

Analisis Kepadatan Benih Terhadap Sintasan Kerapu Cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*) pada Transportasi Sistem Tertutup

A. Dzunun Yubi Pradana *, Kadek Lila Antara, Hamdanul Fain

Jurusan Biologi dan Perikanan Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Ganesha, Jl. Udayana, Singaraja, Kab. Buleleng, Bali, Indonesia

*e-mail korespondensi: yubipradana322@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 29 Maret 2026
Disetujui : 12 Mei 2026
Terbit Online : 30 Mei 2026

Kata Kunci:

Kerapu Cantang,
Kepadatan benih,
Transportasi tertutup,
Kelulushidupan,
Kualitas Air

ABSTRAK

Transportasi sistem tertutup merupakan tahapan kritis dalam distribusi benih ikan kerapu yang berpotensi menyebabkan mortalitas tinggi akibat penurunan kualitas lingkungan media. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kepadatan terhadap kelulushidupan (*survival rate*) benih ikan kerapu cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*), serta menentukan kepadatan optimal pada simulasi pengangkutan selama 24 jam. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas tiga perlakuan kepadatan, yaitu P1 (150 ekor/5 L), P2 (175 ekor/5 L), dan P3 (200 ekor/5 L), masing-masing dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi kelulushidupan serta kualitas air, yaitu suhu, oksigen terlarut (DO), pH, dan amonia. Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa variasi kepadatan berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap kelulushidupan benih. Nilai kelulushidupan tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 sebesar $97,77\% \pm 1,01$, diikuti P2 sebesar $95,23\% \pm 0,87$, sedangkan nilai terendah terjadi pada P3 sebesar $71,06\% \pm 1,00$. Penurunan kelulushidupan pada kepadatan tinggi sejalan dengan degradasi kualitas air, yang ditandai oleh peningkatan konsentrasi amonia hingga 0,3 mg/L serta penurunan oksigen terlarut hingga 5,5 mg/L. Kepadatan 150 ekor per 5 liter merupakan kondisi optimal dalam mempertahankan stabilitas fisiologis benih serta meningkatkan efisiensi transportasi dalam sistem tertutup.

PENDAHULUAN

Sektor akuakultur di Indonesia menempatkan ikan kerapu sebagai salah satu komoditas ekspor unggulan yang memiliki nilai ekonomis tinggi serta daya saing yang tinggi di pasar internasional. Salah satu varietas yang banyak dibudidayakan adalah kerapu cantang, hasil hibridisasi antara kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) dan kerapu kertang (*Epinephelus lanceolatus*), yang memiliki keunggulan berupa pertumbuhan cepat dan ketahanan terhadap penyakit (Fitriyani *et al.*, 2015). Karakteristik biologis tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan berlangsung optimal ketika kondisi lingkungan berada dalam keadaan stabil (Saragih *et al.*, 2025).

Meskipun teknologi pembenihan telah berkembang pesat dan mampu memproduksi benih secara massal, efisiensi distribusi dari hatchery menuju unit pembesaran di Keramba Jaring Apung (KJA) masih menjadi tahapan krusial yang

menentukan keberhasilan budidaya secara keseluruhan (Ismi *et al.*, 2016). Permasalahan utama yang dihadapi adalah jarak geografis yang jauh, sehingga memerlukan proses transportasi dengan durasi relatif panjang dan berisiko tinggi terhadap kelulushidupan benih.

Transportasi sistem tertutup banyak digunakan karena efisien dalam pemanfaatan ruang serta memudahkan mobilisasi (Miranti, 2011). Namun demikian, sistem ini memiliki keterbatasan dalam pertukaran udara dengan lingkungan luar, sehingga kelangsungan hidup ikan sangat bergantung pada ketersediaan oksigen dan kestabilan kondisi kimia air selama proses transportasi (Handisoepardjo, 1982). Oleh karena itu, stabilitas parameter kualitas air seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut menjadi faktor utama dalam memengaruhi kemampuan adaptasi ikan terhadap perubahan lingkungan (Amelia & Maharani, 2024).

