

Response To Changes in Water Temperature Based on Operculum Movement in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Ishmah Humaidatul Aminah Zaim Alyaminy^{*1}, Irna Il Sanuriza¹, Dwi Kartika Risfianty¹, Irfan Jayadi¹, Khaerul Ihwan¹, Baiq Naili Dewi Atika¹, Irma Risvana Dewi², Ria Harmayani³, Faridatus Syarifa¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia;

²Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia;

³Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia

Article History

Received : July 13th, 2026

Revised : July 20th, 2026

Accepted : August 04th, 2026

*Corresponding Author:

Ishmah Humaidatul Aminah Zaim Alyaminy, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

ishmahhaza@unwmataram.ac.id

Abstract: The objective of this study is to examine the physiological response of *Oreochromis niloticus* at different water temperatures using laboratory experimental methods (experimental research carried out under controlled conditions and allows for systematic and accurate measurements). The observation method uses descriptive analysis. Based on the results of the study, it can be concluded that when *Oreochromis niloticus* is in a water environment with low temperatures (14⁰ C and 20⁰C), the movement of the operculum will decrease. This is due to an increase in dissolved oxygen levels and cold-water temperatures will affect the metabolism of the fish body. Whereas when *Oreochromis niloticus* is in a water environment with high temperatures (32⁰ C, and 38⁰ C), operculum movement will increase. The increase in operculum movement is caused by a decrease in dissolved oxygen levels.

Keywords: *Oreochromis niloticus*; Operculum; Temperature Changes.

Pendahuluan

Perubahan suhu perairan merupakan salah satu faktor lingkungan yang paling menentukan keberlangsungan hidup organisme akuatik sebab dapat memengaruhi seluruh proses fisiologis ikan, mulai dari aktivitas enzim, laju metabolisme, respirasi, pertumbuhan, reproduksi, hingga sistem imun. Sebagai organisme poikiloterm, ikan tidak mampu mempertahankan suhu tubuh secara konstan sehingga suhu tubuhnya mengikuti perubahan suhu lingkungan. Kondisi tersebut menyebabkan ikan harus melakukan berbagai penyesuaian fisiologis untuk mempertahankan homeostasis ketika terjadi fluktuasi suhu air. Peningkatan maupun penurunan suhu perairan dapat menimbulkan stres fisiologis, menurunkan performa pertumbuhan, serta meningkatkan

risiko mortalitas apabila melampaui batas toleransi spesies (El-Sayed & Fitzsimmons, 2023; Obirikorang *et al.*, 2023).

Salah satu respons fisiologis yang sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu adalah perubahan aktivitas respirasi. Pada ikan, proses respirasi berlangsung melalui insang yang dilindungi oleh operkulum, yaitu struktur tulang yang berfungsi sebagai pompa ventilasi untuk mengatur aliran air melewati filamen insang sehingga proses difusi oksigen dan karbon dioksida dapat berlangsung secara optimal. Frekuensi buka-tutup operkulum menunjukkan intensitas ventilasi insang dan berkaitan dengan kebutuhan oksigen tubuh serta laju metabolisme ikan (Leonard & Skov, 2022). Ketika suhu air meningkat, laju metabolisme ikan akan meningkat mengikuti prinsip Q10 effect, sementara kelarutan oksigen terlarut di dalam air

justro menurun. Kondisi tersebut mendorong ikan untuk meningkatkan frekuensi ventilasi operkulum sebagai mekanisme kompensasi untuk mempertahankan suplai oksigen ke jaringan tubuh dan menjaga keseimbangan fisiologis (Norin & Metcalfe, 2019; Obirikorang *et al.*, 2023). Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah aktivitas metabolisme dan konsumsi oksigen mengalami penurunan sehingga frekuensi ventilasi operkulum melambat. Apabila terjadi perubahan suhu ekstrem, maka kemampuan ventilasi insang tidak mampu mengimbangi peningkatan kebutuhan oksigen sehingga dapat menimbulkan stres respirasi, gangguan metabolisme, dan penurunan performa fisiologis ikan (Macaraeg *et al.*, 2023; Beemelmans *et al.*, 2021; McArley *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pengamatan frekuensi pergerakan operkulum telah banyak dilakukan sebagai indikator fisiologis non-invasif untuk mengevaluasi respons respirasi, tingkat stres, serta kemampuan adaptasi ikan terhadap perubahan kondisi lingkungan, khususnya perubahan suhu dan ketersediaan oksigen terlarut (Leonard & Skov, 2022; Pan & Perry, 2023).

