

MENILIK PADA HAL KECIL: STUDI MIKROVERTEBRATA DAN KONTRIBUSINYA DALAM ILMU ARKEOLOGI

LOOKING TO THE SMALL: A STUDY OF MICROVERTEBRATE AND ITS CONTRIBUTION TO ARCHAEOLOGY

Dama Q. Arjanto¹ dan Muhammad Abizar Algifary¹

¹Departemen Arkeologi Fakultas Ilmu Budaya Universitas Gadjah Mada, Indonesia

dama.qoriy.a@mail.ugm.ac.id; algifaryrandei@gmail.com

Abstrak. Wilayah kepulauan Asia Tenggara sejak lama menjadi daya tarik dalam penelitian arkeologi. Dimulai dengan eksplorasi oleh bangsa Eropa pada abad ke-19 hingga era penelitian interdisipliner saat ini. Berbagai wilayah di daerah ini telah banyak diteliti dengan menggunakan berbagai pendekatan. Namun demikian, belum semua permasalahan dapat terjawab. Salah satu yang menarik untuk didiskusikan adalah bagaimana sisa fauna vertebrata mikro berguna dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian arkeologi. Fauna vertebrata mikro merupakan jenis-jenis fauna yang banyak hidup di sekitar kita, sehingga sering memiliki keterkaitan dengan keberadaan manusia, memiliki habitat yang unik, serta sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, jenis hewan ini dapat menjadi indikator yang baik dalam melihat dinamika lingkungan serta kaitannya dengan manusia. Tulisan ini melihat seberapa jauh fauna vertebrata mikro menjadi perhatian dalam penelitian arkeologi di kepulauan Asia Tenggara. Metode tinjauan pustaka (*literature review*) digunakan dalam kajian ini, dengan melihat naskah-naskah publikasi yang mengulas sisa fauna vertebrata mikro dari konteks arkeologi. Hasilnya, diketahui bahwa tidak banyak penelitian yang telah membahas sisa fauna mikro dari situs-situs arkeologi di kepulauan Asia Tenggara. Hal ini salah satunya terkait dengan metode ekskavasi yang belum melihat sisa vertebrata mikro. Sehingga, banyak temuan berukuran kecil tersebut tidak terepresentasikan dalam hasil penelitian arkeologi.

Katakunci: vertebrata mikro, lingkungan purba, arkeologi Indonesia, prasejarah, zooarkeologi

Abstract. The Southeast Asian archipelago has long been an area of interest in archaeological research. Starting with explorations by European nations in the 19th century to the era of current interdisciplinary research. Various regions in this area have been studied using a range of approaches. However, not all questions have been answered. One interesting issue to discuss is how the remains of micro vertebrate fauna can help address archaeological research questions. Micro vertebrate fauna refers to species of animals that often live around us, and therefore are frequently associated with human presence, have unique habitats, and are sensitive to changes in environmental conditions. Because of this, these animals can serve as good indicators for understanding environmental dynamics and their relationships with humans. This paper explores the extent to which micro vertebrate fauna has been studied in archaeological research within the Southeast Asian archipelago. A literature review method is used in this study, examining publications that discuss micro vertebrate fauna remains from archaeological contexts. The results show that not many studies have addressed micro fauna remains from archaeological sites in the Southeast Asian archipelago. One reason for this is the excavation methods, which have not specifically focused on micro vertebrate remains. As a result, many small findings have not been represented in archaeological research outcomes.

Keywords: microvertebrates, palaeoenvironment, Indonesian archaeology, prehistory, zooarchaeology

DOI: 10.55981/konpi.2024.235

1 Pendahuluan

Sisa fauna merupakan salah satu temuan yang umum didapatkan dari konteks arkeologi. Kelompok temuan ini meliputi temuan sisa fauna vertebrata dan nonvertebrata. Penelitian yang dilakukan pada material tersebut telah mengungkap banyak informasi, antara lain terkait biodiversitas, lingkungan purba, pola migrasi dan adaptasi manusia.

Dalam konteks wilayah kepulauan Indonesia, ketertarikan pada temuan sisa fauna dari konteks arkeologi dan paleontologi telah dimulai sejak abad ke-19 oleh beberapa naturalis asing. Beberapa tokoh yang tidak dapat dilepaskan dalam diskursus ini adalah Eugene Dubois. Tokoh naturalis berkebangsaan Belanda ini datang ke Asia Tenggara sebagai seorang dokter militer kerajaan Belanda, dengan motivasi untuk melakukan pencarian fosil manusia purba. Dorongan Dubois untuk mencari fosil berasal dari dicetuskannya teori evolusi oleh Charles Darwin beberapa dekade sebelumnya.

Penjelajahan Eugene Dubois di Hindia Belanda, menjadi dikenal oleh dunia ketika dia mempublikasikan temuan gigi molar, femur, dan tempurung tengkorak dari lembah Bengawan Solo di Trinil, Ngawi – yang kemudian dinamakan *Pithecanthropus erectus* (1891 – 1893). Temuan tersebut merupakan bukti evolusi manusia pertama yang ditemukan. Oleh karena itu, Eugene Dubois dikenal sebagai perintis bidang ilmu paleoantropologi. Tidak hanya itu, temuan *Pithecanthropus erectus* berasosiasi dengan fosil fauna vertebrata dengan jumlah yang sangat signifikan. Dalam kurun waktu 1895 – 1900, puluhan ribu fosil fauna vertebrata yang berasosiasi dengan temuan hominid dikirim ke Belanda (De Vos 2004). Koleksi ini menjadi salah satu yang penting dalam bidang paleontologi, salah satunya karena menjadi dasar dalam klasifikasi biostratigrafi pulau Jawa. Himpunan fauna vertebrata yang diidentifikasi dari koleksi Dubois tersebut dikelompokkan menjadi satu unit biostratigrafi, yaitu Fauna Trinil HK (*Hauptknochenschicht*), dengan usia 1,0 – 0,9 juta tahun yang lalu (van den Bergh, De Vos, and Sondaar 2001; De Vos et al. 1994).

