



Effects of Oxygen Nanobubble Technology (NBsO₂) on Hatching Rate and Larval Survival in Silver Barb *Barbonymus gonionotus* (Bleeker, 1849)

*(Pengaruh Teknologi Nanobubble Oksigen (NBsO₂) terhadap Keberhasilan Penetasan Telur dan Sintasan Larva Ikan Tawes *Barbonymus gonionotus* (Bleeker, 1849))*

Rizka Maslikhatul Ulfa¹, Gatra Ervi Jayanti^{1✉} dan Husain Latuconsina¹

¹ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Jalan Raya Mayjen Haryono No. 193, Dinoyo, Lowokwaru, Kota Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: gatra.ervi@unisma.ac.id

Article Info:

Received: 03 Juni 2026

Accepted: 26 September 2026

Online: 01 Oktober 2026

Article type:

☐	Review Article
☐	Common Serv. Article
☒	Research Article

Keyword:

NBsO₂; Ikan Tawes;
Kualitas Air; Penetasan
Telur; Sintasan Larva.

Corresponding Author:

Gatra Ervi Jayanti
Universitas Islam Malang
Malang, Indonesia

Email:

gatra.ervi@unisma.ac.id



Copyright©2026, Rizka Maslikhatul Ulfa, Gatra Ervi Jayanti, Husain Latuconsina

Abstract

Oxygen nanobubble (O₂NB) technology can enhance dissolved oxygen availability in aquaculture systems. This study evaluated the effects of O₂NB application on the hatching rate and survival of silver barb (*Barbonymus gonionotus*) larvae and examined their relationships with water quality parameters. The experiment followed a completely randomized design with five O₂NB exposure durations (0, 5, 10, 15, and 20 min), each with five replicates. The measured parameters included hatching rate (HR), larval survival rate (SR), temperature, pH, and dissolved oxygen (DO). Data were analyzed using descriptive statistics and normality tests, followed by analysis of variance (ANOVA), the Kruskal–Wallis test, and paired-sample t-tests, as appropriate. O₂NB application had no significant effect on HR or SR ($P > 0.05$). Descriptively, the highest HR and SR were recorded in the 15-min treatment, at 29% and 4%, respectively. O₂NB application increased DO levels following treatment; however, the relationships between water quality parameters and HR or SR were not statistically significant ($P > 0.05$). These findings indicate that O₂NB application did not significantly affect egg hatching or larval survival under the experimental conditions evaluated.

I. PENDAHULUAN

Teknologi NBs merupakan inovasi yang efektif untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam sistem budidaya ikan (Fuadi et al., 2020). Stabilitas NBs memungkinkan oksigen terlarut bertahan lebih lama di perairan (Ulatowski et al., 2019). Nanobubbles oksigen (NBsO₂) juga mampu mempertahankan kelarutan oksigen yang tinggi karena ukurannya berada pada skala nano (Mauladani et al., 2020). Penelitian Tekile et al., (2016) menunjukkan bahwa aplikasi NBsO₂ dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut hingga 42

mg/L dan masih bertahan pada konsentrasi 13,5 mg/L setelah 24 jam.

Teknologi NBs telah dikembangkan sebagai salah satu teknologi oksigenasi yang berpotensi meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut dalam media budidaya, serta memperbaiki kualitas lingkungan perairan (Pramleonia et al., 2018). Peningkatan kualitas air berpotensi mendukung proses fisiologis pada fase awal perkembangan ikan, termasuk perkembangan embrio dan kelangsungan hidup larva (Naskuroh et al., 2018). Perubahan kualitas air yang tidak

terkendali dapat berdampak negatif pada organisme budidaya (Scarba et al., 2019). Secara umum, kondisi optimal bagi pertumbuhan ikan berada pada suhu 25–32 °C, pH 7–8, dan oksigen terlarut 5–6 ppm (Latuconsina et al., 2020).

Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) merupakan salah satu ikan air tawar yang berpotensi untuk dikembangkan melalui kegiatan budidaya. Namun, keberhasilan produksi benih masih dipengaruhi oleh rendahnya daya tetas telur dan sintasan larva. Fase larva merupakan tahap kritis karena terjadi peralihan dari pemanfaatan kuning telur menuju pakan eksogen, sehingga membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai untuk mendukung kelangsungan hidupnya (Cahyanti et al., 2022).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan teknologi NBsO₂ terhadap daya tetas telur dan sintasan larva ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) serta hubungannya dengan parameter kualitas air berupa suhu, pH, dan oksigen terlarut.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Konservasi Iwak Kali, Desa Bakalan, Kec. Purwosari, Kab. Pasuruan dan berlangsung selama 4 bulan, yaitu pada bulan September hingga Desember 2025.

