

Analisis Perbandingan Kadar Hemoglobin, Jumlah dan Struktur Eritrosit Pada Lima Kelas Vertebrata

Muhammad Abdul Jabar¹⁾, Shifa Ramadhanti²⁾, Sisilia Prita Dewi Purnamaningrum³⁾, Wulan Christijanti⁴⁾

^{1),2),3),4)}Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 14 November 2023

Disetujui: 24 November 2023

Dipublikasikan: 28 November 2023

Keywords:

Blood; Erythrocytes; Hemoglobin; Vertebrates
Darah; Eritrosit; Hemoglobin; Vertebrata

Abstract

The size, shape of cells, number of erythrocytes and hemoglobin content between each class of animal can be different, this can indicate the animal's respiration ability is the result of adaptation to different habitats. This study aims to examine the comparison of hemoglobin levels, number and structure of erythrocytes in five classes of vertebrates. The animal blood used in this study consisted of five species representing each class, namely Clarias batrachus representing the pisces, Bufo sp. represents the amphibian, Varanus salvator represents the reptile, Columba livia represents the aves, and Mus musculus represents the mammal. Hemoglobin levels were tested using the Sahli method, while the number and structure of erythrocytes used a hemocytometer and Neubauer counting chamber which were observed under a microscope with a magnification of 40x10. The results showed that hemoglobin levels in Clarias batrachus, Bufo sp., Varanus salvator, Columba livia, and Mus musculus were 3.8 g/dl, 6.8 g/dl, 10.4 g/dl, 10.8 g/dl, and 8.2 g/dl. The number of erythrocytes was 780,000/mm³, 320,000/mm³, 1,900,000/mm³, 3,270,000/mm³, and 3,960,000/mm³, respectively. In terms of erythrocyte structure, it was found that Clarias batrachus has a round structure with a nucleus, Bufo sp., Varanus salvator, and Columba livia have an oval shape with a nucleus, while Mus musculus has a biconcave disc shape without a nucleus. The conclusion of this study shows that the highest hemoglobin levels are found in Columba livia and the lowest in Clarias batrachus. The highest number of erythrocytes was found in Mus musculus, and the lowest in Bufo sp. All erythrocytes in the vertebrate class have a nucleus, except in mammals.

Abstrak

Ukuran, bentuk sel, serta jumlah eritrosit dan kandungan hemoglobin antar setiap kelas hewan dapat berbeda, hal ini dapat mengindikasikan kemampuan respirasi hewan yang merupakan hasil adaptasi terhadap habitat yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbandingan kadar hemoglobin, jumlah dan struktur eritrosit pada lima kelas vertebrata. Darah hewan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari lima spesies yang mewakili setiap kelas, yaitu *Clarias batrachus* mewakili kelas pisces, *Bufo sp.* mewakili kelas amphibi, *Varanus salvator* mewakili kelas reptil, *Columba livia* mewakili kelas aves, dan *Mus musculus* mewakili kelas mamalia. Pengujian kadar hemoglobin menggunakan metode sahli, sedangkan jumlah dan struktur eritrosit menggunakan hemocytometer dan kamar hitung Neubauer yang diamati di bawah mikroskop perbesaran 40x10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar hemoglobin pada *Clarias batrachus*, *Bufo sp.*, *Varanus salvator*, *Columba livia*, dan *Mus musculus* secara berturut-turut sebesar 3,8 g/dl, 6,8 g/dl, 10,4 g/dl, 10,8 g/dl, dan 8,2 g/dl. Jumlah eritrositnya berturut-turut sebesar 780.000/mm³, 320.000/mm³, 1.900.000/mm³, 3.270.000/mm³, dan 3.960.000/mm³. Pada struktur eritrosit didapatkan bahwa *Clarias batrachus* memiliki struktur bulat berinti, pada *Bufo sp.*, *Varanus salvator*, dan *Columba livia* memiliki bentuk oval berinti, sedangkan pada *Mus musculus* memiliki bentuk cakram bikonkaf tanpa inti. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kadar hemoglobin tertinggi terdapat pada *Columba livia* dan terendah pada *Clarias batrachus*. Jumlah eritrosit tertinggi terdapat pada *Mus musculus*, dan terendah pada *Bufo sp.* Semua eritrosit pada kelas vertebrata memiliki inti, kecuali pada mamalia.

