




Jurnal Perikanan Kamasan, 7(1), 2026, 1-11

 <https://doi.org/10.58950/jpk.v7i1.103>

Available online at: <https://jurnalperikanankamasan.com/index.php/jpk/index>

Pengaruh Kepadatan pada Transportasi Basah Tertutup Dari Kediri ke Surabaya terhadap Kelangsungan Hidup Benih Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma macropomum*)

Effect of Stocking Density on Survival and Water Quality of Freshwater Pomfret (*Colossoma macropomum*) Fry During Closed Wet Transportation

Hermanto^{1*}, Sri Oetami Madyowati², Sumaryam³

^{1,2}Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Teknologi Pangan dan Perikanan, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya, Indonesia

³Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Teknologi Pangan dan Perikanan, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya, Indonesia
Email: hermantoaaa@gmail.com

ABSTRAK

Transportasi benih ikan dalam sistem basah tertutup berisiko menurunkan kualitas air akibat akumulasi hasil respirasi dan ekskresi, terutama pada kepadatan tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kepadatan terhadap sintasan dan kualitas air benih ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) ukuran 3–5 cm selama transportasi darat tertutup. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan empat perlakuan kepadatan, yaitu 50, 75, 100, dan 125 ekor per kantong, masing-masing enam ulangan. Transportasi dilakukan pada rute Kediri–Surabaya dengan durasi sekitar 4 jam. Parameter yang diamati meliputi kelangsungan hidup, suhu, derajat keasaman (pH), dan oksigen terlarut sebelum dan sesudah transportasi. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan berpengaruh nyata terhadap kelangsungan hidup benih. Kepadatan 50, 75, dan 100 ekor per kantong menghasilkan sintasan berturut-turut sebesar 98,33%, 96,89%, dan 94,50%, serta tidak berbeda nyata. Sebaliknya, kepadatan 125 ekor per kantong menurunkan sintasan menjadi 80,93%, disertai penurunan oksigen terlarut hingga 4,23 mg/L, penurunan pH menjadi 6,65, dan peningkatan suhu menjadi 27,75°C. Disimpulkan bahwa kepadatan hingga 100 ekor per kantong merupakan batas aman untuk mempertahankan sintasan benih bawal air tawar selama transportasi basah tertutup berdurasi sekitar 4 jam.

INFO ARTIKEL

Article History:

Received 10/07/2026

Revised 18/07/2026

Accepted 25/08/2026

Published 1/09/2026

Kata Kunci:

- *Colossoma macropomum*,
- padat tebar,
- kualitas air,
- transportasi ikan hidup

**ABSTRACT**

Transportation of fish fry in a closed wet system may deteriorate water quality due to the accumulation of respiratory and excretory wastes, particularly at high stocking densities. This study aimed to evaluate the effect of stocking density on the survival and water quality of freshwater pomfret (*Colossoma macropomum*) fry measuring 3–5 cm during closed land transportation. A Completely Randomized Design was employed with four stocking density treatments, namely 50, 75, 100, and 125 fry per bag, each replicated six times. Transportation was conducted along the Kediri–Surabaya route for approximately 4 h. The observed parameters included survival rate, temperature, pH, and dissolved oxygen before and after transportation. Data were analyzed using analysis of variance, followed by Duncan's Multiple Range Test at a 95% confidence level. The results showed that stocking density significantly affected fry survival ($p < 0.05$). Stocking densities of 50, 75, and 100 fry per bag resulted in survival rates of 98.33%, 96.89%, and 94.50%, respectively, with no significant differences among treatments. In contrast, a density of 125 fry per bag reduced survival to 80.93%, accompanied by a decline in dissolved oxygen to 4.23 mg L^{-1} , a decrease in pH to 6.65, and an increase in temperature to 27.75°C . These changes in water quality were associated with increased physiological stress and mortality. It was concluded that a stocking density of up to 100 fry per bag represents a biologically safe limit for maintaining the survival of freshwater pomfret fry during closed wet transportation lasting approximately 4 hours.

Key Words:

- *Colossoma macropomum*,
- stocking density,
- water quality,
- Live fish transportation

PENDAHULUAN

Akuakultur berperan semakin penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan akuatik dunia. Perkembangan produksi budidaya, perdagangan benih, dan sistem distribusi ikan hidup menuntut manajemen pascapanen yang tidak hanya efisien secara ekonomi, tetapi juga mampu mempertahankan kualitas fisiologis komoditas yang dikirim (Gephart et al., 2021; Golden et al., 2021; Naylor et al., 2021; Tigchelaar et al., 2022). Dalam konteks budidaya air tawar, keberhasilan pembesaran sangat ditentukan oleh ketersediaan benih sehat, seragam, dan mampu beradaptasi setelah pengiriman. Oleh karena itu, transportasi benih hidup merupakan mata rantai penting dalam sistem produksi akuakultur.

Ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) merupakan komoditas air tawar bernilai ekonomi yang memiliki pertumbuhan cepat, toleransi lingkungan relatif baik, dan prospek pengembangan budidaya di daerah tropis. Secara taksonomi, spesies ini termasuk kelompok serrasalmid dan secara filogenomik berada dalam subfamili *Colossomatinae* (Kolmann et al., 2021). Karakter biologisnya sebagai ikan omnivora-frugivora dengan aktivitas metabolisme tinggi pada fase benih menjadikan kualitas media transportasi sebagai faktor pembatas, terutama ketika benih dikemas pada ruang terbatas (Gilson et al., 2024; Melo et al., 2026). Di Indonesia, bawal air tawar banyak dibudidayakan karena pertumbuhan dan penerimaan pasarnya baik, namun distribusi benih antardaerah tetap menghadapi risiko mortalitas akibat stres transportasi (Alputra et al., 2022; Djonu & Fransira, 2024). Transportasi basah tertutup dengan kantong plastik beroksigen banyak digunakan karena



praktis, hemat ruang, dan sesuai untuk pengiriman antarkota. Pada sistem ini, ikan tidak memperoleh pergantian air selama perjalanan sehingga oksigen, pH, suhu, karbon dioksida, dan metabolit nitrogen berubah mengikuti kepadatan biomassa di dalam kantong. Studi akuakultur modern menegaskan bahwa kepadatan, kualitas air, stres, dan kesejahteraan ikan merupakan variabel yang saling terkait dalam menentukan performa hidup selama pemeliharaan maupun pengangkutan (Dawood et al., 2018; Saraiva et al., 2019; Valenti et al., 2021). Dalam kondisi tertutup, kepadatan yang terlalu tinggi meningkatkan konsumsi oksigen dan ekskresi, mempercepat penurunan oksigen terlarut, serta menimbulkan asidifikasi media akibat akumulasi CO₂ (Saraiva et al., 2019; Taufiq Taufiq et al., 2016).

Beberapa pendekatan teknis telah dikaji untuk menekan stres transportasi, antara lain pemberokan sebelum pengemasan, pengaturan rasio air dan oksigen, penggunaan wadah berinsulasi, serta pemilihan kepadatan yang masih sesuai dengan daya dukung media. Pemberokan dapat mengurangi isi saluran pencernaan dan menekan ekskresi metabolit selama perjalanan (Harmin et al. 2021). Sementara itu, stabilitas pH, suhu, dan oksigen terlarut berperan langsung dalam mempertahankan homeostasis, fungsi insang, dan kapasitas respirasi benih (Abdel-Tawwab et al., 2019; Pane et al., 2023; Wahyu et al., 2025).

Meskipun faktor kualitas air dan teknik pengemasan telah banyak diteliti, informasi mengenai batas kepadatan yang mampu mempertahankan sintasan tinggi sekaligus menjaga kualitas media transportasi masih terbatas. Berbagai penelitian mengenai transportasi ikan hidup menunjukkan bahwa banyak penelitian berfokus pada anestesi, durasi pengiriman, atau manajemen kualitas air, tetapi rekomendasi kepadatan yang spesifik untuk benih bawal air tawar ukuran 3-5 cm pada rute distribusi nyata masih terbatas. Padahal, dalam praktik usaha benih, pelaku tidak hanya membutuhkan informasi sintasan relatif, tetapi juga batas kepadatan yang mampu menyeimbangkan keamanan biologis dan efisiensi jumlah benih hidup per kantong. Kebaruan penelitian ini terletak pada penentuan batas aman biologis kepadatan benih bawal air tawar ukuran 3–5 cm pada kondisi transportasi darat tertutup yang merepresentasikan rute distribusi nyata Kediri–Surabaya, dengan mempertimbangkan sintasan dan perubahan kualitas air secara simultan. Penelitian ini mengevaluasi empat tingkat kepadatan pada transportasi basah tertutup untuk menghasilkan rekomendasi kepadatan yang aplikatif bagi kegiatan distribusi benih.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perbedaan kepadatan terhadap kelangsungan hidup benih bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) ukuran 3–5 cm serta mengevaluasi dinamika kualitas air selama transportasi basah tertutup. Kebaruan penelitian ini terletak pada penentuan batas aman biologis kepadatan benih pada kondisi transportasi darat tertutup yang merepresentasikan rute distribusi nyata Kediri–Surabaya dengan mempertimbangkan sintasan dan perubahan kualitas air secara simultan. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan kajian transportasi ikan hidup, khususnya terkait hubungan antara kepadatan, sintasan, dan kualitas air. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar bagi pembudidaya dan pelaku usaha benih dalam menentukan kepadatan yang aman dan efisien selama transportasi tertutup. Hipotesis penelitian adalah bahwa peningkatan kepadatan berpengaruh terhadap sintasan benih dan perubahan kualitas air akhir, terutama oksigen terlarut, pH, dan suhu.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 17 Mei 2026 melalui transportasi darat benih ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) dari Instalasi UD Sumbermas Minajaya Barokah, Dusun Sumberagung RT 01/RW 06, Desa Krecek, Kecamatan Badas, Kabupaten Kediri menuju Surabaya, Jawa Timur. Lama perjalanan sekitar 4 jam dan pengangkutan dilakukan pada dini hari untuk meminimalkan fluktuasi suhu lingkungan.

Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Hewan uji yang digunakan adalah benih ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) berukuran 3–5 cm yang sehat, aktif, tidak cacat, dan memiliki ukuran relatif seragam. Sebelum pengemasan, benih dipuasakan selama 12 jam untuk mengurangi aktivitas metabolisme dan ekskresi selama transportasi.

Alat dan bahan yang digunakan meliputi kantong plastik polietilen berkapasitas 5 L, karet pengikat, tabung oksigen beserta regulator, kotak styrofoam, seser halus, gelas ukur, termometer digital, pH meter, dissolved oxygen (DO) meter, air tawar yang telah diendapkan, dan oksigen medis.

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan kepadatan dan enam ulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Setiap kantong plastik diisi 2 L air dan oksigen murni dengan rasio air dan oksigen 1:3. Perlakuan yang diuji terdiri atas:

- P1 = 50 ekor/kantong (25,0 ekor/L)
- P2 = 75 ekor/kantong (37,5 ekor/L)
- P3 = 100 ekor/kantong (50,0 ekor/L)
- P4 = 125 ekor/kantong (62,5 ekor/L)

Rincian perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan perlakuan kepadatan benih bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) selama transportasi

Perlakuan	Kepadatan (ekor/kantong)	Setara (ekor/L)	Volume air (L)	Ulangan
P1	50	25,0	2	6
P2	75	37,5	2	6
P3	100	50,0	2	6
P4	125	62,5	2	6

Keterangan: setiap perlakuan menggunakan volume air 2 L dan oksigen murni dengan rasio air: oksigen 1:3.

Prosedur Penelitian

Benih yang telah dipuasakan selama 12 jam dimasukkan ke dalam kantong plastik sesuai jumlah pada masing-masing perlakuan. Setiap kantong diisi 2 L air tawar yang telah diendapkan, kemudian ditambahkan oksigen murni dengan rasio air dan oksigen 1:3.



Kantong selanjutnya diikat rapat menggunakan karet pengikat dan ditempatkan dalam kotak styrofoam.

Sebelum transportasi dilakukan pengukuran suhu, pH, dan oksigen terlarut sebagai data awal. Transportasi dilaksanakan menggunakan kendaraan darat dengan rute Kediri-Surabaya selama kurang lebih 4 jam. Setelah transportasi selesai, dilakukan pengamatan jumlah benih yang hidup serta pengukuran kembali suhu, pH, dan oksigen terlarut sebagai data akhir.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dilakukan sebelum dan sesudah transportasi. Parameter utama yang diamati adalah kelangsungan hidup benih, sedangkan parameter pendukung meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut. Kelangsungan hidup dihitung menggunakan persamaan:

$$SR = (Nt / NO) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: SR = kelangsungan hidup (%); Nt = jumlah benih hidup pada akhir transportasi (ekor); NO = jumlah benih pada awal transportasi (ekor).