2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengukur pengaruh teknologi NBsO₂ terhadap keberhasilan penetasan telur dan sintasan larva ikan tawes. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 5 perlakuan dan 5 ulangan, sehingga terdapat 25 unit percobaan. Perlakuan terdiri atas P0 (kontrol, 0 menit), P1 (5 menit), P2 (10 menit), P3 (15 menit), dan P4 (20 menit) pemberian NBsO₂. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah durasi pemberian NBsO₂, sedangkan variabel terikat meliputi daya tetas telur (Hatching Rate/HR) dan sintasan larva (Survival Rate/SR). Parameter kualitas air yang diamati sebagai parameter pendukung meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO).

2.3 Prosedur

2.3.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kolam bioflok, aerator (Resun LP-100),

pH meter (Taffware), DO meter (Lutron), termometer (Lutron), millimeter block (SiDU), hand tally counter, gelas ukur, saringan, kamera digital, kertas label, nanogenerator (Owater, Indonesia) dan oksigen generator (Yuwell, China). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari telur ikan tawes, pakan ikan, air sumber, dan air NBsO₂.

2.3.2. Persiapan penelitian

Penelitian menggunakan 25 wadah berupa galon air mineral yang telah dibersihkan dan dikeringkan. Masing-masing wadah diisi dengan 3 L air bersih yang kemudian diberi NBsO₂ sesuai dengan lama waktu perlakuan yang telah ditentukan. Setelah proses pemberian NBsO₂ selesai, sebanyak 100 telur ikan tawes yang telah terbuahi ditebar ke dalam masing-masing wadah. Telur ikan tawes diperoleh dari UPT Laboratorium Kesehatan Ikan dan Lingkungan Pasuruan. Telur yang digunakan merupakan telur yang telah dibuahi dan diseleksi berdasarkan kondisi morfologisnya sebelum ditebar pada setiap unit percobaan. Aerasi dipasang pada setiap wadah, dan kualitas air dijaga sesuai dengan rencana perawatan. Kelangsungan hidup larva dipantau hingga 7 hari setelah menetas. Larva diberi pakan alami berupa alga mulai umur 1 hari setelah menetas dengan frekuensi dua kali sehari, yaitu pagi dan sore hari.

2.3.3. Preparation and Application of NBsO₂

Nanogenerator dihubungkan dengan pipa input dan output air, lalu dipastikan semua sambungan pipa tertutup rapat agar tidak terjadi kebocoran. Air bersih dimasukkan ke dalam sistem melalui pipa input, kemudian mesin dinyalakan untuk menghasilkan gelembung nano yang mengandung oksigen murni sebesar 95%. Selama proses, tekanan air dan suplai oksigen diatur agar menghasilkan gelembung nano yang stabil dan terdistribusi merata dalam media penetasan.

Debit air yang dihasilkan dari nanogenerator (sesuai dengan pembuatan alat) adalah air atau liquid berbanding debit gas adalah $Q_l/Q_g = 38$. Angka 38 ini menunjukkan hasil optimal untuk mendapatkan gelembung yang homogen dan jumlahnya banyak. Menurut Alam et al., (2022) semakin tinggi nilai Q_l/Q_g , semakin kecil diameter rata-rata gelembung. Hal ini dikarenakan nilai Q_l/Q_g yang lebih tinggi mengindikasikan tekanan operasi yang lebih tinggi. Selain memengaruhi ukuran gelembung, peningkatan tekanan operasi juga meningkatkan konsentrasi gelembung. Oleh karena itu gelembung yang lebih kecil dengan

konsentrasi tinggi akibat peningkatan QI/Qg akan memiliki luas antarmuka dan kelarutan gas yang lebih besar.

Dalam penelitian ini tidak diukur diameter gelembung. Data ukuran gelembung diketahui dari pengukuran awal pembuatan Nanobubbles generator (Owater, Indonesia) dengan ZetaSizer Nano ZS particle size analyzer (Malvern Instruments, UK). Ukuran gelembung bila diambil rata-rata berukuran 163 nm. Perlakuan NBsO₂ diberikan sekali sebelum inkubasi telur. Durasi induksi NBsO₂ adalah 5, 10, 15, dan 20 menit untuk setiap kelompok perlakuan.

