Sinusoid C. Infiltrasi limfosit	 A. Hepatosit normal B. Nekrosis C. Fibrosis D. Fatty degeneration	 A. Central vein B. Sinusoid C. Edema D. Infiltrasi limfosit

A4 (0,75 ml/l)	 A. Central vein B. Sinusoid C. Hepatosit mengalami fibrosis	 A. Central vein B. Edema C. Infiltrasi limfosit D. Hepatosit mengalami nekrosis	 A. Central vein B. Sel hepatosit mengalami nekrosis C. Pembengkakan akibat degenerasi lipid D. Infiltrasi limfosit
A5 (0,95 ml/l)	 A. Central vein B. Nekrosis C. Edema D. Infiltrasi limfosit	 A. Central vein B. Infiltrasi limfosit C. Edema D. Nekrosis E. Degenerasi lipid dan fibrosis	 A. Central vein B. Infiltrasi limfosit C. Edema
A6 (Kontrol)	 A. Central vein B. Edema C. Sel hepatosit mengalami nekrosis	 A. Central vein B. Degenerasi lipid C. Infiltrasi limfosit	 A. Central vein B. Degenerasi lipid C. Nekrosis sel hepatosit

detoksifikasi dan metabolisme, hati sangat rentan terhadap kerusakan akibat zat kimia beracun (Cheng *et al.*, 2021). Penelitian sebelumnya menyebutkan sifat dari senyawa H₂O₂ yang banyak digunakan sebagai agen pengoksidasi yang efektif menginduksi stress oksidatif karena metabolismenya yang sangat mudah menjadi radikal hidroksil yang sangat reaktif menyerang molekul organik, termasuk hepatosit dari ikan kerapu (*Lateolabrax maculatus*) (Wang *et al.*, 2021). Secara keseluruhan tingkat sintasan dari benih ikan koi masih tinggi setelah diberikan perlakuan hydrogen peroksida dengan beberapa konsentrasi. Namun, beberapa perubahan dalam kadar kortisol, gula darah, dan histopatologi hepar di antara perlakuan telah terdeteksi, sehingga ikan masih memerlukan waktu untuk dapat memulihkan fungsi fisiologis dan komposisi seluruh tubuhnya setelah kegiatan pengiriman dilakukan.

Kesimpulan

Penelitian ini mengkaji efek pemberian hydrogen peroksida (H₂O₂) terhadap respon fisiologis benih ikan koi berdasarkan lama waktu pengangkutan. Terdapat interaksi konsentrasi hydrogen peroksida dan waktu pengangkutan yang berpengaruh nyata terhadap sintasan, kadar kortisol, dan glukosa pada benih ikan koi. Kelompok perlakuan A1B1 dengan konsentrasi hydrogen peroksida sebesar 0,15 ml/l dan waktu pengangkutan selama 10 jam mampu menghasilkan sintasan sebesar 100 %, kadar kortisol sebesar 0,45 ng/ml dan glukosa sebesar 56,80 mg/dl pada benih ikan koi. Tidak terdapat kerusakan pada jaringan hepar pada kelompok perlakuan A1B1 pada penelitian ini. Temuan ini menjelaskan respon fisiologis benih ikan koi terhadap pemberian hydrogen peroksida sebesar 0,15 ml/l merupakan dosis terbaik, sehingga mampu diterapkan untuk pengiriman benih ikan koi pada skala lapang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Pelatihan dan Penyuluhan Tegal yang telah mendukung penelitian ini dengan memberikan fasilitas pendukung dan bimbingan teknis.