Data kelangsungan hidup, suhu, pH, dan oksigen terlarut dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) satu arah pada taraf signifikansi 5%. Apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, analisis dilanjutkan dengan Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Sebelum analisis dilakukan, data diuji terhadap asumsi normalitas residu dan homogenitas ragam. Analisis statistik dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 26. Hasil analisis disajikan dalam bentuk nilai rata-rata, simpangan baku, nilai F, dan tingkat signifikansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelangsungan Hidup Benih Bawal Air Tawar dan Perubahan Kualitas Air

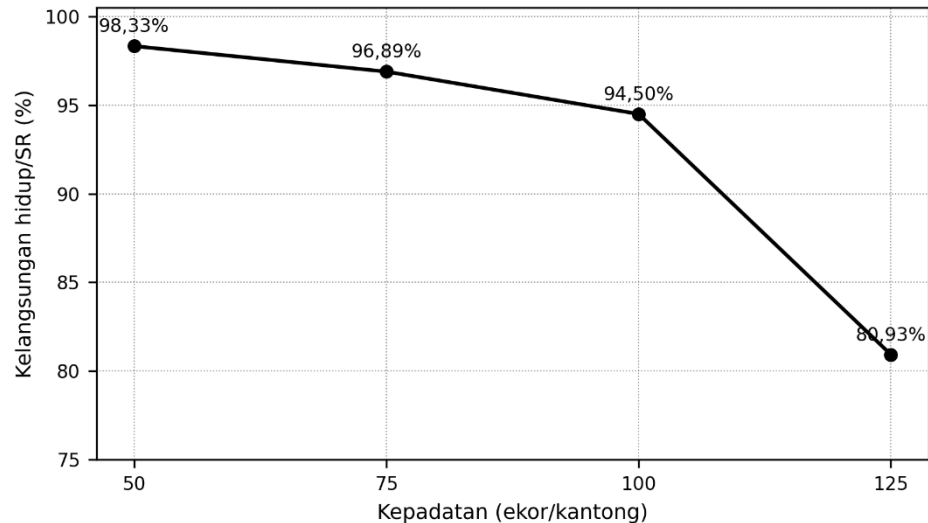
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kepadatan selama transportasi basah tertutup memengaruhi kelangsungan hidup benih bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) serta kondisi kualitas air media transportasi. Rerata kelangsungan hidup tertinggi diperoleh pada kepadatan 50 ekor/kantong sebesar 98,33±1,51%, diikuti oleh kepadatan 75 dan 100 ekor/kantong masing-masing sebesar 96,89±2,62% dan 94,50±4,23%. Sebaliknya, kepadatan 125 ekor/kantong menghasilkan kelangsungan hidup terendah, yaitu 80,93±4,15%. Ringkasan kelangsungan hidup dan kualitas air akhir pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2, sedangkan pola perubahan kelangsungan hidup ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Rerata kelangsungan hidup dan kualitas air akhir benih bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) pada setiap perlakuan kepadatan

Perlakuan	SR (%)	Suhu akhir (°C)	pH akhir	DO akhir (mg/L)	Benih hidup rata-rata (ekor/kantong)
P1: 50 ekor/kantong	98,33 ± 1,51 b	27,55 ± 0,05 a	6,89 ± 0,04 d	5,58 ± 0,15 c	49
P2: 75 ekor/kantong	96,89 ± 2,62 b	27,58 ± 0,04 a	6,82 ± 0,01 c	5,53 ± 0,15 c	73
P3: 100 ekor/kantong	94,50 ± 4,23 b	27,60 ± 0,06 a	6,68 ± 0,01 b	4,77 ± 0,12 b	95

P4: 125 80,93 ± 4,15 27,75 ± 0,08 6,65 ± 0,02 a 4,23 ± 0,12 a 101
ekor/kantong a b

Keterangan: angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. SR = survival rate; DO = dissolved oxygen.



Gambar 1. Rata-rata kelangsungan hidup benih bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) pada kepadatan berbeda.

ANOVA menunjukkan bahwa kepadatan memberikan pengaruh nyata terhadap SR benih bawal air tawar ($F = 34,484$; $p < 0,05$). Uji Duncan memperlihatkan bahwa P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata, sedangkan P4 berada pada kelompok berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan dari 50 hingga 100 ekor/kantong masih dapat ditoleransi oleh benih dalam durasi transportasi sekitar 4 jam, tetapi peningkatan hingga 125 ekor/kantong telah melewati batas aman biologis media transportasi.

