

Morfometri Eritrosit *Osteochilus vittatus* pada Stadium Post-Larva, Juvenil, dan Dewasa dalam Pemeliharaan Terkontrol

Gratiana E. Wijayanti^{1*}, Novi Sri Wahyuni¹, dan Sorta Basar Ida Simanjuntak¹

¹Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia.

*Corresponding author: gratiana.wijayanti@usoed.ac.id

ABSTRAK

Eritrosit memiliki peranan vital bagi hewan vertebrata sebagai pembawa Oksigen dan CO₂ dalam sistem sirkulasi. Bentuk dan jumlah eritrosit dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai kondisi fisiologis pada ikan. Oleh karena itu ketersediaan data tentang bentuk, ukuran, dan jumlah eritrosit dalam kondisi wajar sangat diperlukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi bentuk, ukuran dan jumlah eritrosit ikan nilam pada stadium post-larva, juvenile, dan dewasa. Post-larva umur 4, 6, 10, 14, dan 18 minggu sebanyak 50 ekor, juvenile (8,2±0,65cm; 7,48±1,52g) sebanyak 40 ekor, dewasa betina (15,2±1,46cm; 43,4±12,4g) sebanyak 20 ekor, dan dewasa jantan (17,2±2,77cm; 63,6±35,4g) sebanyak 20 ekor diambil darahnya dari vena kaudal menggunakan 1ml syringe yang diberi 10%EDTA. Jumlah eritrosit dihitung menggunakan haemocytometer, bentuk dan ukuran eritrosit dievaluasi berdasarkan sediaan apus darah yang diwarnai dengan 10% Giemsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah eritrosit pada juvenile jantan dan betina berturut-turut 2,09±0,18x10⁶sel/mm³ dan 2,23±0,17x10⁶sel/mm³, dewasa jantan dan betina berturut-turut 3,05±0,25x10⁶sel/mm³ dan 2,25±2,26x10⁶sel/mm³. Eritrosit ikan nilam berbentuk oval dengan inti berbentuk oval dengan rasio diameter panjang (EL)/pendek (EW) berkisar 1,47±0,05 hingga 1,67±0,16. EL berkisar antara 11,13±0,95µm - 12,64±0,20 µm dan EW berkisar 7,40±0,40 µm - 8,25±0,41 µm. Diameter Panjang inti (EnL) berkisar antara 4,90±0,08 µm - 5,32±0,15 µm. Volume eritrosit berkisar antara 330,47±43,96 µm³ - 444,88±37,70 µm³ dan volume inti eritrosit berkisar 16,21±1,83 µm³ - 25,18±8,30 µm³. Penelitian ini menyediakan data dimensi eritrosit secara kronologis menurut tahapan perkembangan ikan. Data jumlah dan dimensi eritrosit yang diperoleh dapat digunakan sebagai referensi dalam pengujian respon fisiologis ikan terhadap faktor-faktor lingkungan.

Kata Kunci: dimensi eritrosit, juvenile, post larva, *O.vitattus*

Pendahuluan

Eritrosit merupakan salah satu jenis sel darah yang memiliki proporsi terbanyak dibanding sel darah lainnya dalam sistem sirkulasi. Eritrosit mengandung haemoglobin yang berfungsi untuk mengikat Oksigen dan membawanya dari organ tempat pertukaran gas menuju jaringan perifer kemudian melepaskannya untuk respirasi seluler (Ortega-Villaizan dkk., 2022). Eritrosit pada ikan-ikan yang telah diteliti memiliki bentuk oval dan berinti (Martins dkk., 2021). Inti eritrosit berbentuk oval hingga elips, terletak di tengah sel, dan bersifat basofilik. Sitoplasma eritrosie bersifat eosinofilik dan mengandung organel (Arnaudov dan Arnaudova, 2022). Selain berperan penting dalam respirasi, eritrosit ikan juga berperan sebagai mediator seluler pada sistem imun (Ortega-Villaizan dkk., 2022)

Bentuk eritrosit dapat berubah mengikuti tahapan perkembangan sel. Erythroblast biasanya bulat dan sel-sel yang lebih tua memiliki bentuk fusiform (Fijan, 2002; Passantino dkk., 2004). Akan tetapi derajat kebulatan tampaknya bervariasi antar spesies (Dal'Bó dkk., 2015). Ukuran sel eritrosit tidak secara langsung berhubungan dengan kapasitasnya dalam membawa oksigen ataupun viskositas darah tetapi sel-sel yang ukurannya lebih besar lebih mengarah kepada ketidaknormalan dibandingkan dengan sel-sel yang berukuran lebih kecil (Snyder & Sheafor, 1999). Di samping, itu peningkatan temperatur dan masa tubuh diketahui dapat meningkatkan volume eritrosit pada hewan tetrapoda (Gillooly & Zenil-Ferguson, 2014).

