

KAJI TERAP PERBEDAAN SUHU INKUBASI TELUR TERHADAP DERAJAT PEMBUAHAN, DERAJAT PENETASAN TELUR DAN SINTASAN LARVA IKAN NILA NIRWANA *Oreochromis niloticus*

*Study on the Effect of Different Egg Incubation Temperatures on Fertilization Rate, Hatching Rate, and Larval Survival of Nirwana Tilapia (*Oreochromis niloticus*)*

Imam Tri Wahyudi¹, Systa Ambar Wangi Hernawan¹, Andri Hendriana^{1*}, Abdurahim², Dian Eka Ramadhani¹, dan Andri Iskandar¹

¹ Program Studi Teknologi dan Manajemen Pembenihan Ikan, Sekolah Vokasi, IPB University, Jl. Raya Pajajaran, Kota Bogor, 16128, Jawa Barat, Indonesia

² Balai Benih Ikan Ciganjur, Jl. Moh. Kahfi, Ciganjur, Kecamatan Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta

*Korespondensi email : andri.hendriana@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatchery production often faces seed supply limitations due to suboptimal egg hatching rates, where temperature regulation plays a critical role. This study aims to evaluate the effects of incubation temperature on fertilization rate, hatching success, and larval survival of Wanayasa strain tilapia. The research employed four different treatments: a Control treatment (25°C), and treatment P1 (28°C), P2 (30°C), and P3 (32°C). The observed parameters included fertilization rate, hatching rate, survival rate, and water quality. The research findings indicate that the highest fertilization rate (FR) occurred in treatment P3, with a value of 96,00±2,00%, showing a significant decrease in the control treatment (81,67±3,06%). The highest hatching rate (HR) was observed in treatment P2 (96,40±1,56%) compared to 67,37±2,11% in the control. The survival rate (SR) peaked in treatment P3 (86,33±2,52%), while the control showed only 51,54±2,76% survival. The study concludes that Wanayasa strain larval production performs optimally within 28-32°C.

Keywords : *fertilization rate, hatching rate, survival, tilapia*

ABSTRAK

Budidaya ikan nila sering menghadapi kendala ketersediaan benih, akibat rendahnya derajat penetasan telur pada tahap pembenihan. Salah satu upaya untuk meningkatkan keberhasilan derajat penetasan telur diperlukan penanganan suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perbedaan suhu inkubasi terhadap derajat pembuahan, derajat penetasan telur, dan sintasan larva ikan nila nirwana. Penelitian menggunakan empat perlakuan berbeda yaitu perlakuan Kontrol (suhu 25°C), perlakuan P1 (suhu 28°C), perlakuan P2 (suhu 30°C), dan perlakuan P3 (suhu 32°C). Parameter uji yang diamati meliputi derajat pembuahan telur, derajat penetasan telur, sintasan, dan kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat pembuahan telur tertinggi terdapat pada perlakuan P3 dengan nilai sebesar 96,00±2,00% dan cenderung menurun pada perlakuan kontrol dengan nilai sebesar 81,67±3,06 %. Derajat penetasan telur tertinggi terdapat pada perlakuan P2 dengan

nilai sebesar $96,40 \pm 1,56\%$ dan cenderung menurun pada perlakuan kontrol dengan nilai sebesar $67,37 \pm 2,11\%$. Sintasan tertinggi terdapat pada perlakuan P3 dengan nilai sebesar $86,33 \pm 2,52\%$ dan cenderung menurun pada perlakuan kontrol dengan nilai sebesar $51,54 \pm 2,76\%$. Berdasarkan hasil penelitian untuk kinerja produksi larva ikan nila nirwana berkisar $28\text{--}32^\circ\text{C}$.

Kata Kunci: derajat pembuahan telur, derajat penetasan telur, ikan nila, sintasan.

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) telah berkembang menjadi komoditas akuakultur strategis di Indonesia, menyumbang peningkatan produksi sebesar 27,19% dalam kurun waktu 2020-2021 (KKP, 2022). Data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022) mengungkapkan kenaikan volume produksi dari 1.172.633 ton menjadi 1.491.533 ton, didorong oleh permintaan global yang meningkat dengan kontribusi ekspor Indonesia mencapai 3,03% pangsa pasar internasional. Posisi strategis ini diperkuat oleh pengembangan varietas unggul seperti strain Wanayasa hasil rekayasa genetik melalui persilangan *Genetic Improvement of Farmed Tilapia* (GIFT) dan *Genetically Enhanced Tilapia* (GET) (Kusuma *et al.*, 2024). Namun, ketersediaan benih berkualitas tetap menjadi tantangan, terutama akibat faktor lingkungan yang saat ini terus berubah akibat perubahan iklim (Alam *et al.*, 2021).

