



Pengaruh Evolusi Terhadap Perkembangan Skapula, Sesamoid, Tengkorak, Serta Kemampuan Ekolokasi Chiroptera

Rahadatul Aisyi Fatrisya Amdarsyah¹ Rohim² Teges Lituhayu
Syakirah³ Muhimatul Umami⁴

^{1,2,3,4} Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

Jl. A.H.Nasution No.105

Email : rahadatulaisyiamdarsyah@gmail.com rohimpimawan003@gmail.com
tegeslituhayusyakirah08@gmail.com muhimahhimah17@gmail.com

Abstract. Bats belong to the order Chiroptera which is included in mammals, and which is also included in vertebrate animals that have the ability to fly. In addition, bats experience evolution, such as morphological evolution that occurs on the wings. Evolution is a change in an organism from simple to more complex. The characteristics of vertebrates are vertebrates and have symmetry, namely bilateral symmetry, and nothocord which comes from their ancestors, namely chordates. Bats are one of the most widespread mammals, although fossils of bats themselves are not widely found. Although bats are found in many other areas, molecular studies support the origin of bats from northern continents such as Asia, Europe or North America. To find out how bats can evolve and survive until now requires in-depth knowledge of theories that explain major events such as natural selection and competition by studying literature. The skull bones of bats can be distinguished based on their foods, and their echolocation abilities can also be classified into two suborders, namely Yinpterochiroptera and Yangochiroptera.

Keywords: Vertebrates, Chiroptera, Bats

Abstrak. Kelelawar yang berasal dari ordo Chiroptera yang termasuk ke dalam mamalia, dan yang termasuk juga kedalam hewan vertebrata yang memiliki kemampuan untuk terbang. Selain itu, kelelawar mengalami evolusi, seperti evolusi morfologi yang terjadi pada bagian sayapnya. Evolusi merupakan suatu perubahan suatu organisme dari yang sederhana berubah menjadi sesuatu yang lebih kompleks. Karakteristik vertebrata yaitu bertulang belakang serta memiliki simetri yaitu simetri bilateral, dan nothocord yang berasal dari nenek moyangnya yaitu chordata. Kelelawar merupakan salah satu mamalia yang tersebar luas, meskipun begitu fosil dari kelelawar sendiri tidak banyak ditemukan. Walaupun kelelawar banyak ditemukan di daerah lain, namun jika diteliti dari molekuler mendukung asal usul kelawar yang berasal dari benua utara seperti Asia, Eropa atau Amerika Utara. Untuk mengetahui bagaimana kelelawar dapat mengalami evolusi dan bertahan sampai saat ini diperlukan pengetahuan yang mendalam mengenai teori-teori yang menjelaskan peristiwa besar seperti seleksi alam dan juga kompetisi dengan cara studi literature. Tulang tengkorak pada kelelawar dapat dibedakan berdasarkan makanannya, dan juga kemampuan ekolokasinya dapat dikelompokkan kedalam dua sub ordo yaitu yincpterochiroptera dan yangochiroptera.

Kata kunci: Vertebrata, Chiroptera, Kelelawar

1. LATAR BELAKANG

Asal usul vertebrata merupakan salah satu yang paling diminati dalam hal sejarah evolusi. Ranah untuk mempelajarinya sangat luas termasuk hubungan antara hewan yang memiliki tulang belakang dan hewan yang tidak memilikinya. Perbedaan antara invertebrate dan vertebrata merupakan hal yang sangat dasar di ilmu biologi ini. Banyak metode untuk mempelajarinya diantaranya dengan belajar, meneliti, konferensi dan jurnal. Untuk lebih mudah memahami asal usul vertebrata, sangatlah penting untuk mempelajari filogenetiknya. Kerabat terdekat dari vertebrata adalah tunikata, yang termasuk kedalam kelas

cephalochordates. Keduanya termasuk kedalam filum *chordata* seperti *Echinodermata* dan *hemichordate* (*Ambulacraria*), dan mungkin cacing pipih *acoelomorph* dan *Xenoturbella* meliputi *deuterostome*. Vertebrata menurunkan simetri bilateral, system saraf yang terpusatkan dan faring yang berlubang dari nenek moyang *deuterostome*, otot yang bersegmen dan notochord yang berasal dari nenek moyang *chordata*. Serta organ perasa kranial dan juga empat lapis puncak saraf yang berasal dari nenek moyang *Olfactores*. Hal-hal tersebutlah yang menjadi inovasi terbesar, tetapi hal tersebut hanyalah kerangka dari evolusi dan perkembangan dan juga penemuan terbaru yang mendasari perbedaan vertebrata (Donoghue, 2014).