Daftar Pustaka

- Afiyah, Fira, M. D., Santanumurti, M. B., Jamal, M. T., Muttaqin, A., Subekti, S., & Sari, P. D. W. (2023). Blood glucose profile as a rapid method for observing Koi carp (*Cyprinus carpio*) health status - case study of ectoparasites in Blitar, Indonesia. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 32(2). <https://doi.org/10.1590/s1984-29612023019>
- Andriyanto, S., Purwaningsih, U., Sinansari, S., & Widyastuti, Y. R. (2018). Efektivitas Hidrogen Peroksida Dalam Pengendalian Infeksi Ektoparasit Lele *Clarias gariepinus* Pada Ika. *Media Akuakultur*, 13(1), 49–57.
- Bai, C., Qi, X., Wang, Z., Wang, J., Qiu, L., Li, H., Zu, X., Li, H., Xiong, G., & Liao, T. (2024). Effect of density stress on the physiological, biochemical, and immunological parameters of juvenile *Pelteobagrus fulvidraco* during simulated transportation. *Aquaculture Reports*, 34, 101911. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101911>
- Carbajal, A., Monclús, L., Tallo-Parra, O., Sabes-Alsina, M., Vinyoles, D., & Lopez-Bejar, M. (2018). Cortisol detection in fish scales by enzyme immunoassay: Biochemical and methodological validation. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(4), 967–970. <https://doi.org/10.1111/jai.13674>
- Chen, J.-J., & Yeh, H.-H. (2006). Comparison of the effects of ozone and permanganate preoxidation on algae flocculation. *Water Supply*, 6(3), 79–88. <https://doi.org/10.2166/ws.2006.796>
- Chen, J.-J., Yeh, H.-H., & Tseng, I.-C. (2009). Effect of ozone and permanganate on algae coagulation removal – Pilot and bench scale tests. *Chemosphere*, 74(6), 840–846. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.10.009>
- Cheng, C.-H., Ma, H.-L., Liu, G.-X., Deng, Y.-Q., Feng, J., Jie, Y.-K., & Guo, Z.-X. (2021). Oxidative stress, DNA damage, and cellular response in hydrogen peroxide-induced cell injury of mud crab (*Scylla paramamosain*). *Fish & Shellfish Immunology*, 114, 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.04.015>
- Cooke, S. J., & Suski, C. D. (2004). Are circle hooks an effective tool for conserving marine and freshwater recreational catch-and-release fisheries? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14(3), 299–326. <https://doi.org/10.1002/aqc.614>
- Daskalova, A. (2019). Farmed fish welfare: stress, post-mortem muscle metabolism, and stress-related meat quality changes. *International Aquatic Research*, 11(2), 113–124. <https://doi.org/10.1007/s40071-019-00230-0>
- Ebrahimzadeh Mousavi, H., Taheri Mirghaed, A., Hoseini, S. M., Ghelichpour, M., Aghaei Moghaddam, A., Gharavi, B., & Aydın, B. (2023). Myrcene as water conditioner, stress-reducing and antioxidant agent in transportation of common carp, *Cyprinus carpio*, with plastic bags. *Aquaculture Reports*, 28, 101458. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101458>
- Ellis, T., James, J. D., Stewart, C., & Scott, A. P. (2004). A non-invasive stress assay based upon measurement of free cortisol released into the water by rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 65(5), 1233–1252. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00499.x>
- Ellis, Tim, Bagwell, N., Pond, M., Baynes, S., & Scott, A. P. (2007). Acute viral and bacterial infections elevate water cortisol concentrations in fish tanks. *Aquaculture*, 272(1–4), 707–716. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.07.235>
- Escobar-Lux, R. H., Parsons, A. E., Samuelsen, O. B., & Agnalt, A.-L. (2020). Short-term exposure to hydrogen peroxide induces

