

Original article

Komparasi Karakteristik Anatomi Skelet Ekstremitas Kaki Depan Komodo (*Varanus komodoensis*) dengan Biawak Air (*Varanus salvator*)

The Comparison of Skeletal Anatomy of the Front Leg Extremity of the Komodo Dragon (*Varanus komodoensis*) and Asiatic Water Monitor (*Varanus salvator*)

Muhammad Fakhrian Akbar¹, Nurhidayat^{1*}, Joko Pamungkas², Savitri Novelina¹, Chairun Nisa¹, Supratikno¹, Heru Setijanto¹, Srihadi Agungpriyono¹, Danang Dwi Cahyadi¹

¹Divisi Anatomi Histologi dan Embriologi, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis Institut Pertanian Bogor

²Divisi Mikrobiologi Medik, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis Institut Pertanian Bogor

*Corresponding author: nhidayat@apps.ipb.ac.id

Diterima: 01-12-22 | Disetujui: 12-01-23 | Terbit Online: 10-03-23

Cara mensitasi artikel ini: Akbar, M.F., Nurhidayat, Pamungkas, J., Novelina, S., Nisa, C., Supratikno, Setijanto, H., Agungpriyono, S. & Cahyadi, D.D. (2023). Komparasi karakteristik anatomi skelet ekstremitas kaki depan Komodo (*Varanus komodoensis*) dengan biawak air (*Varanus salvator*). *Jurnal Veteriner dan Biomedis*, 1(1), 15-22. doi: [www.doi.org/10.29244/jvetbiomed.1.1.15-22](https://doi.org/10.29244/jvetbiomed.1.1.15-22).

Abstrak

Komodo dan biawak air merupakan hewan yang memiliki kekerabatan yang dekat namun memiliki peran ekologi yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati komparasi anatomi ekstremitas kaki depan komodo (*Varanus komodoensis*) dan biawak air (*Varanus salvator*) serta hubungan dengan perilaku alamiahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *os scapula* dan *os coracoidea* pada komodo menyatu menjadi *os coracoscapula*, sedangkan pada biawak air terpisah oleh *syndesmosis*. Pada komodo, terdapat *crista deltoidea* yang diduga berhubungan dengan perilaku menggali liang komodo yang lebih besar dibandingkan liang biawak air. Komodo memiliki dua buah *crista pectoralis* sedangkan biawak air hanya memiliki satu buah *crista pectoralis*. Perbedaan ini diduga berhubungan dengan sifat arboreal pada komodo muda yang tidak ditemukan pada biawak air. Komodo memiliki *olecranon* yang berkembang, sedangkan biawak air memiliki *olecranon* yang relatif kecil. Pada *ossa carpi* komodo, terdapat dua buah *os pisiforme* sedangkan biawak air hanya memiliki satu buah *os pisiforme*. Perbedaan ini diduga untuk meningkatkan fleksibilitas pergelangan kaki depan komodo saat berburu sedangkan biawak air tidak terlalu membutuhkan perilaku berlari untuk mengejar mangsanya.

Kata kunci: biawak air, komodo, komparasi skelet ekstremitas, perilaku.

Abstract

Komodo dragons (*Varanus komodoensis*) and Asiatic water monitors (*Varanus salvator*) are closely related animals but have different ecological roles. The aim of this study is to compare the skeletal anatomy of the extremities of the komodo and the water monitor and its behaviour. The results of the study shows that the komodo's scapula and coracoidea bone are fused becoming coracoscapula bone, while water monitors has it's scapula and coracoidea bone divided by a syndesmosis. The presence of a crista deltoidea on komodos is presumed to be connected to its burrowing behaviour which is bigger than water monitors. Komodos have two cristae pectorales while water monitors only have one. This is presumed to be connected to the juvenile komodo's arboreal nature which is absent in water monitors. Komodos have more developed olecranon than the water monitors. This difference is presumed to be connected to its open pursuit hunting method. Komodo's carpal bones have two os pisiforme while water monitors only have one. This difference is presumed to increase wrist flexibility of the komodo during hunting while it's not necessary for water monitors.

Keywords: asiatic water monitor, behaviour, comparison of extremities skeleton, komodo dragon.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

1. Pendahuluan

Varanus merupakan suatu genus hewan yang disebut biawak. Biawak memiliki variasi habitat yang beragam, meliputi gurun, pantai, padang rumput, hutan tropis, sungai, dan danau. Biawak yang umum ditemukan di Indonesia ada empat spesies, yaitu biawak air atau *Asiatic water monitor* (*Varanus salvator*), komodo (*Varanus komodoensis*), biawak mangrove (*Varanus indicus*), dan *Varanus auffenbergi* [1].

Komodo dan biawak air merupakan kerabat dekat dengan genus yang sama yaitu *Varanus*, tetapi peranan kedua hewan ini berbeda di dalam ekosistem. Komodo merupakan predator tingkat tinggi atau *apex predator* dengan tiga spesies ungulata yang menjadi mangsa utamanya yakni rusa jawa (*Cervus timorensis*), babi liar (*Sus scrofa*), serta kerbau air (*Bubalus bubalis*), dan burung terutama *Megapodius freycinet* [2]. Biawak merupakan hewan *scavenger* atau pemburu oportunistik dengan variasi makanan yang beragam dari hewan hidup hingga sampah sisa-sisa manusia. Biawak air memiliki variasi mangsa yang beragam seperti serangga, krustasea, ikan, hingga rusa, tergantung ukuran dari biawak tersebut [3]. Dalam aktivitas berburu, biawak air dan komodo memiliki pola perilaku yang mirip. Beberapa strategi berburu yang kerap dilakukan komodo dan biawak air diantaranya adalah *open pursuit*, *ambush*, dan *stalking*. Biawak air dapat berburu mangsanya dengan berenang. Beberapa biawak tampak membawa ikan berukuran besar saat keluar dari air [4].