© 2023 Universitas Negeri Semarang

□ Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunugpati, Semarang
E-mail: wulan.christijanti@mail.unnes.ac.id

p-ISSN 2252-6277
e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Darah merupakan komponen cairan tubuh dalam sistem sirkulasi yang berperan penting dalam mendistribusikan berbagai senyawa esensial yang dibutuhkan oleh tubuh, seperti karbondioksida, oksigen, substansi yang berperan dalam ekskresi, nutrisi, dan hormon (Azhari & Hidayaturrahmah, 2020). Profil darah memiliki peran yang sangat penting dalam fisiologi metabolisme dan aktivitas tubuh hewan. Darah hewan vertebrata terdiri atas sel-sel darah yang tersuspensi di dalam plasma darah dan beredar menuju organ-organ tubuh (Rousdy & Linda, 2018). Darah tersusun dari plasma darah, sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit) (Firani, 2018).

Eritrosit atau sel darah merah merupakan membran plasma kantong tertutup yang berisi hemoglobin yang memiliki fungsi untuk mengangkut O_2 di dalam darah. Sel eritrosit memiliki jumlah terbanyak dibandingkan sel-sel darah lainnya (Arviananta *et al.*, 2020). Bentuk, ukuran, dan persentase jumlah eritrosit dan leukosit berbeda untuk setiap jenis hewan vertebrata. Eritrosit mamalia diketahui tidak memiliki inti karena sel akan kehilangan inti sebelum memasuki peredaran darah (Lubis *et al.*, 2016), namun tidak demikian dengan eritrosit dari kelas pisces, amphibi, reptil, dan aves yang masih memiliki inti (Sayuti *et al.*, 2022). Selain itu, jumlah eritrosit hewan ektoderm akan lebih rendah dibandingkan hewan endoderm, hal ini berkaitan dengan regulasi panas pada tubuhnya (Sonjaya, 2012).

Pada darah hewan juga ditemukan hemoglobin yang merupakan protein yang ada pada eritrosit dan berfungsi untuk mengangkut oksigen dari paru-paru keseluruh tubuh (Tutik & Ningsih, 2019). Semua vertebrata memiliki hemoglobin pada sel darah merahnya (Wulandari, 2018). Pada vertebrata, hemoglobin memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai pengangkut oksigen dan pengangkut karbondioksida serta berbagai proton dari jaringan ke organ respirasi, lalu diekskresikan keluar. Selain itu Fungsi utama hemoglobin juga berinteraksi dengan gas lain, yaitu karbonmonoksida (CO) dan nitrit oksida (NO), yang memiliki peran biologis (Wulandari, 2018).

Ukuran, bentuk sel, serta jumlah eritrosit dan kandungan hemoglobin dapat mengindikasikan kemampuan respirasi hewan yang kemudian merupakan hasil adaptasi terhadap habitat yang berbeda (Fajar, 2021). Hewan akuatik dan semi akuatik cenderung memiliki kadar hemoglobin lebih rendah dibandingkan hewan terrestrial, hal ini disebabkan kandungan oksigen dalam air lebih rendah dibandingkan medium udara sehingga oksigen yang terikat dalam protein hemoglobin akan lebih sedikit (Rousdy & Linda, 2018). Menurut Yap & Zhang (2021), kadar hemoglobin dan jumlah eritrosit yang tinggi sebanding dengan kebutuhan jenis hewan. Semakin besar kebutuhan energi dan asupan oksigen yang dibutuhkan, maka semakin tinggi pula jumlah eritrosit dan kadar hemoglobinnya. Sampai saat ini, masih belum banyak penelitian yang membahas mengenai perbandingan jumlah eritrosit pada lima kelas vertebrata, padahal studi mengenai profil darah antar kelas vertebrata dapat menyediakan data dasar dan pendukung dalam mempelajari aktivitas fisiologis dan bahkan habitat hewan. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penting bagi peneliti untuk mengetahui perbandingan kadar hemoglobin dan jumlah eritrosit pada lima kelas vertebrata.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisiologi Hewan, Jurusan Biologi, Universitas Negeri Semarang pada Bulan Maret 2023. Sampel hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan lele (*Clarias batrachus*) untuk mewakili kelas Pisces, kodok (*Bufo* sp.) untuk mewakili kelas Amphibi, biawak (*Varanus salvator*) mewakili kelas reptil, merpati (*Columba livia*) mewakili kelas aves, dan mencit (*Mus musculus*) mewakili kelas mamalia. Data-data penelitian diambil dari pengujian kadar hemoglobin menggunakan metode sahli dan jumlah eritrosit menggunakan hemositometer dan kamar hitung Neubauer pada perwakilan lima kelas vertebrata.