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas budidaya air tawar yang memiliki pertumbuhan cepat, efisiensi pakan yang baik, toleransi lingkungan yang relatif luas, serta nilai ekonomi yang tinggi. Meskipun *Oreochromis niloticus* dikenal toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan, perubahan suhu di luar kisaran optimum tetap dapat mengganggu keseimbangan fisiologis, meningkatkan konsumsi energi, mengubah pola respirasi, dan menurunkan performa pertumbuhan serta kesehatan ikan (El-Sayed & Fitzsimmons, 2023; Obirikorang *et al.*, 2023). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa suhu air memengaruhi konsumsi oksigen, ventilasi insang, respons stres, dan efisiensi metabolisme pada *Oreochromis niloticus* (Leonard & Skov, 2022; Macaraeg *et al.*, 2023).

Meskipun hubungan antara suhu dan metabolisme pada *Oreochromis niloticus* telah banyak dilaporkan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengukuran *standard metabolic rate* (SMR), *maximum metabolic rate* (MMR), *aerobic scope*, konsumsi oksigen, performa pertumbuhan, maupun parameter hematologi dan biokimia sebagai indikator respons fisiologis terhadap perubahan suhu.

Pengukuran tersebut umumnya menggunakan *intermittent-flow respirometry* atau sistem pemantauan respirasi yang relatif kompleks serta memerlukan peralatan laboratorium khusus (Leonard & Skov, 2022; Zhou *et al.*, 2022; Akbar *et al.*, 2023; Jinagool *et al.*, 2024; Zhang & Ren, 2025). Penelitian yang mengevaluasi perubahan suhu air berdasarkan frekuensi pergerakan operkulum sebagai indikator fisiologis yang sederhana dan non-destruktif masih relatif terbatas, terutama pada kondisi laboratorium yang mengamati respons respirasi secara langsung pada berbagai tingkat suhu. Selain itu, sebagian penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada penentuan suhu optimum pertumbuhan dibandingkan karakteristik perubahan ventilasi operkulum sebagai respons adaptif terhadap stres termal. Kesenjangan penelitian (*research gap*) tersebut menunjukkan bahwa informasi mengenai dinamika frekuensi operkulum sebagai indikator perubahan fisiologis akibat variasi suhu masih perlu dikembangkan untuk mendukung penerapan metode monitoring kesehatan ikan yang lebih praktis dalam kegiatan budidaya.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa frekuensi ventilasi operkulum memiliki hubungan yang erat dengan laju metabolisme dan kapasitas respirasi pada *Oreochromis niloticus*. Leonard dan Skov (2022) melaporkan bahwa peningkatan suhu memengaruhi pola ventilasi operkulum dan konsumsi oksigen, sedangkan Obirikorang *et al.* (2023) menunjukkan bahwa toleransi hipertermia dan hipoksia pada *Oreochromis niloticus* berkaitan dengan kemampuan respirasi yang tercermin melalui peningkatan aktivitas ventilasi. Di sisi lain, Macaraeg *et al.* (2023) melaporkan bahwa perubahan suhu secara nyata memengaruhi respons stres dan tingkat kelangsungan hidup *Oreochromis niloticus*. Berdasarkan perkembangan penelitian tersebut, kebaruan (*state of the art*) penelitian ini terletak pada pemanfaatan frekuensi pergerakan operkulum sebagai indikator fisiologis sederhana untuk mengevaluasi respons perubahan suhu air pada *Oreochromis niloticus*. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi alternatif yang lebih mudah diterapkan dibandingkan pengukuran metabolisme menggunakan peralatan respirometri yang mahal, sehingga memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam monitoring