- mortality and alters exploratory behaviour of European lobster (*Homarus gammarus*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 204, 111111. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111111>
- Escobar-Lux, R. H., & Samuelson, O. B. (2020). The Acute and Delayed Mortality of the Northern Krill (*Meganyctiphanes norvegica*) When Exposed to Hydrogen Peroxide. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105(5), 705–710. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02996-6>
- Fang, D., Mei, J., Xie, J., & Qiu, W. (2023). The Effects of Transport Stress (Temperature and Vibration) on Blood Biochemical Parameters, Oxidative Stress, and Gill Histomorphology of Pearl Gentian Groupers. *Fishes*, 8(4), 218. <https://doi.org/10.3390/fishes8040218>
- Gomes, L. C., Roubach, R., Araujo-Lima, C. A. R. M., Chippari-Gomes, A. R., Lopes, N. P., & Urbinati, E. C. (2003). Effect of Fish Density During Transportation on Stress and Mortality of Juvenile Tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(1), 76–84. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00041.x>
- Guo, Q., Li, T., Qu, Y., Liang, M., Ha, Y., Zhang, Y., & Wang, Q. (2023). New research development on trans fatty acids in food: Biological effects, analytical methods, formation mechanism, and mitigating measures. *Progress in Lipid Research*, 89, 101199. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2022.101199>
- Gusnaim, A. (2018). *Analisis Sistem Pemasaran Ikan Koi (Cyrprinus Carpio) di Kabupaten Blitar, Jawa Timur*. Universitas Brawijaya.
- Harmon, T. S. (2009). Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 58–66. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01003.x>
- Hasimuna, O. J., Monde, C., Bhole, I., Maulu, S., & Chibesa, M. (2021). The efficacy of sodium bicarbonate as an anaesthetic agent in *Oreochromis macrochir* juveniles. *Scientific African*, 11, e00668. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00668>
- Hemal, S., Uddin, M. S., Uddin, M. S., Majumdar, B. C., Rasul, M. G., & Alam, M. T. (2017). Present status and problems of fish seed marketing in Sylhet district, Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 4(1), 45–54. <https://doi.org/10.3329/ralf.v4i1.32405>
- Jafarnodeh, H., Ghelichi, A., Jorjani, S., & Akrami, R. (2024). The effect of partial replacement of calf fat and canola oil instead of dietary fish oil on growth performance, liver tissue, liver enzymes and chemical composition of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Reports*, 36, 102097. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102097>
- Jalila, R. S., Scabra, A. R., & Cokrowati, N. (2021). Pengaruh Perbedaan Warna Wadah pada Performa Produksi Ikan Koi (*Cyprinus carpio*). *Indonesian Journal of Aquaculture Medium*, 1(2), 83–97.
- Kalam, B. S., Patiyal, R. S., Rajesh, M., Mir, J. I., & Singh, A. K. (2017). Prolonged transport of rainbow trout fingerlings in plastic bags: Optimization of hauling conditions based on survival and water chemistry. *Aquaculture*, 480, 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.012>
- Krupińska, I. (2020). Impact of the Oxidant Type on the Efficiency of the Oxidation and Removal of Iron Compounds from Groundwater Containing Humic Substances. *Molecules*, 25(15), 3380. <https://doi.org/10.3390/molecules25153380>
- Kusrini, E., Cindelar, S., & Prasetyo, A. B. (2015). Pengembangan Budidaya Ikan Hias Koi (*Cyprinus carpio*) Lokal di Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias Depok. *Media Akuakultur*, 10(2), 71–78.
- Liu, Y., Zhou, X.-W., Ding, H.-T., Dong, X.-J., Zhang, J.-J., Zheng, Y.-C., Chen,

- X.-N., Cheng, H.-L., Ding, Z.-J., & Xu, J.-H. (2022). Effects of tricaine methanesulfonate (MS-222) on sedation and responses of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) subjected to simulated transportation stress. *Aquaculture*, 549, 737789. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737789>
- Luttrell, M. J., & Halliwill, J. R. (2017). The Intriguing Role of Histamine in Exercise Responses. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(1), 16–23. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000093>
- Manullang, H. M. (2019). DOSIS HIDROGEN PEROKSIDA (HP) TERHADAP DERAJAT KELULUSAN HIDUP IKAN MAS (*Cyprinus carpio* Linn). *Jurnal EduScience*, 6(1), 1–7.
- Mickle, M. F., & Higgs, D. M. (2018). Integrating techniques: a review of the effects of anthropogenic noise on freshwater fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 75(9), 1534–1541. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0245>
- Moreno, C. M. (2012). Hydrogen peroxide production driven by UV-B in planktonic microorganisms: a photocatalytic factor in sea warming and ice melting in regions with ozone depletion? *Biogeochemistry*, 107(1–3), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9566-7>
- Odhiambo, E., Angienda, P. O., Okoth, P., & Onyango, D. (2020). Stocking Density Induced Stress on Plasma Cortisol and Whole Blood Glucose Concentration in Nile Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*) of Lake Victoria, Kenya. *International Journal of Zoology*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/9395268>
- Pinder, A. C., Harrison, A. J., & Robert Britton, J. (2019). Temperature effects on the physiological status and reflex impairment in European grayling *Thymallus thymallus* from catch-and release angling. *Fisheries Research*, 211, 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.11.014>
- Portz, D. E., Woodley, C. M., & Cech, J. J. (2006). Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16(2), 125–170. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-9012-z>
- Pratiwi, H. C., & Manan, A. (2015). Teknik Dasar Histologi pada Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 7 (2).
- Qiao, J., Zhang, X., & Lv, L. (2017). Removal of *Anabaena spiroides* by potassium permanganate pre-oxidation: effect on photosynthetic capacity and molecular weight distribution. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(31), 24207–24213. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0060-9>
- Riandi, M. I., Susilo, R. J. K., Sani, M. D., Maharani, A. Y., Soegianto, A., Putranto, T. W. C., & Wiradana, P. A. (2021). Surveillance Of *Vibrio* and Blue-Green Algae In Intensive System Of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) In Situbondo Regency, East Java , Indonesia. *Poll Res*, 40(2), 611–616.
- Sarathy, S., & Mohseni, M. (2010). Effects of UV/H₂O₂ advanced oxidation on chemical characteristics and chlorine reactivity of surface water natural organic matter. *Water Research*, 44(14), 4087–4096. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.05.025>
- Schmidt, L. J., Gaikowski, M. P., & Gingerich, W. H. (2006). Environmental assessment for the use of hydrogen peroxide in aquaculture for treating external fungal and bacterial diseases of cultured fish and fish eggs. *USGS Report*, 180.
- Stanivuk, J., Berzi-Nagy, L., Gyalog, G., Ardó, L., Vitál, Z., Plavša, N., Krstović, S., Fazekas, G. L., Horváth, Á., & Ljubobratović, U. (2024). The rank of intensification factors strength in intensive pond production of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 583, 740584. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740584>
- Tarihoran, A. D. B., Hubeis, M., Jahroh, S., & Zulbainarni, N. (2023). Competitiveness