Analisis sel darah dapat mengungkapkan perubahan fisiologis pada ikan yang terukur lebih cepat dibandingkan pengujian parameter fisiologis yang lain (Rowan, 2007). Sel-sel darah juga merespon perubahan pada jaringan lain yang ditimbulkan akibat paparan cekaman lingkungan seperti temperatur, salinitas, kepadatan, dan kualitas air (Ruas dkk., 2008). Oleh karena itu penelitian tentang sel darah merupakan pendekatan yang berharga untuk menganalisis status kesehatan ikan dan meningkatkan pemahaman kita terhadap hubungan antara karakteristik darah dengan habitat dan kemampuan adaptasi suatu spesies terhadap lingkungan (Fazio dkk., 2012; Shahjahan dkk., 2018; De dkk., 2019; Islam dkk., 2019). Dengan demikian penggunaan darah sebagai indikator dalam penelitian perikanan tumbuh dengan cepat karena hal tersebut sangat penting dalam penelitian toksikologis, monitoring lingkungan, dan pendugaan kondisi kesehatan ikan (Barcellos dkk., 2004).

Penelitian komparatif bentuk dan ukuran eritrosit pada beberapa ikan telah dilakukan, namun penelitian mengenai diameter eritrosit dan inti, luas dan volume eritrosit dan luas serta volume inti eritrosit pada satu spesies dalam berbagai tahapan perkembangan belum dilaporkan. Oleh karena itu penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan mengevaluasi morfometri eritrosit dan inti eritrosit ikan nilam (*Osteochilus vittatus*) pada tahap post-larva, juvenile, dan dewasa dalam kondisi pemeliharaan yang terkontrol.

Metode

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 130 ekor ikan nilam (*Osteochilus vittatus*) meliputi tahap post-larva umur 4 minggu (PL4mg) dengan panjang tubuh ($1,39 \pm 0,14$ cm) dan berat tubuh ($0,04 \pm 0,02$ g), 6 minggu (PL6mg) panjang tubuh $1,7 \pm 0,35$ cm dan berat tubuh $0,16 \pm 0,07$ g, 10 minggu (PL10mg) panjang tubuh $2,22 \pm 0,43$ cm dan berat tubuh $0,22 \pm 0,09$ g, 14 minggu (PL14mg) panjang tubuh $3,54 \pm 0,53$ cm dan berat tubuh $0,52 \pm 0,2$ g, 18 minggu (PL18mg) panjang tubuh $4,74 \pm 0,38$ cm dan berat tubuh $1,89 \pm 0,44$ g, juvenil umur 5 bulan dengan panjang tubuh $8,21 \pm 0,65$ cm dan berat tubuh $7,48 \pm 1,52$ g, induk betina dengan panjang tubuh $15,2 \pm 1,46$ cm dan berat tubuh $43,4 \pm 12,4$ g, induk jantan dengan panjang tubuh $17 \pm 2,77$ cm dan berat tubuh $63,6 \pm 35,4$ g. Post-larva diperoleh dari hasil pemijahan induksi dan dipelihara dalam akuarium dengan kapasitas 45L yang dilengkapi dengan aerasi di Laboratorium Struktur dan Perkembangan Hewan Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Juvenil dan ikan dewasa diperoleh dari petani pembenih di desa Beji, Kecamatan Baturaden Kabupaten Banyumas. Juvenil dan ikan dewasa diaklimatisasi di Laboratorium selama 1 minggu dalam akuarium dengan volume 130L yang dilengkapi dengan aerasi. Selama aklimatisasi ikan diberi pakan pellet ikan komersial dengan kandungan protein 39%-

41% dua kali sehari, jumlah pakan yang diberikan sebanyak 5% dari berat tubuh ikan. Ukuran butiran pellet pakan untuk post-larva disesuaikan dengan ukuran bukaan mulut ikan.

Darah post-larva diperoleh dengan memotong pangkal ekor menggunakan gunting bedah dan darah yang keluar diteteskan ke atas gelas objek. Darah juvenile dan ikan dewasa diambil dari vena kaudal menggunakan spuit 1mL yang telah dibasahi dengan 10% EDTA sebagai antikoagulan. Darah yang diperoleh diproses untuk pembuatan sediaan apus darah, sediaan apus dikering anginkan, difiksasi dengan methanol selama 3-5 menit, setelah dikeringanginkan sediaan apus diwarnai dengan Giemsa 10% selama 5-10 menit. Pada masing-masing tahapan post-larva sediaan apus darah dibuat dari 10 ekor ikan, pada tahap juvenile dan dewasa sediaan apus darah dibuat dari 20 ekor ikan untuk masing-masing jenis kelamin. Tiga apusan disediakan untuk masing-masing ikan. Sediaan apus diamati di bawah mikroskop dengan perbedaran 400 kali. Pada masing-masing apusan diamati 100 sertrosit, dengan demikian pada setiap ikan diamati 300 eritrosit. Diameter panjang (*erythrocyte length= EL*) dan diameter lebar eritrosit (*erythrocyte width= EW*), diameter panjang inti eritrosit (*EnL*) dan diameter lebar inti eritrosit (*EnW*) diukur menggunakan micrometer okuler yang telah dikalibrasi. Diameter eritrosit dan diameter inti eritrosit selanjutnya digunakan untuk menghitung luas eritrosit dan luas inti eritrosit serta volume eritrosit dan inti eritrosit. Luas eritrosit dan luas inti eritrosit dihitung dengan rumus sebagai berikut (West dkk, 2012):