kualitas lingkungan budidaya secara cepat dan efisien.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons perubahan suhu air berdasarkan frekuensi pergerakan operkulum pada *Oreochromis niloticus* serta mengidentifikasi kecenderungan perubahan aktivitas respirasi pada berbagai tingkat suhu. Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena hasilnya diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah mengenai respons fisiologis ikan terhadap perubahan suhu, menyediakan indikator sederhana dalam pemantauan kesehatan ikan budidaya, serta menjadi referensi dalam pengelolaan kualitas air untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya *Oreochromis niloticus* di tengah meningkatnya dinamika perubahan lingkungan perairan.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2025 di Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan antara lain akuarium, ember, *thermometer* air, *stopwatch*, *hand counter*. Kemudian bahan yang diperlukan yaitu air, air panas, es batu, dan *Oreochromis niloticus*.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium (penelitian eksperimen yang dilaksanakan di bawah kondisi terkontrol dan memungkinkan untuk melakukan pengukuran secara sistematis dan akurat) berdasarkan hasil dari tabel pengamatan

perlakuan suhu yang berbeda terhadap pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus*. Metode pengamatan menggunakan analisis deskriptif.

Metode Penelitian

Data diambil dengan mengamati tingkah laku *Oreochromis niloticus*. 15 *Oreochromis niloticus* digunakan untuk melihat bagaimana setiap perubahan tingkat suhu air dapat memengaruhi ikan. Ikan percobaan dipindahkan ke dalam akuarium kaca berukuran (20 x 40 cm). 2 akuarium kaca yang sudah berisi air ditambahkan air panas untuk menaikkan suhu, sehingga masing-masing suhu akuarium menjadi 32⁰ C dan 38⁰ C.

Perlakuan suhu yang diberikan berbeda-beda, yaitu suhu air 1 (14⁰ C), suhu air 2 (20⁰C), suhu air 3 (26⁰ C) sebagai kontrol, suhu air 4 (32⁰ C), dan suhu air 5 (38⁰ C). Diamati pergerakan bukaan operkulum dengan 3 kali ulangan selama 10 menit menggunakan *hand counter*.

Hasil dan Pembahasan

Pergerakan Operkulum

Hasil pengamatan pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* pada suhu air 14⁰ C, 20⁰C, 26⁰ C sebagai kontrol, 32⁰ C, dan 38⁰ C, tersaji dalam Tabel 1 sampai 6. Hasil pengamatan Tabel 1 dan 2, menunjukkan bahwa pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* yang sedikit. Pergerakan yang sedikit ini adalah bentuk respon *Oreochromis niloticus* terhadap suhu lingkungan yang dingin atau di bawah suhu normal. Kemudian terjadi kenaikan dan penurunan dari pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* yang dapat diartikan sebagai respon fisiologis *Oreochromis niloticus* tersebut untuk menyamakan tubuh dengan keadaan suhu lingkungan.

Tabel 1. Pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* di suhu 14⁰ C

Ulangan	Jumlah gerakan (kali) pada menit ke-										Jumlah	Rerata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	47	35	41	41	44	46	38	42	27	45	406	40,6
2	19	13	11	12	12	22	28	29	15	16	177	17,7
3	19	23	20	35	50	37	52	49	37	53	375	375

Suhu yang menurun mengakibatkan peningkatan kadar oksigen terlarut dalam tubuh ikan yang menyebabkan ikan tidak perlu

melakukan gerakan operkulum yang tinggi guna mendapatkan oksigen (Nasution *et al.*, 2023). Suhu air yang menurun mengakibatkan kadar

oksigen terlarut meningkat, menyebabkan ikan tidak memerlukan pergerakan operkulum yang tinggi. Bahkan gerakan operkulum mengalami

penurunan karena suhu air yang dingin berpengaruh terhadap metabolisme tubuh ikan (Nasution *et al.*, 2023).

Tabel 2. Pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* di suhu 20⁰ C

Ulangan	Jumlah gerakan (kali) pada menit ke-										Jumlah	Rerata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	109	78	100	109	110	98	109	102	122	106	1123	112,3
2	82	81	78	129	108	107	105	104	120	127	1041	104,1
3	116	152	133	151	122	117	122	133	123	120	2388	238,8

Suhu air yang dingin mengakibatkan laju aktivitas enzim, metabolisme, serta pergerakan operkulum melambat. Suhu air yang menurun juga memiliki dampak pada produk metabolisme

yang dapat bersifat racun, misal dalam bentuk gas CO₂ ataupun ammonia dalam bentuk NH₃ (Yustiati *et al.*, (2017) dalam Cahyanti & Awalina (2022)).