Kelelawar dikenal memiliki catatan fosil yang tidak terlalu banyak, disamping kelelawar menjadi spesies mamalia yang tersebar luar. Fosil kelelawar tertua ditemukan dari Africa, Australia, Eropa, Amerika Utara, Amerika Selatan, dan Pulau kecil di India. Penemuan fosil kelelawar ini biasanya yang paling banyak ditemukan menggambarkan bagian gigi dan rahang dari kelelawar itu sendiri, dan hanya beberapa spesies yang dikenal dari struktur kerangka yang lengkap. Fosil gigi kelelawar tertua berasal dari era Eocene awal. Serta kelelawar paling primitive yang ditemukan berdasarkan sisa kerangka yaitu *Onychonycteris finneyi*, yang berasal dari sedimen di era Eocene awal. Sedangkan untuk kelelawar tertua yang berasal dari Asia berasal dari era Eocene pertengahan di provinsi Jiangsu, Henan, and Shanxi di China. Meskipun distribusi atau persebaran kelelawar hamper banyak ditemukan pada awal Eocene, tetapi berdasarkan analisis molekuler mendukung asal usul kelelawar yang berasal dari benua utara seperti Asia, Eropa atau Amerika Utara sebagai anggota ordo super *Laurasiatheria*. Sebagai *Laurasiatheria* kelelawar masih berkerabat dengan ordo *Prissodactyla*, *Carnivora*, dan *Cetartiodactyla*. Namun, asal usul dari *Laurasia* masih belum diketahui secara pasti (Jones, 2021). Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh atau dampak dari evolusi terhadap kelelawar sebagai kunci kemampuan bertahan hidup sehingga tidak mengalami kepunahan.

2. KAJIAN TEORITIS

Kelelawar termasuk kedalam salah satu ordo yang terdapat pada kelas mamalia dan memiliki kelebihan berupa sayap untuk terbang dan berpindah-pindah. Kelelawar termasuk kedalam ordo *Chiroptera* yang dapat digolongkan kedalam 2 sub ordo lagi yaitu sub ordo *Megachiroptera* yang memiliki karakteristik suka memakan buah-buahan dan juga sub ordo *Microchiroptera* yang memiliki karakteristik suka memakan serangga. 20% kelelawar yang berasal dari sub ordo *Megachiroptera* dan lebih dari 50% kelelawar yang berasal dari sub ordo

Microchiroptera memiliki tempat untuk bertengger di dalam gua. Selain itu, kelelawar yang bertengger di dalam gua ini sangat bermanfaat sebagai kunci untuk pemasok energi bagi ekosistem serta organisme yang ada di dalam gua (Fajri, 2014).

Ordo *chiroptera* yang terdiri dari kelelawar-kelelawar memiliki presentase yang signifikan dalam populasi mamalia yang masih ada dan tidak punah. Hal tersebut menunjukkan keberhasilan mereka dari aspek evolusi dari sifat mereka yang unik, serta memiliki sayap yang kuat. Kunci dari adaptasi ini adalah evolusi morfologi dari sayap kelelawar, sayap kelelawar termasuk yang termodifikasi dengan sangat baik dari struktur anggota badan tetrapoda. Beberapa perubahan morfologi dibutuhkan untuk memperoleh sayap kelelawar dari nenek moyangnya, termasuk meningkatkan membrane area permukaan diantara tungkai depan dan tungkai samping, mengurangi ketebalan dari tulang kortikal untuk menurunkan berat tubuh dan tekanan torso, meningkatkan kekuatan dan massa dari anterior otot pada tungkai depan dan memaksimalkan persarafan untuk mengontrol penerbangan yang lebih kuat dan bertenaga. Sebagai tambahan kemampuan dari sayap kelelawar untuk menyediakan daya angkat yang cukup untuk terbang membutuhkan pemanjangan dari kerangka-kerangka yang berhubungan dengan tungkai depan nenek moyang (Cooper, 2008).