$$\text{Luas eritrosit} = \pi (EL/2) \times (EW/2)$$

$$\text{Luas inti eritrosit} = \pi (EnL/2) \times (EnW/2)$$

$$\text{Volume eritrosit} = 4/3 \times \pi (EL/2) \times (EW/2)^2$$

$$\text{Volume inti eritrosit} = 4/3 \times \pi (EnL/2) \times (EnW/2)^2$$

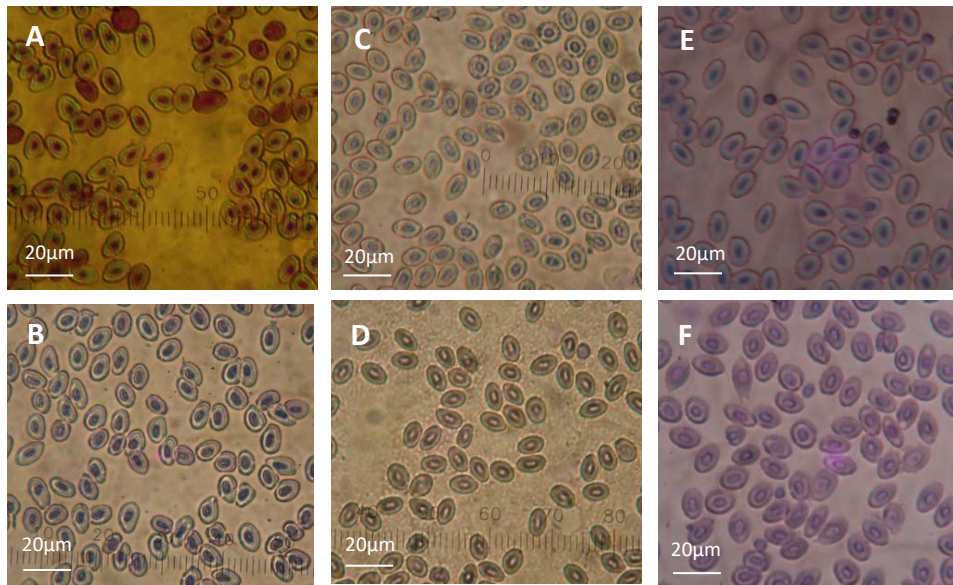
Sebagian darah juvenile dan ikan dewasa ditambah dengan larutan Hayem untuk perhitungan jumlah eritrosit. Perhitungan dilakukan pada bilik hitung dengan volume (v) $2,5 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$. Jumlah eritrosit pada 5 bilik hitung (a) direrata dan jumlah eritrosit dihitung menggunakan rumus sebagai berikut: $\Sigma \text{eritrosit}/\text{mL} = (a/5) \times 2,5 \times 10^4 \times \text{Faktor Pengencer}$

Data diameter, luas dan volume eritrosit dan inti eritrosit diuji normalitasnya menggunakan Kolmogorov-Smirnov dan homogenitasnya menggunakan Lavene's. Data terdistribusi normal ($p > 0,05$) dan homogen ($p < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji anova satu arah untuk mengevaluasi perbedaan aspek morfometri eritrosit. Uji korelasi dilakukan terhadap rasio diameter eritrosit dan inti eritrosit untuk mengevaluasi keterkaitan antara umur atau tahapan perkembangan ikan dengan bentuk eritrosit.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan morfologi eritrosit ikan Nilem (*Osteochillus vittatus*) pada berbagai tahapan perkembangan yang meliputi tahap post-larva umur 4 minggu, 6 minggu, 10 minggu, 14 minggu, dan 18 minggu, juvenil jantan dan juvenil betina, serta dewasa jantan dan dewasa menunjukkan bahwa eritrosit ikan nilem berbentuk oval dengan inti berbentuk oval. Inti sel terletak di tengah dan sitoplasma terlihat jernih dengan pewarnaan Giemsa (Gambar 1). Kecenderungan bentuk sel kearah membulat ataupun oval dapat dievaluasi berdasarkan rasio antara diameter panjang:diameter lebar; apabila rasio semakin mendekati 1 maka bentuk sel cenderung membulat sedangkan rasio lebih besar dari 1 menunjukkan bentuk sel cenderung oval. Rasio diameter panjang:diameter pendek eritrosit ($EL:EW$) O .

vittatus berkisar antara 1,47:1 dan 1,67:1 dan Rasio diameter panjang:diameter pendek inti eritrosit (EnL:EnW) berkisar antara 1,80:1 dan 2,02:1 (Tabel 1).