Kegiatan pembenihan yang menjadi kunci kegiatan produksi ikan nila. Studi terbaru mengidentifikasi rendahnya *hatching rate* (derajat penetasan) sebagai *bottleneck* utama, dengan faktor suhu (fluktuasi suhu inkubasi), pada kondisi suhu normal (suhu ruang), *hatching rate* ikan nila merah hanya mencapai 52% (Rustadi, 2002).

Suhu air merupakan parameter kritis yang memengaruhi reproduksi ikan nila, termasuk derajat pembuahan, penetasan telur, dan sintasan larva (Putri *et al.*, 2021). Sejumlah penelitian melaporkan bahwa suhu memengaruhi perkembangan telur dan penetasan pada beberapa spesies ikan baik tawar maupun laut (Fairchild & Howard McCormick, 1996; Geffen *et al.*, 2006; Hasibuan *et al.*, 2018; Imsland *et al.*, 2019; Oo *et al.*, 2024; Rustadi, 2002; Sapkale *et al.*, 2011; Viader-Guerrero *et al.*, 2021; Yani & Wamnebo, 2017).

Penelitian lain menunjukkan bahwa produksi telur menurun saat suhu melebihi tingkat optimal (Faruk *et al.*, 2012; Siddique *et al.*, 2022). Fluktuasi suhu

dilaporkan mengganggu pematangan gonad dan perkembangan embrio sementara suhu ekstrem ($<26^{\circ}\text{C}$ atau $>32^{\circ}\text{C}$) menurunkan daya tetas secara signifikan (Alam *et al.*, 2021). Studi Rustadi (2002) juga mengungkapkan tren peningkatan daya tetas seiring kenaikan suhu hingga 30°C (52,0%), tetapi stagnan pada 33°C . Sebaliknya, suhu rendah menghambat perkembangan embrio dan memperpanjang waktu penetasan (Nugraha, 2012). Meskipun suhu optimal budidaya nila umumnya $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ (Hossain *et al.*, 2007; Oo *et al.*, 2024; Rustadi, 2002), respons spesifik varietas nila nirwana terhadap variasi suhu inkubasi masih belum ada.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perbedaan suhu inkubasi terhadap derajat pembuahan, derajat penetasan telur, dan sintasan larva ikan nila nirwana. Hasil studi diharapkan dapat merekomendasikan protokol suhu inkubasi yang optimal guna meningkatkan efisiensi produksi benih unggul, sekaligus berkontribusi pada pengembangan teknologi *hatchery* yang adaptif terhadap perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Balai Benih Ikan Ciganjur, Kecamatan Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibu Jakarta. Kegiatan ini dilaksanakan selama 60 hari dimulai pada tanggal 8 Januari – 8 Maret 2024.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini menggunakan akuarium kaca dengan ukuran 30 cm x 40 cm x 40 cm sebanyak 12 buah, timbangan digital ketelitian 0,1 g, *submersible electric heater*, pH meter. Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah induk jantan dan betina nila nirwana untuk dipijahkan sehingga menghasilkan telur dan larva yang akan digunakan untuk bahan yang diteliti.

Rancangan penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan penelitian kaji terap suhu yang berbeda yaitu K (Kontrol / suhu inkubasi 25°C), P1 (suhu inkubasi 28°C), P2 (suhu inkubasi 30°C), dan P3 (suhu inkubasi 32°C). Penentuan suhu pada perlakuan penelitian ini mengacu pada (Rustadi, 2002). Suhu perlakuan diatur menggunakan *submersible electric water heater*.