2.3.4. Inkubasi Telur dan Aerasi

Pada tebar telur, setiap wadah ditetapkan sebanyak 100 butir telur yang telah dibuahi sempurna. Penetasan telur dilakukan dalam media selama kurang lebih 24 jam hingga telur menetas. Selanjutnya, aerasi diberikan secara terus-menerus pada setiap unit percobaan menggunakan aerator Resun LP-100. Selang aerasi ditempatkan pada dasar wadah dengan aliran udara yang stabil dan tidak terlalu kuat agar tidak mengganggu telur selama proses inkubasi.

2.4 Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis deskriptif kuantitatif untuk mengetahui nilai rata-rata dan standar deviasi. Parameter yang diamati meliputi Hatching Rate (HR) dan Survival Rate (SR). Tingkat penetasan (HR) dan tingkat kelangsungan hidup (SR) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$HR = \frac{N_t}{N_0} \times 100$$

Keterangan: HR = Tingkat penetasan (%), N_t = Jumlah telur yang menetas (butir), N₀ = Jumlah telur yang di buahi

$$SR (\%) = \frac{N_t}{N_i} \times 100$$

Keterangan: SR = Tingkat kelangsungan hidup larva (%), N_t = Jumlah larva hidup pada akhir pemeliharaan, N_i = Jumlah larva hidup pada awal pemeliharaan

Selanjutnya dilakukan uji normalitas untuk menentukan distribusi data. Apabila data berdistribusi normal, analisis dilanjutkan dengan uji ANOVA. Namun, apabila data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji nonparametrik, yaitu Kruskal-Wallis. Selain itu, untuk mengetahui perbedaan nilai kualitas air sebelum dan sesudah pemberian NBsO₂ dilakukan

uji t berpasangan (paired t-test). Selanjutnya, untuk mengetahui hubungan antara parameter kualitas air (suhu, pH, dan kadar DO) dengan daya tetas telur dan sintasan larva, dilakukan uji korelasi menggunakan bantuan software Microsoft Excel dan SPSS versi 27.

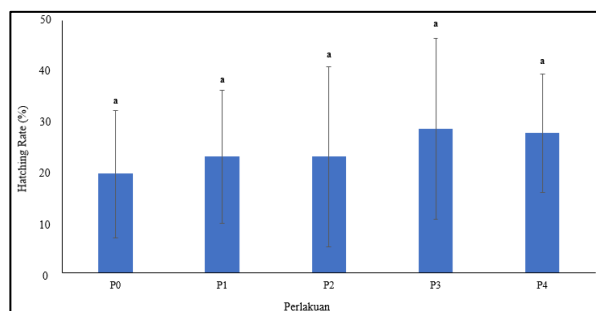
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daya Tetas Telur Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Pemberian NBsO₂ menghasilkan nilai hatching rate (HR) yang berbeda pada setiap perlakuan. Nilai HR tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (15 menit) sebesar 29%, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan kontrol (P0) sebesar 20% (Gambar 1). Nilai HR yang lebih tinggi pada perlakuan P3 pemberian NBsO₂ selama 15 menit menunjukkan nilai deskriptif tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 1. Rata-rata dan standar deviasi nilai HR pada setiap perlakuan NBsO₂

Perlakuan	Durasi pemberian NBsO ₂ (menit)	HR(%)
P0	0	19,60 ± 12,58
P1	5	23,00 ± 13,21
P2	10	24,00 ± 17,88
P3	15	26,60 ± 6,88
P4	20	27,60 ± 11,72



Gambar 1. Rata-rata daya tetas telur ikan tawes antar perlakuan

Meskipun demikian, nilai daya tetas yang relatif rendah pada seluruh perlakuan menunjukkan bahwa keberhasilan penetasan telur tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen terlarut. Muslim et al., (2021) menyatakan bahwa tidak semua telur yang terbuahi mampu berkembang menjadi embrio normal dan menetas menjadi larva akibat kualitas telur yang kurang baik maupun gangguan selama perkembangan embrio. Selain itu, kondisi lingkungan selama inkubasi juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan penetasan. Assersohn et al., (2021)

melaporkan bahwa kondisi lingkungan yang kurang optimal dapat meningkatkan mortalitas embrio, sedangkan Wahyuni et al., (2023) menyatakan bahwa rendahnya daya tetas telur umumnya disebabkan oleh kombinasi faktor internal dan eksternal, termasuk kualitas telur, kualitas media penetasan, serta infeksi mikroorganisme. Kondisi fisik media juga diduga berkontribusi terhadap rendahnya HR, karena turbulensi yang dihasilkan oleh aerasi berlebihan dapat mengganggu perkembangan embrio dan meningkatkan mortalitas telur sebelum menetas (Wei et al., 2024).