Pengambilan Sampel Darah

Hewan dibius dengan menggunakan kloroform. Sampel darah ikan diambil melalui arteri caudalis. Pembuluh darah arteri caudalis terletak tepat di bawah vertebra. Sampel darah kodok yang berukuran kecil diambil dengan menusukkan jarum langsung ke jantung. sampel darah biawak diambil dengan membedahnya kemudian mengambil darah di bagian jantungnya. Sampel darah burung merpati diambil dari vena jugularis. Sedangkan pengambilan sampel darah tikus dilakukan dengan cara memotong ujung ekornya. Darah yang ke luar ditampung dalam plat tetes yang telah diisi anti koagulan EDTA.

Pengujian Kadar Hemoglobin

Pengujian kadar hemoglobin dilakukan dengan metode sahli. Cara kerjanya dimulai dengan mengisi tabung pengukur hemometer dengan menggunakan HCl 0,1 N sampai angka 2 (garis pada tabung paling bawah). Darah diambil dengan cara menghisapnya dengan pipet kapiler, sampai tepat pada garis. Darah tersebut kemudian dimasukkan dalam tabung pengukur yang telah berisi HCl 0,1 N. Larutan tersebut dicampur dengan cara menghisap dan meniup larutan darah dan HCl berulang kali dengan menggunakan pipet tersebut. Larutan dibiarkan selama 3 menit, kemudian diteteskan aquadest dengan menggunakan pipet air dan diaduk pelan-pelan dengan menggunakan pengaduk gelas sampai warna coklat sama dengan warna standar di sebelah kiri dan kanan tabung pengukur. Tinggi permukaan cairan dalam tabung pengukur dibaca dalam gr% (yaitu gr Hb dalam 100 ml darah) dan dalam % (persentase Hb yang dihitung dibandingkan dengan Hb normal).

Pengamatan Jumlah Eritrosit

Prosedur pengamatan jumlah eritrosit dimulai dengan cara menghisap darah hewan menggunakan pipet darah sampai tanda 0,5. Kemudian cairan hayem diisap menggunakan pipet darah tersebut sampai tanda 101 (pengenceran 400X). Kater pipet dilepas, kemudian pipet diletakkan dalam posisi sejajar dan diguling-gulingkan atau diputar-putar. Beberapa tetes cairan darah dibuang dengan menempelkannya pada kertas tisu. Kemudian, larutan darah tersebut diteteskan ke dalam kamar hitung Neubauer yang sudah ada kaca penutupnya. Dilihat di bawah mikroskop pada kotak sel darah merah, dimulai dari perbesaran lemah hingga perbesaran kuat. Untuk menghitung eritrosit, dipilih 5 buah bujur sangkar (4 di sudut dan 1 di tengah) dari 25 bujur sangkar pada daerah hitung sel darah merah, di mana

pada pengamatan digunakan 80 bujur sangkar kecil, volume bujur sangkar kecil adalah $1/4000 \text{ m}^3$ dan digunakan pengenceran 200x.

Perhitungan jumlah eritrosit pada berbagai sampel dapat dicari menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah eritrosit } (/ \mu\text{L}) = \frac{\text{jumlah eritrosit} \times 4000 \times 200}{80}$$

Pengamatan Struktur Eritrosit

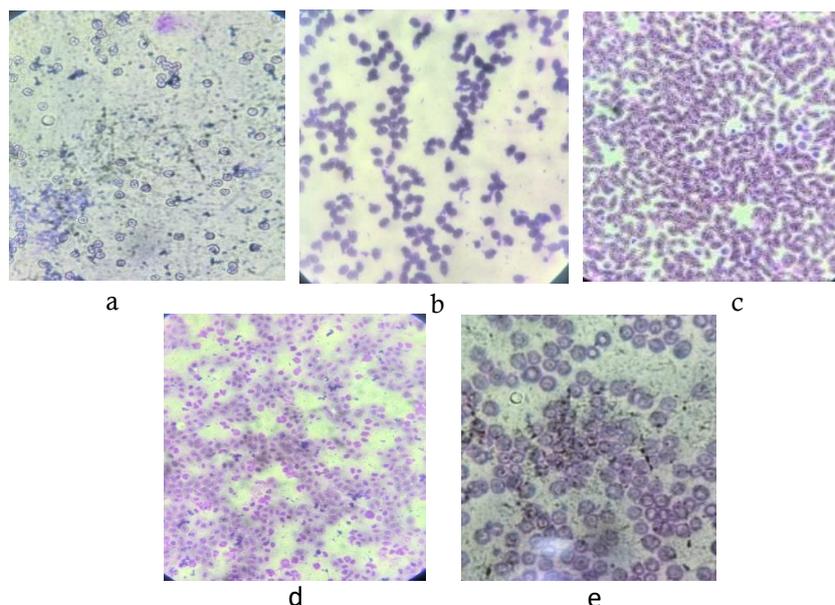
Pengamatan struktur eritrosit pada berbagai macam vertebrata dilakukan dengan membuat preparat apus darah menggunakan pewarna methanol Giemsa. Pengamatan struktur eritrosit dilakukan dengan menaruh preparat apus darah di bawah mikroskop dengan perbesaran mulai dari 40x10.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai perbandingan kadar jumlah hemoglobin dan jumlah eritrosit pada lima kelas vertebrata yang dilakukan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan hasil perbandingan kadar hemoglobin, jumlah, dan struktur eritrosit pada lima kelas vertebrata