Kepadatan benih merupakan faktor kunci dalam menentukan keberhasilan transportasi, karena berperan langsung dalam mengendalikan laju metabolisme kolektif dalam sistem tertutup. Peningkatan kepadatan dapat mempercepat penurunan kualitas air akibat terbatasnya ruang gerak serta meningkatnya kompetisi antarindividu (Wahyu *et al.*, 2015). Apabila kepadatan melebihi daya dukung lingkungan, kondisi tersebut dapat memicu stres akut yang berujung pada mortalitas sebelum mencapai lokasi tujuan (Syamsunarno, 2019). Secara fisiologis, aktivitas respirasi ikan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) yang terakumulasi dalam sistem tertutup dan membentuk asam karbonat, sehingga menyebabkan penurunan pH air (Ismi *et al.*, 2016). Kondisi ini dapat mengganggu keseimbangan fisiologis ikan, terutama dalam proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin (Hartyanto *et al.*, 2024). Selain itu, akumulasi amonia sebagai hasil ekskresi metabolisme protein menjadi faktor pembatas utama, karena bersifat toksik dan dapat merusak jaringan insang (Boyd, 2015; Ramadhani & Sasmita, 2020).

Dinamika suhu juga berperan dalam mempercepat penurunan kualitas air, di mana peningkatan suhu akibat aktivitas metabolisme akan menurunkan kelarutan oksigen serta meningkatkan produksi limbah metabolik (Syawalani *et al.*, 2021; Affandi & Muahiddah, 2024). Kondisi tersebut mempercepat degradasi lingkungan dan meningkatkan risiko kematian apabila tidak diimbangi dengan pengaturan kepadatan yang tepat. Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pengaruh kepadatan terhadap performa budidaya, kajian yang secara spesifik mengevaluasi kepadatan optimal benih kerapu cantang dalam sistem transportasi tertutup selama 24 jam masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kepadatan terhadap kelulushidupan benih serta menentukan kepadatan optimal berdasarkan dinamika kualitas air sebagai dasar ilmiah dalam meningkatkan efisiensi transportasi. Penelitian ini memberikan kebaruan berupa penentuan kepadatan optimal benih kerapu cantang pada sistem transportasi tertutup selama 24 jam berbasis integrasi parameter kualitas air dan respons fisiologis.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan September hingga Desember 2024, berlokasi di tambak ikan kerapu di Desa Patas, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diuji berupa variasi kepadatan benih ikan kerapu cantang pada sistem transportasi tertutup. Penelitian terdiri atas tiga perlakuan dengan tiga kali ulangan pada setiap perlakuan, sehingga total unit percobaan berjumlah sembilan unit.

Adapun perlakuan kepadatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- P1 : 150 ekor/5 L air
- P2 : 175 ekor/5 L air
- P3 : 200 ekor/5 L air

Benih ikan kerapu cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*) yang digunakan memiliki bobot rata-rata 11,5 gram/ekor dengan kondisi fisik sehat dan aktif sebelum perlakuan. Pengamatan dilakukan selama 24 jam sesuai durasi simulasi transportasi.

Prosedur Kerja

Persiapan Benih

Benih ikan dipuasakan selama 24 jam sebelum dilakukan pengemasan (pemberokan). Proses ini bertujuan untuk mengurangi aktivitas metabolisme ikan serta menekan produksi sisa metabolisme selama transportasi.

Proses Pengemasan dan Simulasi Transportasi

Pengemasan benih dilakukan menggunakan plastik polietilen ukuran 25 × 45 cm dengan pengisian air sebanyak 5 L dan pemberian oksigen murni hingga perbandingan 1:3. Plastik diikat menggunakan karet gelang dan dilapisi kotak styrofoam untuk meminimalkan fluktuasi suhu selama simulasi transportasi.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

Kelulushidupan (Survival Rate/SR)

Kelulushidupan dihitung pada akhir masa simulasi transportasi selama 24 jam dengan rumus:

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan:

SR = Kelulushidupan (%)

Nt = Jumlah ikan hidup pada akhir pengamatan (ekor)

No = Jumlah ikan awal pada awal pengamatan (ekor)

Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati meliputi:

- Suhu (°C)
- Oksigen terlarut / Dissolved Oxygen (DO) (mg/L)
- pH
- Amonia (mg/L)

Pengukuran kualitas air dilakukan pada awal (0 jam), pertengahan (12 jam), dan akhir simulasi transportasi (24 jam).