Pemijahan induk

Pemijahan induk nila nirwana dilakukan di kolam beton berukuran 15 m x 15 m x 1 m dengan luasan 225 m². Persiapan wadah dimulai dari penyurutan kolam, penyikatan kolam dan pengisian air. Sumber air yang digunakan untuk pemijahan induk berasal dari sungai irigasi Kalibrantas yang dialirkan melalui sungai irigasi Bogor-Depok. Air yang dialirkan diendapkan di kolam tandon baru dialirkan ke kolam pemijahan. Ikan nila nirwana menggunakan teknik pemijahan alami. Jumlah induk yang dipijahkan adalah 15 ekor induk jantan dan 35 ekor induk betina per kolam dengan perbandingan *sex ratio* 1:3. Berat rata-rata induk betina yaitu 200 g ekor⁻¹ dengan panjang rata-rata 20 cm dan induk jantan yaitu 250 g ekor⁻¹ dengan panjang rata-rata 25 cm. Jumlah telur dari bobot betina 200 g ekor⁻¹ sebanyak 1.224 butir ekor⁻¹. Induk ikan nila nirwana diseleksi dengan memilih induk yang berkualitas.

Penetasan telur dan pemeliharaan larva

Penetasan telur dilakukan dengan cara inkubasi yang menggunakan alat inkubator yang bekerja dengan cara menghangatkan lingkungan pemeliharaan agar suhu tetap stabil. Media inkubasi untuk penetasan telur digunakan akuarium

dengan penambahan *submersible electric heater* sebagai alat bantu manipulasi suhu lingkungan. Telur akan bergerak mengikuti arah sirkulasi air yang dapat mencegah terjadinya penempelan telur dengan telur lainnya yang dapat menurunkan derajat penetasan telur. Penebaran dilakukan dengan memasukkan 100 butir telur pada tiap media inkubasi. Telur yang telah dibuahi diambil dari induk yang dierami di dalam mulut induk betina.

Wadah yang digunakan untuk penetasan telur berupa akuarium ukuran 30 cm x 40 cm x 40 cm. Wadah dibersihkan terlebih dahulu dan dikeringkan. Kemudian diisi air dengan ketinggian 20 cm dan diberi aerasi. Air terlebih dahulu diaerasi selama 24 jam. Pengaturan suhu pada media dilakukan dengan menggunakan *submersible electric heater*. *Submersible electric heater* dipasang pada tiap ulangan pada masing-masing perlakuan. Pemasangan aerasi dilakukan dengan tujuan agar resirkulasi air terjadi terus menerus. Tiap wadah perlakuan diberi kode label.

Telur yang baru menetas menghasilkan larva yang berumur satu hingga lima hari. sehingga diperlukan masa pemeliharaan larva dari menetas sampai kantong telurnya habis. Larva

yang sudah berumur 4 hari diberi pakan buatan berupa pakan komersial (Fengli-0) dengan frekuensi pemberian sebanyak tiga kali sehari dengan dosis 3 %. Pemeliharaan mengacu pada SNI 6141:2009 (BSN, 2009).

Parameter penelitian

Parameter yang diamati pada penelitian ini diantaranya derajat pembuahan, derajat penetasan telur, dan sintasan larva. Parameter tersebut dihitung berdasarkan rumus berikut ini:

Derajat pembuahan (%) = telur yang terbuahi / jumlah telur x 100

Derajat penetasan (%) = telur yang menetas / jumlah telur x 100

Sintasan (%) = jumlah larva akhir / jumlah larva awal x 100

Analisis data

Data ditabulasi dan ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan Microsoft Excel dan dianalisis *One-way ANOVA* menggunakan SPSS, jika terdapat perbedaan yang signifikan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Duncan dengan selang kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