Tabel 3. Pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* di suhu 26⁰ C (kontrol)

Ulangan	Jumlah gerakan (kali) pada menit ke-										Jumlah	Rerata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	63	83	70	89	81	117	96	113	106	125	943	94,3
2	87	80	88	92	95	68	72	71	62	77	792	79,2
3	82	157	142	134	161	146	130	152	131	139	1374	137,4

Tabel 3 menunjukkan pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* cukup tinggi. Tetapi jika dilihat dari pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* secara keseluruhan, ini masih dikatakan normal dan terjadi penurunan

dan kenaikan yang merupakan bentuk dari respon fisiologis *Oreochromis niloticus* tersebut terhadap suhu lingkungannya. Pada suhu air yang normal, *Oreochromis niloticus* aktif bergerak dan berenang.

Tabel 4. Pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* di suhu 32⁰ C

Ulangan	Jumlah gerakan (kali) pada menit ke-										Jumlah	Rerata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	106	89	93	95	104	106	96	89	106	91	975	97,5
2	93	107	109	104	111	115	109	130	104	111	1093	109,3
3	173	121	192	134	161	196	130	152	131	134	1524	152,4

Tabel 5. Pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* di suhu 38⁰ C

Ulangan	Jumlah gerakan (kali) pada menit ke-										Jumlah	Rerata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	98	91	139	176	156	157	154	160	173	148	1452	145,2
2	187	169	164	138	160	139	162	151	158	169	1592	159,2
3	138	174	135	136	138	132	132	158	115	137	1375	137,5

Tabel 4 dan 5, menunjukkan pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus* sangat cepat yang merupakan bentuk respon *Oreochromis niloticus* terhadap suhu yang tinggi untuk mencapai keseimbangan antara tubuh dan lingkungannya. Pada menit terakhir, terlihat pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus*

yang kenaikan dan penurunan yang artinya respon *Oreochromis niloticus* terhadap suhu dan lingkungannya menuju keseimbangan.

Pengaruh Suhu

Berdasarkan Tabel 6, suhu air memengaruhi pergerakan operkulum pada

Oreochromis niloticus. Rerata pergerakan operkulum pada suhu 14°C adalah 31,9 kali, kemudian meningkat tajam pada suhu 20°C menjadi 157,7 kali. Pada suhu 26°C, rerata pergerakan operkulum menurun menjadi 103,6 kali, lalu kembali meningkat pada suhu 32°C menjadi 119,7 kali dan pada suhu 38°C menjadi 147,3 kali. Secara umum, data menunjukkan bahwa perubahan suhu menyebabkan perubahan aktivitas ventilasi insang yang ditandai oleh frekuensi membuka dan menutup operkulum.

Tabel 6. Pengaruh suhu terhadap pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus*

Suhu (°C)	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
14	40.6	17.7	37.5	95.8	31.9
20	112.3	104.1	238.8	455.2	157.7
26	94.3	79.2	137.4	310.9	103.6
32	97.5	209.3	152.4	359.2	119.7
38	145.2	159.2	137.5	441.9	350.2

Nilai pergerakan operkulum terendah terdapat pada suhu 14°C. Suhu yang rendah dapat menurunkan laju metabolisme ikan karena ikan merupakan hewan poikiloterm, yaitu suhu tubuhnya dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Ketika metabolisme menurun, kebutuhan oksigen tubuh juga berkurang sehingga frekuensi ventilasi insang dan gerakan operkulum menjadi lebih lambat. Kondisi ini menjelaskan rendahnya rerata pergerakan operkulum pada perlakuan suhu 14°C.

Peningkatan suhu dari 14°C ke 20°C menyebabkan rerata pergerakan operkulum meningkat sangat besar. Hal tersebut menunjukkan adanya respons fisiologis ikan untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang meningkat seiring kenaikan suhu. Suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat reaksi metabolisme, sehingga konsumsi oksigen oleh jaringan tubuh meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, ikan meningkatkan ventilasi insang melalui gerakan membuka dan menutup operkulum yang lebih sering.