Gambar 1. Morfologi eritrosit *O. vittatus* pada tahapan perkembangan yang berbeda: A. PL-4 minggu, B. PL-10 minggu, C. juvenile jantan, D. Juvenil betina, E. dewasa jantan, F. dewasa betina

Tabel 1. Rasio diameter Panjang:diameter lebar eritrosit (EL:EW) dan inti eritrosit (EnL:EnW) *O. vittatus* pada stadia post-larva, juvenil, dan dewasa

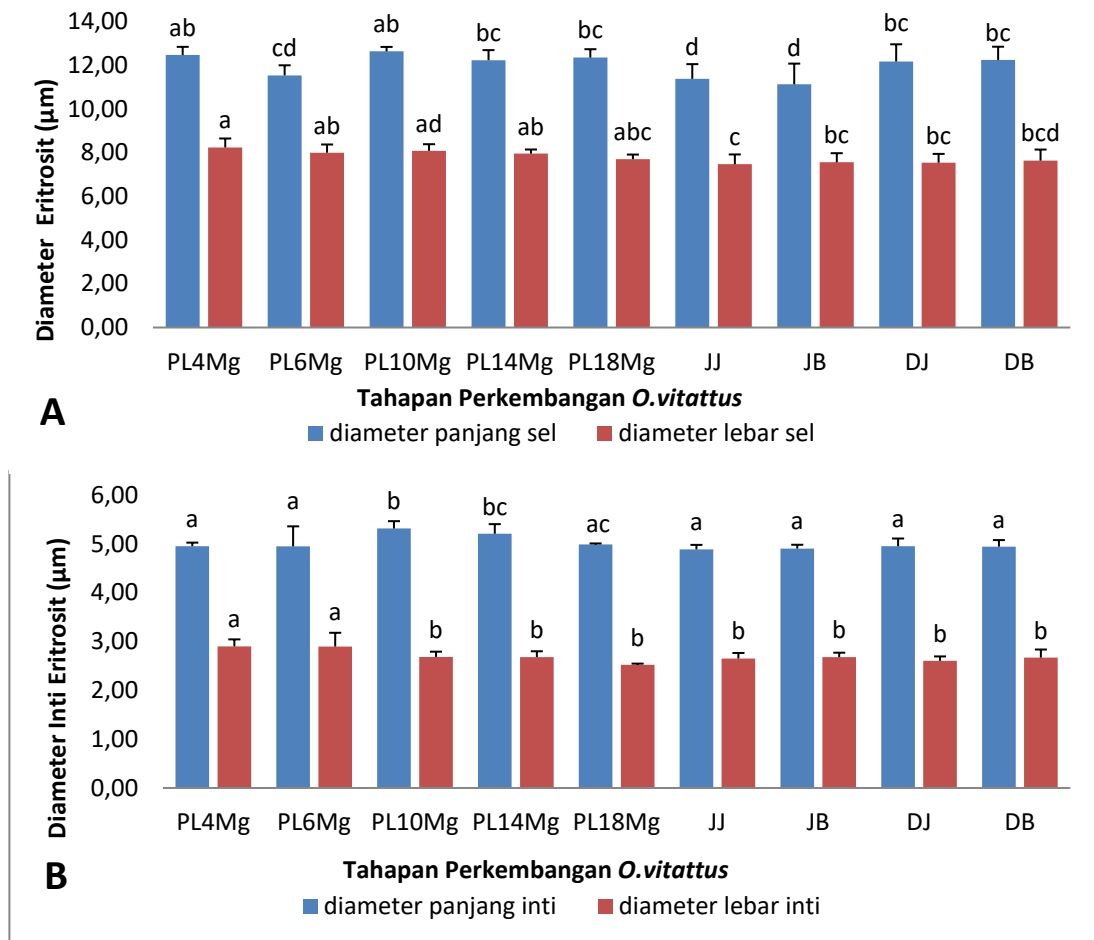
Stadia Perkembangan	Rasio EL:EW (SD)	Rasio EnL:EnW (SD)
Post-larva 4 minggu	1,56:1 (0,10)	1,82:1 (0,06)
Post-larva 6 minggu	1,47:1 (0,05)	1,80:1 (0,13)
Post-larva 10 minggu	1,59:1 (0,05)	2,04:1 (0,08)
Post-larva 14 minggu	1,57:1 (0,06)	2,00:1 (0,04)
Post-larva 18 minggu	1,63:1 (0,04)	1,99:1 (0,01)
Juvenil Jantan	1,56:1 (0,11)	1,90:1 (0,05)
Juvenil Betina	1,50:1 (0,11)	1,89:1 (0,05)
Dewasa Jantan	1,66:1 (0,14)	1,93:1 (0,07)
Dewasa Betina	1,67:1 (0,16)	1,92:1 (0,10)