Komodo merupakan hewan terestrial dengan habitat berupa padang rumput savana dan hutan musiman. Secara ontogeni, komodo muda bersifat arboreal akan berubah menjadi terestrial seiring bertambahnya umur dan ukuran tubuh [5]. Dengan demikian, komodo muda menggunakan kakinya untuk memanjat pohon, dan berjalan di daratan sewaktu dewasa. Biawak air bersifat semi-akuatik dengan habitat di tepi sungai. Biawak air merupakan perenang yang tangguh dan dapat berenang jarak jauh tanpa tampak kelelahan. Keputusan Presiden No. 4 tahun 1992 menetapkan komodo sebagai satwa nasional Indonesia. Biawak air memiliki status konservasi “least concern” yakni populasi biawak air di alam stabil dan jauh dari risiko kepunahan. Biawak air sering dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan seperti kulitnya sebagai bahan baku kerajinan serta dagingnya sebagai sumber

pangan [6]. Penelitian bertujuan mempelajari karakteristik anatomi komparasi skelet kaki depan dari biawak air dan komodo yang dikaitkan dengan serta fungsi sistem lokomosi dan perilaku yang berhubungan dengan aktivitas kaki depan dari kedua hewan ini.

2. Materi dan Metode

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sepasang preparat skelet kaki depan dan satu set preparat kaki belakang komodo dewasa yang memiliki panjang tubuh $\pm 2,0$ m. Kadaver diperoleh dari Divisi Patologi, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis IPB. Biawak air dewasa yang memiliki panjang tubuh 1,8 m, berasal dari Waduk Jatigede, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Pengamatan perilaku menggunakan video yang tersedia dalam link *Komodo Dragon Walking* <https://www.youtube.com/watch?v=EAAxKAd26A>, *Water Monitor Thinks His a Dog* <https://www.youtube.com/watch?v=qy0FUuNIg0>, *Perhentian Swimming Pool Monitor Lizard HUGE* https://www.youtube.com/watch?v=_MZFRSKUqxA, *Komodo Digging The ground* <https://www.youtube.com/watch?v=Epotglo9oiA>. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah scalpel, sabun, gunting pedicure, penyerap kelembaban, toples, penggaris, alat tulis, pita ukur, dan kamera Canon EOS 700D.

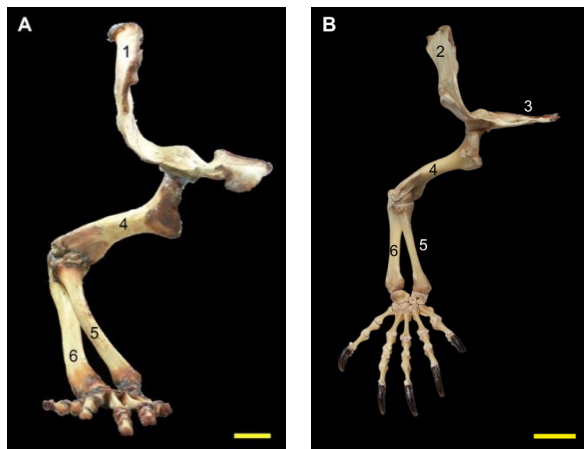
Penelitian dilakukan dengan mempreparir skelet ekstremitas komodo dan biawak air yang tersedia berupa sepasang kaki depan. Jaringan ikat dan tendo yang masih melekat dipreparir dan membersihkan tulang dengan merendamnya dalam air sabun serta menyimpannya dalam kontainer kering. Tulang dipisahkan satu sama lain dan diletakkan dalam wadah berlabel yang menunjukkan nomor digit. Tulang yang telah diproses kemudian diamati dan didokumentasi menggunakan kamera Canon EOS 700D, kemudian dianalisis korelasi struktur tersebut terhadap perilaku dan sifat lokomosi. Hubungan fungsi lokomosi dilakukan dengan pengamatan video untuk mengamati cara berjalan, berenang, dan menggali.

3. Hasil

3.1. Struktur Skelet Kaki Depan

Komodo dan biawak air memiliki struktur skelet kaki yang kokoh. Skelet kaki depan tersusun atas *os scapula*, *os humerus*, *os radius*, *os ulna*, *ossa*

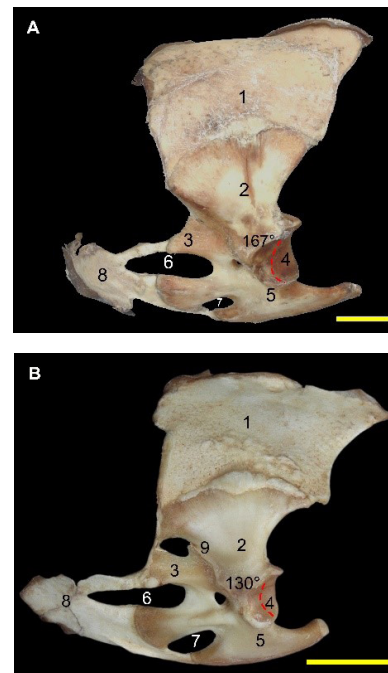
carpi, *ossa metacarpi*, serta *ossa phalanges manus* (Gambar 1).