Tidak lama setelah era Dubois, pada tahun 1930an Gustav Heinrich Ralph von Koenigswald, seorang ahli geologi dan paleontologi berkebangsaan Jerman berkesempatan untuk datang ke Jawa. Dia tertarik untuk mengikuti jejak Dubois meneliti manusia purba dan sempat menjadi stratigrafer pada survei geologi Hindia Belanda. Pada tahun 1931 Koenigswald bergabung dengan tim ekskavasi di Bengawan Solo dan menemukan 11 fosil tengkorak yang dinamai sebagai *Homo soloensis* di daerah Ngandong. Pada tahun 1937, perhatian Koenigswald kemudian dialihkan ke Sangiran setelah mendapatkan laporan temuan dari tenaga lokalnya. Dari hasil kerjanya di Sangiran, selain menemukan beberapa spesimen hominid (*Pithecanthropus erectus*), Koenigswald juga memperoleh sejumlah fosil fauna vertebrata (Franzen 1983).

Minat terhadap penelitian sisa fauna dari situs paleontologi di Indonesia terus berkembang setelah era Dubois dan Koenigswald. Beberapa nama yang turut berperan dalam penelitian sisa fauna prasejarah di Indonesia antara lain Dirk Albert Hooijer (antara lain Hooijer 1947; 1970; 1960; 1964) yang meneliti fauna vertebrata Plestosen di Jawa; Dick Marius Badoux (1959) yang melakukan identifikasi sisa fauna dari Punung; serta John de Vos (1994) dan Gert van den Bergh (2001) yang mencetuskan biostratigrafi fauna di beberapa wilayah Indonesia. Selain terkait biodiversitas dan biostratigrafi, penelitian paleontologi vertebrata di Kepulauan Indonesia juga menghasilkan pengetahuan terkait mekanisme evolusi insuler (antara lain Sondaar et al., 1994; van der Geer et al., 2018). Dalam aspek arkeologis, jejak adaptasi manusia dapat teramati pada himpunan temuan sisa fauna dari situs-situs berusia Plestosen maupun Holosen (Amano et al. 2016; Ingicco 2012; Meijer et al. 2019).

Seiring dengan perkembangan perspektif dan metode, semakin banyak aspek yang dapat dilihat dari sisa fauna. Salah satu yang menjadi menarik adalah pengamatan pada sisa fauna vertebrata mikro. Kelompok ini mencakup fauna dengan masa tubuh kurang dari 5 kg (Andrews 1990). Peneliti lain (Daams and Freudenthal 1988; López-García and Blain 2020) mendefinisikan sebagai kelompok fauna yang termasuk ke dalam kelompok taksonomi *Reptilia*, *Aves*, *Osteichthyes*, *Condriichthyes*, *Rodentia*, *Eulipotyphla*, *Chiroptera*, dan *Lagomorpha* yang diperoleh dari lapisan tanah menggunakan metode pengayakan.

Sisa fauna vertebrata mikro dapat menjadi proksi dalam beberapa kajian, salah satunya adalah rekonstruksi lingkungan purba (López-García and Cuenca-Bescós 2010; Bennàsar, Cáceres, and Cuenca-Bescós 2016; Blain et al. 2009; Arjanto et al. 2023). Tidak hanya itu, interaksi antara manusia dan lingkungan juga dapat tercermin dalam himpunan sisa fauna vertebrata (Galán et al. 2019; Hawkins, O'Connor, and Louys 2019; Hawkins et al. 2018). Sisa dari binatang-binatang berukuran kecil ini memiliki keunggulan sebagai proksi dalam merekonstruksi lingkungan purba maupun untuk melihat interaksi manusia dengan lingkungan karena beberapa hal. Fauna yang tergolong dalam kategori ini memiliki ukuran tubuh kecil yang beradaptasi pada habitat yang spesifik dalam ruang geografis yang relatif terbatas (López-García and Blain 2020; Andrews 1990). Hal ini menjadikan inferensi

lingkungan menjadi lebih spesifik untuk lingkup geografis yang sempit, berbeda dengan sisa fauna besar maupun mikrofosil tumbuhan (serbuk sari) yang merepresentasikan skala regional. Selain itu, vertebrata mikro khususnya mamalia, memiliki daur hidup yang cepat apabila dibandingkan dengan fauna besar. Taksa dalam kelompok ini memiliki ritme perkembangbiakan yang cepat. Oleh karena itu, perubahan kondisi pada lingkungan dapat terlihat pada perubahan komposisi taksa mamalia mikro. Dengan demikian, dinamika kondisi lingkungan pada masa lalu dapat dilihat dengan resolusi yang lebih tinggi (Andrews 1990; Repenning 2001; Van Dam et al. 2006).

Terlepas dari keunggulan vertebrata mikro dalam kajian arkeologis dan paleontologis, diskursus mengenai subjek ini belum cukup berkembang di Kepulauan Asia Tenggara, khususnya Indonesia. Tulisan ini mengulas bagaimana perkembangan penelitian vertebrata mikro di tingkat global serta melihat bagaimana topik ini berkembang di Kepulauan Asia Tenggara dan Indonesia. Ulasan ini dapat menjadi salah satu dasar dalam melihat kondisi saat ini penelitian vertebrata mikro di wilayah ini, peluang pengembangan di masa yang akan datang, serta kontribusinya dalam perkembangan pengetahuan prasejarah.

2 Metode

Artikel ini memaparkan hasil kajian *literature review* pada naskah yang tercatat dalam *database* Scopus. Analisis dibatasi pada artikel jurnal yang terbit dalam kurun tahun 2004 – 2023 serta termasuk dalam kategori bidang kajian (*subject*) *earth and planetary sciences* dan *arts and humanities*. Hal ini dikarenakan sebagian besar artikel hasil penelitian arkeologi berada dalam dua kategori tersebut. Kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian naskah adalah *small mammal*, *micromammal*, atau *microvertebrates*.