Berdasarkan analisis morfologi, perbedaan yang signifikan terdapat pada panjang kerangka tungkai depan, pada kelelawar memiliki ukuran yang relative mirip dengan tikus dan dapat dikaitkan dengan pemanjangan elemen kerangka yang lebih besar. Cretekos, dkk (2008) telah meneliti kandidat yang mendekati untuk menginvestigasi peranan dari Prx1 dalam pemanjangan dari tungkai depan dari spesies *Carollia perspicillata*. Prx1 mengkode factor terjadinya transkripsi. Pada tikus telah diaplikasikan sebagai regulator kunci dari pemanjangan tulang pada saat pertumbuhan tungkai depan. Dengan metode hibridasi yang memadukan Mrna endogenus dari kelelawar dan tikus. Dapat disimpulkan bahwa Prx1 di regulasikan di tulang rawan dan perichondrium dari tungkai distal pada kelelawar, mengindikasikan bahwa modifikasi pada regulasi gen ini mungkin dapat dikontribusikan untuk spesialisasi morfologi dari tungkai depan pada kelelawar (Cooper, 2008).

3. METODE PENELITIAN

Pada penyusunan jurnal ini adalah secara deskriptif dengan mendeskripsikan bagaimana evolusi dapat mempengaruhi kelelawar baik secara morfologi ataupun secara fisiologi. Studi literatur digunakan dalam penulisan ini dengan sumber jurnal yang terpercaya dari beberapa web yang menyediakan jurnal-jurnal yang relevan dengan topik evolusi kelelawar ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tulang Sesamoid Pada Kelelawar

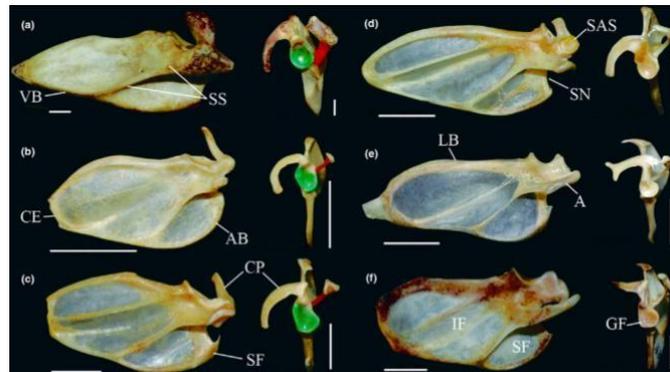
Pengaruh Evolusi pada Morfologi Kelelawar Sayap kelelawar lebih kompleks dibandingkan dengan burung hal ini ditandai dengan klavikula yang melewati bagian dorsal. Bahu pada kelewar memiliki otot yang memungkinkan kelewar untuk bergerak lebih bebas. Sendi siku dan pergelangan tangan pada kelelawar membuatnya dapat memperluas sayap pada saat terbang, total sendi yang dimiliki oleh kelelawar adalah 25 yang membantu kelelawar dalam melakukan proses terbang dan meningkatkan kemampuan bergerak sebesar 34 derajat. Kelelawar memiliki satu bagian yang menguntungkan dalam mengurangi berat di ujung sayap, bagian tersebut adalah sesamoid. Sesamoid merupakan bagian dalam jaringan lunak dan tersusun atas fibrokartilago. Adapun fungsi dari sesamoid yaitu; perlindungan tendon saat melewati proses tulang, meningkatkan luas permukaan untuk perlekatan otot pada sendi, menarik tendon untuk melakukan gaya pada saat terbang . Evolusi terbang pada kelelawar dimulai dari patagium dari tungkai depan ke tungkai belakang yang dilanjut oleh perkembangan dalam mengepak dan dactylopatagium. Kemampuan terbang pada kelelawar dipengaruhi tegangan pada otot yang mengakibatkan perkembangan otot dada sehingga Gerakan dalam mengepak sayap terbentuk (Anderson&Ruxton, 2020).

Tulang sesamoid pada kelelawar ditemukan pada beberapa fosil kelelawar dan tulang sesamoid berasal dari dalam tendon sebagai respon terhadap tekanan pada sendi dan tulang sesamoid berasal dari proses tulang yang terpisah dari tulang utama. Ditemukan 44 tulang sesamoid kelelawar diantaranya 23 di tungkai depan terikat dengan sendi bahu, 21 tulang sesamoid di tungkai belakang yang terikat dengan sendi pinggul. Beberapa peneliti mengemukakan bahwa tulang sesamoid mengalami evolusi dibarengi dengan kemampuan ekolokasi dari kelelawar itu sendiri (Amador dkk, 2018).