Parameter	Pisces (<i>Clarias batrachus</i>)	Amphibi (<i>Bufo sp.</i>)	Reptil (<i>Varanus salvator</i>)	Aves (<i>Columba livia</i>)	Mamalia (<i>Mus musculus</i>)
Kadar Hemoglobin	3,8 g/dl	6,8 g/dl	10,4 g/dl	10,8 g/dl	8,2 g/dl
Jumlah Eritrosit	780.000/mm ³	320.000/mm ³	1.900.000/mm ³	3.270.000/mm ³	3.960.000/mm ³
Struktur Eritrosit	Berbentuk bulat, memiliki inti berukuran kecil dan sitoplasma besar	Berbentuk oval, dengan sitoplasma besar dan inti yang hampir sama dengan sitoplasmanya	Berbentuk oval, dengan inti yang lebih besar daripada sitoplasmanya	Berbentuk oval dengan inti yang lebih besar daripada sitoplasmanya	Berbentuk cakram bikonkaf dengan ukuran kecil dan tanpa nukleus



Gambar 1. Struktur eritrosit dari lima kelas vertebrata (40x10) dengan pewarna methanol giemsa. *Clarias batrachus* (a), *Bufo sp.* (b), *Varanus salvator* (c), *Columba livia* (d), dan *Mus musculus* (e).

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data perhitungan jumlah kadar eritrosit, kadar Hb, dan pengamatan struktur eritrosit pada kelima spesies kelas vertebrata (pisces, amphibi, reptil, aves, mamalia) menunjukkan hasil yang berbeda yang dipengaruhi oleh respon lingkungannya. Tabel 1 menunjukkan komparasi untuk perbandingan kadar eritrosit, hemoglobin, dan ukuran serta struktur eritrosit antar kelas vertebrata.

Kelas pisces merupakan kelompok ikan bertulang belakang (vertebrata) yang bersirip, bernafas dengan insang dan hidup di air. Jenis ikan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan lele. Pada hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa kadar hemoglobin pada ikan lele uji sebesar 3,8 g/dl dan jumlah eritrositnya sebesar 780.000/mm³. Hasil ini tidak sesuai dengan penelitian lain yang menyatakan bahwa jumlah eritrosit normal pada ikan lele berkisar pada angka 2-3 juta sel per mm³ dan kadar hemoglobin berkisar antara 9-13 g/dl (Hastuti & Subandiyono, 2015). Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi hasil sehingga jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada ikan lele uji berada di bawah rata-rata. Rendahnya eritrosit ini kemungkinan dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti asal tambak ikan didapatkan. Di mana kepadatan tebar yang tinggi di lokasi tambak ikan menyebabkan reaksi hematologis terhadap stress yang dapat meningkatkan kapasitas sel darah dalam membawa oksigen untuk menyediakan energi tubuh, yang berakibat pada berkurangnya jumlah eritrosit. Rendahnya nilai eritrosit ini juga dapat disebabkan oleh kurangnya asupan pakan. Kurangnya asupan pakan juga dapat berdampak pada kadar hemoglobin sehingga kadarnya di bawah normal. Selain itu, Penghitungan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada keadaan stress juga dapat memengaruhi hasil yang didapatkan. Keadaan fisiologis darah ikan sangat bervariasi tergantung pada situasi dan kondisi lingkungan seperti kelembaban, suhu dan pH (Safitri, 2013). Pengamatan selanjutnya adalah berkaitan dengan bentuk sel darah merah dari ikan lele (*Clarias* sp.), didapatkan hasil bahwa bentuk eritrosit pada ikan lele berbentuk bulat dan memiliki inti berukuran kecil serta sitoplasma yang besar. Hasil ini sama dengan pengamatan morfologi eritrosit yang dilakukan oleh Cerlina *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa bentuk eritrosit normal ikan lele adalah berbentuk oval sampai bundar, inti berukuran kecil, dan sitoplasma besar.