Peningkatan nilai HR pada perlakuan P3 diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan DO yang mendukung metabolisme embrio selama proses embriogenesis. Ketersediaan oksigen yang cukup diperlukan untuk menunjang perkembangan embrio hingga proses penetasan berlangsung dengan baik (Jayanti et al., 2026). Oleh karena itu, rendahnya nilai HR pada penelitian ini diduga merupakan hasil interaksi antara kualitas telur, kondisi media penetasan, dan faktor lingkungan selama proses inkubasi. Namun demikian, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan durasi pemberian NBsO_2 tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya tetas telur ikan tawes ($p>0,05$).

3.2. Sintasan Larva Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

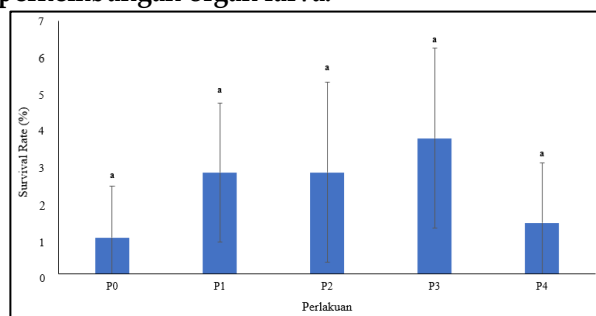
Berdasarkan Gambar 2 dan table rata-rata serta standar deviasi, sintasan larva ikan tawes menunjukkan variasi antarperlakuan. Nilai SR tertinggi secara deskriptif diperoleh pada P3 (15 menit) sebesar $3,60 \pm 3,05\%$, sedangkan nilai terendah terdapat pada P0 (kontrol) sebesar $1,00 \pm 1,41\%$. Nilai SR menunjukkan bahwa kelangsungan hidup larva selama pemeliharaan relatif rendah. Rendahnya nilai SR disebabkan oleh tingginya mortalitas larva selama pemeliharaan.

Tabel 2. Rata-rata dan standar deviasi nilai SR pada setiap perlakuan NBsO_2

Perlakuan	Durasi pemberian NBsO_2 (menit)	SR(%)
P0	0	$1,00 \pm 1,41$
P1	5	$2,80 \pm 1,92$
P2	10	$2,20 \pm 2,49$
P3	15	$3,60 \pm 3,05$
P4	20	$1,40 \pm 1,67$

Tingginya sintasan pada perlakuan P3 diduga berkaitan dengan ketersediaan oksigen

terlarut yang lebih optimal sehingga mampu mendukung proses respirasi, metabolisme, dan perkembangan organ larva.



Gambar 2. Rata-rata sintasan larva ikan tawes antar perlakuan

Pada fase awal kehidupan, larva sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, terutama ketersediaan oksigen. Kondisi oksigen yang cukup dan stabil berperan penting dalam mempertahankan viabilitas embrio serta meningkatkan kelangsungan hidup larva selama masa pemeliharaan (Song et al., 2017). Sebaliknya, sintasan yang lebih rendah pada perlakuan P4 menunjukkan bahwa penambahan durasi pemberian NBsO_2 tidak selalu memberikan manfaat yang lebih baik bagi larva.

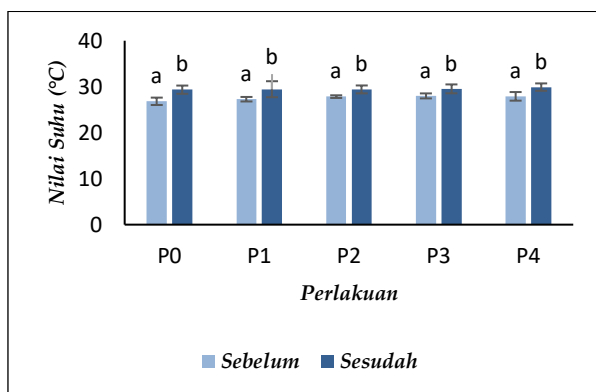
Selain dipengaruhi oleh kualitas air, tingkat sintasan larva juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti kualitas telur, tingkat stres, kemampuan adaptasi larva, dan kondisi pemeliharaan. Haser et al (2018) melaporkan bahwa rendahnya kelangsungan hidup larva dapat disebabkan oleh viabilitas telur yang rendah akibat gangguan perkembangan embrio maupun infeksi mikroba. Faktor lain seperti pengelolaan media pemeliharaan, kemampuan berenang larva, dan tingkat stres juga dapat memengaruhi keberhasilan hidup larva. Selain itu, ketersediaan pakan yang sesuai pada fase awal pemeliharaan menjadi faktor penting karena larva memerlukan pakan yang sesuai dengan ukuran bukaan mulut dan kemampuan sistem pencernaannya untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dan mendukung kelangsungan hidup (Diansyah et al., 2017).