Secara fisiologis, penurunan SR pada kepadatan tinggi dapat dijelaskan melalui peningkatan beban respirasi kelompok. Temuan tersebut konsisten dengan perubahan kualitas air yang teramati pada Tabel 2, yaitu penurunan oksigen terlarut dan pH serta peningkatan suhu pada kepadatan yang lebih tinggi. Semakin tinggi jumlah benih dalam volume air yang sama, semakin cepat oksigen terlarut digunakan dan semakin besar akumulasi CO₂ serta hasil ekskresi. Kondisi ini menekan kapasitas respirasi, mengganggu homeostasis, dan meningkatkan stres metabolik benih. Temuan tersebut sejalan dengan prinsip manajemen transportasi ikan yang menempatkan kepadatan sebagai faktor pembatas utama dalam sistem tertutup (Alputra et al., 2022; Wahyu et al., 2025). Pada tingkat internasional, kajian tentang stres dan kesejahteraan ikan juga menegaskan bahwa kepadatan dan perubahan kualitas air merupakan pemicu utama respons stres pada ikan budidaya (Dawood et al., 2018; Flores-García et al., 2022; Saraiva et al., 2019).

Meskipun P4 memiliki SR terendah, jumlah benih hidup mutlak pada perlakuan ini justru paling tinggi, yaitu sekitar 101 ekor/kantong. Oleh karena itu, interpretasi hasil perlu membedakan optimum biologis dan optimum ekonomis. Kepadatan 100 ekor/kantong merupakan batas aman biologis karena SR tetap tinggi dan tidak berbeda nyata dengan kepadatan lebih rendah. Kepadatan 125 ekor/kantong dapat meningkatkan jumlah benih hidup mutlak, tetapi disertai risiko mortalitas yang lebih besar sehingga tidak direkomendasikan sebagai standar aman tanpa perbaikan teknologi pengemasan, sedasi, atau pengendalian kualitas air.

Dinamika Suhu Selama Transportasi

Selain memengaruhi kelangsungan hidup benih, peningkatan kepadatan juga berpengaruh terhadap perubahan suhu media selama transportasi. Suhu media sebelum transportasi relatif homogen pada kisaran 26,57–26,58°C. Setelah transportasi, suhu meningkat menjadi 27,55°C pada P1, 27,58°C pada P2, 27,60°C pada P3, dan 27,75°C pada P4 (Tabel 2). Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu awal tidak berbeda nyata antarperlakuan, sedangkan suhu akhir berbeda nyata ($F = 12,021$; $p < 0,05$). Uji Duncan menunjukkan bahwa suhu pada perlakuan P4 berbeda nyata dibandingkan P1, P2, dan P3.

Peningkatan suhu yang lebih tinggi pada P4 menunjukkan bahwa kepadatan benih yang besar meningkatkan aktivitas metabolisme dan respirasi kelompok selama transportasi. Meskipun kenaikan suhu yang terjadi hanya sekitar 1°C dan masih berada dalam kisaran toleransi benih bawal air tawar, perubahan tersebut tetap memiliki implikasi biologis penting. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju metabolisme ikan sehingga kebutuhan oksigen meningkat, sementara kelarutan oksigen dalam air cenderung menurun. Kondisi ini berpotensi mempercepat terjadinya stres fisiologis, terutama pada sistem transportasi tertutup dengan volume air terbatas.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan yang melaporkan bahwa peningkatan suhu selama transportasi dapat mempercepat konsumsi oksigen dan memperburuk kondisi kualitas air (Abdel-Tawwab et al., 2019; Manurung et al., 2024). Selain itu, kenaikan suhu media selama transportasi dapat meningkatkan laju metabolisme dan kebutuhan oksigen ikan, sehingga berpotensi mempercepat terjadinya stres fisiologis terutama ketika disertai penurunan kualitas air lainnya (Abdel-Tawwab et al. 2022; Montoya-Camacho et al. 2022).

Temuan ini mengindikasikan bahwa pengendalian suhu merupakan salah satu aspek penting dalam transportasi benih ikan hidup. Secara praktis, penggunaan wadah berinsulasi dan pengaturan waktu pengangkutan pada periode suhu lingkungan yang lebih rendah dapat membantu menjaga stabilitas suhu media, sehingga mendukung keberhasilan transportasi benih pada kepadatan yang lebih tinggi.

Perubahan pH Media Transportasi

Selain memengaruhi suhu media, peningkatan kepadatan selama transportasi juga menyebabkan perubahan pH air. Nilai pH awal pada seluruh perlakuan relatif seragam, yaitu sekitar 7,26. Setelah transportasi, pH menurun menjadi 6,89 pada P1, 6,82 pada P2, 6,68 pada P3, dan 6,65 pada P4 (Tabel 2). Hasil ANOVA menunjukkan bahwa pH awal tidak berbeda nyata antarperlakuan, sedangkan pH akhir berbeda nyata ($F = 124,159$; $p < 0,05$). Uji Duncan menunjukkan bahwa setiap perlakuan berada pada kelompok yang berbeda, sehingga peningkatan kepadatan berkaitan dengan penurunan pH secara bertahap.