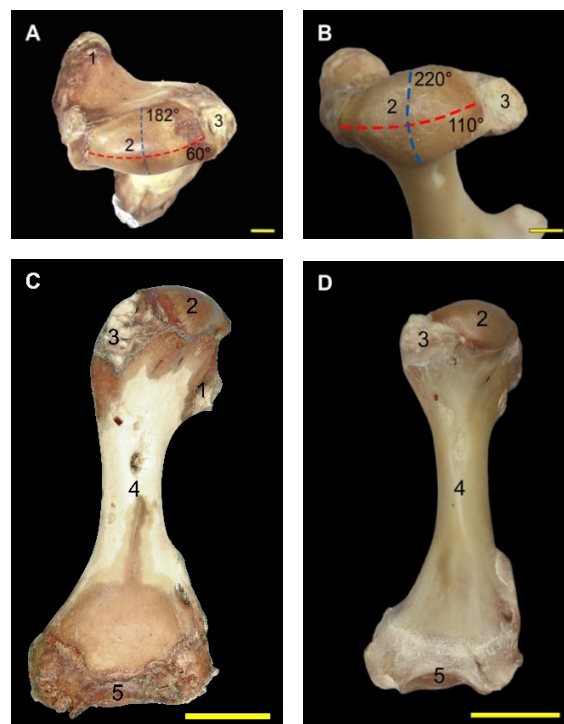
Gambar 1. Skeleton kaki depan. A. Komodo; B. Biawak air; 1. *Os coracoscapula*; 2. *Os scapula*; 3. *Os coracoideus*; 4. *Os humerus*; 5. *Os radius*; 6. *Os ulna* (Bar = 3 cm).

Pada komodo, tulang gelang bahu berupa persatuan antara *os scapula* dengan *os coracoideus* yang membentuk *os coracoscapula*, sedangkan pada biawak air *os scapula* dan *os coracoideus* dihubungkan oleh sendi *syndesmosis*. Pada *os scapula* kedua hewan, terdapat jaringan tulang rawan di dorsal dari *os scapula* yang disebut *cartilago suprascapula*. Tulang rawan ini menutupi dorsolateral dinding *thorax*. *Cavitas glenoidalis* merupakan sebuah cekungan di bagian distal dari *os coracoscapula* komodo dan *os scapula* biawak air dan bersendi dengan *os humerus*. Pada komodo, *cavitas glenoidalis* memiliki sudut radius sebesar 167° sedangkan pada biawak air sebesar 130°. *Os procoracoid* adalah bagian yang membentuk penjurulan ke arah cranial. *Os procoracoid* akan menyatu dengan *os epicoracoid* dan membentuk lubang yang disebut *fenestra lateralis*. Bagian *os epicoracoid* bersendi dengan *os sternum*. Di sisi caudal dari *os epicoracoid* terdapat lubang yang disebut *fenestra medialis* yang dibentuk oleh *os epicoracoid* dan *os metacoracoid*. Bagian *os metacoracoid* terletak di bagian caudal dari *os coracoscapula* yang tebal. *Os metacoracoid* terletak di distal dari *cavitas glenoidalis* (Gambar 2).

Os humerus komodo dan biawak air berbentuk silindris, memiliki permukaan persendian pada bagian proksimal berupa *facies articularis humeri*. *Facies articularis humeri* pada komodo memiliki sudut radius bidang sendi horizontal sebesar 60° dan bidang transversal sebesar 180°, dan pada biawak air masing-masing sebesar 110° dan 220°. Pada bagian distal dari *facies articularis humeri* kedua hewan terdapat *crista pectoralis*. *Crista pectoralis* ini



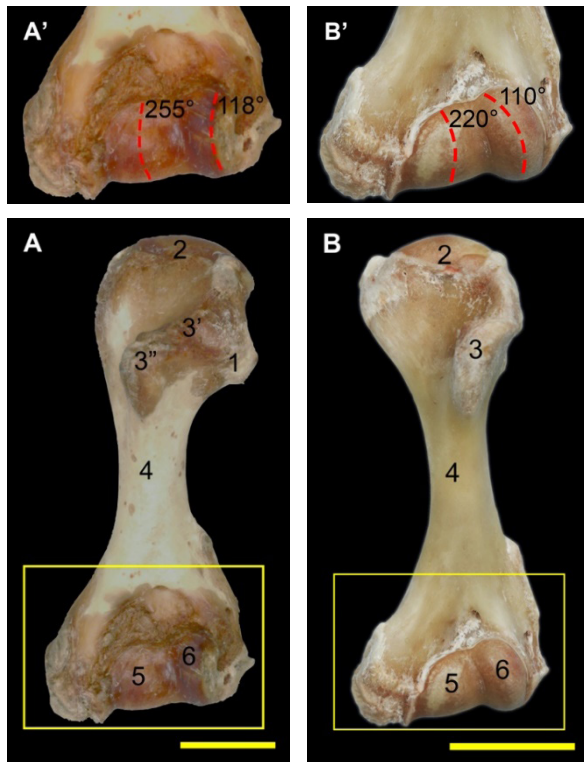
Gambar 2. *Os scapula* tampak lateral. A. Komodo; B. Biawak air; 1. *Suprascapula*; 2. *Os scapula*; 3. *Procoracoid*; 4. *Cavitas glenoidalis*; 5. *Metacoracoid*; 6. *Fenestra lateralis*; 7. *Fenestra medialis*; 8. *Epicoracoid*; 9. *Syndesmosis* (Bar = 5cm)



Gambar 3. *Os humerus* sisi lateral. A. Komodo sisi lateral; B. Biawak air sisi lateral (mirror); C. Komodo sisi proximolateral; D. Biawak air sisi proximolateral; 1. *Crista deltoidei*; 2. *Facies articularis proximalis humeri*; 3. *Crista pectoralis*; 4. *Corpus Humeri*; 5. Tepi dari *condylus ulnaris* (Bar A, B = 1 cm; C, D = 5 cm).