- of and Barriers to Indonesia's Exports of Ornamental Fish. *Sustainability*, 15(11), 8711. <https://doi.org/10.3390/su15118711>
- Thongprajukaew, K., Takaeh, S., Esor, N., Saekhow, S., Malawa, S., Nuntapong, N., Hahor, W., & Choodum, A. (2023). Optimal water volume for transportation of male Siamese fighting fish (*Betta splendens*). *Aquaculture Reports*, 28, 101430. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101430>
- Triki, Z., Grutter, A. S., Bshary, R., & Ros, A. F. H. (2016). Effects of short-term exposure to ectoparasites on fish cortisol and hematocrit levels. *Marine Biology*, 163(9), 187. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2959-y>
- Ueki, R., Imaizumi, Y., Iwamoto, Y., Sakugawa, H., & Takeda, K. (2020). Factors controlling the degradation of hydrogen peroxide in river water, and the role of riverbed sand. *Science of The Total Environment*, 716, 136971. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136971>
- Varela, J. L., Ruiz-Jarabo, I., Vargas-Chacoff, L., Arijo, S., León-Rubio, J. M., García-Millán, I., Martín del Río, M. P., Moriñigo, M. A., & Mancera, J. M. (2010). Dietary administration of probiotic Pdp11 promotes growth and improves stress tolerance to high stocking density in gilthead seabream *Sparus auratus*. *Aquaculture*, 309(1–4), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.029>
- Wang, X., Liao, X., Zhang, B., Zhang, M., Mei, L., Wang, F., Chen, S., Qiao, X., & Hong, C. (2021). An electrochemical immunosensor for the detection of carcinoembryonic antigen based on Au/g-C₃N₄ NSs-modified electrode and CuCo/CNC as signal tag. *Microchimica Acta*, 188(12), 408. <https://doi.org/10.1007/s00604-021-05013-7>
- Wiradana, P. A., Maharani, A. Y., Sani, M. D., Susilo, R. J. K., Riandi, M. I., Widhiantara, I. G., Sudaryatma, P. E., Okabayashi, T., & Mukti, A. T. (2023). Monitoring of microbial, water quality, and production performance of *Litopenaeus vannamei* on intensive pond in Bulukumba, South Sulawesi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1273(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1273/1/012058>
- Wiradana, P. A., Mahasri, G., Sari, R. E. R., Marwiyah, U. C., & Prihadhana, R. (2019). Identification of white spot syndrome virus (WSSV) in pacific white shrimps (*Litopenaeus vannamei*) from ponds postexposure to immunogenic membrane proteins (*Zoothamnium penaei*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012085>
- Yousefi, M., Hoseini, S. M., Weber, R. A., da Silva, E., Rajabiesterabadi, H., Arghideh, M., & Delavar, F. H. (2022). Alleviation of transportation-induced stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, using brackish water. *Aquaculture Reports*, 27, 101378. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101378>
- Zarantoniello, M., Bortoletti, M., Olivotto, I., Ratti, S., Poltronieri, C., Negrato, E., Caberlotto, S., Radaelli, G., & Bertotto, D. (2021). Salinity, Temperature and Ammonia Acute Stress Response in Seabream (*Sparus aurata*) Juveniles: A Multidisciplinary Study. *Animals*, 11(1), 97. <https://doi.org/10.3390/ani11010097>
- Zheng, T., Song, Z., Qiang, J., Tao, Y., Zhu, H., Ma, J., & Xu, P. (2021). Transport Stress Induces Skin Innate Immunity Response in Hybrid Yellow Catfish (*Tachysurus fulvidraco*♀ × *P. vachellii*♂) Through TLR/NLR Signaling Pathways and Regulation of Mucus Secretion. *Frontiers in Immunology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.740359>