Penurunan pH yang terjadi selama transportasi diduga berkaitan dengan meningkatnya akumulasi karbon dioksida hasil respirasi benih. Dalam sistem transportasi tertutup, karbon dioksida yang terlarut bereaksi dengan air membentuk asam karbonat sehingga menyebabkan pH media menurun. Semakin tinggi kepadatan benih dalam kantong, semakin besar jumlah karbon dioksida yang dihasilkan, sehingga penurunan pH menjadi lebih nyata. Hal ini terlihat pada perlakuan P4 yang memiliki pH akhir terendah dibandingkan perlakuan lainnya.

Pada penelitian ini, pH media menurun sekitar 0,37–0,61 satuan dari kondisi awal. Meskipun nilai pH akhir masih berada dalam kisaran toleransi benih bawal air tawar, perubahan tersebut menunjukkan adanya penurunan kualitas media transportasi seiring meningkatnya kepadatan. Kondisi ini dapat meningkatkan beban fisiologis benih karena proses respirasi dan osmoregulasi berlangsung pada lingkungan yang semakin asam.

Perubahan kualitas air selama transportasi diketahui memengaruhi keseimbangan fisiologis organisme akuatik dan dapat meningkatkan respons stres, terutama apabila terjadi bersamaan dengan penurunan oksigen terlarut dan peningkatan suhu media (Pane et al. 2023; Abdel-Tawwab et al. 2022). Pada penelitian ini, penurunan pH terjadi bersamaan dengan perubahan parameter kualitas air lainnya, sehingga diduga turut berkontribusi terhadap penurunan kelangsungan hidup benih pada kepadatan yang lebih tinggi.

Hasil penelitian ini juga sejalan studi dengan studi yang menunjukkan bahwa penurunan kualitas air selama penanganan dan transportasi dapat memengaruhi performa fisiologis serta ketahanan hidup ikan (Saraiva et al., 2019). Pada penelitian ini, penurunan pH terjadi bersamaan dengan menurunnya oksigen terlarut dan meningkatnya suhu media, terutama pada kepadatan 125 ekor/kantong. Kombinasi faktor-faktor tersebut diduga berkontribusi terhadap rendahnya kelangsungan hidup benih pada perlakuan dengan kepadatan tertinggi.

Oksigen Terlarut sebagai Faktor Pembatas Kelangsungan Hidup Benih

Oksigen terlarut awal pada semua perlakuan berkisar 6,35-6,38 mg/L dan tidak berbeda nyata. Setelah transportasi, DO menurun menjadi 5,58 mg/L pada P1, 5,53 mg/L pada P2, 4,77 mg/L pada P3, dan 4,23 mg/L pada P4. ANOVA menunjukkan DO akhir berbeda sangat nyata antarperlakuan ($F = 137,217$; $p < 0,05$). Uji Duncan memperlihatkan P1 dan P2 tidak berbeda nyata, sedangkan P3 dan P4 berada pada kelompok yang berbeda.

Penurunan DO merupakan penjas paling kuat terhadap penurunan SR pada P4. Pada kepadatan 125 ekor/kantong, DO akhir turun di bawah kisaran optimum >5 mg/L untuk pemeliharaan normal benih ikan air tawar. Walaupun *Colossoma macropomum* dikenal memiliki toleransi relatif baik terhadap kondisi hipoksia, benih ukuran 3-5 cm tetap memiliki keterbatasan fisiologis ketika berada dalam kantong tertutup tanpa akses terhadap air baru. Penurunan DO hingga 4,23 mg/L, bersamaan dengan penurunan pH dan kenaikan suhu, menciptakan tekanan lingkungan gabungan yang menurunkan kemampuan ikan mempertahankan respirasi aerobik dan meningkatkan mortalitas.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan transportasi benih pada kepadatan tinggi tidak hanya ditentukan oleh jumlah ikan yang dikemas, tetapi juga oleh kemampuan media transportasi dalam mempertahankan kualitas air. Oleh karena itu, pengendalian kepadatan, pemberokan sebelum transportasi, pengaturan rasio air dan oksigen, serta penggunaan teknologi pendukung seperti bahan penyerap metabolit atau agen penekan stres menjadi faktor penting untuk mengurangi risiko mortalitas. Hasil penelitian ini sejalan dengan laporan mengenai pentingnya pengelolaan kualitas air dan kesejahteraan ikan selama penanganan dan transportasi, terutama pada kondisi dengan kepadatan tinggi (Saraiva et al. 2022; Montoya-Camacho et al. 2022). Berdasarkan hasil yang diperoleh, kepadatan 100 ekor/kantong dapat direkomendasikan sebagai batas aman praktis untuk transportasi benih bawal air tawar ukuran 3–5 cm dengan durasi sekitar 4 jam. Sementara itu, penggunaan kepadatan 125 ekor/kantong memerlukan pengelolaan tambahan untuk menjaga kualitas media dan meminimalkan stres selama pengangkutan.