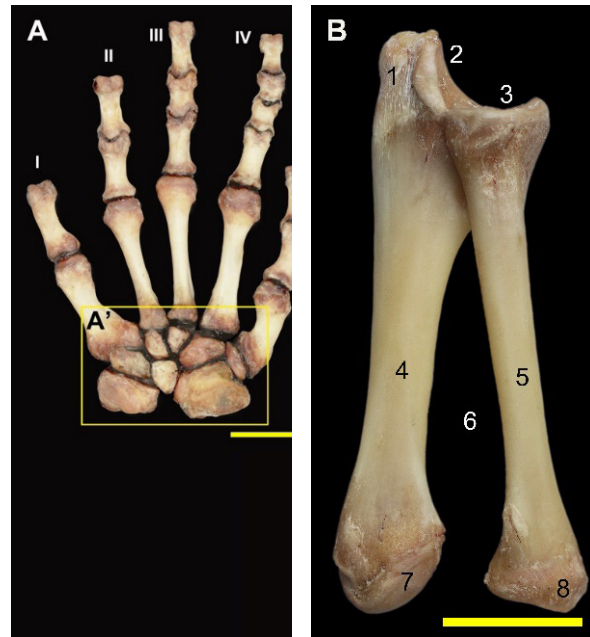
pada komodo berjumlah dua buah, sedangkan pada biawak air hanya satu buah (Gambar 3).

Pada komodo terdapat *crista deltoidea* di bagian lateral dari *os humerus*, tetapi *crista deltoidea* ini tidak ditemukan pada biawak air. Di distal dari *os humerus* kedua hewan terdapat bungkul yang disebut *condylus ulnaris* dan *condylus radialis* yang masing-masing bersendi dengan *os ulna* dan *os radius*. Pada komodo, *condylus ulnaris* memiliki sudut radius sebesar 255° , sedangkan pada biawak air sebesar 200° . *Condylus radialis* pada komodo memiliki sudut radial sebesar 118° , sedangkan pada biawak air sebesar 110° (**Gambar 4**).



Gambar 4. *Os humerus* sisi medial. A. Komodo sisi medial; B. Biawak air sisi medial (mirror); 1. *Crista deltoidei*; 2. *Facies articularis proximalis humeri*; 3. *Crista pectoralis*; 4. *Corpus Humeri*; 5. Tepi dari *condylus ulnaris*; 6. *Condylus radii* (Bar A, B = 3 cm)

Os ulna dan *os radius* merupakan dua tulang silindris yang bersendi dengan *os humerus* di proksimal dan *ossa carpi* di distal. Di proksimal *os ulna* terdapat *olecranon* yang besar pada komodo, tetapi tidak terlalu subur pada biawak air. *Facies articularis distalis ulnae* adalah permukaan persendian yang terletak di distal dari *os ulna* yang bersendi dengan *os carpi ulnaris*. *Os radius* berbentuk silindris yang terletak di sisi medial dari lengan. *Facies articularis distalis radii* merupakan permukaan persendian *os radius* yang bersendi dengan *os carpi intermedium et radialis* (**Gambar 5**).

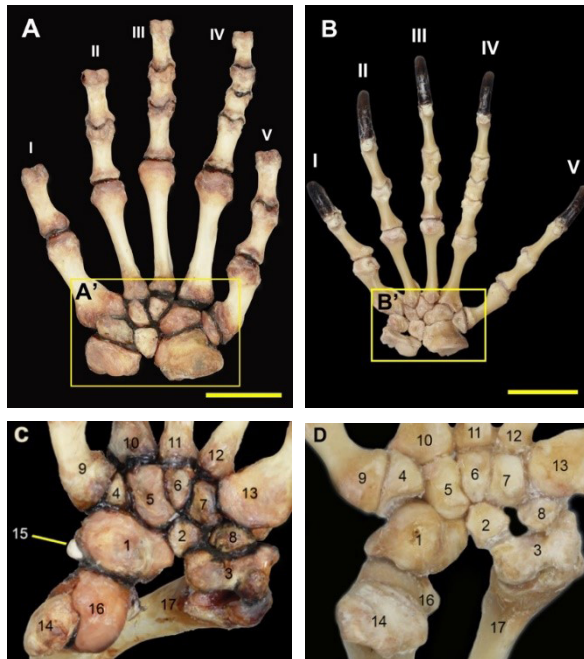


Gambar 5 *Ossa radius et os ulna* tampak lateral.; A. Komodo; B. Biawak air (Mirror); 1. *Olecranon*, 2. *Facies articularis proximalis ulnae*; 3. *Facies articularis proximalis radii*; 4. *Corpus ulnae*; 5. *Corpus radii*; 6. *Spatium interosseum antebrachia*; 7. *Facies articularis distalis ulnae*; 8. *Facies articularis distalis radii* (Bar = 5 cm).

Ossa carpi terdiri dari dua baris pada pergelangan kaki depan komodo dan biawak air. *Os pisiforme* adalah *ossa carpi* yang terletak paling lateral pada baris proksimal. Komodo memiliki dua buah *ossa pisiforme* yaitu *os pisiforme I* dan *os pisiforme II*, sedangkan biawak air hanya memiliki satu buah *os pisiforme*. *Os carpi* yang terletak pada baris proksimal dan membentuk persendian dengan *os ulna* adalah *os carpi ulnare* yang berbentuk kubus tidak beraturan. Di sisi medial dari *os carpi ulnare* adalah *os carpi centrale* yang terletak di tengah dari baris persendian carpi baris proksimal. *Os carpi centrale* berbentuk segitiga tidak beraturan. Pada bagian paling medial dari *ossa carpi* terdapat *os carpi intermedium et radiale*. Tulang ini berbentuk melengkung menyerupai bulan sabit dengan kedua ujung yang tumpul dan oval tampak dorsal dari pergelangan. Pada baris distal *ossa carpi* komodo dan biawak air memiliki lima buah *ossa carpi* dari *ossa carpale I, II, III, IV, dan V* yang berjajar dari medial ke lateral (**Gambar 6**).