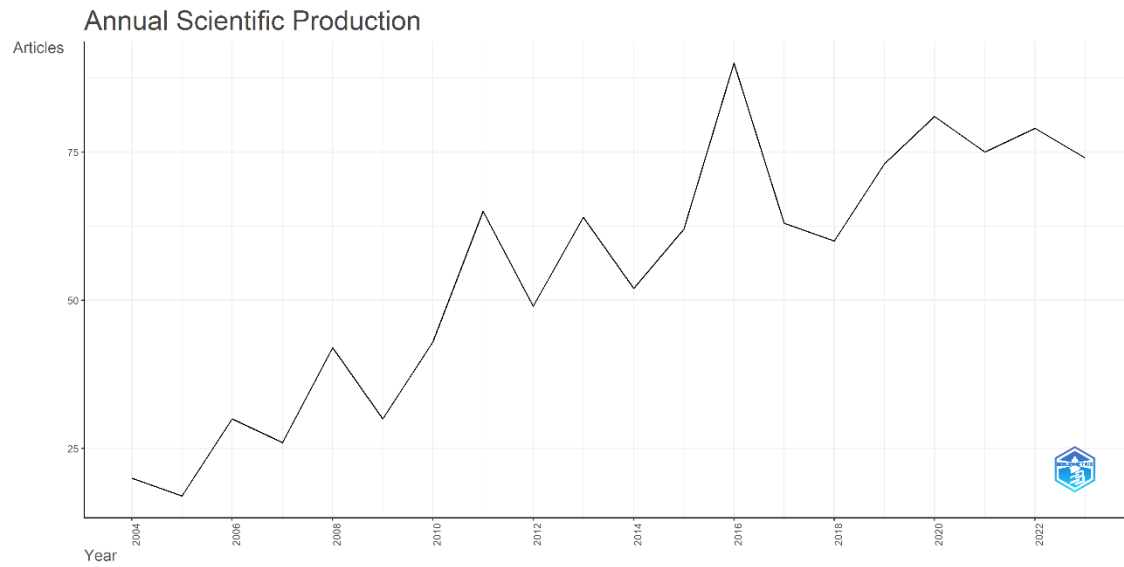
Analisis dilakukan pada material yang diperoleh menggunakan *Bibliometric analysis* dengan paket *Biblioshiny* yang dioperasikan menggunakan RStudio versi 2024.09.0 *build* 375 (Aria and Cuccurullo 2017). Pemetaan dilakukan pada judul, penulis, afiliasi penulis, kata kunci, dan abstrak. Hal ini bertujuan untuk melihat distribusi dokumen berdasarkan negara, pola *coauthorship* atau kerjasama penulis, serta tema yang sering didiskusikan. Hal ini penting untuk melihat tren asal peneliti atau penulis serta subjek yang diteliti. Pengelompokan karya berdasarkan substansi didasarkan pada kata yang muncul secara berulang pada judul, kata kunci, dan abstrak, serta dengan melakukan telaah tujuan dan metode penelitian. Untuk material publikasi yang secara spesifik terkait dengan Asia Tenggara dan Indonesia, ditelisik lebih rinci dengan melihat substansi satu per satu secara manual. Selain untuk memperoleh informasi lebih detail, hal ini juga terkait jumlah karya yang tidak cukup banyak untuk dianalisis menggunakan aplikasi.

3 Hasil Penelitian

3.1 Penelitian Vertebrata Mikro di Dunia

Penelusuran pada *database* Scopus dengan kata kunci serta *filter* sebagaimana disebutkan pada bagian metode memperoleh 1.095 dokumen yang terbit dalam 228 jurnal. Berdasarkan kronologi, jumlah dokumen yang dipublikasikan cukup fluktuatif pada setiap tahunnya. Namun demikian, tren yang terlihat adalah peningkatan jumlah publikasi selama 10 tahun terakhir (gambar 1). Pada tahun 2004, 20 artikel dipublikasikan. Jumlah ini menurun pada tahun berikutnya, menjadi 17 artikel. Namun, jumlah naskah terus meningkat hingga mencapai 74 artikel pada tahun 2023. Jumlah artikel yang dipublikasikan terbanyak pada tahun 2016, mencapai 90 artikel (tabel 1).

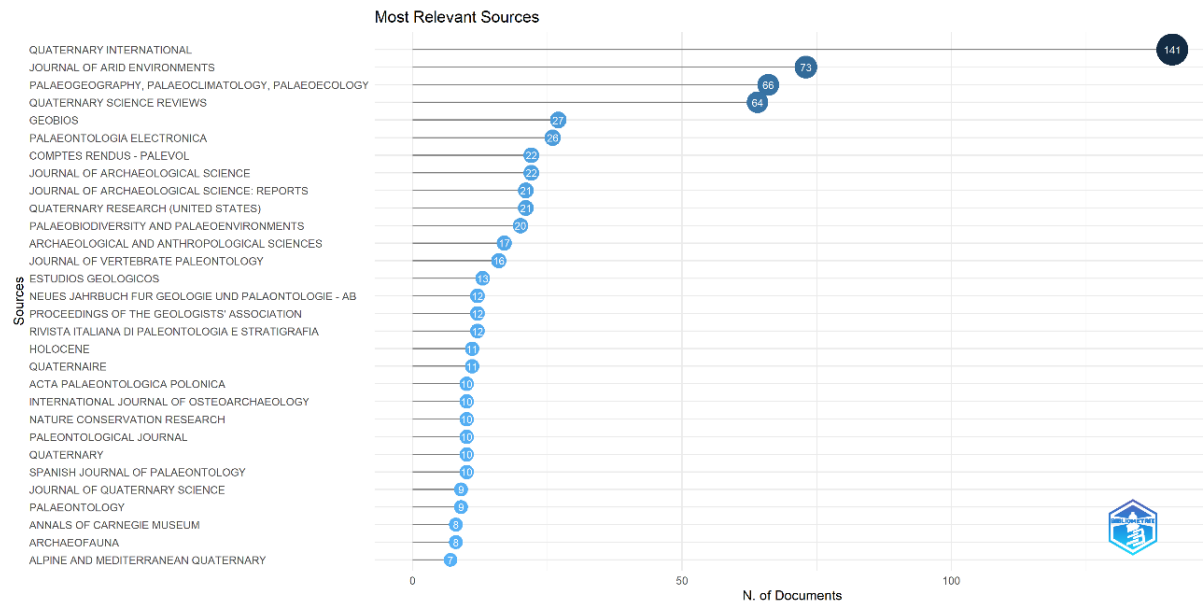
Berdasarkan jurnal yang mempublikasikannya (*sources*), beberapa jurnal di bidang *earth and planetary sciences* mendominasi. *Quaternary International* merupakan jurnal dengan jumlah artikel terbanyak, mencapai 141 dokumen. Kemudian, *Journal of Arid Environments*; *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*; dan *Quaternary Science Reviews* menjadi media publikasi yang dominan berikutnya, dengan jumlah 73, 66, dan 64 naskah. Pada urutan kelima, terdapat *Geobios*, dengan jumlah 27 naskah (gambar 2). Keempat naskah yang disebut pertama merupakan jurnal dalam kategori Q1 (Quartile 1), sedangkan *Geobios* merupakan jurnal dalam kategori Q2.