Tabel 3. Ringkasan hasil ANOVA parameter utama penelitian

Parameter	Kondisi	F hitung	Sig.	Interpretasi
Survival rate	Setelah transportasi	34,484	0,000	Berpengaruh nyata
Suhu	Sebelum transportasi	0,217	0,883	Tidak berbeda nyata
Suhu	Setelah transportasi	12,021	0,000	Berpengaruh nyata



pH	Sebelum transportasi	0,217	0,883	Tidak berbeda nyata
pH	Setelah transportasi	124,159	0,000	Berpengaruh nyata
DO	Sebelum transportasi	0,131	0,941	Tidak berbeda nyata
DO	Setelah transportasi	137,217	0,000	Berpengaruh nyata

Keterangan: ANOVA = analysis of variance; DO = dissolved oxygen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kepadatan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup benih ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) selama transportasi basah tertutup. Kepadatan hingga 100 ekor/kantong masih mampu mempertahankan sintasan tinggi dan kualitas air pada kondisi yang mendukung keberlangsungan hidup benih, sedangkan peningkatan kepadatan hingga 125 ekor/kantong menyebabkan penurunan kualitas air yang ditandai oleh berkurangnya oksigen terlarut, menurunnya pH, dan meningkatnya suhu media, sehingga berdampak pada penurunan sintasan. Temuan ini menegaskan bahwa pengelolaan kepadatan merupakan faktor penting dalam keberhasilan transportasi benih ikan hidup serta menjadi dasar dalam menentukan batas aman biologis pada sistem transportasi tertutup.

Secara praktis, kepadatan 100 ekor/kantong dapat direkomendasikan sebagai acuan dalam transportasi benih bawal air tawar ukuran 3–5 cm dengan durasi sekitar 4 jam. Secara teoritis, hasil penelitian ini memperkuat pemahaman mengenai hubungan antara kepadatan, kualitas air, dan sintasan benih selama transportasi tertutup. Oleh karena itu, pelaku usaha pembenihan dan distribusi benih perlu mempertimbangkan kapasitas dukung media transportasi dalam menentukan padat tebar guna meminimalkan risiko mortalitas. Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji kombinasi kepadatan dengan durasi transportasi yang lebih panjang, rasio air dan oksigen yang berbeda, serta penerapan teknologi pengendalian stres untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan transportasi benih ikan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., Monier, M. N., Hoseinifar, S. H., & Faggio, C. (2019). Fish Response to Hypoxia Stress: Growth, Physiological, and Immunological Biomarkers. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(3), 997–1013. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00614-9>
- Alputra, M. H., Putriningtyas, A., & Isma, M. F. (2022). Effect of Different Stocking Densities on Survival and Growth of Pomfret (*Colossoma macropomum*). *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 6(1), 36–45. <https://doi.org/10.33059/jisa.v6i1.6508>
- Dawood, M. A. O., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2018). Beneficial Roles of Feed Additives as Immunostimulants in Aquaculture: A Review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 950–974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>