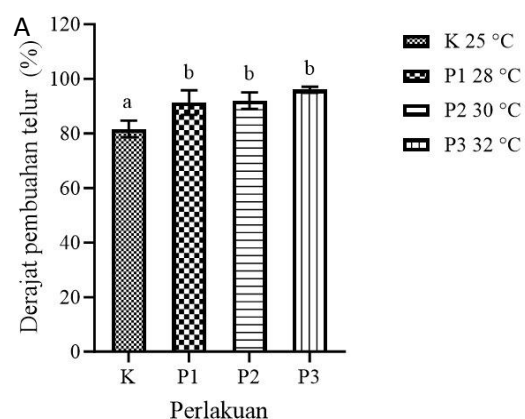
Derajat pembuahan telur

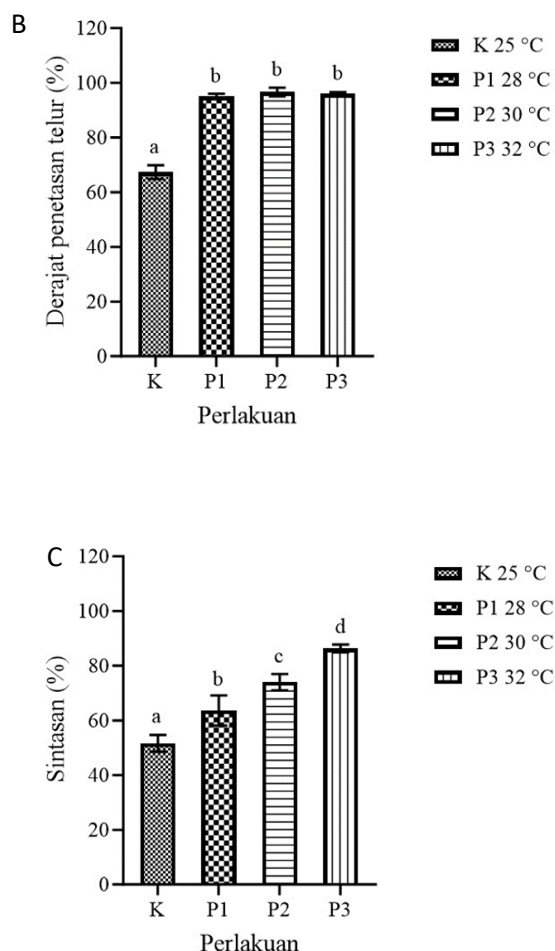
Hasil analisis data derajat pembuahan telur ikan nila pada perlakuan kontrol

berbeda nyata dengan perlakuan P1, P2, dan P3 ($P < 0,05$) (gambar 1A). Data derajat pembuahan telur ikan nila mencapai nilai maksimum pada perlakuan, namun antara perlakuan P1, P2, dan P3 tidak menunjukkan berbeda nyata ($P > 0,05$). Jumlah telur yang dibuahi pada perlakuan P3 mencapai $96,00 \pm 2,00$ %. Jumlah telur yang dibuahi pada perlakuan P2 sebesar $92,00 \pm 3,00\%$, perlakuan P1 sebesar $91,33 \pm 4,51\%$ dan perlakuan kontrol sebesar $81,67 \pm 3,06\%$.

Derajat penetasan telur

Hasil analisis data derajat penetasan telur pada perlakuan kontrol berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan P1, P2, dan P3, namun antara perlakuan P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) (Gambar 1B). Jumlah telur yang menetas tertinggi





Gambar 1. (A) Derajat pembuahan telur (B) derajat penetasan telur (C) sintasan larva ikan nila nirwana yang diinkubasi pada suhu berbeda.

diperoleh perlakuan P2 sebesar $96,40 \pm 1,56\%$. Perlakuan P3 sebesar $95,82 \pm 1,13\%$, perlakuan P1 sebesar $94,92 \pm 1,02\%$ dan pada perlakuan kontrol sebesar $67,37 \pm 2,11\%$. Pengaruh perbedaan suhu menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap derajat penetasan telur.

Derajat penetasan telur

Hasil analisis data derajat penetasan telur pada perlakuan kontrol berbeda nyata

($p < 0,05$) dengan perlakuan P1, P2, dan P3, namun antara perlakuan P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Jumlah telur yang menetas tertinggi diperoleh perlakuan P2 sebesar $96,40 \pm 1,56\%$. Perlakuan P3 sebesar $95,82 \pm 1,13\%$, perlakuan P1 sebesar $94,92 \pm 1,02\%$ dan pada perlakuan kontrol sebesar $67,37 \pm 2,11\%$. Pengaruh perbedaan suhu menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap derajat penetasan telur. Grafik derajat penetasan telur ikan nila nirwana disajikan pada Gambar 1B.

Sintasan

Hasil analisis data sintasan menunjukkan adanya perbedaan yang berbeda nyata ($p < 0,05$) dalam masing-masing sintasan antara perlakuan kontrol, P1, P2, dan P3. Hasil sintasan yang diperoleh menunjukkan bahwa sintasan larva mencapai nilai maksimum pada perlakuan P3 sebesar $86,33 \pm 2,52\%$. Nilai sintasan pada perlakuan kontrol, P1 dan P2 secara berturut-turut, yaitu sebesar $51,54 \pm 2,76\%$, $63,62 \pm 5,19\%$, dan $74,00 \pm 3,00\%$. Grafik sintasan ikan nila nirwana disajikan pada Gambar C1.