Gambar 1. Tren jumlah publikasi dalam database Scopus dengan tema vertebrata mikro selama 20 tahun terakhir (Sumber: Penulis, 2025).

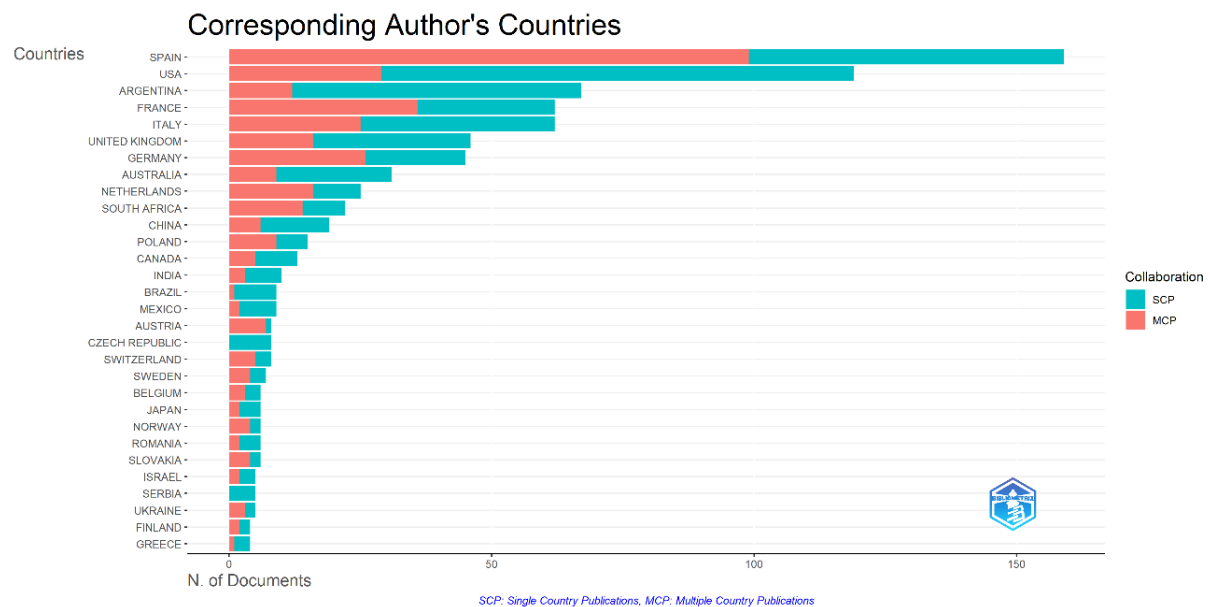
Tabel 1. Jumlah publikasi dalam database Scopus dengan tema vertebrata mikro dalam 20 tahun terakhir

Year	Articles
2004	20
2005	17
2006	30
2007	26
2008	42
2009	30
2010	43
2011	65
2012	49
2013	64
2014	52
2015	62
2016	90
2017	63
2018	60
2019	73
2020	81
2021	75
2022	79
2023	74



Gambar 2. Jumlah publikasi dengan tema vertebrata mikro selama 20 tahun terakhir berdasarkan jurnal penerbitnya (*source*). Dalam grafik ini ditampilkan 30 jurnal dengan jumlah publikasi terbanyak (Sumber: Penulis, 2025).

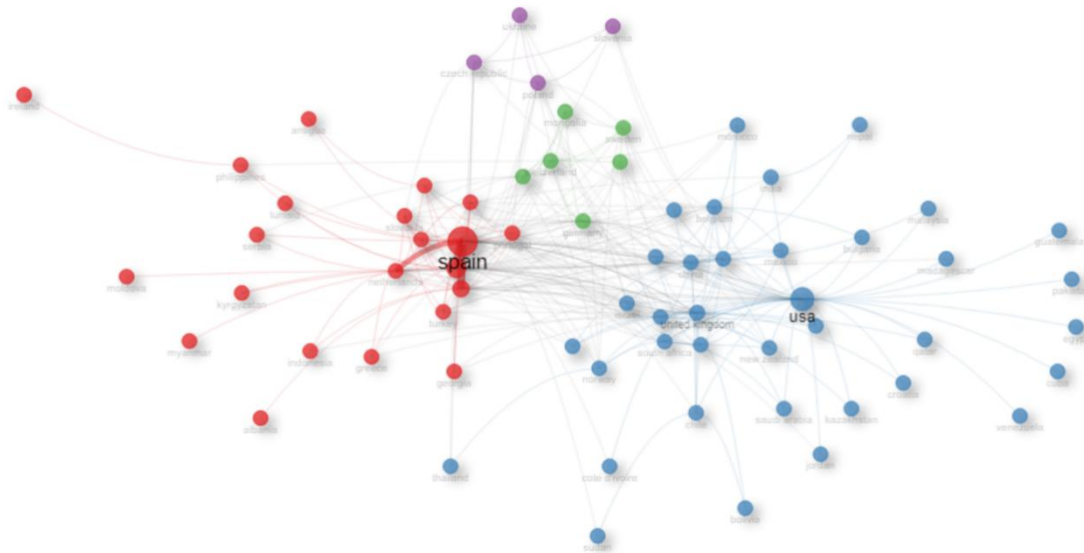
Lebih lanjut, apabila dilihat negara afiliasi penulis, sepuluh besar negara yang muncul adalah negara-negara di benua Eropa, Amerika Utara, Amerika Selatan, Australia, dan Afrika. Negara dengan jumlah publikasi terbesar adalah Spanyol, dengan jumlah 159 naskah yang mencakup 60 naskah dengan seluruh penulis dari negara Spanyol serta 99 naskah dengan kolaborasi internasional. Jumlah tersebut cukup dominan apabila dibandingkan dengan Amerika Serikat yang berada di posisi kedua dengan 119 naskah yang mencakup 90 naskah dengan penulis seluruhnya dari Amerika Serikat dan 29 hasil kolaborasi internasional. Perbedaan yang cukup kontras selanjutnya adalah dengan negara Argentina yang menempati posisi ketiga dengan jumlah total 67 naskah (gambar 3).