Analisis Data

Data kelulushidupan dianalisis menggunakan analisis ragam One-Way ANOVA melalui perangkat lunak SPSS versi 22 untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan terhadap sintasan benih ikan kerapu cantang. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$), maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

HASIL

Kelulushidupan Benih Ikan Kerapu Cantang

Data kelulushidupan (*Survival Rate*) merupakan parameter utama untuk mengevaluasi keberhasilan simulasi transportasi selama 24 jam. Hasil pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kelulushidupan Benih Ikan Kerapu Cantang

Perlakuan	Kepadatan (Ekor/5 L)	Rata-Rata Kelulushidupan (%) ± SD	Notasi BNT
P1	150	97,77 ± 1,01	a
P2	175	95,23 ± 0,87	b
P3	200	71,06 ± 1,00	c

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$) berdasarkan uji BNT.

Berdasarkan Tabel 1, peningkatan kepadatan menunjukkan hubungan invers terhadap tingkat kelulushidupan selama simulasi transportasi. Perlakuan P1 (150 ekor/5 L) menghasilkan kelulushidupan tertinggi sebesar 97,77%, sedangkan perlakuan P3 (200 ekor/5 L) menunjukkan penurunan signifikan hingga 71,06%. Hasil analisis ANOVA yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perbedaan kepadatan

memberikan pengaruh nyata terhadap kelulushidupan. Uji lanjut BNT mengonfirmasi bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata, yang menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan secara konsisten menurunkan tingkat kelulushidupan benih. Kepadatan merupakan faktor determinan dalam keberhasilan transportasi sistem tertutup.

Tabel 2. Hasil Uji ANOVA Kelulushidupan Benih Ikan Kerapu Cantang

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat (JK)	df	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	Sig.
Antar Perlakuan	1303,725	2	651,863	694,062	0,000
Dalam Perlakuan	5,635	6	0,939	-	-
Total	1309,361	8	-	-	-

Hasil analisis One-Way ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan kepadatan memberikan pengaruh signifikan pada taraf 5% terhadap kelulushidupan benih ikan kerapu cantang selama simulasi transportasi sistem tertutup selama 24 jam. Nilai F hitung yang diperoleh sebesar 694,062 dengan nilai signifikansi $P < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan nyata antar perlakuan kepadatan terhadap sintasan benih. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kepadatan merupakan

faktor determinan dalam keberhasilan transportasi benih pada sistem tertutup.

Berdasarkan hasil ANOVA yang menunjukkan adanya pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa setiap perlakuan memiliki notasi yang berbeda (a, b, c), yang menandakan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata pada taraf 5%. Hal ini menegaskan bahwa

peningkatan kepadatan benih secara bertahap memberikan dampak signifikan terhadap penurunan kelulushidupan benih ikan kerapu cantang dalam sistem transportasi tertutup.

Dinamika Suhu Media

Pengukuran suhu dilakukan untuk memantau fluktuasi panas selama masa transportasi 24 jam. Dinamika suhu tercatat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu Air (°C)

Perlakuan	0 Jam (Awal)	12 Jam	24 Jam (Akhir)
P1	26,5	27,2	27,8
P2	26,5	27,6	28,3
P3	26,5	28,1	28,9

Hasil pengukuran pada Tabel 3 menunjukkan adanya tren kenaikan suhu air pada semua perlakuan seiring dengan bertambahnya durasi transportasi. Suhu awal yang seragam sebesar 26,5°C mengalami kenaikan hingga mencapai 28,9°C pada perlakuan P3 di jam ke-24. Peningkatan suhu ini menunjukkan bahwa semakin tinggi biomassa ikan dalam wadah, semakin besar akumulasi panas yang dihasilkan dari aktivitas metabolisme benih. Perbedaan kenaikan suhu antara P1 (1,3°C) dan P3 (2,4°C) selama 24 jam menunjukkan bahwa kepadatan tinggi mempercepat fluktuasi termal dalam media air.