- Djonu, A., & Fransira, I. (2024). Inventarisasi Jenis dan Prevalensi Parasit pada Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma Macropomum*) di Kolam Batuplat Kota Kupang. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)*, 4(2), 290. <https://doi.org/10.35726/jvip.v4i2.7292>
- Flores-García, L., Camargo-Castellanos, J. C., Pascual-Jimenez, C., Almazán-Rueda, P., Monroy-López, J. F., Albertos-Alpuche, P. J., & Martínez-Yáñez, R. (2022). Welfare Indicators in Tilapia: An Epidemiological Approach. *Frontiers in Veterinary Science, Volume 9-2022*. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.882567>
- Gephart, J. A., Henriksson, P. J. G., Parker, R. W. R., Shepon, A., Gorospe, K. D., Bergman, K., Eshel, G., Golden, C. D., Halpern, B. S., Hornborg, S., Jonell, M., Metian, M., Mifflin, K., Newton, R., Tyedmers, P., Zhang, W., Ziegler, F., & Troell, M. (2021). Environmental Performance of Blue Foods. *Nature*, 597(7876), 360–365. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03889-2>
- Gilson, F., Rodrigues, L. A., New, M. B., Bueno, G. W., & Valenti, W. C. (2024). A Description of the Culture of Tambatinga (*Colossoma Macropomum* X *Piaractus Brachypomus*) in a South American Tropical Region and the Interaction of Farm Size with Value Chains. *Aquaculture Reports*, 34, 101888. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101888>
- Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C. M., Viana, D. F., Matthey, H., Eurich, J. G., Gephart, J. A., Fluet-Chouinard, E., Nyboer, E. A., Lynch, A. J., Kjellebold, M., Bromage, S., Charlebois, P., Barange, M., Vannuccini, S., Cao, L., Kleisner, K. M., ... Thilsted, S. H. (2021). Aquatic Foods to Nourish Nations. *Nature*, 598(7880), 315–320. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03917-1>
- Kolmann, M. A., Hughes, L. C., Hernandez, L. P., Arcila, D., Betancur-R, R., Sabaj, M. H., López-Fernández, H., & Ortí, G. (2021). Phylogenomics of Piranhas and Pacus (Serrasalminidae) Uncovers How Dietary Convergence and Parallelism Obfuscate Traditional Morphological Taxonomy. *Systematic Biology*, 70(3), 576–592. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa065>
- Manurung, Y. P., Putriningtias, A., & Haser, T. F. (2024). Analisis of Oxygen Consumption Rate in a Closed Transport System for Koi Fish (*Cyprinus carpio*) Anesthesia with Extracted Green Betel Leaves (*Piper betle* L). *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 8(2). <https://doi.org/10.33059/jisa.v8i2.10907>
- Melo, D. S. D., Gomes, P. F. F., Natividade, J., Valente, J. V. M., Souza, H. C. A., Ferreira, M. A. S., De Sá, A. L. A., Giese, E. G., Palheta, G. D. A., De Melo, N. F. A. C., Sterzelecki, F. C., & Hamoy, I. (2026). Morphology of the Digestive Tract and the Expression of the Proteolytic Enzyme and Peptide Transporter Genes in the Larvae of the Tambaqui, *Colossoma Macropomum*. *Aquaculture International*, 34(2), 63. <https://doi.org/10.1007/s10499-026-02435-z>
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E., & Troell, M. (2021). A 20-Year Retrospective Review of Global Aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551–563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>
- Pane, E. P., Arfiati, D., & Apriliyanti, F. J. (2023). Review: Respon Fisiologis Ikan terhadap Lingkungan Hidupnya. *Jurnal Aquatik*, 6(2), 71–83. <https://doi.org/10.35508/aquatik.v6i2.12921>



- Saraiva, J. L., Arechavala-Lopez, P., Castanheira, M. F., Volstorf, J., & Heinzpeter Studer, B. (2019). A Global Assessment of Welfare in Farmed Fishes: The FishEthoBase. *Fishes*, 4(2), 30. <https://doi.org/10.3390/fishes4020030>
- Taufiq Taufiq, Firdus Firdus, & Iko Imelda Arisa. (2016). Pertumbuhan Benih Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma Macropomum*) pada Pemberian Pakan Alami yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*, 1(3).
- Tigchelaar, M., Leape, J., Micheli, F., Allison, E. H., Basurto, X., Bennett, A., Bush, S. R., Cao, L., Cheung, W. W. L., Crona, B., DeClerck, F., Fanzo, J., Gelcich, S., Gephart, J. A., Golden, C. D., Halpern, B. S., Hicks, C. C., Jonell, M., Kishore, A., ... Wabnitz, C. C. C. (2022). The Vital Roles of Blue Foods in the Global Food System. *Global Food Security*, 33, 100637. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100637>
- Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., & Cavalli, R. O. (2021). Aquaculture in Brazil: Past, Present and Future. *Aquaculture Reports*, 19, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>
- Wahyu, W., Supriyono, E., & nirmala, kukuh. (2025). Pengaruh Kepadatan Ikan Selama Pengangkutan Terhadap Gambaran Darah, pH Darah, Dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Gabus *Channa Striata* (Bloch, 1793) [The Effect Offish Density During Transportation on Hematological Parameters, Blood pH Value and Survival Rate of Juvenile Snakeheads *Channa Striata* (Bloch, 1793)]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15, 165–177.