Gambar 3. Jumlah publikasi dengan tema vertebrata mikro selama 20 tahun terakhir berdasarkan negara afiliasi penulis. Dalam grafik ini ditampilkan 30 negara dengan jumlah publikasi terbanyak (Sumber: Penulis, 2025).

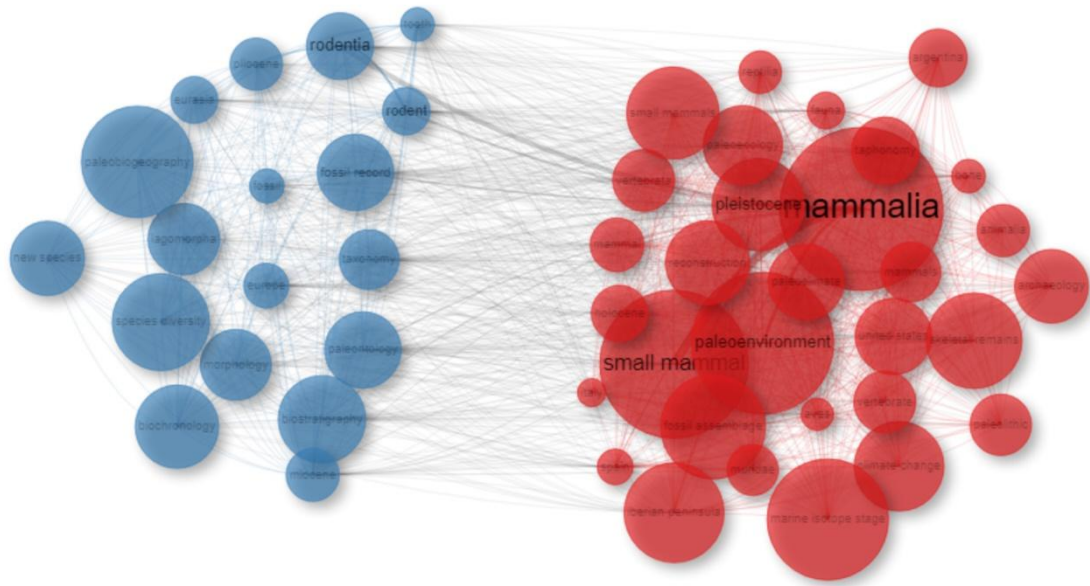
Jumlah publikasi dan pola interaksi tersebut juga tampak pada grafik hasil analisis jejaring kolaborasi (*collaboration networks*) berdasarkan negara (gambar 4). Nodul negara Spanyol memiliki ukuran terbesar yang menunjukkan jumlah publikasi secara umum. Kemudian, nodul Spanyol juga memiliki banyak garis jejaring dengan beberapa garis tebal. Hal ini mengindikasikan jumlah hubungan kolaboratif antara penulis dari Spanyol dengan negara lain, dalam hal ini dengan Prancis, Belanda, dan Italia. Hal yang berbeda terlihat pada nodul negara Amerika Serikat. Meskipun ukurannya masih cukup besar dan juga memiliki banyak garis jejaring, namun tidak

memiliki garis tebal. Hal ini menunjukkan sedikit atau tidak ada kolaborasi yang berulang. Secara umum, jejaring tersebut membentuk dua kluster besar, yaitu kluster Spanyol dan kluster Amerika Serikat. Hal ini juga tergambar melalui warna dalam grafik, yaitu merah untuk kluster Spanyol dan biru untuk kluster Amerika Serikat.