Pada kodok (*Bufo* sp.) yang mewakili kelas amphibi, didapatkan hasil bahwa kadar hemoglobin pada kodok (*Bufo* sp.) sebesar 5,8 g/dl. Abdo (2013) juga menyatakan bahwa kadar hemoglobin amphibi dapat meningkat apabila beradaptasi pada lingkungan yang dingin. Hal ini berbeda dengan kelas mamalia yang tidak terjadi hal demikian karena suhu tubuhnya yang relatif konstan. Selain itu kadar hemoglobin pada kelas amphibi berada di urutan kedua terendah sesuai dengan penelitian (Yap *et al.*, 2021) menyatakan urutan kadar hemoglobin dari yang paling rendah adalah pisces, amphibi, mamalia, reptil, dan terakhir pada aves dengan kadar Hb yang paling tinggi. Pada pengamatan jumlah eritrosit, diperoleh hasil sebesar 320.000 mm/³ yang merupakan hasil jumlah eritrosit paling rendah pada kelas vertebrata. Hasil ini juga sama dengan penelitian yang dilakukan Rousdy *et al.*, (2018). Sedangkan pada pengamatan struktur eritrosit dapat diketahui bahwa bentuk eritrosit pada amphibi berbentuk oval, dengan sitoplasma dan inti yang besar. Amphibi dikenal memiliki eritrosit terbesar dari kingdom hewan, yaitu pada spesies *Amphiuma tridactylum* tercatat memiliki ukuran eritrosit terbesar yaitu 70-40 μ m (Rousdy & Linda, 2018).

Eritrosit pada kodok juga merupakan sel darah terbesar yang ditemukan dalam pengamatan jika dibandingkan kelas vertebrata yang lain.

Pada kelas reptil, biawak (*Varanus salvator*) merupakan hewan yang darahnya diuji pada penelitian ini. Berdasarkan hasil pengamatan, didapatkan hasil bahwa kadar hemoglobin pada biawak adalah sebesar 10,4 g/dl. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Salakhij *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa kadar hemoglobin pada biawak setelah diuji menggunakan metode cyanmethemoglobin dengan penghilangan inti eritrosit bebas menggunakan sentrifugasi adalah 10,6 gr/dl. Kadar hemoglobin ini juga tercatat lebih tinggi dibandingkan golongan pisces dan amphibi. Hal ini karena hewan akuatik dan semi akuatik tinggal di lingkungan yang memiliki kandungan oksigen lebih rendah, yaitu air, dibandingkan dengan hewan terrestrial yang hidup di darat dan bersinggungan dengan medium udara secara langsung sehingga oksigen yang terikat oleh protein dan Hb lebih sedikit (Rousdy & Linda, 2018). Pada pengamatan jumlah eritrosit, didapatkan hasil bahwa jumlah eritrosit pada *Varanus salvator* adalah sebesar 1.900.000/mm³. Hal ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian jumlah eritrosit pada kelas reptil oleh Rousdy & Linda (2018) yang menyatakan bahwa jumlah eritrosit pada reptil adalah sebesar 1.628.000/mm³. Sedangkan berdasarkan pengamatan morfologi pada eritrosit biawak, dapat terlihat bahwa biawak memiliki struktur eritrosit berbentuk oval dengan inti yang lebih besar daripada sitoplasmanya. hal ini sesuai dengan pengamatan morfologi eritrosit normal pada biawak yang dilakukan oleh Nukarimah *et al.*, (2020), di mana terlihat dengan jelas bahwa eritrosit biawak berbentuk oval dengan inti berbentuk lonjong yang terletak di tengah sitoplasma. Pada biawak juga masih ditemui inti pada eritrositnya.

Sedangkan untuk kelas burung (aves), hewan yang digunakan adalah merpati (*Columba livia*). Dari hasil pengamatan, didapatkan bahwa kadar hemoglobin pada burung merpati adalah sebesar 10,8 g/dl. Hasil ini lumayan berbeda jauh dengan hasil yang didapatkan pada penelitian Sunarno (2016), yang menyatakan bahwa kadar hemoglobin pada burung merpati adalah sebesar 16,88 g/dl. Meskipun begitu, kadar hemoglobin yang didapatkan tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rousdy & Linda (2018), yang mendapatkan hasil bahwa kadar hemoglobin pada burung merpati sebesar 11,4 g/dl. Perbedaan hasil ini mungkin disebabkan oleh aktivitas dan makanan masing-masing individu burung merpati yang berbeda, diketahui bahwa semakin sering burung merpati tersebut melakukan aktivitas seperti terbang, serta dibarengi dengan asupan makanan yang baik, maka akan memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi dibandingkan burung merpati yang jarang beraktivitas (hanya di kandang) dan mendapatkan asupan makanan yang tidak seimbang sehingga menyebabkan anemia dan kadar hemoglobin menurun. Meskipun begitu, dibandingkan dengan kelas vertebrata sebelumnya, burung merpati ini memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi. Pada pengamatan jumlah eritrosit, didapatkan hasil bahwa jumlah eritrosit pada *Columba livia* adalah sebesar 3.270.000/mm³. Hal ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian dari Rousdy & Linda (2018) yang menyatakan bahwa jumlah eritrosit pada *Columba livia* adalah sebesar 2.686.000/mm³. Sedangkan pada pengamatan struktur eritrosit menggunakan teknik apusan darah, dapat terlihat bahwa eritrosit merpati berbentuk oval dengan inti yang lebih besar