Kadar Oksigen Terlarut (DO)

Penurunan konsentrasi oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) selama proses simulasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut (mg/L)

Perlakuan	0 Jam (Awal)	12 Jam	24 Jam (Akhir)
P1	7,5	6,8	6,5
P2	7,4	6,4	6,0
P3	7,3	5,9	5,5

Penurunan konsentrasi DO yang teramati pada seluruh perlakuan mencerminkan intensitas respirasi benih selama masa transportasi. Seiring meningkatnya kepadatan populasi, kompetisi terhadap oksigen terlarut meningkat akibat meningkatnya kebutuhan oksigen untuk metabolisme basal secara kolektif. Pada perlakuan P1 (150 ekor), kadar DO masih terjaga pada level optimal (6,5 mg/L), namun pada perlakuan P3 (200 ekor), terjadi penurunan ekstrem hingga mencapai

titik 5,5 mg/L pada jam ke-24. Selain dipicu oleh respirasi ikan, degradasi oksigen ini juga dipengaruhi oleh proses dekomposisi organik dari metabolit yang terakumulasi di dalam wadah tertutup, di mana aktivitas bakteri pengurai turut mengonsumsi oksigen yang tersedia (Boyd, 2015). Hal ini menegaskan bahwa kepadatan tinggi menciptakan beban ganda terhadap ketersediaan oksigen dalam sistem transportasi tertutup.

Derajat Keasaman (pH)

Perubahan nilai pH sebagai indikator tingkat keasaman media air selama 24 jam tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Nilai pH Air

Perlakuan	0 Jam (Awal)	12 Jam	24 Jam (Akhir)
P1	8,03	7,9	7,8
P2	8,0	7,7	7,6
P3	7,9	7,5	7,4

Data nilai pH pada Tabel 5 mengonfirmasi terjadinya proses asidifikasi (penurunan pH) seiring dengan meningkatnya waktu transportasi. Pada awal simulasi, nilai pH berkisar antara 7,9-8,03, namun pada akhir jam ke-24, nilai pH pada perlakuan P3 menurun signifikan hingga mencapai 7,4. Penurunan pH yang lebih ekstrem pada P3 dibandingkan P1 (7,8) memberikan gambaran kuat mengenai tingginya akumulasi gas karbon dioksida (CO₂) hasil respirasi ikan yang terlarut dalam media air, yang secara kimiawi memicu penurunan derajat keasaman.

Konsentrasi Amonia

Akumulasi senyawa amonia selama transportasi tertutup disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Amonia (mg/L)

Perlakuan	0 Jam (Awal)	12 Jam	24 Jam (Akhir)
P1	0,01	0,05	0,1
P2	0,01	0,09	0,18
P3	0,02	0,14	0,3

Tabel 6 menyajikan data akumulasi amonia yang mengalami lonjakan drastis, terutama pada kepadatan tinggi. Konsentrasi amonia pada jam ke-24 di perlakuan P3 mencapai 0,3 mg/L, yang menunjukkan peningkatan sebesar 15 kali lipat dari nilai awal (0,02 mg/L). Sebaliknya, pada P1 (150 ekor), akumulasi amonia jauh lebih terkontrol dengan nilai akhir hanya sebesar 0,1 mg/L. Tingginya kadar amonia pada P3 mencerminkan

besarnya volume buangan nitrogen (ekskresi) dari benih yang terakumulasi tanpa adanya sistem filtrasi dalam wadah tertutup.

PEMBAHASAN

Analisis Kelulushidupan dan Respons Stres

Tingkat kelulushidupan benih ikan kerapu cantang menunjukkan korelasi negatif terhadap peningkatan kepadatan benih. Berdasarkan hasil uji BNT, setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa ambang batas padat tebar sangat memengaruhi daya tahan benih selama transportasi 24 jam. Kelulushidupan tinggi pada perlakuan P1 (97,77%) menunjukkan bahwa rasio biomassa terhadap volume air masih berada pada kondisi yang seimbang. Pada kondisi ini, metabolisme ikan dapat berlangsung secara relatif stabil. Sebaliknya, penurunan tajam pada perlakuan P3 (71,06%) diduga berkaitan dengan meningkatnya stres fisik akibat keterbatasan ruang gerak. Ruang gerak yang sempit dapat menyebabkan gesekan antarindividu serta peningkatan kebutuhan energi karena ikan terus menyesuaikan posisi tubuhnya selama transportasi (Pardiansyah *et al.*, 2018).