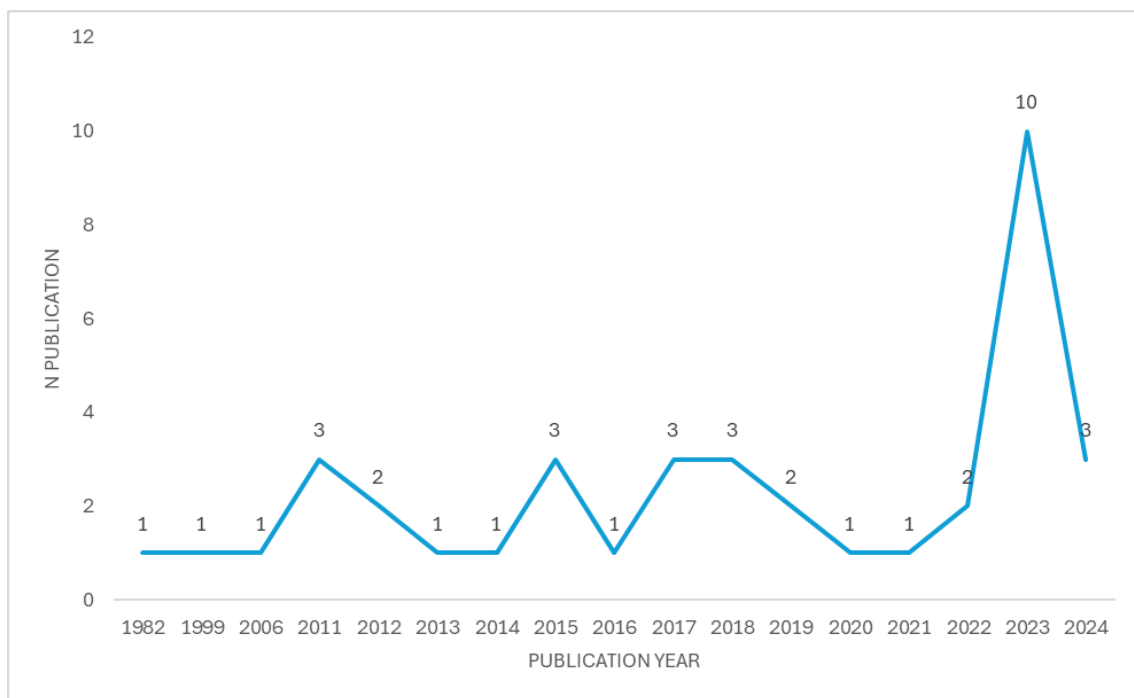


Gambar 4. Hasil *network analysis* pada publikasi dengan tema vertebrata mikro dan negara afiliasi penulis. Tampak 4 kluster dengan warna berbeda yang menunjukkan pola hubungan *coauthorship* dalam penulisan karya. Warna merah merupakan kluster negara Spanyol, biru merupakan kluster negara Amerika Serikat, hijau adalah kluster Jerman dan Swiss, sedangkan ungu merupakan kluster Republik Ceko dan Polandia. Ukuran lingkaran menunjukkan jumlah publikasi dan garis-garis yang terjalin menunjukkan hubungan *coauthorship* antarnegara. Garis tebal menunjukkan hubungan antarnegara yang berulang atau intensif (Sumber: Penulis, 2025).

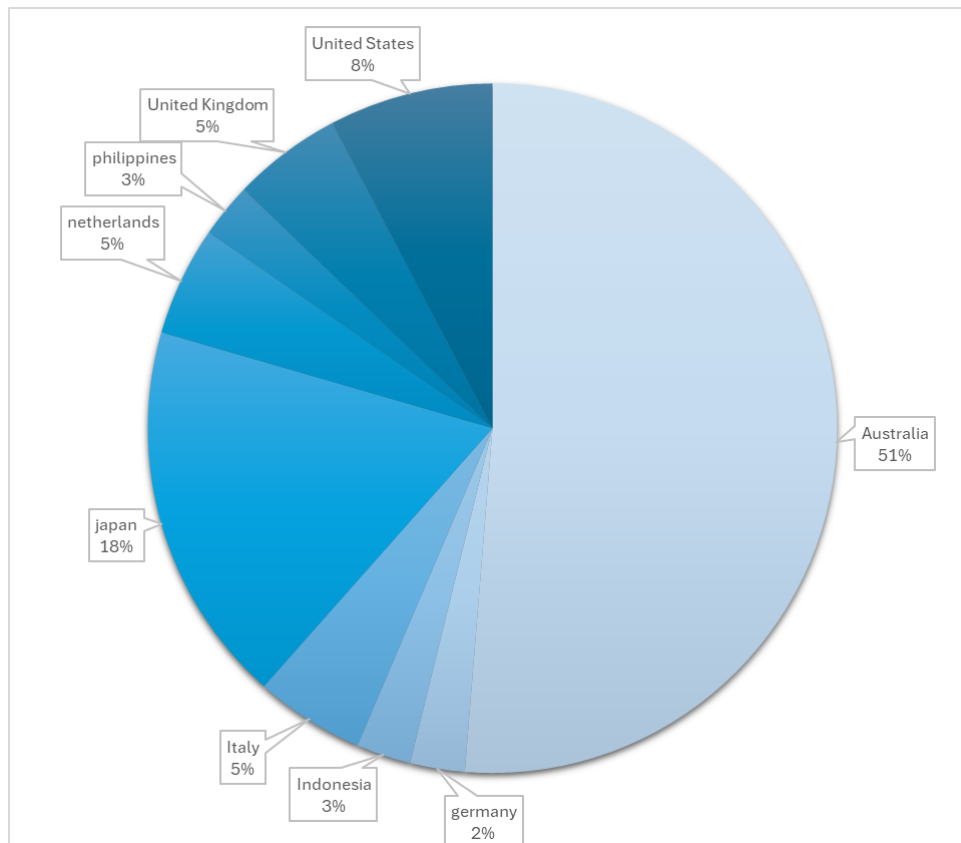
Dalam pemetaan kata atau istilah yang sering muncul baik dalam judul, abstrak, maupun katakunci, dapat dilihat adanya dua kluster besar, yaitu kluster biru dan merah (gambar 5). Pada kluster biru, beberapa istilah muncul dalam lingkaran besar, antara lain adalah “*paleobiogeografi*”, “*species diversity*”, “*biostratigraphy*”, “*biochronology*”, dan “*fossil record*”. Dari istilah-istilah tersebut, dapat dilihat bahwa kluster biru mewakili karya-karya publikasi dengan tema seputar biodiversitas dan distribusi geografisnya. Di sisi lain, dalam kluster merah beberapa istilah yang dominan adalah “*palaeoenvironment*”, “*marine isotope stage*”, “*pleistocene*”, “*paleoecology*”, “*reconstruction*”, dan “*climate changes*”. Hal tersebut mewakili dokumen dengan tema seputar lingkungan purba. Lebih luas, istilah “*archaeology*” dan “*paleolithic*” juga muncul dalam kluster ini. Tidak hanya itu, beberapa istilah geografis seperti “*iberian peninsula*”, “*spain*”, dan “*argentina*” juga muncul. Hal ini mengindikasikan bahwa karya-karya dalam kluster ini juga mencakup interpretasi atas temuan sisa fauna vertebrata mikro. Kata “*mammalia*” dan “*small mammal*” dapat dikesampingkan karena dua istilah tersebut merupakan katakunci yang digunakan pada proses pengumpulan material.



Gambar 5. Hasil analisis kluster terhadap istilah berulang yang terkandung dalam judul, abstrak, dan kata kunci. Terdapat dua kluster yang dapat diidentifikasi, yaitu kluster biodiversitas (warna biru) dan kluster lingkungan purba (warna merah) (Sumber: Penulis, 2025).



Gambar 6. Jumlah publikasi dengan tema vertebrata mikro dengan konteks wilayah Kepulauan Asia Tenggara dari tahun 1982 hingga 2024 (Sumber: Penulis, 2025).