Hasil uji "t" menunjukkan bahwa rasio EL:EW lebih rendah dibanding rasio EnL:EnW ($p < 0,01$); hal ini menginformasikan bahwa bentuk inti eritrosit *O. vittatus* lebih oval dibanding bentuk eritrosit. Koefisien korelasi antara rasio EnL:EnW dengan tahap perkembangan ikan adalah $r = 0,082$ dan korelasi antara rasio EL:EW dengan tahapan perkembangan adalah $r = 0,387$ dan persamaan regresi $y = 0,0031x + 1,5055$. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk inti eritrosit relatif stabil pada setiap tahapan perkembangan sedangkan bentuk eritrosit berpotensi berubah menurut tahapan perkembangan ikan.

Morfometri eritrosit dievaluasi berdasarkan diameter panjang dan diameter pendek sel, diameter panjang dan diameter pendek inti sel, Rasio diameter sel dan inti eritrosit, luas sel dan inti sel, serta volume sel dan inti sel eritrosit. Diameter panjang eritrosit *O. vittatus* berkisar antara $11,13 \pm 0,95 \mu\text{m}$ hingga $12,64 \pm 0,20 \mu\text{m}$ dan diameter pendek berkisar antara $7,55 \pm 0,40 \mu\text{m}$ hingga $8,25 \pm 0,41 \mu\text{m}$ (Gambar 2.A). Diameter panjang inti eritrosit *O. vittatus*

4,89±0,09 µm hingga 5,32±0,15 µm dan diameter pendek inti eritrosit berkisar antara 2,52±0,02 µm hingga 2,90±0,28µm Gambar 2.B).

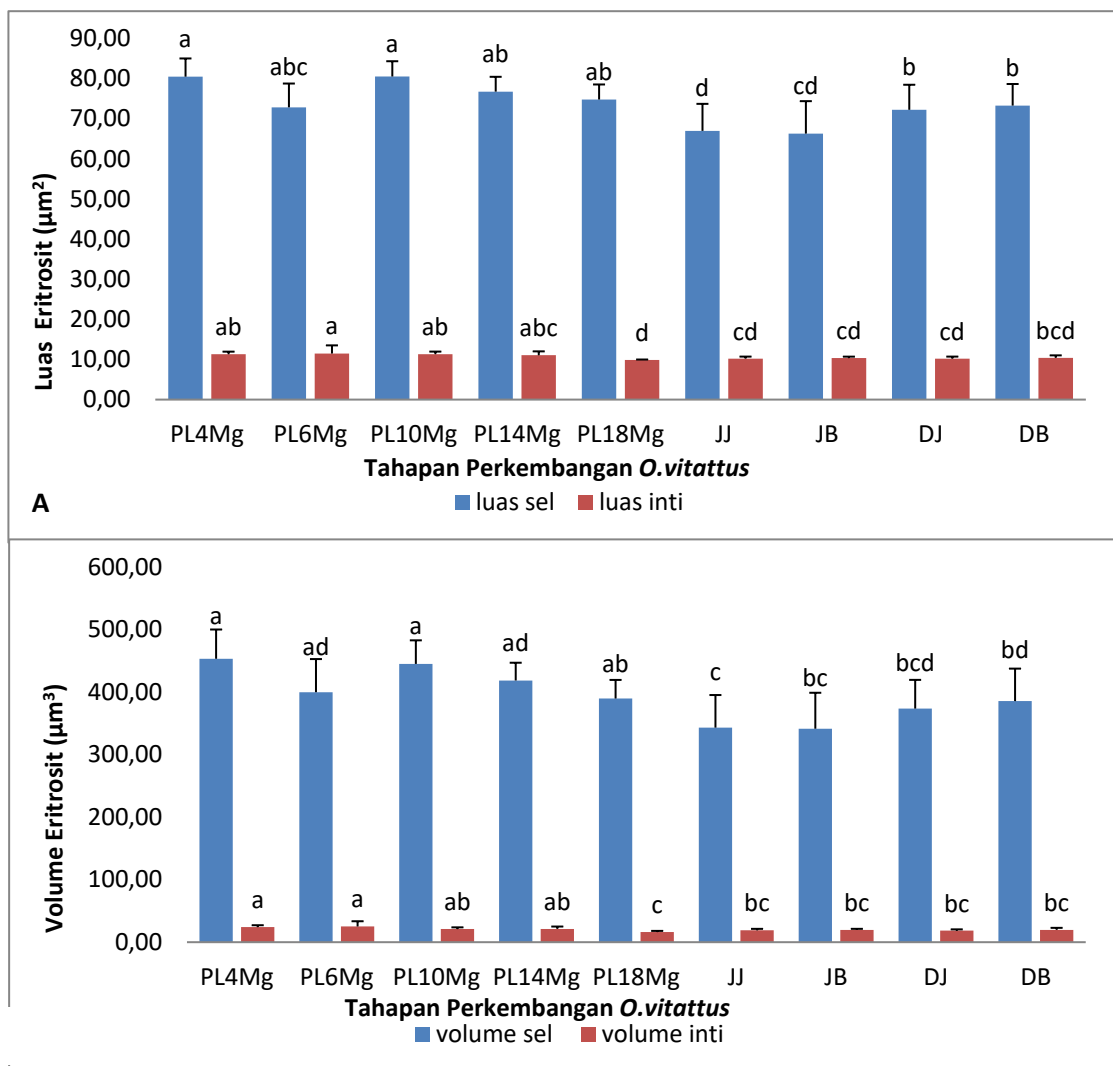
Hasil analisis menunjukkan bahwa diameter panjang eritrosit terbesar ($p < 0,05$) dijumpai pada PL10Mg dengan ukuran 12,64±0,20 µm dan diameter panjang eritrosit terkecil ($p < 0,05$) dijumpai pada juvenil betina dengan ukuran 11,13±0,95µm. Diameter lebar eritrosit terbesar ($p < 0,05$) dijumpai pada PL4Mg dengan ukuran 8,25±0,41 µm dan diameter lebar eritrosit terkecil ($p < 0,05$) dijumpai pada juvenil jantan dengan ukuran 7,40±0,40 µm (Gambar 2.A). Diameter panjang inti eritrosit terbesar dijumpai pada PL10Mg yaitu 5,32±0,15 µm dan terkecil dijumpai pada Juvenil Jantan yaitu 4,89±0,09µm. Diameter lebar inti eritrosit terbesar dijumpai pada PL4Mg yaitu 2,90±0,07µm dan PL6Mg 2,90±0,28µm, sedangkan terkecil pada PL18Mg yaitu 2,52±0,02 µm (Gambar 2.B).