Pada suhu 26°C, rerata pergerakan operkulum menurun dibandingkan suhu 20°C. Penurunan ini dapat menunjukkan bahwa suhu 26°C berada pada kisaran suhu yang lebih sesuai bagi *Oreochromis niloticus*, sehingga ikan dapat melakukan pertukaran gas secara lebih efisien dan tidak memerlukan ventilasi operkulum yang

terlalu tinggi. Leonard & Skov (2022) melaporkan bahwa suhu optimum fisiologis ikan nila berada sekitar 26°C, sedangkan kisaran suhu yang masih mendukung kapasitas aerobik tinggi berada sekitar 19,5–32,1°C. Oleh karena itu, frekuensi operkulum yang lebih rendah pada 26°C dapat diinterpretasikan sebagai kondisi respirasi yang relatif stabil dan efisien.

Pada suhu 32°C, rerata pergerakan operkulum kembali meningkat menjadi 119,7 kali. Kenaikan tersebut menunjukkan bahwa suhu yang semakin tinggi mulai meningkatkan kebutuhan oksigen ikan. Peningkatan suhu tidak hanya mempercepat metabolisme, tetapi juga menurunkan kemampuan air dalam melarutkan oksigen. Akibatnya, ikan perlu meningkatkan aktivitas ventilasi insang untuk memperoleh oksigen yang cukup dari air. Pada suhu 38°C, rerata pergerakan operkulum meningkat menjadi 147,3 kali. Kondisi ini mengindikasikan adanya tekanan fisiologis akibat suhu tinggi, karena kebutuhan oksigen meningkat ketika ketersediaan oksigen terlarut di air cenderung menurun.

Hasil penelitian Leonard & Skov (2022) menunjukkan bahwa frekuensi ventilasi atau denyut operkulum pada *Oreochromis niloticus* meningkat seiring kenaikan suhu. Namun, pada suhu tinggi, terutama di atas 30°C, peningkatan frekuensi ventilasi tidak selalu diikuti oleh peningkatan pengambilan oksigen yang efektif. Hal ini berarti ikan dapat tetap meningkatkan gerakan operkulum sebagai respons kompensasi, tetapi kemampuan tubuh dalam memenuhi kebutuhan oksigen mulai terbatas. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa paparan suhu tinggi, khususnya sekitar 37°C, dapat meningkatkan konsumsi oksigen ikan nila dan menimbulkan perubahan pada insang sebagai organ respirasi (Islam *et al.*, 2022; Bergstedt *et al.*, 2021).

Secara keseluruhan, suhu berpengaruh terhadap pergerakan operkulum *Oreochromis niloticus*. Suhu rendah cenderung menurunkan frekuensi gerakan operkulum karena metabolisme ikan melambat. Sebaliknya, peningkatan suhu dapat meningkatkan frekuensi pergerakan operkulum sebagai respons terhadap meningkatnya kebutuhan oksigen dan berkurangnya kelarutan oksigen dalam air. Suhu sekitar 26°C tampak menunjukkan kondisi respirasi yang lebih efisien, sedangkan suhu 32–

38°C dapat meningkatkan beban respirasi *Oreochromis niloticus*.

Pembahasan

Gerakan operkulum yang berubah diikuti oleh tingkah laku *Oreochromis niloticus* yang sering mengambil udara di permukaan air. Perubahan tersebut yaitu pergerakan *Oreochromis niloticus* yang bergerak aktif menjadi pasif. Hal ini berhubungan dengan suhu air yang meningkat sehingga *Oreochromis niloticus* bergerak pasif, ikan menabrak dinding akuarium dan pergerakan operkulum semakin cepat. Suhu air yang berubah mengakibatkan *Oreochromis niloticus* menjadi stres. Pergerakan operkulum yang semakin cepat adalah bentuk respon fisiologis *Oreochromis niloticus* untuk mempertahankan konsentrasi oksigen yang ada di dalam tubuh (Leonard & Skov, 2022; Nasution *et al.*, 2023).

Peningkatan frekuensi gerakan operkulum pada *Oreochromis niloticus* menunjukkan adanya peningkatan aktivitas respirasi sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan, termasuk suhu dan ketersediaan oksigen terlarut (Obirikorang *et al.*, 2023; Gyamfi *et al.*, 2024). Suhu air di atas suhu normal menyebabkan peningkatan laju metabolisme dan kebutuhan oksigen, tetapi suhu yang tinggi dapat menurunkan jumlah oksigen terlarut dalam air yang menyebabkan ikan mengalami gejala sulit bernapas dan gerakan renang yang tak beraturan (Kelabora, 2010 dalam Fajar, 2021).