Kualitas Air

Selama penelitian kualitas air yang diamati ialah suhu dan pH (Tabel 1). Berdasarkan hasil menunjukkan nilai suhu yang stabil sesuai dengan perlakuan yang

diberikan, yaitu dengan rata-rata suhu pada perlakuan kontrol, P1, P2, dan P3 berturut-turut $24,91 \pm 0,50$ °C, $28,00 \pm 0,54$ °C, $29,9 \pm 0,44$ °C, dan $31,89 \pm 0,52$ °C. Nilai pH yang didapatkan selama

penelitian pada perlakuan kontrol berkisar antara 6,45–6,58 dan pada perlakuan P3 berkisar antara 6,59–6,62.

Tabel 1. Hasil kualitas air selama penelitian ikan nila nirwana yang diberi perlakuan

Parameter	Perlakuan				Standar Baku Mutu
	Kontrol	P1	P2	P3	
Suhu (°C)	$24,91 \pm 0,50$	$28,00 \pm 0,54$	$29,9 \pm 0,44$	$31,89 \pm 0,52$	25–30*
pH	$6,59 \pm 0,05$	$6,31 \pm 0,02$	$6,48 \pm 0,02$	$6,62 \pm 0,01$	6,5–8,5**

Keterangan: *SNI 6141-2009 (BSN 2009)

Pembahasan

Tingkat pembuahan yang diamati dalam penelitian ini mencapai $96,00 \pm 2,00$ %, menunjukkan kualitas gamet yang baik dan teknik penanganan yang tepat. Hal ini terlihat dari karakteristik telur yang telah dibuahi dari warnanya yang jernih (Rustidja, 2017). Tingkat pembuahan ini dipengaruhi oleh kualitas telur, sperma, media pemijahan, serta penanganan yang tepat (Nugraha, 2012).

Faktor internal yang memengaruhi *fertilization rate* (FR) meliputi gangguan perkembangan embrio akibat kualitas sperma dan ovum yang suboptimal, sementara itu, faktor eksternal yang memengaruhi keberhasilan penetasan telur mencakup parameter lingkungan seperti kadar oksigen terlarut, pH, dan konsentrasi amonia dan khususnya suhu memegang faktor eksternal utama dalam

proses penetasan telur ikan (Korwin-Kossakowski, 2012). Suhu inkubasi yang terlalu rendah dapat menghambat perkembangan embrio. Penelitian oleh Putri *et al.* (2013) menunjukkan bahwa suhu optimal untuk penetasan telur ikan nila berada pada kisaran 29–33°C.

Berdasarkan penelitian Nugraha (2012), perkembangan embrio selama masa inkubasi mencapai kecepatan optimal pada suhu 30°C. Suhu di atas 33°C dapat menurunkan derajat pembuahan atau *hatching rate* (HR), sedangkan suhu yang lebih rendah menghambat perkembangan embrio dan proses penetasan. Derajat pembuahan telur pada penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan namun berbeda dengan kontrol. HR ikan nila merupakan indikator kualitas larva dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk

manajemen induk selama pemijahan (tingkat fertilisasi) serta kondisi lingkungan seperti suhu inkubasi (Bobe & Labbé, 2010). Suhu juga berperan penting dalam penyerapan kuning telur, organogenesis, dan perilaku larva (Nwosu & Holzlohner, 2000).

Pada fase larva, perbedaan signifikan terlihat pada perlakuan suhu yang berbeda. Suhu rendah pada perlakuan kontrol diduga menurunkan nafsu makan larva, sehingga tingkat sintasan (*survival rate*) menjadi rendah. Hal ini disebabkan oleh penurunan laju metabolisme yang mengurangi ketersediaan energi, berpotensi menyebabkan kematian (Qin, 2013). Sebaliknya, peningkatan suhu (perlakuan P1–P3) meningkatkan respons terhadap pakan. Menurut Sangwan *et al.* (2019) suhu ekstrem (rendah/tinggi) menginduksi stres pada larva, menurunkan aktivitas gerak dan metabolisme. Arifin (2016) menyatakan bahwa ikan nila mencapai kinerja optimal pada suhu normal, namun mengalami mortalitas signifikan pada suhu ekstrem. Siegers dan Prayitno (2019) melaporkan bahwa suhu $<25^{\circ}\text{C}$ mengurangi aktivitas ikan akibat penurunan respons fisiologis dan metabolisme.