Meskipun perlakuan P3 menghasilkan nilai sintasan larva tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan durasi pemberian NBsO_2 tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap sintasan larva ikan tawes ($P > 0,05$).

3.3. Parameter Kualitas Air

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO),

dengan pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah pemberian NBsO₂. Suhu air berkisar antara 26 hingga 29°C, pH berkisar antara 6 hingga 7, dan kadar DO berkisar antara 5,00 hingga 6,35 mg/L. Hasil pengamatan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa seluruh parameter kualitas air selama penelitian masih berada dalam kisaran yang mendukung proses penetasan telur dan pemeliharaan larva ikan tawes. Namun, karena nilai SR yang diperoleh sangat rendah, kualitas air yang diukur belum sepenuhnya dapat menjelaskan mortalitas larva.

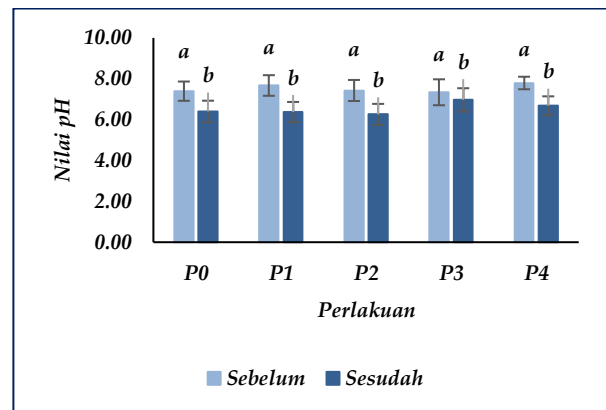


Gambar 3. Nilai Rata-Rata Suhu Antarperlakuan

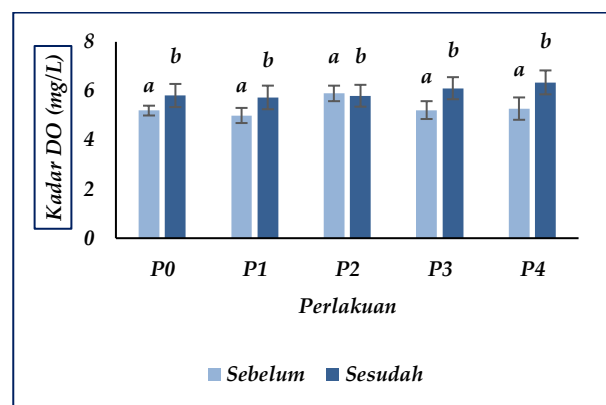
Nilai suhu selama penelitian berkisar antara 26–29°C. Rentang tersebut masih sesuai untuk mendukung perkembangan embrio dan kelangsungan hidup larva ikan. Suhu berperan penting dalam mengatur laju metabolisme dan perkembangan embrio selama proses inkubasi. Suhu yang terlalu tinggi maupun fluktuasi suhu yang ekstrem dapat mengganggu perkembangan embrio dan meningkatkan risiko kematian telur (Renita, 2017). Kisaran suhu yang diperoleh pada penelitian ini masih sesuai dengan suhu optimal penetasan telur ikan, yaitu sekitar 28–30°C (Atoillah et al., 2016), serta mendukung proses metabolisme dan pertumbuhan larva (Hutagalung et al., 2016). Meskipun terjadi peningkatan suhu setelah pemberian NBsO₂, kondisi tersebut masih berada dalam batas toleransi organisme uji.

Nilai pH selama penelitian berada pada kisaran 6–7. Kisaran tersebut masih mendukung proses penetasan dan kehidupan awal larva ikan tawes. pH berperan dalam aktivitas enzim chorionase yang membantu melunakkan chorion selama proses penetasan telur (Gusrina, 2018). Selain itu, pH yang stabil juga penting untuk menjaga keseimbangan fisiologis organisme akuatik. Perubahan pH yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat menimbulkan stres dan mengganggu proses metabolisme ikan [18].

Meskipun terjadi penurunan pH setelah aplikasi NBsO₂, nilainya masih berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh ikan tawes (Diana et al., 2018).