Pengurasan cadangan energi pada kepadatan tinggi dapat menyebabkan penurunan kondisi fisiologis dan melemahkan sistem pertahanan tubuh benih. Hal ini berkaitan dengan karakteristik biologis ikan kerapu cantang yang memanfaatkan energi secara optimal untuk pertumbuhan pada kondisi lingkungan yang stabil, sebagaimana ditunjukkan melalui hubungan panjang dan berat tubuhnya. Oleh karena itu, gangguan lingkungan seperti peningkatan kepadatan dapat mengalihkan energi dari proses pertumbuhan menuju mekanisme adaptasi stres. Kondisi ini meningkatkan risiko kematian secara signifikan selama masa transportasi (Saragih *et al.*, 2025).

Kondisi stres selama pemeliharaan maupun transportasi dapat memperburuk respons fisiologis ikan. Dampaknya terlihat pada penurunan kelulushidupan. Upaya peningkatan daya tahan tubuh melalui pendekatan nutrisi, seperti suplementasi vitamin C, dilaporkan mampu meningkatkan survival serta performa pertumbuhan ikan kerapu cantang (Dewi *et al.*, 2025). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan padat tebar dapat menurunkan tingkat kelangsungan hidup ikan akibat meningkatnya tekanan lingkungan dan kompetisi antarindividu (Kharissa, 2025).

Berdasarkan hasil penelitian, batas kritis kepadatan mulai teridentifikasi pada perlakuan P2. Pada kondisi ini, penurunan kualitas air mulai terjadi secara signifikan meskipun belum

menyebabkan mortalitas ekstrem. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem mulai mendekati daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Dengan demikian, perubahan kecil pada kepadatan dapat memicu penurunan kualitas lingkungan secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan optimal tidak hanya ditentukan oleh kelulushidupan tinggi, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam mempertahankan stabilitas parameter lingkungan selama durasi transportasi. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan tidak hanya membatasi ruang gerak benih. Kondisi tersebut juga mempercepat akumulasi stres fisiologis secara kolektif melalui peningkatan laju metabolisme dan kompetisi sumber daya dalam sistem tertutup. Pada kondisi tersebut, energi metabolik cenderung dialihkan dari proses pertumbuhan menuju mekanisme adaptasi terhadap stres. Dampaknya adalah penurunan efisiensi fisiologis dan peningkatan risiko mortalitas selama transportasi.

Interaksi Kualitas Air Terhadap Homeostasis Ikan

Degradasi kualitas air merupakan faktor utama yang memengaruhi mortalitas ikan dalam sistem transportasi tertutup. Kenaikan suhu hingga 28,9°C pada perlakuan P3 menunjukkan adanya akumulasi panas yang berasal dari aktivitas metabolisme benih. Panas tersebut terperangkap dalam wadah tanpa adanya sistem pendinginan (Syawalani *et al.*, 2021). Suhu yang meningkat dapat mempercepat laju metabolisme ikan. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan oksigen menjadi lebih tinggi, yang kemudian berdampak pada penurunan kadar oksigen terlarut (DO). Hal ini ditunjukkan oleh penurunan DO hingga 5,5 mg/L pada jam ke-24, yang mengindikasikan terjadinya tekanan lingkungan berupa hipoksia. Keadaan hipoksia tersebut meningkatkan aktivitas respirasi ikan. Selanjutnya, kondisi ini mempercepat produksi gas CO₂ di dalam media air.

Akumulasi CO₂ dalam sistem tertutup menyebabkan penurunan nilai pH melalui proses pembentukan asam karbonat. Akibatnya, kondisi perairan menjadi lebih asam (Boyd, 2015). Penurunan pH dapat memengaruhi keseimbangan fisiologis ikan. Kondisi asidosis berpotensi mengganggu kemampuan hemoglobin dalam mengikat oksigen, sehingga tekanan fisiologis ikan semakin meningkat.