Skapula Pada Kelelawar

Kelelawar terbagi menjadi dua sub ordo yaitu Yinpterochiroptera (Megachiroptera) dan Yangochiroptera (Microchiroptera). Setiap ordo ini memiliki ukuran dan bentuk sayap maupun skapula hal ini dilihat dari jenis makanan, cara makan, dan bagaimana ruang tempat mereka bergerak. Pada Famili Pteropodidae dan Rhinopomatidae memiliki rongga glenoid berbentuk bulat yang terlihat pada permukaan skapula. Pada Famili Vespertilionoidea, Rhinolophidae, Craseonycteridae, dan Phyllostomidae memiliki tambahan articular di sisi punggung skapula yang berbentuk seperti buah pir. Hal ini membuktikan bahwa morfologi skapula dipengaruhi oleh adaptasi serta bagaimana kelelawar tersebut dalam mencari makan . famili yang dapat terbang secara cepat memiliki skapula yang lebar dan persegi dengan ekor

yang lebar sedangkan spesies yang memiliki kemampuan terbang yang lambat dicirikan dengan skapula yang memiliki bentuk ramping dan tepi ekor yang lebih sempit dari famili yang memiliki kemampuan terbang cepat (Gaudioso dkk,2019).

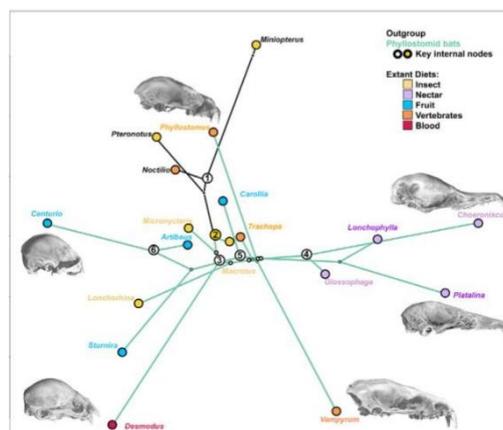


Gambar 1. Dorsal and anterior views of the scapulae

Sumber: Gaudioso, P. J., Martínez, J. J., Barquez, R. M., & Díaz, M. M. (2020). Evolution of scapula shape in several families of bats (Chiroptera, Mammalia). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 58(4), 1374-1394

Perkembangan Tengkorak Pada Beberapa Genus Kelelawar

Pembentukan tengkorak pada kelelawar memiliki hubungan yang erat dengan seberapa besar gigitan atau kemampuan dalam menghilangkan tekanan mekanis. Evolusi tengkorak kelelawar terjadi karena adanya peramorfosis yang meluas yang ditandai dengan ontogenik selama evolusi nya. Tengkorak kelelawar filostomid dicirikan dengan hidung (moncong) nya . diketahui bahwa kelelawar vampir memiliki gigi seri, otak, dan mata yang relative besar sedangkan kelelawar nectar memiliki proporsi wajah dan lidah yang panjang. Bentuk tengkorak kelelawar terjadi pada fase embrio nya yang mengalami fase skeletogenesis (Camacho dkk, 2019).



Gambar 2. Pohon filogenik berdasarkan bentuk tengkorak

Pohon filogenik diatas memperlihatkan bentuk dari rahang pada beberapa spesies kelelawar. Terlihat kelelawar vampyrum memiliki bentuk rahang yang kecil namun memiliki gigi tajam dan rahang yang kuat sedangkan pada kelelawar Phyllostomus yang merupakan kelelawar pemakan daging seperti Vampyrum memiliki rahang yang lebih besar serta rahang dan gigi yang kuat. Sama halnya dengan vampyrum dan Phyllostomus kelelawar Trachops merupakan kelelawar pemakan daging yang memiliki bentuk rahang yang menyerupai Phyllostomus namun untuk kekuatan gigi serta rahang nya lebih dekat dengan Vampyrum. Selanjutnya adalah kelelawar Lonchophylla memiliki kekerabatan yang dekat dengan bentuk rahang dari kelelawar Choeroneiscus karena sama-sama pemakan nektar. Kelelawar pemakan nektar ditandai dengan bentuk rahang yang Panjang dan sedikit lebar namun pada kelelawar Platalina yang sama-sama pemakan nektar memiliki bentuk rahang yang Panjang namun ramping yang membantunya dalam mengambil nektar pada bunga sedangkan pada kelelawar Choeroneiscus memiliki rahang yang lebih lebar dan Panjang serta gigi yang cukup tajam yang membantunya dalam memakan nektar buah dan bunga. Pada kelelawar Glossophaga memiliki bentuk rahang yang mirip dengan kelelawar Lonchophylla hal ini terjadi karena keduanya memiliki adaptasi yang sama dalam pengambilan makanan.