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang memengaruhi respirasi ikan. Peningkatan suhu dapat meningkatkan laju metabolisme dan kebutuhan oksigen ikan, sedangkan kemampuan air dalam melarutkan oksigen cenderung menurun (Scheuffele *et al.*, 2021). Kondisi tersebut dapat menyebabkan ikan meningkatkan aktivitas ventilasi insang, yang terlihat melalui peningkatan frekuensi membuka dan menutup operculum (Norin & Metcalfe, 2019). Konsentrasi oksigen terlarut di perairan juga bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh suhu, fotosintesis, respirasi organisme akuatik, pertukaran gas dengan atmosfer, serta pergerakan air (Emam *et al.*, 2024; Jeong *et al.*, 2024; Royer, & Pastres, 2023; Ern *et al.*, 2023; Ali *et al.*, 2022; Burke *et al.*, 2022).

Suhu yang meningkat dapat mengakibatkan kadar oksigen terlarut menurun yang menyebabkan peningkatan frekuensi bukaan operkulum pada ikan untuk mendapatkan oksigen yang lebih banyak dalam proses respirasi (Nasution *et al.*, 2023). Gerakan operkulum yang membuka dengan cepat disebabkan oleh suhu yang melebihi batas normal sehingga membuat enzim pada tubuh ikan bekerja dengan cepat. Hal ini dapat membantu insang dalam proses pengambilan oksigen terlarut dalam air (Firdaus, 2018 dalam Fajar, 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ketika *Oreochromis niloticus* berada di lingkungan perairan dengan suhu rendah maka pergerakan operkulum akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan kadar oksigen terlarut serta suhu air yang dingin akan mempengaruhi metabolisme tubuh *Oreochromis niloticus*. Sedangkan ketika *Oreochromis niloticus* berada di lingkungan perairan dengan suhu yang tinggi, pergerakan operkulum akan mengalami peningkatan. Peningkatan pergerakan operkulum disebabkan oleh penurunan kadar oksigen terlarut.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak yang turut berpartisipasi selama pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Akbar, M.A., Jayanthi, S., Fajri, S., Khairunnisa, Zahara, A.S., Sari, M.T., & Mardiah. (2023). The Influence of Different Media on The Physiological Response of Nila Fish (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2). 187-193. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i2.6135>
- Ali, B., Anuska, & Mishra, A. (2022). Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 10(4), 113–127. DOI: <https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693>