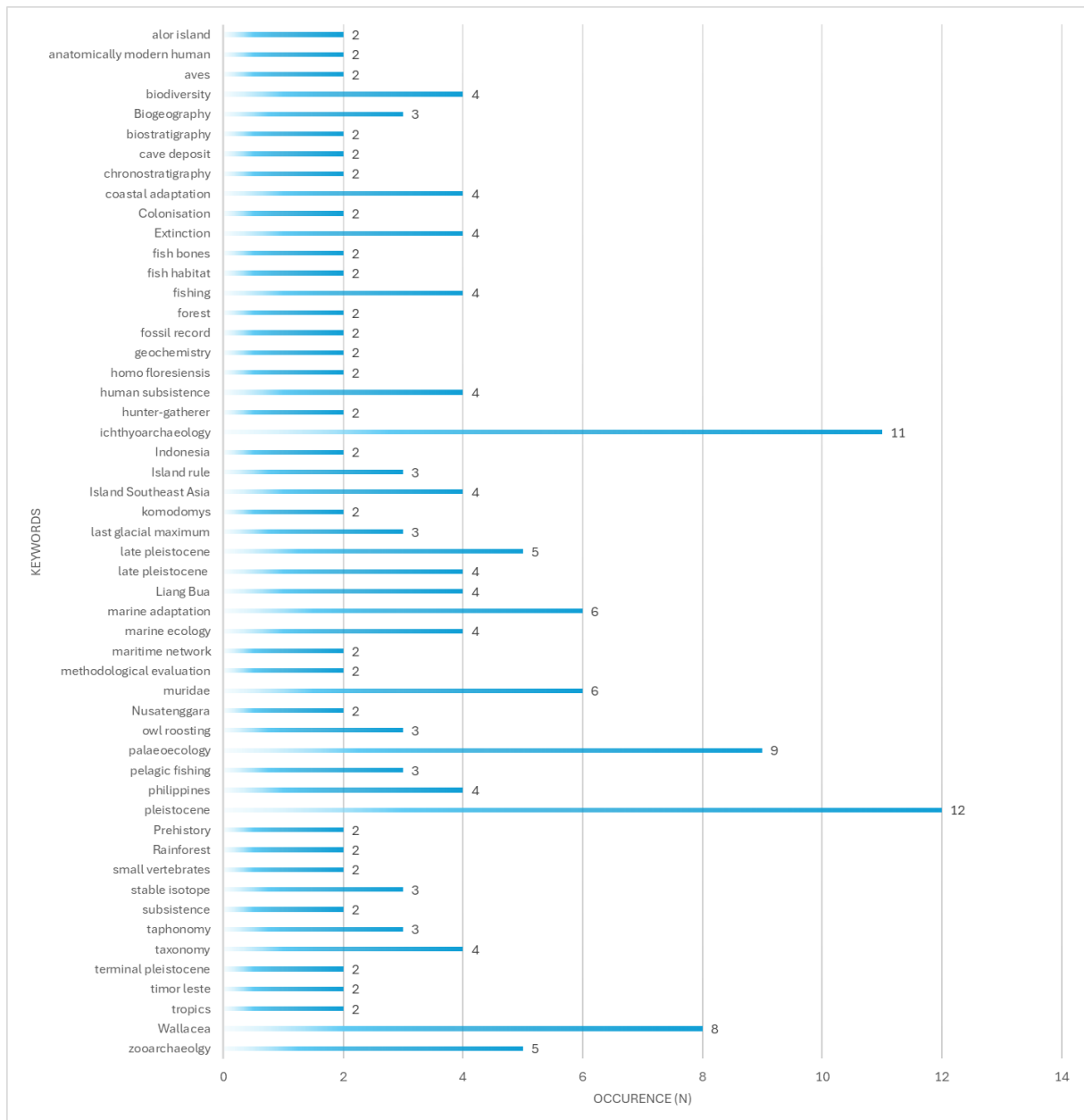
Gambar 7. Perbandingan jumlah publikasi berdasarkan negara afiliasi penulis utama (Sumber: Penulis, 2025).

3.2 Penelitian Vertebrata Mikro di Kepulauan Asia Tenggara

Dalam diskursus global, posisi Indonesia terwakili oleh satu nodul kecil dengan tiga garis jejaring. Satu karya yang terdata mengulas tentang sisa fauna vertebrata berusia Holosen awal dari Goa Seropan, Gunungkidul, D.I. Yogyakarta. Artikel ini ditulis oleh Erik Setiyabudi dkk. (2018). Meskipun demikian, dalam artikelnya, Setiyabudi hanya menyebut istilah mamalia kecil (*small mammals*) untuk mengkorelasikan temuannya dalam konteks temuan fauna Gunungsewu, tidak mendiskusikan vertebrata mikro secara spesifik.

Meskipun demikian, dari penelusuran manual dapat ditemukan setidaknya 39 dokumen terkait penelitian vertebrata mikro dengan konteks wilayah kepulauan Asia Tenggara. Karya-karya mengulas berbagai subjek terkait vertebrata mikro, seperti evaluasi metodologi (Sofia C. Samper Carro, Louys, and O'Connor 2017; Sofia C. Samper Carro et al. 2023), biodiversitas (Louys et al. 2018; Locatelli, Due, van den Bergh, et al. 2012; Ouwendijk et al. 2014; van der Meulen and Musser 1999; Heaney, Piper, and Mijares 2011; Piper et al. 2011; Veatch et al. 2023; Aplin and Helgen 2010; Aplin et al. 2023), lingkungan purba (C. Boulanger et al. 2024; Stimpson 2012), dan interaksi manusia dan lingkungan (Hawkins, O'Connor, and Louys 2019; Kaharudin et al. 2019; Hawkins et al. 2018; O'Connor et al. 2017; Clara Boulanger, Hawkins, et al. 2023; Hawkins et al. 2017; Sofia C Samper Carro et al. 2015; Clara Boulanger, Pawlik, et al. 2023; Clara Boulanger et al. 2019; Clara Boulanger, Ingicco, et al. 2023; Campos 2013). Jumlah tersebut masih relatif rendah meskipun rentang waktu yang digunakan diperpanjang dari tahun 1980an hingga 2024 (gambar 6).