dibandingkan sitoplasmanya. Hal ini telah sesuai dengan pendapat Scanes (2022) yang menyatakan bahwa struktur eritrosit unggas mengandung nukleus, mitokondria, dan berbagai organel lainnya.

Pengamatan kelas mamalia diwakili oleh mencit (*Mus musculus*). Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa jumlah kadar eritrosit mencit ialah sebesar $3.960.000 E/mm^3$. Hasil ini cukup berbeda jauh dengan pengamatan Rousdy, & Linda (2018) dimana rata-rata jumlah eritrosit *Mus musculus* sebesar $4.519.000 E/mm^3$. Meskipun begitu, jumlah ini merupakan jumlah eritrosit tertinggi dari antara eritrosit hewan vertebrata lainnya. Mamalia merupakan hewan endoterm dimana suhu tubuh tidak dipengaruhi suhu lingkungan, sehingga dapat menjaga suhu tubuh konstan. Sedangkan jumlah hemoglobin mamalia, didapatkan hasil sebesar 8,2 g/dl. Hasil ini lebih rendah kadar Hb pada pengamatan Sitasiwi dan Isdadiyanto (2017) dimana kadar Hb *Mus musculus* kontrol tanpa perlakuan yang didapatkan sebesar 14,26 g/dl. Sedangkan menurut Rousdy, & Linda (2018) rata-rata kadar hemoglobin *Mus musculus* sebesar 12,98 g/dl, sehingga hasil yang didapatkan ini termasuk tidak normal. Rendahnya kadar hb berkaitan dengan aktivitas dan tempat hidup hewan uji. Mencit yang digunakan beberapa hari sebelum perlakuan hanya berada di kandang sehingga meminimalisir aktivitas mencit tersebut. Rendahnya aktivitas dapat berpengaruh pada kurangnya respirasi sehingga berdampak pada rendahnya kadar Hb sebagai pengangkut oksigen. Struktur eritrosit mencit yang didapatkan dari preparat apusan darah nampak bahwa eritrosit berbentuk cakram bikonkaf dengan ukuran kecil dan tanpa nukleus. Ukuran eritrosit mamalia merupakan yang terkecil dibandingkan dengan eritrosit keempat hewan uji lainnya, Hal ini berkaitan dengan efisiensi pengangkutan oksigen dalam eritrosit serta adaptasi dari bentuk pembuluh kapiler darah mamalia yang hanya berukuran kurang dari 7,5 μ l. Selain itu eritrosit mamalia merupakan satu-satunya eritrosit yang tidak memiliki ini. Menurut Yap, K. N., & Zhang, Y. (2021) keadaan seperti ini adalah hal yang menguntungkan karena eritrosit dapat mengemas Hb lebih banyak dalam selnya dengan tujuan untuk mengoptimalkan pengikatan oksigen serta tidak adanya nukleus dan mitokondria dapat mengurangi ukuran eritrosit sehingga dapat masuk ke pembuluh kapiler.

Berdasarkan hasil tersebut dapat ditentukan bahwa jumlah eritrosit dari yang terendah sampai yang tertinggi secara berturut-turut terdapat pada kelas amphibi, pisces, reptile, aves, dan mamalia. Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Rousdy & Linda (2018). Hal ini dikarenakan hewan-hewan dari kelompok pisces, amphibi, dan reptile tergolong kedalam hewan ektoterm sebab suhu tubuh bervariasi terhadap suhu lingkungan. Sedangkan pada aves dan mamalia termasuk ke dalam hewan endoterm sehingga regulasi panas tubuhnya juga diatur oleh jumlah eritrosit yang digunakan oleh hewan endoterm untuk metabolisme dan regulasi panas tubuh. Sedangkan kadar hemoglobin dari yang terendah sampai yang tertinggi terdapat pada kelompok pisces, amphibi, reptile, mamalia, dan aves. Hal ini dikarenakan hewan akuatik dan semi akuatik cenderung memiliki kadar Hb lebih rendah dibandingkan hewan terrestrial disebabkan oleh kandungan oksigen dalam air lebih rendah dibandingkan medium udara sehingga oksigen yang terikat oleh protein Hb akan lebih sedikit (Rousdy & Linda, 2018). Sedangkan pada pengamatan struktur eritrosit terlihat bahwa hanya pada kelas mamalia saja yang tidak memiliki inti, sedangkan kelas vertebrata lain memiliki inti pada eritrositnya. Secara kasar juga dapat terlihat bahwa ukuran eritrosit kodok merupakan yang terbesar, sedangkan ukuran eritrosit mamalia adalah yang terkecil