Ossa metacarpalia pada komodo dan biawak air berjumlah lima dan berbentuk silindris. Komodo dan biawak air memiliki *ossa metacarpale I* dan *V* yang pendek dibandingkan dengan *ossa metacarpale II, III, dan IV*. Pada bagian distal *ossa metacarpalia* komodo dan biawak air bersendi dengan *ossa phalanges manus*. Komodo dan biawak memiliki

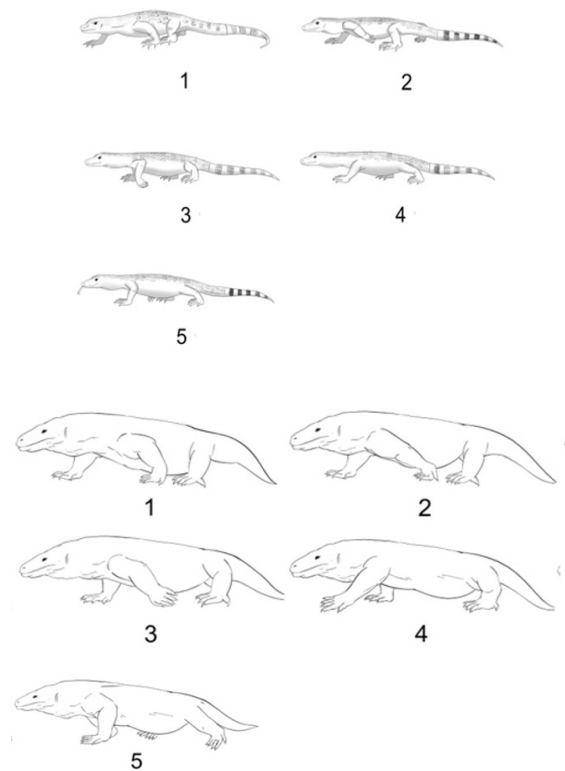
jumlah *ossa phalanges manus* yang sama pada kaki depan yakni dengan formula 2-3-4-5-3. Pada penelitian, *ossa phalanges manus* komodo pada setiap digit kekurangan satu buah ruas yang sudah hilang sebelum penelitian dimulai (**Gambar 6**).



Gambar 6. *Ossa carpi* dan *ossa metacarpi*. A. Komodo tampak dorsal; B. Biawak air tampak dorsal (Mirror); C. Komodo tampak palmar diperbesar; D. Biawak air tampak palmar diperbesar. 1; *Os carpi ulnare*; 2. *Os carpi centrale*, 3. *Os carpi intermedium et radiale*; 4. *Os carpale distale V*; 5. *Os carpale distale IV*; 6. *Os carpale distale III*; 7. *Os carpale distale II*; 8. *Os carpale distale I*; 9. *Os metacarpale V*; 10. *Os metacarpale IV*; 11. *Os metacarpale III*; 12. *Os metacarpale II*; 13. *Os metacarpale I*; 14. *Os Pisiforme I*; 15. *Os pisiforme II* (Bar = 3 cm)

3.2. Komparasi Sifat dan Perilaku Komodo dan Biawak Air

Kedua spesies hewan memiliki cara berjalan yang relatif mirip. Gerak melangkah kaki depan diawali dengan ekstensio siku dan fleksio tubuh ke arah kaki depan yang sedang mendorong tubuh. Setelah tubuh terdorong ke arah anterior, kaki depan melakukan gerakan abduksio hingga telapak kaki depan terangkat dari tanah. Kemudian hewan akan melakukan gerakan protraksi kaki depan dan meletakkan kaki depan lebih jauh ke arah anterior tubuh. Gerakan protraksi kaki depan dilakukan bersamaan dengan gerakan fleksio tubuh ke arah yang berlawanan agar kaki hewan dapat menjangkau jarak yang lebih jauh. Tubuh didorong oleh kedua pasang kaki kaki depan dan kaki belakang (**Gambar 7**).

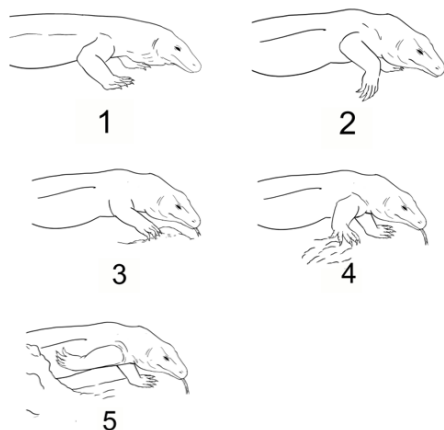


Gambar 7. Tahapan berjalan komodo dan biawak air. 1. Posisi awal; 2. Hewan mendorong tubuh; 3. Hewan melangkahkan kaki depannya ke arah anterior; 4. Hewan meletakkan kaki depannya; 5. Hewan kembali ke posisi awal.

Komodo muda bersifat arboreal sejak menetas hingga umur satu atau dua tahun, tergantung dari kecepatan pertumbuhan individu komodo. Gerakan memanjat komodo dilakukan dengan mencengkram kulit pohon serta menahan beban tubuhnya dengan kaki depan dan kaki belakangnya. Komodo kemudian mendorong tubuhnya dengan kaki belakangnya dan melangkahkan kaki depannya ke arah kranial dan menarik tubuhnya dengan kaki depannya serta didorong oleh kaki belakangnya. Perilaku memanjat dan sifat arboreal tidak ditemukan pada biawak air. Biawak air berenang dengan menggerakkan sumbu tubuhnya ke lateral dengan keempat kakinya dirapatkan pada tubuhnya (**Gambar 8**). Tenaga penggerak saat biawak berenang dihasilkan dari gerakan ekor biawak air ke arah lateral. Kepala serta sebagian dari tubuh biawak air terangkat di atas permukaan air agar biawak tetap dapat bernafas selama berenang. Komodo bisa berenang namun jarang teramati.