Selain itu, faktor pembatas kritis lainnya yang teridentifikasi dalam penelitian ini adalah peningkatan konsentrasi amonia hingga mencapai 0,3 mg/L pada perlakuan P3. Amonia bebas (NH₃) bersifat toksik karena mampu menembus membran biologis dan menyebabkan kerusakan jaringan epitel insang (Ramadhani & Sasmita, 2020).

Kerusakan insang dapat menghambat proses pertukaran gas serta osmoregulasi. Dalam durasi transportasi yang panjang, kondisi ini dapat memicu gangguan fungsi organ secara sistemik. Interaksi antarparameter kualitas air dalam sistem tertutup bersifat sinergis dan saling memperkuat efeknya terhadap kondisi fisiologis ikan. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi kualitas air tidak dapat ditinjau secara parsial. Sebaliknya, kondisi tersebut harus dipahami sebagai suatu sistem dinamis yang secara kolektif menentukan tingkat keberhasilan transportasi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa paparan amonia pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan jaringan insang serta meningkatkan mortalitas ikan secara signifikan (Widiartini *et al.*, 2022). Sebaliknya, stabilitas parameter kualitas air pada perlakuan P1 membuktikan bahwa kepadatan 150 ekor/5 L mampu meminimalkan akumulasi metabolit beracun. Kondisi ini menjaga fisiologis benih tetap berada dalam rentang toleransi selama proses distribusi (Prasetyo & Setyono, 2022). Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa keberhasilan transportasi benih ikan kerapu cantang ditentukan oleh interaksi antara kepadatan dan stabilitas kualitas air. Parameter lingkungan seperti suhu, oksigen terlarut, pH, dan amonia merupakan faktor kunci yang perlu dikendalikan untuk menjaga keseimbangan fisiologis ikan selama proses transportasi (Putra, 2022; Yani, 2025).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kepadatan benih berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap kelulushidupan dan stabilitas kualitas air dalam sistem transportasi tertutup selama 24 jam. Kepadatan 150 ekor/5 L merupakan kondisi optimal dengan tingkat kelulushidupan tertinggi serta dinamika kualitas air yang paling stabil. Sebaliknya, peningkatan kepadatan hingga 200 ekor/5 L menyebabkan degradasi kualitas air yang signifikan, terutama peningkatan amonia dan penurunan oksigen terlarut, yang berdampak langsung terhadap peningkatan mortalitas. Dengan demikian, pengendalian kepadatan menjadi strategi kunci dalam meningkatkan efisiensi serta keberhasilan distribusi benih ikan kerapu cantang pada skala operasional. Temuan ini memberikan implikasi praktis bahwa pengaturan kepadatan yang tepat dapat digunakan sebagai acuan operasional dalam distribusi benih untuk meminimalkan risiko mortalitas selama transportasi jarak jauh serta berpotensi meningkatkan efisiensi ekonomi dalam sistem distribusi benih skala komersial.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini, khususnya kepada para dosen pembimbing di Program Studi Akuakultur, Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha), atas bimbingan dan masukannya. Terima kasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan pembudidaya di Desa Patas, Gerokgak, yang telah memfasilitasi tempat dan sarana selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R. I., & Muahiddah, N. (2024). Performa Reproduksi Ikan Kerapu Cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* x *lanceolatus*) Skala Hatchery. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 10(1), 31-47.
- Amelia, J. M., & Maharani, M. D. K. (2024). Water Quality Assessment On The Coast Of Desa Musi, Kecamatan Gerokgak, Bali. *AQUASAINS*, 13(1), 1596-1604.
- Boyd, C. E. (2015). Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.
- Dewi, N. T. W. M., Sitepu, G. S. B., & Antara, K. L. (2025). The Effect Of Adding Vitamin C To Commercial Feed On The Growth And Survival Of Cantang Grouper Fish. *Aquasains: Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 13(1), 1747-1755.
- Effendi, M. I. (1979). Toksikologi Air untuk Perikanan. IPB Press.
- Fitriyani, H., Kusdianto, & Sukarti, K. (2015). Pengaruh perbedaan sumber lemak pakan terhadap efisiensi pakan dan rasio konversi pakan ikan kerapu cantang (*Epinephelus* sp.). *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 20(2), 8-14.
- Handisoepardjo W. 1982. Studi Pendahuluan Es Sebagai Bahan Penambah Pada Pengangkutan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) Karya Ilmiah Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor
- Hartyanto, A., Agustini, M., Wirawan, I., & Kusyairi, A. (2024). Pengaruh Kepadatan Yang Berbeda Pada Transportasi Sistem Basah Tertutup Terhadap Kelulusan Hidup Benih Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) Umur 50 Hari. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 5(1), 62-72.