Gambar 2. Diameter panjang dan diameter pendek eritrosit (A) dan inti eritrosit (B) *O. vittatus* pada tahap post-larva umur 4 minggu (PL4Mg), PL6Mg, PL10Mg, PL14Mg, PL18 Mg, juvenile jantan (JJ), juvenil betina (JB), dewasa jantan (DJ), dan Dewasa betina (DB) yang dipelihara dalam kondisi laboratorium.

Diameter panjang dan diameter lebar eritrosit ikan zebra *Danio rerio* $9,75 \pm 0,58 \mu\text{m}$ dan $6,42 \pm 0,60 \mu\text{m}$, inti $5,50 \pm 0,41 \mu\text{m}$ dan $2,96 \pm 0,34 \mu\text{m}$; ikan *Cyprinus carpio carpio* $12,81 \pm 0,57 \mu\text{m}$ dan $8,43 \pm 0,73 \mu\text{m}$, inti $5,13 \pm 0,42 \mu\text{m}$ dan $3,51 \pm 0,35 \mu\text{m}$; *Oreochromis niloticus* $9,31 \pm 0,52 \mu\text{m}$ dan $7,66 \pm 0,46 \mu\text{m}$, inti $4,42 \pm 0,48 \mu\text{m}$ dan $3,16 \pm 0,31 \mu\text{m}$ (Megarani dkk, 2020).

Hasil perhitungan luas eritrosit menunjukkan bahwa stadia PL4Mg, PL6Mg, PL10Mg, PL14Mg, PL18Mg, juvenile jantan, juvenile betina, dewasa jantan dan dewasa betina memiliki luas berturut-turut sebesar $80,48 \pm 4,55 \mu\text{m}^2$, $72,84 \pm 5,93 \mu\text{m}^2$, $80,53 \pm 3,81 \mu\text{m}^2$, $76,75 \pm 3,70 \mu\text{m}^2$, $74,79 \pm 3,75 \mu\text{m}^2$, $65,40 \pm 5,91 \mu\text{m}^2$, $66,30 \pm 8,08 \mu\text{m}^2$, $10,34 \pm 0,37 \mu\text{m}^2$, $72,23 \pm 6,24 \mu\text{m}^2$, $73,28 \pm 5,38 \mu\text{m}^2$ dan luas inti eritrosit berturut-turut sebesar $11,31 \pm 0,63 \mu\text{m}^2$, $11,49 \pm 2,03 \mu\text{m}^2$, $11,33 \pm 0,63 \mu\text{m}^2$, $11,05 \pm 0,97 \mu\text{m}^2$, $9,89 \pm 0,10 \mu\text{m}^2$, $10,16 \pm 0,48 \mu\text{m}^2$, $10,34 \pm 0,37 \mu\text{m}^2$, $10,18 \pm 0,53 \mu\text{m}^2$, $10,34 \pm 0,37 \mu\text{m}^2$, $10,40 \pm 0,63 \mu\text{m}^2$ (Gambar 3.A).