Kelelawar pemakan buah diantaranya yaitu Artibeus, Centurio, Carollia, dan Sturnia. Pada pohon filogenik bentuk tengkorak memperlihatkan pada kelelawar Centurio memiliki tengkorak yang lebar, gigi yang besar dan rata yang memudahkan dalam memecah buah serta menghisap cairan pada buah. Kelelawar strunia memiliki rahang yang lebih dekat dengan bentuk rahang pada genus Desmodus yang merupakan kelelawar dengan bentuk tengkorak yang besar serta gigi taring yang tajam memiliki tengkorak yang pendek. Sedangkan kelelawar Artibeus memiliki tengkorak yang sama dengan centurio yakni tengkorak yang lebar dan gigi yang lebar. Sedangkan kelelawar Carollia memiliki struktur tengkorak yang kecil serta gigi yang datar yang membantu dalam proses mengunyah buah.

Kelelawar pemakan serangga terdiri dari genus Pteronotus, Miniopterus, Macrotus, Micronycteris, dan Lonchorhina. Pada genus kelelawar Pteronotus mendekati bentuk tengkorak seperti pada genus Phyllostomus yang memiliki tengkorak yang besar, lebar dan gigi taring yang tajam. Sedangkan pada genus Miniopterus memiliki tengkorak yang lebih kecil namun lebih panjang dari genus Phyllostomus serta memiliki gigi yang lebih kecil. Macrotus memiliki tengkorak yang lebih kecil dan ramping serta hidung yang agak menonjol serta gigi yang relative kecil dengan gigi taring yang lebih sederhana. Bentuk tengkorak pada genus

Micronycteris dan Lonchorhina berukuran yang relative kecil serta ringan dan agak memanjang terutama pada bagian moncongnya (Camacho dkk, 2019)

Distribusi *Chiroptera* (*Megachiroptera* dan *Mikrochiroptera*) Serta Fisiologi *Chiroptera* Berdasarkan Ekolokasi.

Kelelawar adalah mamalia yang memiliki kemampuan untuk terbang aktif dan orientasinya berdasarkan ekolokasi. Berdasarkan distribusinya kelelawar (*Chiroptera*) sangat tersebar luas hampir di seluruh dunia, kecuali wilayah kutub dan beberapa pulau terpencil. Menurut karakteristik lingkungan yang sesuai dengan adaptasi mereka, dua subordo utama, *Megachiroptera* dan *Microchiroptera*, menunjukkan pola distribusi yang berbeda. *Megachiroptera* (kelelawar besar), seperti kelelawar buah (*Pteropus*), cenderung ditemukan di daerah tropis dan subtropis, terutama di Asia, Afrika, dan Oseania. Habitat mereka adalah hutan hujan, mangrove, dan perkebunan, di mana mereka mendapatkan sumber makanan utama dari buah-buahan dan nektar hutan yang heterogen. Hutan heterogen ini memiliki pohon-pohon berukuran besar sebagai tempat beristirahat (Dewahrani dkk., 2021). *Megachiroptera* lebih bergantung pada penciuman dan penglihatan tajam daripada ekolokasi, jadi mereka memilih tempat dengan banyak makanan dan cuaca hangat untuk mendukung aktivitas harian mereka.

Sedangkan, Suborder *Microchiroptera* (kelelawar kecil) memiliki distribusi yang lebih luas, mencakup daerah tropis hingga beriklim sedang. Mereka sering ditemukan di gua dan pemukiman penduduk, bertengger di permukaan gua atau di celah bambu karena kemampuan mereka untuk ekolokasi yang canggih, yang memungkinkan mereka mencari mangsa di lingkungan gelap atau terbatas (Dewahrani dkk., 2021). Beberapa spesies *Microchiroptera* dapat melakukan torpor atau hibernasi untuk menghemat energi selama musim dingin, karena *Microchiroptera* dapat bertahan di tempat dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan *Megachiroptera*. Dibandingkan dengan subordo *Megachiroptera*, mereka lebih beragam karena perilaku makan dan adaptasi fisiologis mereka.