- Ismi, S., Kusumawati, D., & Asih, Y. N. (2016). Pengaruh Lama Waktu Pemuaasaan Dan Beda Kepadatan Benih Kerapu Pada Transportasi Secara Tertutup. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(2), 625-632.
- Kharissa, H. (2025). *Pengaruh Padat Tebar Yang Berbeda Terhadap Kelangsungan Hidup Ikan Kerapu Cantang (Epinephelus Fuscoguttatus × Epinephelus Lanceolatus) Pada Fase Pendederan Dengan Sistem Recirculating Aquaculture System (RAS)*. Skripsi, Universitas Pendidikan Ganesha
- Miranti. 2011. Studi Transportasi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Menggunakan Sistem Kering dengan Media Busa. [PKM-AI].Bogor: Departemen Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Pardiansyah, D., Oktarini, W., & Martudi, S. (2018). Pengaruh peningkatan padat tebar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) menggunakan sistem resirkulasi. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 16(1), 81-86.
- Prasetyo, A., & Setyono, A. (2022). Strategi Mitigasi Stres dan Mortalitas Ikan Selama Transportasi. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan*, 5(2), 45-52.
- Putra, P. D. W. M. P. (2022). Efek Penambahan Probiotik Dengan Dosis Yang Berbeda Pada Pakan Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Kelulushidupan Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*). Skripsi. Universitas Pendidikan Ganesha
- Ramadhani, A., & Sasmita, A. A. (2020). Hubungan Kualitas Air dengan Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) pada Sistem Bioflok. *Jurnal Akuakultur*, 5(2), 112-120.
- Saragih, J. S. R. T., Antara, K. L., & Amelia, J. M. (2025). Penentuan kualitas benih berdasarkan hubungan panjang dan berat yuwana ikan kerapu cantang dalam fase pendederan recirculating aquaculture system (RAS). *COSTING: Journal of Economic, Business and Accounting*, 8(5), 1260.
- Syamsunarno, M. B., Maulana, M. K., Indaryanto, F. R., & Mustahal, M. (2019). Kepadatan Optimum Untuk Menunjang Tingkat Kelangsungan Hidup Benih Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Transportasi Sistem Tertutup. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(1), 70-78.
- Syawalani, S., Komariyah, S., & Isma, M. F. (2021). Pengaruh Kepadatan Yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan Benih Ikan Kakap Putih (*Lates Calcarifer*) Pada Sistem Transportasi Tertutup. *Jurnal Akuakultura Universitas Teuku Umar*, 5(1), 24-29.
- Wahyu, Supriyono, E., Nirmala, K., & Harris, E. (2015). 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(2), 165-177.
- Widiartini, K. L., Antara, K. L., Mahardika, K., & Setiabudi, G. I. (2022). Parasite prevalence *Oodinium* sp. in cantang hybrid grouper cultivated in recirculating aquaculture system. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(3), 79-84. <https://doi.org/10.24843/ATBES.2022.v06.i03.p03>
- Yani, K. L., Marantika, A. K., & Maharani, M. D. K. (2025). Pengaruh Penambahan Probiotik *Lactobacillus* sp. pada Pakan Pelet terhadap Pertumbuhan Ikan Kerapu Cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* × *Epinephelus lanceolatus*). *Journal of Aquatropica Asia*, 10(1), 41-48.