Gambar 4. Nilai Rata-Rata pH Antar Perlakuan



Gambar 5. Nilai Rata-Rata DO Antar Perlakuan

Nilai DO sebelum perlakuan berkisar antara 5,0–5,9 mg/L dan meningkat menjadi 5,74–6,35 mg/L setelah pemberian NBsO₂. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa teknologi NBsO₂ mampu meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut dalam media pemeliharaan. Oksigen terlarut merupakan parameter yang sangat penting dalam proses penetasan telur dan perkembangan larva karena berperan dalam respirasi, metabolisme, serta perkembangan embrio (Hutagalung et al., 2017). Ketersediaan oksigen yang cukup dapat mendukung perkembangan embrio secara optimal dan meningkatkan kemampuan larva untuk bertahan hidup pada fase awal pemeliharaan [10]. Seluruh nilai DO yang diperoleh masih memenuhi kisaran optimal untuk kegiatan budidaya dan pembenihan ikan (Rahmawati et al., 2021). Berdasarkan uji paired t-test, nilai DO sebelum dan sesudah pemberian NBsO₂ menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Pengukuran dilakukan pada 25 wadah, dengan setiap wadah

menjadi satu pasangan pengukuran sebelum dan sesudah perlakuan. Sementara itu, perbedaan durasi pemberian NBsO₂ tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai DO ($p>0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian NBsO₂ berkaitan dengan peningkatan ketersediaan oksigen terlarut dalam media, sedangkan variasi durasi perlakuan menghasilkan nilai DO yang relative serupa.

3.4. Hubungan antara Faktor Lingkungan dan NBsO₂

Hasil analisis korelasi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa suhu, pH, dan dissolved oxygen (DO) memiliki hubungan yang lemah hingga sangat lemah terhadap daya tetas dan sintasan larva ikan tawes. Seluruh parameter menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, sehingga tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kualitas air dengan keberhasilan penetasan maupun kelangsungan hidup larva.

Tabel 3. Korelasi faktor lingkungan dengan daya tetas dan sintasan larva ikan tawes

Variabel profil kualitas air	Variabel profil daya tetas dan sintasan larva	R	P
Suhu	Daya Tetas	0,017	0,936
pH		0,220	0,291
DO		0,224	0,281
Suhu	Sintasan Larva	-0,083	0,694
pH		-0,330	0,107
DO		0,026	0,902

Pada daya tetas, suhu ($R=0,017$; $P=0,936$), pH ($R=0,220$; $P=0,291$), dan DO ($R=0,224$; $P=0,281$) menunjukkan korelasi positif yang sangat lemah hingga lemah. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan parameter kualitas air cenderung diikuti oleh peningkatan daya tetas, meskipun pengaruhnya tidak signifikan. Naskuroh et al (2018) menyatakan bahwa suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat memengaruhi daya tetas dan perkembangan embrio, terutama ketika terjadi perbedaan kondisi suhu selama inkubasi. Selain itu, pH berperan dalam aktivitas enzim selama embriogenesis yang mendukung proses penetasan telur (Murhadisah et al., 2020).

Pada sintasan larva, suhu ($R = -0,083$; $P = 0,694$) dan pH ($R = -0,330$; $P = 0,107$) menunjukkan korelasi negatif lemah, sedangkan DO ($R = 0,026$; $P = 0,902$)

menunjukkan korelasi positif yang sangat lemah. Meskipun tidak signifikan, hasil ini menunjukkan bahwa variasi kualitas air selama penelitian belum menjadi faktor pembatas bagi kelangsungan hidup larva. Secara umum, suhu, pH, dan DO tetap berperan penting dalam mendukung perkembangan embrio dan larva melalui pengaruhnya terhadap proses fisiologis dan metabolisme (Rahayu et al., 2023).

Kondisi kualitas air yang relatif stabil selama penelitian diduga menjadi penyebab tidak ditemukannya hubungan yang signifikan. Dalam hal ini, teknologi NBsO₂ berpotensi membantu menjaga kestabilan DO karena memiliki daya apung rendah dan waktu retensi yang panjang di perairan. Rahayu et al., (2023) menyatakan bahwa keberadaan NBsO₂ dapat meningkatkan kualitas media budidaya melalui peningkatan ketersediaan oksigen terlarut yang mendukung metabolisme ikan serta bisa mengubah sifat air itu sendiri berkat durasi disolusi yang panjang, menghasilkan keunggulan seperti tekanan gas internal tinggi dan muatan permukaan yang efektif.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan teknologi NBsO₂ dengan berbagai durasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya tetas telur maupun sintasan larva ikan tawes. Meskipun demikian, perlakuan NBsO₂ menunjukkan kecenderungan untuk meningkatkan nilai daya tetas dibandingkan dengan kontrol. Pemberian NBsO₂ meningkatkan kadar DO dan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Namun, peningkatan DO tersebut belum diikuti oleh peningkatan HR dan SR yang signifikan. Keterbatasan penelitian ini adalah nilai SR yang masih sangat rendah. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan jumlah sampel atau ulangan yang lebih banyak untuk melihat pengaruh NBsO₂ terhadap daya tetas dan sintasan larva dengan lebih jelas.