Gambar 8. Posisi kaki biawak air saat berenang. Biawak air berenang dengan posisi keempat kaki dirapatkan ke tubuh serta dorongan dari gerakan ekor.



Gambar 9. Gerakan kaki komodo saat menggali. 1. Posisi awal; 2. komodo mengangkat kaki depan; 3. Komodo memasukkan kaki depannya ke tanah; 4. Komodo menggaruk tanah dengan meretraksi kaki depannya; 5. Komodo menghempaskan tanah ke arah caudal.

Komodo dan biawak air menggali untuk bertelur, berlindung, serta mencari makan. Komodo pada umumnya menggali sarang burung *Megapodius freycinet* dan *Megapodius reinwardt* untuk mengambil telur atau anakan burung tersebut. Perilaku menggali tersebut difasilitasi oleh kuku komodo yang panjang dan tajam komodo untuk menggaruk tanah. Gerakan menggali dilakukan dengan menjulurkan kaki depan ke arah kranial, kemudian meretraksi kaki depan ke arah kaudal. Gerakan menggali dilakukan oleh kedua kaki depan dengan pengulangan masing-masing dua hingga tiga kali sebelum komodo mengganti kaki yang digunakan untuk menggali (**Gambar 9**). Biawak air juga membuat sarangnya di tepi sungai, sarang rayap, dan beberapa tempat lain yang tersedia. Karena penyebaran biawak air yang luas, cara biawak air membuat sarang bervariasi tergantung pada lokasi dan sumber daya yang tersedia di habitat individu biawak tersebut.

4. Pembahasan

Os scapula pada komodo dan biawak air memiliki perbedaan struktur karena ditemukannya sendi *syndesmosis* yang memisahkan *os scapula* dan *os coracoideus* pada biawak air, sedangkan pada

komodo *os scapula* dan *os coracoideus* menyatu. Perbedaan itu diduga berhubungan dengan filogeni dari kedua spesies. Komodo sering dianggap sebagai spesies yang lebih primitif dibandingkan biawak air. Komodo digolongkan ke dalam grup *varius* bersama *Varanus varius* dan *Varanus salvadorii* sebagai garis keturunan biawak Indo-Australia (*Indo-Australian lineage*), sedangkan biawak air digolongkan ke dalam grup *salvator* bersama *Varanus rudicollis* dan *Varanus dumerilii* yang merupakan garis keturunan biawak Indo-Asia (*Indo-Asian lineage*). Biawak Indo-Australia terpisah dari biawak Indo-Asia terjadi pada akhir zaman Paleogene, yaitu sekitar 43 juta hingga 23 juta tahun yang lalu. Dari segi perilaku, adanya *syndesmosis* pada biawak air diduga untuk meningkatkan fleksibilitas pergelangan bahu saat biawak air berenang. *Syndesmosis* tidak ditemukan pada *os scapula* komodo diduga karena berenang bukan merupakan metode lokomosi utama komodo sehingga tidak terlalu membutuhkan fleksibilitas pada pergelangan bahu [7].

Sudut radial dari *cavitas glenoidalis* komodo lebih besar yaitu 167°, dibandingkan pada biawak air yaitu sebesar 130°. Hal ini diduga berkaitan sifat biawak air yang semiakuatik dan kemampuan berenangnya. Biawak air memiliki sifat semi-akuatik sedangkan, komodo merupakan hewan terrestrial. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jessop et al. [12], ditemukan bahwa komodo jarang melakukan perjalanan keluar dari pulau asalnya meski komodo memiliki kemampuan berenang yang cukup baik dan mampu berenang antar pulau. Dalam penelitian yang dilakukannya selama 10 tahun hanya mendapatkan dua ekor komodo yang menyebrangi lautan. Dengan demikian, komodo memiliki gaya hidup yang lebih terrestrial dibanding akuatik, berbeda dengan biawak air. Kondisi *cavitas glenoidalis* yang lebih sempit diduga agar kaki depan dapat lebih stabil saat dirapatkan ke tubuh saat berenang. Pada komodo, *cavitas glenoidalis* lebih melebar diduga karena komodo tidak terlalu membutuhkan kemampuan berenang [9].

Os humerus komodo dan biawak memiliki beberapa perbedaan yaitu pada bagian ventral dari *os humerus* komodo memiliki dua buah *crista pectoralis*, sedangkan biawak air hanya memiliki satu buah. Komodo memiliki sebuah *crista deltoidea* yang merupakan lokasi insertio dari otot *m. deltoideus pars coracoidea*, *m. deltoideus pars interclavicularis*, dan *m. deltoideus pars scapularis*, sedangkan *crista deltoidea* tidak ditemukan pada