dibandingkan kelas vertebrata lainnya. Bentuk eritrosit mamalia adalah yang paling efisien yaitu berbentuk cakram bikonkaf. Bentuk dan ukuran ini berkaitan dan berhubungan dengan efisiensi pengangkutan oksigen dalam eritrosit menuju ke jaringan terkecil. Ukuran eritrosit mamalia yang kecil bertujuan untuk dapat melewati kapiler darah mamalia yang berukuran kurang dari $7,5 \mu\text{m}$. Sedangkan kodok memiliki diameter berkisar antara $12,5\text{-}13,4 \mu\text{m}$. Sehingga ada hubungan antara ukuran dan struktur eritrosit terhadap kapiler darah masing-masing hewan vertebrata.

Secara fisiologis, ukuran eritrosit memengaruhi berapa banyak Hb yang terdapat di dalamnya. Hb terdapat di sitoplasma, sehingga semakin luas sitoplasmanya maka semakin luas pula daerah untuk menampung Hb. Pada mamalia dan aves, dibutuhkan Hb dalam jumlah banyak untuk menunjang respirasinya, didasarkan pula pada kebutuhan energi dari aktivitasnya. Oleh karena itu, eritrositnya berukuran kecil sehingga mudah diedarkan di dalam kapiler darah. Selain itu, eritrosit mamalia tidak memiliki inti, untuk memperluas daerah yang dapat ditempati oleh Hb, sehubungan dengan ukurannya yang kecil (paling kecil di antara kelas vertebrata yang lain), sedangkan pada kelas pisces, amfibi, dan reptil, oksigen yang dibutuhkan tidak sebanyak aves dan mamalia, didasarkan pada kebutuhan energinya. Namun, sel darah merah mereka memiliki ukuran yang besar, sehingga daerah untuk menampung Hb nya dapat disesuaikan meski jumlahnya tidak sebanyak eritrosit mamalia dan aves. Eritrosit amfibi memiliki ukuran yang terbesar. Dengan ukurannya, daerah yang dapat difungsikan untuk mengangkut Hb juga lebih besar, namun jumlah eritrositnya tidak begitu banyak.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, di mana hanya digunakan satu spesies untuk mewakili satu kelas vertebrata. Padahal jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin antar spesies dalam satu kelas tersebut bisa jadi berbeda. Sehingga data yang kami hasilkan hanya cocok untuk spesies-spesies tersebut, dan mungkin akan berbeda hasilnya dengan penelitian lain, jika spesies yang digunakan berbeda.

SIMPULAN

Dari hasil pengamatan pada kelima spesies hewan yaitu *Clarias batrachus*, *Bufo* sp., *Varanus salvator*, *Columba livia*, dan *Mus musculus* memiliki kadar eritrosit, kadar Hb dan struktur eritrosit yang berbeda-beda. Pada kelas pisces, kadar eritrositnya berjumlah $780.000/\text{mm}^3$ kadar Hb $3,8 \text{ g/dl}$. Pada kelas amphibi, kadar eritrosit sebesar $320.000/\text{mm}^3$ dengan kadar Hb sebanyak $6,8 \text{ g/dl}$. Pada kelas reptil, kadar eritrosit sebanyak $1.900.000/\text{mm}^3$ dan kadar Hb sebanyak $10,4 \text{ g/dl}$. Pada kelas aves kadar eritrosit berjumlah $3.270.000/\text{mm}^3$ dan kadar Hb sebesar $10,8 \text{ g/dl}$, sedangkan pada mamalia kadar eritrosit berjumlah $3.960.000/\text{mm}^3$ dan kadar Hb sebesar $8,2 \text{ g/dl}$. Adapun bentuk struktural dari eritrosit kelima hewan uji memiliki bentuk yang berbeda, pada pisces bentuk eritrosit cenderung bulat sedangkan amphibi, reptil dan aves eritrosit berbentuk oval dan eritrosit mamalia berbentuk cakram bikonkaf. Eritrosit kelompok pisces, amphibi, reptil, dan aves memiliki inti sedangkan mamalia tidak berinti. Ukuran terbesar eritrosit yaitu pada kelompok amphibi sedangkan eritrosit terkecil ada pada mamalia.