Acknowledgements

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Pusat Konservasi Iwak Kali Pasuruan atas izin penggunaan lokasi dan fasilitas penelitian selama pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- Alam, H. S., Sutikno, P., Soelaiman, T. A. F., & Sugiarto, A. T. (2022). Bulk nanobubbles: Generation using a two-chamber swirling flow nozzle and long-term stability in water. *Journal of Flow Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s41981-021-00208-8>
- Assersohn, K., Marshall, A. F., Morland, F., Brekke, P., & Hemmings, N. (2021). Why Do Eggs Fail? Causes Of Hatching Failure In Threatened Populations And Consequences For Conservation. *Animal Conservation*, 24(4), 540–551. <https://doi.org/10.1111/acv.12674>
- Atoillah, I. (2016). Pengaruh Suhu Media Penetasan Yang Berbeda Terhadap Daya Tetas Telur Dan Kelulus hidupan Larva Ikan Wader Cakul (*Puntius Binotatus*). Diss. Universitas Brawijaya.
- Cahyanti, W., Mumpuni, F. S., Maulidie, S. H., & Arifin, O. Z. (2022). Perkembangan Embrio dan Performa Awal Larva Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*). *Jurnal Mina Sains*, 8(2). <https://doi.org/10.30997/jmss.v8i2.7020>
- Diana, F., & Safutra, E. (2018). Pengaruh pemberian pakan alami yang berbeda pada benih ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup. *Jurnal Akuakultura Universitas Teuku Umar*, 2(1). <https://doi.org/10.35308/ja.v2i1.769>
- Diansyah, S., Erina, Y., & Jannah, M. R. (2017). Pemberian pakan alami yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan nilem (*Osteochilus hasseltii*). *Jurnal Akuakultura Universitas Teuku Umar*, 1(1). <https://doi.org/10.35308/ja.v1i1.478>
- Fuadi, A., Sami, M., Usman, U., & Saifuddin, S. (2020). Teknologi tepat guna budidaya ikan lele dalam kolam terpal metode bioflok dilengkapi aerasi nano bubble oksigen. *Jurnal Vokasi*, 4(1), 39-45. <https://doi.org/10.30811/vokasi.v4i1.1819>
- Gusrina, (2018). *Genetika dan Reproduksi Ikan*. Deepublish. Yogyakarta.
- Haser, T.F., Febri, S.P., & Nurdin, M.S. (2018). Effectivity of the papaya leaf 's extract in supporting hatching succes of the milk fish (*Chanos chanos* Forskall). *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 16(2), 92-99. <https://doi.org/10.32663/ja.v16i2.427>
- Hutagalung, J., Alawi, H., & Sukendi, S. (2016). Pengaruh suhu dan oksigen terhadap penetasan telur dan kelulushidupan awal larva ikan pawas (*Osteochilus hasselti* CV) (Doctoral dissertation, Riau University).
- Hutagalung, J., Alawi, H., Sukendi. (2017). Pengaruh Suhu dan Oksigen Terhadap Penetasan Telur dan Kelulushidupan Awal Larva Ikan Pawas (*Osteochilus hasselti* C.V.). *JOM*, 4(1):1–12. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERIKA/article/view/13196>
- Jayanti, G. E., Rahayu, T., Nasir, M. W., Rofida, N. V., & Dairobi, I. (2026). Nanobubbles of oxygen enhance water quality and increase the survival rate of *Oreochromis niloticus* fish. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 209, p. 01012). 10.1051/bioconf/202620901012
- Latuconsina, H. (2020). *Ekologi Perairan Tropis: Biodeversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaannya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mauladani, S., Rahmawati, A. I., Absirin, M. F., Saputra, R. N., Pratama, A. F., Hidayatullah, A., Dwiarto, A., Syarif, A., Junaedi, H., & Cahyadi, D. (2020). Economic feasibility study of *Litopenaeus vannamei* shrimp farming: Oxygen nanobubble investment in increasing harvest productivity. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1), 30–38. <https://doi.org/10.19027/jai.19.1.30-38>
- Murhadisah. (2020). Efektivitas Ekstrak Daun Kunyit (*Curcuma domestica*) pada Penetasan Telur Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal). *Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 2(1): 62-72. <https://doi.org/10.51179/jipsbp.v2i1.344>
- Muslim, I., & Atjo, A. A. (2021). Respon Penetasan Telur Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) pada Tingkatan Suhu yang Berbeda. *Siganus: Journal of Fisheries and Marine Science*, 2(2), 147-153. <https://doi.org/10.31605/siganus.v2i2.1017>
- Naskuroh, N., Tarsim, & Hudaidah, S. (2018), "Pengaruh Suhu yang Berbeda terhadap Daya Tetas dan Perkembangan Embrio Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)", *Jurnal Sains Teknologi Akuakultur*, 2(2), 1–10.
- Panggabean T.K, Sasanti A.D, Yulisman. (2016). Kualitas air, kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan efisiensi pakan ikan nila yang diberi pupuk hayati cair pada air media pemeliharaan. Tesis Sarjana. Universitas Sriwijaya.

- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., & Wardoyo, S. E. (2018). Parameter fisika dan kimia air kolam ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural*, 8(1): 24-34. <https://doi.org/10.31938/jsn.v8i1.107>
- Pratama, B. A., Susilowati, T., & Yuniarti, T. (2018). Pengaruh perbedaan suhu terhadap lama penetasan telur, daya tetas telur, kelulushidupan dan pertumbuhan benih ikan gurame (*Osphronemus gouramy*). *Sains Akuakultur Tropis*, 2(1), 59–65. <https://doi.org/10.24198/sat.v2i1.2478>
- Rahayu, T., G. E. Jayanti, and A. Hayati (2023). "Induksi Nanobubbles (NBs) untuk Pertumbuhan Anggrek Dendrobium Imelda Marina Masagung X Bumi Menangis," *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, vol. 10, no. 1, p. 126.
- Rahmawati AI, Saputra RN, Hidayatullah A, Dwiarto A, Junaedi H, Cahyadi D, Saputra HKH, Prabowo W, Kartamiharja UKA, Shafira H. (2021). Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond. *Aquaculture and Fisheries* 6:277 -282. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.005>
- Renita, R. (2017). Pengaruh suhu terhadap waktu penetasan, daya tetas telur dan kelangsungan hidup larva ikan cupang (*Betta splendens*) (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Pontianak).
- Scabra, A. R., & Setyowati, D. N. A. (2019). Peningkatan mutu kualitas air untuk pembudidaya ikan air tawar di Desa Gegerung, Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Abdi Insani*, 6(2), 267-275. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v6i2.243>
- Sinjai, H. 2011. Pengaruh Substrat Ijuk dan *Hydrilla* sp. terhadap Derajat Pembuahan dan Penetasan Telur Ikan Mas. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. 7 (1): 32-35. <https://doi.org/10.35800/jpkt.7.1.2011.12>
- Song, W., Wang, C., Li, R., & Mu, C. (2017). Peroxiredoxin 6 From Cuttlefish (*Sepiella Maindroni*): Molecular Characterisation During Development And The Response To Thermal Stress. *International Aquatic Research*, 9(4), 281–292.
- Tekile, A., Kim, I., & Lee, J.-Y. (2016). Extent and persistence of dissolved oxygen enhancement using nanobubbles. *Environmental Engineering Research*, 21(4), 427–435. <https://doi.org/10.4491/eer.2016.028>
- Telaumbanua, M. (2025). Pengaruh oksigen terlarut (DO) dalam budidaya perairan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 2(1), 200-206. <https://doi.org/10.70134/peraut.v1i1.691>
- Ulatowski, K., P. Sobieszuk, A. Mroz, T. Ciah, (2019). Stability of Nanobubbles Generated in Water Using Porous Membrane System. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification* 136, 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.12.010>
- Wahyuni, S., Nugroho, R. A., & Subandiyono, S. (2023). Pengaruh Larutan Daun Sirih (*Piper betle*) terhadap Daya Tetas Telur Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 8(1), 23–34.
- Wei, Y., Ma, A., Deng, Y., Cao, M., Hu, Y., Cheng, Z., & Zhu, L. (2024). Effects of flow turbulence on the entire development process of drifting fish eggs. *Fishes*, 9(3), 88. <https://doi.org/10.3390/fishes9030088>