os humerus biawak air. *Crista deltoidea* yang subur pada komodo diduga berhubungan dengan sifat bersarang dari komodo. Komodo sering terlihat menggali sarang dari burung *Megapodius reinwardt* dan *Megapodius freycinet* dengan tujuan untuk bertelur, berlindung dan untuk memangsa telur atau anakan dari burung tersebut [10]. Komodo membuat sarang dengan ukuran panjang 10.4 ± 2.0 m, luas 9.6 ± 1.8 m, dan tinggi 0.9 ± 0.3 m dengan menggunakan kaki depannya untuk menggali liangnya. Gerakan protraksi kaki depan ke arah kaudal digunakan untuk menyingkirkan tanah agar liang dapat dibuat. Berdasarkan observasi, ketiga bagian dari *m. deltoideus* diduga banyak berperan dalam perilaku menggali komodo bersama-sama dengan ketiga *caput* dari *m. triceps brachii*. Ketiga bagian dari *m. deltoideus* diduga membutuhkan tempat insertio yang besar untuk ketiga otot ini untuk memfasilitasi dan menguatkan ketiga bagian otot ini agar komodo dapat menggunakannya untuk menggali. Komodo memiliki dua buah *crista pectoralis* ini diduga berhubungan dengan sifat arboreal komodo muda. Setelah menetas, komodo akan segera memanjat pohon untuk menghindari dari predator terrestrial. Sewaktu memanjat, komodo menggunakan kukunya untuk mencengkram pohon dan mendorong tubuhnya dengan keempat kakinya. Untuk menarik tubuhnya dengan kaki depan, komodo akan melakukan protraksi kaki depan. Menurut Cieri *et al.* [11], protraksi kaki depan dilakukan oleh *m. pectoralis anterior*. Otot ini memiliki insertio pada bagian *apex* dari *crista pectoralis*. *Musculi pectorales* pada komodo membutuhkan tempat insertio yang cukup besar agar dapat berfungsi optimal, yaitu di kedua *crista pectoralis* pada sisi medial dari *os humerus*. Biawak air hanya memiliki satu buah *crista pectoralis* diduga berkaitan dengan habitat biawak air yang bersifat akuatik dan terrestrial [12].

Facies articularis humeri pada komodo dan biawak air memiliki bentuk yang berbeda. Pada komodo sendi ini berbentuk silindris dan relatif rata, sedangkan pada biawak air relatif lebih cembung. Sudut radial pada bidang transversal *facies articularis humeri* komodo adalah sebesar 182° dan transversal sebesar 220° dan pada biawak air masing-masing sebesar 60° dan 110° . Bentuk *facies articularis humeri* yang lebih cembung pada biawak air diduga untuk mempermudah pergerakan sendi bahu. *Os humerus* biawak air dapat bergerak menjauhi *cavitas glenoidalis* sejauh 2 mm ke arah caudal sebelum

ligamentum-ligamentum yang menghubungkan *os humerus* dengan *cavitas glenoidalis* tersebut mengencang. *Ligamentum-ligamentum* yang menghubungkan *os humerus* dengan *cavitas glenoidalis* pada biawak air akan mengendur saat *os humerus* bergerak ke arah kaudal. Kondisi ini diduga untuk memfasilitasi perilaku berenang pada biawak air untuk merapatkan kakinya ke sumbu tubuh saat berenang [13].

Ossa radius et ulna pada komodo dan biawak air, keduanya berbentuk silindris yang memanjang dengan celah diantara kedua tulang yang disebut *spatium interosseum antebrachii*. Celah ini berperan untuk meningkatkan fleksibilitas kaki depan dalam melakukan gerak pronasio dan supinatio saat komodo dan biawak air berjalan. *Ossa radius et ulna* bersendi dengan *condylus radialis* dan *condylus ulnaris* dari *os humerus*. Perbedaan *ossa radius et ulna* pada komodo dan biawak adalah *olecranon* pada komodo relatif lebih subur dibandingkan pada biawak air. Hal ini diduga berhubungan dengan perilaku menggali dan berlari dari komodo dan biawak air. Komodo merupakan *apex predator* yang memburu mangsanya dengan metode *open pursuit*. Komodo mampu berlari dengan kecepatan 28 km/jam dan biawak air dengan kecepatan 17.2 km/jam [14]. Biawak air pada umumnya memangsa hewan-hewan kecil yang relatif tidak perlu mengejar mangsanya seperti ikan, katak, katak pohon, dan cacing, sehingga biawak air tidak terlalu membutuhkan kemampuan berlari cepat. Salah satu otot pada kaki depan yang digunakan untuk berlari diantaranya adalah *mm. triceps brachii*. Otot ini berfungsi sebagai ekstensor persendian siku serta, retraksi kaki depan, stabilisasi posisi tubuh saat bertumpu [11][15]. Pada komodo, otot ini memiliki tiga buah *caput* yaitu *caput longum*, *mediale*, *et laterale*. Ketiga *caput* akan menyatu dan berinsertio di *olecranon*. Oleh karena itu, *olecranon* komodo relatif lebih subur dibanding pada biawak air untuk mendukung kemampuan berlari yang lebih baik [16].

Struktur *ossa carpi* pada komodo dan biawak air relatif mirip. Kedua hewan ini memiliki dua baris *ossa carpi* yang masing-masing terdiri atas *ossa carpi radiale et intermedium*, *os carpi centrale*, *os carpi ulnare*, dan *os pisiforme* pada baris proksimal serta *ossa carpi I, II, III, IV*, dan *V* pada baris distal. Komodo memiliki dua buah *ossa pisiforme* sedangkan biawak air hanya memiliki satu buah *os pisiforme*. Pada komodo, *os pisiforme I* relatif lebih besar dibandingkan *os pisiforme II* dan terletak melekat

pada bagian distal dari *os ulna*. Pergerakan pada sendi pergelangan kaki depan difasilitasi oleh *ossa carpi* yang fleksibel. *Ossa carpi* berperan besar dalam gerak rotasi, fleksi, dan ekstensi dari pergelangan kaki depan. *Os carpi centrale* dan *os carpale III* merupakan pusat dari aksis rotasi pergelangan tangan [14]. *Os pisiforme* bersama dengan *os carpi radiale et intermedium* dan bagian distal dari *os radius* membentuk sebuah celah *carpal tunnel* untuk lewatnya *tendo otot-otot flexor jari*. *Os carpi ulnare* dan *os pisiforme* menyerupai sebuah mangkuk yang memfasilitasi *os ulna* untuk melakukan gerakan rotasi tanpa kehilangan stabilitas, karena *os pisiforme* berperan dalam rotasi dan fleksibilitas gerak sendi pergelangan kaki depan. Hal ini diduga berkaitan dengan komodo yang memiliki dua buah *os pisiforme* adalah untuk memudahkan komodo dalam berlari mengejar mangsanya dengan menjaga stabilitas sendi pergelangan kaki depan selama berlari [18] [19].