Perbedaan fisiologis yang mencolok antara subordo *Megachiroptera* dan *Microchiroptera* terlihat jelas dalam penggunaan ekolokasi. Kemampuan ekolokasi yang canggih dari *Mikrochiroptera* memungkinkan mereka untuk memancarkan gelombang suara ultrasonik dan mendeteksi pantulan dari objek di sekitarnya, yang sangat berguna untuk berburu serangga di lingkungan gelap seperti gua atau pada malam hari. Ekolokasi suatu Proses di mana energi bunyi dihasilkan untuk melokalisasi dan membedakan objek di lingkungan melalui pengembalian gema (Lumut dkk., 2023). Ekolokasi laring (salah satu bentuk sonar) digunakan oleh *Mikrochiroptera* untuk memandu diri mereka sendiri dan menemukan mangsa (Peixoto dkk., 2018). Bahkan di habitat tanpa cahaya sekalipun, fitur ini memberi mereka

kemampuan navigasi dan pencarian mangsa yang luar biasa. Salah satu spesies yang dapat melakukan ekolokasi adalah *Rhinolophus affinis* (kelelawar tapal kuda), yang dapat mengeluarkan ekolokasinya melalui hidung (Mark, 2009: 391; Sari, 2016). Berikut klasifikasi lengkapnya:

Kingdom : Animalia
Phylum : Chordata
Class : Mammalia
Order : Chiroptera
Family : Rhinolophidae
Genus : *Rhinolophus*
Species : *Rhinolophus affinis*

Sebaliknya, pada sebagian besar spesies *Megachiroptera* seperti kelelawar buah, tidak memiliki ekolokasi. Mereka lebih bergantung pada penciuman dan penglihatan yang tajam untuk menemukan buah-buahan dan nektar. Karena ekolokasi laring dan pendengaran frekuensi tinggi tidak ditemukan pada kelelawar buah (*Pteropodidae*) (Simmons, 1998; Fenton dkk., 2003; Peixoto dkk., 2018). Mata *Megachiroptera* berkembang dengan baik, memungkinkan mereka melihat dengan jelas bahkan di malam hari, meskipun lebih terbatas dibandingkan dengan kemampuan ekolokasi. Kecuali pada kelelawar genus *Rousettus*, kelelawar-kelelawar ini telah mengembangkan sistem ekolokasi sederhana berbasis klik lidah (Sari, 2016). Salah satu spesies dari *Megachiroptera* adalah *Pteropus vampyrus* (Kalong), merupakan Kalong besar yang memiliki ukuran tubuh jauh lebih besar dibandingkan kebanyakan kelelawar. Dengan tubuh berwarna coklat keabu-abuan, wajahnya menyerupai anjing, mata relatif besar, telinganya kecil, serta kelelawar ini tidak mempunyai ekor (Manek dkk., 2020). Berikut klasifikasi jenis kelelawar *Pteropus vampyrus* Linn (Andersen, 1912; Manek dkk., 2020)

Kingdom : Animalia
Phylum : Chordata
Class : Mammalia
Order : Chiroptera
Sub Ordo : Megachiroptera
Family : Pteropodidae
Genus : *Pteropus*
Species : *Pteropus vampyrus*

Perbedaan dari keduanya mencerminkan strategi ekologis yang disesuaikan dengan kebutuhan makanan masing-masing subordo, di mana *Microchiroptera* lebih cocok untuk

berburu serangga kecil di malam hari, sementara *Megachiroptera* berfokus pada sumber makanan yang mudah diidentifikasi dengan pancaindra lain.