DAFTAR PUSTAKA

- Arviananta, R., Syuhada, S., & Aditya, A. (2020). Perbedaan Jumlah Eritrosit Antara Darah Segar dan Darah Simpan. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 12(2), 686–694. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v12i2.388azhari>
- Azhari, N., & Hidayaturrahmah. (2020). Profil Darah Ikan Gelodok (*Periophthalmodon schlosseri*) dan (*Boleophthalmus boddarti*) di Desa Kuala Tambangan Pelaihari, Kalimantan Selatan. *Jurnal Pharmascience*, 07(02), 176–186.
- Fajar, M. T. I. (2021). Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tingkah Laku Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *CERMIN: Jurnal Penelitian*, 5(1), 183–193.
- Firani, N. K. (2018). *Mengenal Sel-Sel Darah dan Kelainan Darah* (Tim UB Press (ed.); 1st ed.). UB Press.
- Hastuti, S & Subandiyono. (2015). KONDISI KESEHATAN IKAN LELE DUMBO (*Clarias gariepinus*, Burch) YANG DIPELIHARA DENGAN TEKNOLOGI BIOFLOC. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 10(2): 74-79.
- Lubis, T. M., Zuhrawati, Susanti, F., Rusli, Asmilia, N., & Muttaqien. (2016). Pengaruh Pemberian Ekstrak Teh Hijau (*Camelia sinensis*) Terhadap Penurunan Kadar Hemoglobin dan Nilai Hematokrit Pada Tikus Wistar. *Jurnal Medika Veterinaria*, 10(2), 141–143.
- Nukarimah, A. B., Mufasirin, Damayanti, R., Suwanti, Lucia tri, Setiawan, B., & Suprihati, E. (2020). Identifikasi Protozoa pada Darah dan Saluran Pencernaan Biawak Air (*Varanus salvator*). *Journal of Parasite Science*, 4(1), 31–36.
- Rousdy, D. W., & Linda, R. (2018). HEMATOLOGI PERBANDINGAN HEWAN VERTEBRATA: LELE (*Clarias batracus*), KATAK (*Rana sp.*), KADAL (*Eutropis multifasciata*), MERPATI (*Columba livia*) DAN MENCIT (*Mus musculus*). *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.26877/bioma.v7i1.2538>
- Safitri (2013). Kadar hemoglobin ikan lele (*Clarias batrachus*) yang diberi Pakan Cekaman Panas dan Pakan yang diSuplementasi ikan Tepung Daun Jaloh (*Salix tetrasperma* Roxb). *Jurnal Medika Veterinaria*. 7(39).
- Sayuti, A., Asmilia, N., Anugrah, R. A., Rahmi, E., Roslizawaty, R., & Hennivanda, H. (2022). Morfologi Sel Darah Merah Ular Sanca Kembang Lokal Sumatera. *Buletin Veteriner Udayana*, 158, 154. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2022.v14.i02.p12>
- Scanes, C. G. (2022). Blood. In *Sturkie's Avian Physiology* (Seventh Ed, pp. 293–326). ScienceDirect.
- Sitasiwi, A. J., & Isdadiyanto, S. (2017). Kadar Hemoglobin Dan Jumlah Eritrosit Mencit (*Mus musculus*) Jantan setelah Perlakuan dengan Ekstrak Etanol Daun Nimba (*Azadirachta indica*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2(2), 161-167. <https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.161-167>.
- Sonjaya, H. (2012). *Dasar Fisiologi Ternak* (D. M. Nastiti (ed.); 1st ed.). PT Penerbit IPB Press.
- Tutik, & Ningsih, S. (2019). Pemeriksaan Kesehatan Hemoglobin Di Posyandu Lanjut Usia (Lansia) Pekon Tulung Agung Puskesmas Gadingrejo Pringsewu. *Jurnal Pengabdian Farmasi Malahayati Vol.*, 2(1), 22–26.
- Wulandari, R. D. (2018). Kelainan pada Sintesis Hemoglobin: Thalassemia dan Epidemiologi Thalassemia. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma*, 5(2), 33. <https://doi.org/10.30742/jikw.v5i2.340>
- Yap, K. N., & Zhang, Y. (2021). Revisiting the Question of Nucleated Versus Enucleated Erythrocytes in Birds and Mammals. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 321(4), 547–557.