Gambar 3. Luas eritrosit dan luas inti eritrosit (A), volume eritrosit dan volume inti eritrosit (B) pada *O. vittatus* tahap post-larva (PL), juvenile, dan dewasa yang dipelihara dalam kondisi laboratorium

Luas eritrosit ikan nilam lebih kecil dibanding luas eritrosit ikan *R. quelen*, *O. niloticus*, *B. orbignyanus*, dan *P. mesopotamicus* yaitu $317,0 \pm 36,4 \mu\text{m}^2$, $343,1 \pm 43,4 \mu\text{m}^2$, $337,3 \pm 30,7 \mu\text{m}^2$, dan $400,6 \pm 36,5 \mu\text{m}^2$. Perbedaan tersebut dimungkinkan karena perbedaan spesies. Eritrosit

ikan memiliki inti yang mengandung informasi genetik untuk menentukan karakteristik eritrosit dari suatu spesies (Martins dkk, 2021). Disamping berbeda menurut spesies, ukuran dan bentuk eritrosit dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti temperatur (Rahman dan Baek, 2019), logam berat (Quyet dan Dung, 2023), dan pathogen (Puate-Martin dkk., 2019).

Hasil perhitungan volume eritrosit menunjukkan bahwa stadia PL4Mg, PL6Mg, PL10Mg, PL14Mg, PL18Mg. juvenile jantan, juvenile betina, dewasa jantan, dan dewasa betina memiliki volume eritrosit berturut-turut $453,14 \pm 46,75 \mu\text{m}^3$, $399,63 \pm 53,01 \mu\text{m}^3$, $444,88 \pm 37,70 \mu\text{m}^3$, $418,36 \pm 28,41 \mu\text{m}^3$, $389,57 \pm 29,71 \mu\text{m}^3$, $330,47 \pm 43,96 \mu\text{m}^3$, $341,27 \pm 57,48 \mu\text{m}^3$, $373,43 \pm 45,93 \mu\text{m}^3$, $385,52 \pm 51,84 \mu\text{m}^3$ dan volume inti eritrosit sebesar $24,14 \pm 2,97 \mu\text{m}^3$, $25,18 \pm 8,30 \mu\text{m}^3$, $20,99 \pm 2,73 \mu\text{m}^3$, $21,22 \pm 3,79 \mu\text{m}^3$, $16,21 \pm 1,83 \mu\text{m}^3$, $18,80 \pm 2,12 \mu\text{m}^3$, $19,58 \pm 1,76 \mu\text{m}^3$, $18,48 \pm 2,02 \mu\text{m}^3$, $19,67 \pm 3,24 \mu\text{m}^3$ (Gambar 3.B.). Sebagaimana luas eritrosit, volume eritrosit ikan nilam juga lebih kecil dibanding volume eritrosit pada *R. quelen*, *O. niloticus*, *B. orbignyanus*, dan *P. mesopotamicus* berturut-turut $545,2 \pm 95,0 \mu\text{m}^3$, $612,6 \pm 119,4 \mu\text{m}^3$, $585,4 \pm 84,0 \mu\text{m}^3$, dan $765,8 \pm 108,7 \mu\text{m}^3$ (Dal'bò, dkk., 2015).

Jumlah eritrosit *O. vittatus* yang dilaporkan dalam penelitian ini diperoleh dari juvenil dan ikan dewasa karena volume darah pada tahap post larva tidak memungkinkan untuk menghitung jumlah eritrosit. Jumlah eritrosit pada juvenil jantan $2,09 \times 10^6$ sel/mm³, juvenil betina $2,23 \times 10^6$ sel/mm³, dewasa jantan $3,05 \times 10^6$ sel/mm³, dan dewasa betina $2,25 \times 10^6$ sel/mm³. Jumlah eritrosit tersebut berada dalam kisaran jumlah eritrosit ikan yang dilaporkan oleh Witeska (2013) yaitu antara $0,5$ and $1,5 \times 10^6$ /mm³ dan $3,0$ and $4,2 \times 10^6$ /mm³. Karakteristik dan morfometri eritrosit *O. vittatus* dalam penelitian ini menyediakan data yang dapat digunakan sebagai acuan pada penelitian lebih lanjut.

Kesimpulan

Berdasarkan rasio EL:EW dan EnL:EnW dapat disimpulkan eritrosit *O. vittatus* berbentuk oval, dengan bentuk inti eritrosit lebih oval dibanding bentuk eritrosit. Dalam kondisi terkontrol, bentuk eritrosit berpotensi berubah sesuai tahapan perkembangan sedangkan bentuk inti eritrosit relatif konstan. Hasil penelitian menginformasikan morfometri eritrosit *O. vittatus* pada stadium post-larva, juvenile, hingga dewasa secara kronologis dan menyediakan data serta informasi tentang ukuran normal eritrosit *O. vittatus* pada berbagai tahapan perkembangan sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam penilaian kondisi fisiologis ikan.