5. KESIMPULAN

Evolusi telah memengaruhi morfologi kelelawar secara signifikan, terutama pada sayap, tulang sesamoid, skapula, dan tengkorak, yang beradaptasi dengan gaya hidup dan kebiasaan makan mereka. Sayap kelelawar lebih kompleks dari burung dengan 25 sendi dan sesamoid yang berfungsi melindungi tendon dan meningkatkan efisiensi terbang. Tulang sesamoid, yang berevolusi seiring ekolokasi, ditemukan di tungkai depan dan belakang. Bentuk skapula bervariasi antar famili, mencerminkan kemampuan terbang dan habitat. Tengkorak kelelawar juga beradaptasi dengan jenis makanan, misalnya kelelawar vampir dengan gigi seri besar untuk mengiris daging dan kelelawar nektar dengan moncong dan lidah panjang. Perbedaan ini juga terlihat pada dua subordo, *Megachiroptera* dan *Microchiroptera*, dimana *Microchiroptera* umumnya menggunakan ekolokasi laring untuk berburu serangga di malam hari, sedangkan *Megachiroptera* lebih mengandalkan penglihatan dan penciuman untuk mencari buah dan nektar, dengan pengecualian genus *Rousettus* yang menggunakan ekolokasi sederhana berbasis klik lidah. Perbedaan-perbedaan ini mencerminkan adaptasi evolusioner terhadap strategi ekologis dan kebutuhan makanan masing-masing kelompok.

6. DAFTAR REFERENSI

- Amador, L. I., Giannini, N. P., Simmons, N. B., & Abdala, V. (2018). Morphology and evolution of sesamoid elements in bats (Mammalia: Chiroptera). *American Museum Novitates*, 2018(3905), 1-40. <http://dx.doi.org/10.1206/3905.1>
- Anderson, S. C., & Ruxton, G. D. (2020). The evolution of flight in bats: A novel hypothesis. *Mammal Review*, 50(4), 426-439. <https://doi.org/10.1111/mam.12211>
- Camacho, J., Heyde, A., Bhullar, B. A. S., Haelewaters, D., Simmons, N. B., & Abzhanov, A. (2019). Peramorphosis, an evolutionary developmental mechanism in neotropical bat skull diversity. *Developmental Dynamics*, 248(11), 1129-1143. <http://dx.doi.org/10.1002/dvdy.90>
- Cooper, K. L., & Tabin, C. J. (2008). Understanding of bat wing evolution takes flight. *Genes & Development*, 22(2), 121-124. <https://doi.org/10.1101/gad.1639108>
- Desy Novita Sari, D. N. (2016). The study of compared on noseleaf anatomical structure of bats *Rhinolophus affinis* and *Hipposideros ater*. *Jurnal Biologi*, 5(6). <http://eprints.uny.ac.id/id/eprint/45209>

- Dewahrani, Y. R., Fitria, A., Nurrismawati, A., Haiqal, M. R. N., Aulianisa, T., Aini, Q., & Suryanda, A. (2021). Morfometri dan deskripsi habitat bertengger Microchiroptera di Pusat Pendidikan dan Konservasi Alam Bodogol. *Proceeding of Biology Education*, 4(1), 160-170. <https://doi.org/10.21009/pbe.4-1.14>
- Donoghue, P. C., & Keating, J. N. (2014). Early vertebrate evolution. *Palaeontology*, 57(5), 879-893. <http://dx.doi.org/10.1111/pala.12125>
- Fajri, S. R., Al Idrus, A., & Hadiprayitno, G. (2014). Kekayaan spesies kelelawar ordo Chiroptera di Gua Wilayah Selatan Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 7(2), 5-9. <http://dx.doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v7i2.2926>
- Gaudioso, P. J., Martínez, J. J., Barquez, R. M., & Díaz, M. M. (2020). Evolution of scapula shape in several families of bats (Chiroptera, Mammalia). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 58(4), 1374-1394. <https://doi.org/10.1111/jzs.12383>
- Jones, M. F., Li, Q., Ni, X., & Beard, K. C. (2021). The earliest Asian bats (Mammalia: Chiroptera) address major gaps in bat evolution. *Biology Letters*, 17(6), 20210185. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0185>
- Lumut, C. F., Sara Torres Ortiz, S. T., & Wahlberg, M. (2023). Perilaku ekolokasi adaptif kelelawar dan paus bergigi dalam lanskap suara dinamis. *Jurnal Biol Eksp*, 226(9). <https://doi.org/10.1242/jeb.245450>
- Manek, Y., Elu, A., Hendrik, A. Ch., Blegur, W. A., Bullu, N. I. (2020). Identifikasi jenis-jenis dan karakteristik morfometrik kelelawar di Gua Fatubaun Desa Manufui Kecamatan Santian Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 3(2), 42-46. <https://doi.org/10.32938/slk.v3i2.1221>
- Peixoto, F. P., Braga, P. H. P., & Mendes, P. (2018). A synthesis of ecological and evolutionary determinants of bat diversity across spatial scales. *BMC Ecology*, 18, 180. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0174-z>