- Bergstedt, J. H., Pfalzgraff, T., & Skov, P. V. (2021). Hypoxia tolerance and metabolic coping strategies in *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 257, 110956. DOI: 10.1016/j.cbpa.2021.110956
- Beemelmans, A., Cooke, S. J., & Wilson, R. W. (2021). Integrating thermal physiology into conservation physiology of fishes. *Conservation Physiology*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.1093/conphys/coab020>
- Burke, M., Grant, J., Filgueira, R., & Swanson, A. (2022). Oxygenation effects on temperature and dissolved oxygen at a commercial Atlantic salmon farm. *Aquacultural Engineering*, 99, 102287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102287>
- Cahyanti, Y., & Awalina, I. (2022). Studi Literatur: Pengaruh Suhu Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*. 2 (4). 226-238. DOI: <https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i4.110>
- Emam, W., Lambert, H., & Brown, C. (2025). The welfare of farmed Nile tilapia: a review. *Front. Vet. Sci.* 12:1567984. DOI: 10.3389/fvets.2025.1567984
- Ern, R., Andreassen, A. H., & Jutfelt, F. (2023). Physiological mechanisms of acute upper thermal tolerance in fish. *Physiology*, 38(3), 152–165. DOI: <https://doi.org/10.1152/physiol.00027.2022>
- El-Sayed, A.-F. M., & Fitzsimmons, K. (2023). From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. *Reviews in Aquaculture*, 15(Suppl. 1), 6–21. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12738>
- Fajar, M.T.I. (2021). Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tingkah Laku Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*). *Cermin: Jurnal Penelitian*, 5(1). DOI: https://doi.org/10.36841/cermin_unars.v5i1.1083
- Gyamfi, S., Edziyie, R. E., Obirikorang, K. A., Adjei-Boateng, D., & Skov, P. V. (2024). Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high tolerance to acute ammonia exposure but lose metabolic scope during prolonged exposure at low concentration. *Aquatic Toxicology*, 271, 106932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2024.106932>
- Islam, S.M.M., Akhter, F., Jahan, I., Rashid, H., & Shahjahan, Md. (2022). Alterations of oxygen consumption and gills morphology of Nile tilapia acclimatized to extreme warm ambient temperature. *Aquaculture Reports*, 23, 101089. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101089>
- Jeong, J., Awosile, B. A., Thakur, K. K., Stryhn, H., Boyce, B., & Vanderstichel, R. (2024). Longitudinal dissolved oxygen patterns in Atlantic salmon aquaculture sites in British Columbia, Canada. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1289375. DOI: 10.3389/fmars.2023.1289375
- Jinagool, P., Wipassa, V., Chaiyasing, R., Chukanhom, K., & Aengwanich, W. (2024). Effect of increasing ambient temperature on physiological changes and biochemical parameters in Nile tilapia. *Aquaculture*, 587, 741234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741017>
- Leonard, J. N., & Skov, P. V. (2022). Capacity for thermal adaptation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effects on oxygen uptake and ventilation. *Journal of Thermal Biology*, 106, 103206. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2022.103206
- Macaraeg, N. A., Vera Cruz, E. M., & Templonuevo, R. M. (2023). Influence of different temperatures and sexes on the survival and stress responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 23(1), 14–23. DOI: 10.9734/AJFAR/2023/v23i1592
- McArley, T.J., Sandblom, E., & Herbert, N.A. (2020). Fish and hyperoxia—From cardiorespiratory and biochemical adjustments to aquaculture and ecophysiology implications. *Fish and Fisheries*. DOI: 10.1111/faf.12522
- Nasution, D.Y., Hasibuan, N.W., Nasution, R.M., & Ramadhani, F. (2023). Pengaruh Perubahan Suhu Panas Media Air Terhadap Membuka dan Menutup Operkulum Pada Ikan Mas. *Journal*

- Scientific of Mandalika (JSM)*, 4(2). DOI: 10.36312/10.36312/vol4iss2pp1-5
- Norin, T., & Metcalfe, N. B. (2019). Ecological and evolutionary consequences of metabolic rate plasticity in response to environmental change. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374: 20180180. DOI: 10.1098/rstb.2018.0180
- Obirikorang, K. A., Appiah-Kubi, R., Adjei-Boateng, D., & Sekey, W. (2023). Acute hyperthermia and hypoxia tolerance of two improved strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Stress Biology*, 3, 21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44154-023-00099-w>
- Pan, Y.K. & Perry, F.S. (2023). The control of breathing in fishes – historical perspectives and the path ahead. *Journal of Experimental Biology* (2023) 226, jeb245529. DOI: doi:10.1242/jeb.245529
- Royer, E., & Pastres, R. (2023). Data assimilation as a key step towards the implementation of an efficient management of dissolved oxygen in land-based aquaculture. *Aquaculture International*, 31, 1287–1301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-022-01028-w>
- Scheuffele, H., Jutfelt, F., & Clark, T. D. (2021). Investigating the gill-oxygen limitation hypothesis in fishes: Intraspecific scaling relationships of metabolic rate and gill surface area. *Conservation Physiology*, 9(1), coab040. DOI: <https://doi.org/10.1093/conphys/coab040>
- Zhang, Y. & Ren, Z. (2025). Use of Real-Time Online Respirometry to Assess Temperature-Induced Metabolic Disorder in Koi Carp (*Cyprinus carpio*). *Water*, 17(5), 666. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17050666>
- Zhou, Y., Zhang, Y., Wei, S., Li, W., Li, W., Wu, Z., Jiang, S., Lu, Y., Xu, Q., & Chen, L. (2022). Reduced Hypoxia Tolerance and Altered Gill Morphology at Elevated Temperatures May Limit the Survival of Tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*) under Global Warming. *Fishes*, 7(5), Article 216. DOI: <https://doi.org/10.3390/fishes7050216>