5. Kesimpulan

Struktur skelet ekstremitas komodo dan biawak air memiliki perbedaan karakteristik yang berhubungan dengan fungsi serta perilaku masing-masing hewan. Komodo memiliki penjurulan pada tulangnya yang lebih banyak dan beberapa diantaranya lebih besar dibandingkan pada biawak air seperti *crista deltoidea* yang tidak ditemukan pada biawak air, *crista pectoralis* yang berjumlah dua pada komodo dan satu pada biawak air, dan *olecranon* yang relatif lebih subur pada komodo dibandingkan pada biawak air serta jumlah *ossa carpi* yang lebih banyak pada komodo dibandingkan pada biawak air. Semua perbedaan yang teramati memiliki fungsi sesuai ekologi dan perilaku alamiah kedua hewan.

Daftar Rujukan

- [1] Bennet, D. (1995). *A Little Book of Monitor Lizards*. Aberdeen (UK): Viper Press.
- [2] Ariefiandy, A., Purwandana, D., Nasu, S.A., Surahman, M., Ciofi, C., & Jessop, T. (2015). First record of komodo dragon nesting activity and hatchling emergence from North Flores, Eastern Indonesia. *Biawak*. 9(1), 33–35.
- [3] Uyeda, L.T. (2015). The water monitor lizard *Varanus salvator*. Behaviour, ecology, and human dimensions in Banten, Indonesia [disertasi]. Washington DC (US): University of Washington.
- [4] Traeholt, C. (1993). Notes of the feeding behaviour of the Water Monitor, *Varanus salvator*. *MNJ*, 46(3-4), 229 – 241.
- [5] Imansyah, M.J., Jessop, T.S., Ciofi, C., & Akbar, Z. (2008). Ontogenic differences in the spatial ecology of immature komodo dragons. *J. Zool.*, 274(2), 107–115.
- [6] Borden, R. (2007). *Varanus salvator* (Asian water monitor) migration. *Biawak*, 1(2), 84 – 88.
- [7] Vidal, N., Martin, J., Sassi, J., Battistuzzi, F.U., Donnellan, S., Fitch, A.J., Fry, B.G., Vonk, F.J., Vega, R.C.R., Couloux, A., & Hedges, S.B. (2012). Molecular evidence for the Asian origin of monitor lizards followed by tertiary dispersals to Africa and Australasia. *Biol. Lett.*, 8(5), 853–855.
- [8] Jessop, T.S., Ariefiandy, A., Purwandana, D., Ciofi, C., Imansyah, J., Benu, Y.j., Fordam, D.A., Forsyth, D.M., Mulder, R.A., Phillips, B.I. (2018). Exploring mechanisms and origins of reduced dispersal in island Komodo Dragons. *Proc R Soc*. 285(1891).
- [9] Wikramanayake, E.D., & Dryden, G.L. (1993). Thermal ecology of habitat and microhabitat use by sympatric *Varanus bengalensis* and *V. salvator* in Sri Lanka. *Copeia*, 3, 709 – 714.
- [10] Lincoln, G.A. (1974). Predation of incubator birds (*Megapodius freycinet*) by komodo dragons (*Varanus komodoensis*). *J. Zool.*, 174(3), 419–428.
- [11] Cieri, R.L., Dick, T.J.M., Clemente, T.J. (2020). Monitoring muscle over three orders of magnitude: widespread positive allometry among locomotor and body support musculature in the pectoral girdle of Varanid lizards (*Varanidae*). *J Anat*. 236(6).
- [12] Jessop, T.S., Sumner, J., Rudiharto, H., Purwandana, D., Imansyah, M.J., & Philips, J.A. (2004). Distribution, use, and selection of nest type by komodo dragons. *Biol. Conserv*, 117(5), 463–470.
- [13] Haines W. 1952. The shoulder joint and the primitive reptilian shoulder mechanism. *J Anat*. 84 (4): 412–422.
- [14] Christian, A., & Garland, T. (1996). Scaling limb proportions in monitor lizards (Squamata: Varanidae). *J. Herpetol.*, 30(2), 219–230.
- [15] Abdala, V., & Diogo, R. (2010). Comparative anatomy, homology, and evolution of the pectoral and forelimb musculature of tetrapods with special attention to extant limbed amphibians and reptiles. *J Anat*. 217(5), 536–73
- [16] Mahaprom, R., & Kulabong, S. (2018). Observation of feeding habit of the Asian water monitor, *Varanus salvator* (Laurenti, 1768) (Squamata: Varanidae) on an Asian toad *Duttaphyrus melanostictus* (Schneider, 1799) (*Anura Bufonidae*) in Thailand. *Biodiversitas*, 9(3), 213–216.
- [17] Fontanarrosa, G., & Abdala, V. (2016). Bone indicators of grasping hands in lizards. *Peer. J.*, 4, e1974.
- [18] Landsmeer, J.M.F. (1981). The digital morphology in *Varanus* and *Iguana*. *J. Morphol.*, 168(3), 289–295.
- [19] Landsmeer, J.M.F. (1983). The mechanism of forearm rotation in *Varanus exanthematicus*. *J. Morphol.*, 175(2), 119–130.