Azhari dan Tomaso (2018) menjelaskan bahwa metabolisme ikan nila, sebagai penentu produktivitas dan kelangsungan hidup, sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu rendah menurunkan konsumsi oksigen dan akumulasi senyawa toksik (CO_2 dan amonia), sedangkan suhu normal mendukung metabolisme optimal (Korwin-Kossakowski, 2012). Peningkatan suhu air dapat meningkatkan respons imun larva, sementara fluktuasi pH di luar kisaran 6–7 berisiko menyebabkan stres, penurunan pertumbuhan, dan kerentanan terhadap penyakit (Saputry & Latuconsina, 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian untuk kinerja produksi larva ikan nila nirwana berkisar $28\text{--}32^{\circ}\text{C}$. Suhu di bawah 28°C kurang baik untuk mencapai kinerja produksi larva ikan nila nirwana.

Monitoring suhu inkubasi selama percobaan berhasil dipertahankan secara stabil sesuai dengan perlakuan yang diberikan, yaitu kontrol ($24,91 \pm 0,50^{\circ}\text{C}$), P1 ($28,00 \pm 0,54^{\circ}\text{C}$), P2 ($29,90 \pm 0,44^{\circ}\text{C}$), dan P3 ($31,89 \pm 0,52^{\circ}\text{C}$). Stabilitas suhu ini menunjukkan bahwa sistem pengontrolan suhu bekerja efektif selama penelitian, sehingga variasi suhu

antar perlakuan dapat dipertanggungjawabkan sebagai faktor utama yang memengaruhi derajat pembuahan, penetasan, dan sintasan larva. Sementara itu, parameter pH selama penelitian berkisar antara 6,45–6,62, yang masih berada dalam kisaran optimal untuk budidaya ikan nila berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 7550:2019) yang merekomendasikan pH 6,5–8,0. Nilai pH yang stabil dalam rentang ini menunjukkan bahwa kualitas air mendukung proses perkembangan embrio dan larva tanpa mengalami gangguan fisiologis akibat fluktuasi pH yang ekstrem.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada Kementerian Pendidikan Riset dan Teknologi, IPB University, dan Balai Benih Ikan Ciganjur, Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta yang telah berperan dalam kegiatan, baik dalam bentuk support maupun perizinan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak terkait yang telah membantu penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S. M. A., Sarkar, Md. S. I., Miah, Md. M. A., & Rashid, H. (2021). Management strategies for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatchery in the face of climate change induced rising temperature. *Aquaculture Studies*, 21(2), 55–62. https://doi.org/10.4194/2618-6381-v21_2_02
- Arifin, M. Y. (2016). Pertumbuhan dan survival rate ikan nila (*Oreochromis*. Sp) strain merah dan strain hitam yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 16(1), 159–166.
- Azhari, D., & Tomaso, A. M. (2018). Kajian kualitas air dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan dengan sistem akuaponik. *Akuatika Indonesia*, 3(2), 84. <https://doi.org/10.24198/jaki.v3i2.23392>
- Bobe, J., & Labbé, C. (2010). Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3), 535–548. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.02.011>
- BSN. (2009). *Benih ikan nila hitam (Oreochromis niloticus Bleeker) kelas benih sebar (SNI 6141-2009)*. BSN.
- Effendie, M. I. (1979). *Metode Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri.
- Fairchild, D. J., & Howard McCormick, J. (1996). Effects of temperature

- on hatching and development of ruffe (*Gymnocephalus cernuus*). *Journal of Great Lakes Research*, 22(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(96\)70938-3](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(96)70938-3)
- Faruk, M. A. R., Mausumi, M. I., Anka, I. Z., & Hasan, M. M. (2012). Effect of temperature on the egg production and growth of monosex Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fry. *Bangladesh Research Publication Jurnal*, 7(4), 367–377.
- Geffen, A. J., Fox, C. J., & Nash, R. D. M. (2006). Temperature-dependent development rates of cod *Gadus morhua* eggs. *Journal of Fish Biology*, 69(4), 1060–1080. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01181.x>
- Hasibuan, R. B., Irawan, H., & Yulianto, T. (2018). Pengaruh suhu terhadap daya tetas telur ikan kakap putih (*Lates calcarifer*). *Intek Akuakultur*, 2(2), 49–57.
- Hossain, M. S., Chowdhury, S. R., Das, N. G., & Rahaman, M. M. (2007). Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Aquaculture International*, 15(6), 425–443. <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9109-y>
- Imsland, A. K. D., Danielsen, M., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., & Falk-Petersen, I.-B. (2019). Effect of incubation temperature on eggs and larvae of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*). *Aquaculture*, 498, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.061>
- KKP. (2022). *Kelautan dan Perikanan dalam Angka Tahun 2022*. Pusat Data, Statistik dan Informasi.
- Korwin-Kossakowski, M. (2012). Fish hatching strategies: A review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22(1), 225–240. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9233-7>
- Kusuma, R. O., Sulaiman Dadiono, Muh., Kasprijo, K., Fitriadi, R., & Tere Yeru, T. (2024). Growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile strain nirwana with different natural feeding. *Journal of Artha Biological Engineering*, 2(1), 73–89. <https://doi.org/10.62521/3bbmwy23>
- Nugraha, D. (2012). Pengaruh perbedaan suhu terhadap Perkembangan embrio, daya tetas telur dan kecepatan penyerapan kuning telur ikan black ghost (*Apteronotus albifrons*) pada skala laboratorium. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 1(1), 38–43. <https://doi.org/10.14710/marj.v1i1.248>
- Nwosu, F. M., & Holzlohner, S. (2000). Influence of temperature on egg hatching, growth and survival of larvae of *Heterobranchius longifilis* Val. 1840 (Teleostei:

- Clariidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 16, 20–23.
- Oo, O., Ot, A., Io, T., & As, O. (2024). Embryonic and larval development stages of *Oreochromis niloticus* eggs during its artificial incubation. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 12(1), 141–145. <https://doi.org/10.22271/fish.2024.v12.i1b.2903>
- Putri, D. A., Fitriani, M., & Muslim. (2013). Persentase penetasan telur ikan betok (*Anabas testudineus*) dengan suhu inkubasi yang berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 1(2), 184–191.
- Putri, F. R., Akyuni, Q., & Atifah, Y. (2021). Suhu terhadap fekunditas telur ikan nila (*Oreochromis niloticus*): A literature review. *Prosiding Semnas Bio 2021*, 743–749.
- Qin, J. G. (Ed.). (2013). *Larval Fish Aquaculture*. Nova Science Publishers, Inc.
- Rustadi, R. (2002). Pengaruh suhu air terhadap daya tetas telur dan perkembangan larva nila merah (*Oreochromis* sp.). *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 4(2), 22. <https://doi.org/10.22146/jfs.8908>
- Rustidja. (2017). *Pemijahan Buatan Ikan-Ikan Daerah Tropis*. Bahtera Press.
- Sangwan, P., Yoonpundh, R., & Taparhudee, W. (2019). The effect of water temperature on the swimming speed of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using computer vision technique. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 142–155.
- Sapkale, P. H., Singh, R. K., & Desai, A. S. (2011). Optimal water temperature and pH for development of eggs and growth of spawn of common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Applied Animal Research*, 39(4), 339–345. <https://doi.org/10.1080/09712119.2011.620269>
- Saputry, A. M., & Latuconsina, H. (2022). Evaluasi pembenihan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Instalasi Perikanan Budidaya, Kepanjen—Kabupaten Malang. *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 3(1), 80–89. <https://doi.org/10.51135/justevol3issue1page80-89>
- Siddique, M. A. B., Ahammad, A. K. S., Mahalder, B., Alam, Md. M., Hasan, N. A., Bashar, A., Biswas, J. C., & Haque, M. M. (2022). Perceptions of the impact of climate change on performance of fish hatcheries in Bangladesh: An empirical study. *Fishes*, 7(5), 270. <https://doi.org/10.3390/fishes7050270>
- Siegers, W. H., & Prayitno, Y. (2019). Pengaruh kualitas air terhadap pertumbuhan ikan nila nirwana (*Oreochromis* sp.) pada tambak payau. *The Journal of Fisheries Development*, 3(11), 95–104.

- Viader-Guerrero, M., Guzmán-Villanueva, L. T., Spanopoulos-Zarco, M., Estrada-Godínez, J. A., Maldonado-García, D., Gracia-López, V., Omont, A., & Maldonado-García, M. (2021). Effects of temperature on hatching rate and early larval development of longfin yellowtail *Seriola rivoliana*. *Aquaculture Reports*, 21, 100843.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100843>
- Yani, A., & Wamnebo, M. I. (2017). Pengaruh suhu yang berbeda terhadap tingkat penetasan telur ikan kerapu sunu (*Plactropomus leopardus*). *Jurnal Airaha*, 6(1), 018–021.
<https://doi.org/10.15578/ja.v6i1.75>