Daftar Pustaka

- Arnaudov A, & Arnaudova D, 2022. Erythrocytes and Hemoglobin of Fish: Potential Indicators of Ecological Biomonitoring. In Karapehlyan M, Gelen V & Kukurt. A (eds) *Animal Models and Experimental Research in Medicine*.
- Barcellos LJG, Kreutz LC, de Souza C, Rodriguez LB, Fioreze I, Quevedo RM, Cericato L, Soso AB, Fagundes M, Conrad J, Lacerda LA, & Terra S, 2004. Hematological changes in *Jundia (Rhamdia quelen)* after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture*; 237:229-236.
- Dal'Bó GA, Sampaio FG, Losekann ME, Queiroz JFD, Luiz AJB, Wolf VH, Gonçalves, VT, & Carra ML, 2015. Hematological and morphometric blood value of four cultured species of economically important tropical food fish. *Neotropical Ichthyology*; 13: 439-446.

- De M, Ghaffar MA, Noor NM, Cob ZC, Bakar Y, & Das SK, 2019. Effects of water temperature and diet on blood parameters and stress levels in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂) juveniles. *Aquac Rep*; 15: 100219.
- Fazio F, Filiciotto F, Marafioti S, Di Stefano V, Assenza A, Placenti F, Buscaino G, Piccione G, & Mazzola S, 2012. Automatic analysis to assess haematological parameters in farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Mar Freshw Behav Physiol*; 45: 63-73.
- Fijan N, 2002. Morphogenesis of blood cell lineages in channel catfish. *Journal of Fish Biology*; 60: 999-1014.
- Islam MA, Uddin MH, Uddin MJ, & Shahjahan M, 2019. Temperature changes influenced the growth performance and physiological functions of Thai pangas *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquac Rep*; 13:100179.
- Martins BO, Franco- Belussi L, Siqueira MS, Fernandes CE, & Provete DB, 2021. The evolution of red blood cell shape in fishes. *J Evol Biol*; 34:537- 548.
- Megarani DV, Hardian AB, Arifianto D, Santosa CM, & Salasia SIO, 2020. Comparative Morphology and Morphometry of Blood Cells in Zebrafish (*Danio rerio*), Common Carp (*Cyprinus carpio carpio*), and Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*; 59(6): 673-680
- Ortega-Villaizán MdM, Coll J, & Rimstad E, 2022. Editorial: The role of red blood cells in the immune response of fish. *Front. Immunol*; 13:1005546.
- Passantino L, Altamura M, Cianciotta A, Jirillo F, Ribaud MR, Jirillo E, & Passantino GF, 2004. Maturation of fish erythrocytes coincides with changes in their morphology, enhanced ability to interact with *Candida albicans* and release of cytokine- like factors active upon autologous macrophages. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*; 26: 573-585
- Puente-Marin S, Thwaite R, Mercado L, Coll J, Roher N and Ortega-Villaizán MDM, 2019. Fish Red Blood Cells Modulate Immune Genes in Response to Bacterial Inclusion Bodies Made of TNF α and a G-VHSV Fragment. *Front. Immunol*; 10:1055.
- Quyêt DH & Dung PT, 2023. Morphological Alterations of Fish Erythrocytes as Their Response to Environmental Conditions. *Hayati Journal of Bioscience*; 30(4): 711-715
- Rahman MM & Baek HJ, 2019. Evaluation of Erythrocyte Morphometric Indices in Juvenile Red Spotted Grouper, *Epinephelus akaara* under Elevated Water Temperature. *Dev. Reprod.*; 23(4): 345-353
- Rowan MW, 2007. Use of blood parameters as biomarkers in brown bullheads (*Ameiurus nebulosus*) from Lake Erie tributaries and Cape Cod ponds. Doctoral dissertation, The Ohio State University.
- Ruas CBG, Carvalho CD, de Araujo, HSS, Espindola ELG, Fernandes MN, 2008. Oxidative stress biomarkers of exposure in the blood of cichlid species from a metal-contaminated river. *Ecotox Environ Safe*; 71:8693.
- Shahjahan M, Uddin MH, Bain V, Haque MM, 2018 Increased water temperature altered hemato-biochemical parameters and structure of peripheral erythrocytes in striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Fish Physiol Biochem*; 44:1309-1318.
- Snyder, GK & Sheafor, BA, 1999. Red blood cells: Centerpiece in the evolution of the vertebrate circulatory system. *American Zoologist*; 39:189-98.
- West, MJ, 2012. Basic stereology for biologists and neuroscientists. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Witeska M, 2013. Erythrocytes in teleost fishes: a review. *Zool Ecol.*; 23:275- 81.