Dalam rentang 1982 hingga 2024, tidak ada pola yang signifikan terhadap jumlah publikasi bertema vertebrata mikro dengan konteks wilayah Kepulauan Asia Tenggara maupun Indonesia. Jumlah publikasi meningkat pada tahun 2011, 2015, 2017, dan 2018, serta mencapai puncaknya pada tahun 2023 (gambar 6). Dalam kurun waktu tersebut, artikel dengan tema vertebrata mikro banyak terkait dengan temuan dari Liang Bua (Louys et al. 2018; Ouwendijk et al. 2014; Locatelli, Due, Van den Bergh, et al. 2012; Locatelli et al. 2015), Filipina (Heaney, Piper, and Mijares 2011; Piper et al. 2011), dan adaptasi maritim di Wallacea (Hawkins et al. 2018; 2017; O'Connor et al. 2019; Hawkins, O'Connor, and Louys 2019; O'Connor, Ono, and Clarkson 2011).



Gambar 8. Hasil pemetaan kata kunci artikel. Dari total 173 kata kunci, hanya kata yang muncul lebih dari satu kali yang ditampilkan (Sumber: Penulis, 2025).

Berdasarkan negara afiliasi penulis utama, dapat dilihat bahwa karya publikasi banyak diterbitkan oleh penulis yang berafiliasi dengan negara Australia, yaitu sebanyak 51% (n: 20). Kemudian jumlah naskah kedua yang terbanyak dipublikasikan oleh penulis yang berafiliasi dengan negara Jepang, yaitu sebanyak 18% (n: 7). Amerika Serikat berada di posisi tiga dengan hanya 8% (n: 3) dokumen yang diterbitkan oleh penulis yang berafiliasi dengan negara ini (gambar 7).

Selain pemetaan tahun terbit dan negara afiliasi penulis, dilakukan pula pemetaan kata kunci artikel. Sebanyak 179 kata dipetakan, dan dapat dilihat ada beberapa kata kunci yang dipakai secara berulang dalam beberapa naskah. Kata “*Pleistocene*” muncul dengan frekuensi terbanyak, hingga 12 kali, “*ichthyoarchaeology*” muncul sebanyak 11 kali, “*palaeoecology*” dan “*Wallacea*” muncul sebanyak 9 dan 8 kali, “*Muridae*” dan “*marine adaptation*” sebanyak 6 kali, serta “*zooarchaeology*” sebanyak 5 kali (gambar 8).

4 Diskusi

Sisa vertebrata mikro, dalam konteks wilayah Kepulauan Asia Tenggara atau Indonesia secara spesifik, sering terabaikan. Hal ini terlihat dari sedikitnya jumlah publikasi yang secara spesifik mengulas sisa vertebrata mikro. Hanya 39 naskah publikasi dalam kurun waktu lebih dari 40 tahun. Hal ini kontras dengan jumlah publikasi global yang mencapai lebih dari 1.000 naskah hanya dalam kurun waktu 20 tahun.

Perkembangan penelitian sisa fauna vertebrata mikro di Indonesia mulai berkembang kurang dari 20 tahun terakhir, dengan jumlah terbitan di bawah 5 artikel per tahun. Beberapa di antaranya dapat dikaitkan dengan penemuan *Homo floresiensis* di Liang Bua (Brown et al. 2004) yang juga menghasilkan himpunan sisa fauna yang cukup banyak. Hal ini terlihat dari beberapa artikel yang terbit pada kurun waktu tersebut memiliki asosiasi dengan Liang Bua. Selain itu, tampaknya penelitian lain yang turut memiliki andil dalam perkembangan topik ini adalah penelitian di wilayah Wallacea oleh kelompok peneliti dari Australia. Dua kelompok penelitian tersebut selaras dengan kata kunci yang muncul secara dominan, seperti *Wallacea* dan Liang Bua.

Kata kunci yang dominan, yaitu *ichthyoarchaeology* atau penelitian ikan dalam konteks arkeologi, juga tidak terlepas dari penelitian di wilayah Wallacea oleh kelompok peneliti yang berafiliasi dengan lembaga dari Australia. Penelitian-penelitian tersebut banyak mengungkap pola adaptasi manusia pada lingkungan maritim, termasuk pemanfaatan sumberdaya perairan berupa ikan dan fauna nonvertebrata lain. Salah satu hasil penelitian yang menunjukkan hal tersebut ditulis oleh Sue O'Connor (2011). Artikel ini mengungkapkan kemampuan manusia pada 42.000 tahun lalu untuk memanfaatkan sumberdaya maritim dari perairan lepas. Hal ini ditunjukkan dengan himpunan sisa ikan pelagis serta artefak mata kail yang ditemukan dari situs Jerimalai, Timor Leste. Material yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari ekskavasi yang menggunakan proses pengayakan basah (*wet sieving*) dengan ukuran ayakan 1,5mm. Kemudian, sisa ikan yang diperoleh diidentifikasi secara taksonomi dan dihitung kelimpahannya (*minimum number of individual* (MNI) dan *number of identified specimen present* (NISP)). Bukti adaptasi manusia pada lingkungan maritim juga diperoleh dari beberapa situs lain di Pulau Timor, antara lain Gua Laili (44,6 – 11,7 Ka) dan Matja Kuru 2 (40 ka – Holosen) (Clara Boulanger, Hawkins, et al. 2023); situs Bubog I, Bubog II, dan Gua Bilat (30 ka); serta dari Pulau Batanes (Clara Boulanger, Ingicco, et al. 2023), Filipina periode Neolitik (Campos 2013).

Selain itu, artikel yang telah mengulas temuan vertebrata-vertebrata mikro untuk rekonstruksi lingkungan purba di wilayah Kepulauan Asia Tenggara bersumber dari material Gua Niah (Kalimantan, Serawak) (Stimpson 2012). Dalam publikasi ini, Stimpson melakukan identifikasi taksonomi sisa kelelawar serta mengidentifikasi habitat dari setiap taksa tersebut. Hasilnya, didapatkan bahwa dalam kurun waktu 48 – 0,35 ka, jenis kelelawar yang hidup di sekitar Gua Niah didominasi oleh kelelawar yang terbang di area interior dari hutan hujan tropis (kelelawar strategi 1). Ini memperkuat rekonstruksi lingkungan yang sudah ada sebelumnya karena merepresentasikan distribusi hutan hujan tropis di lingkup kecil di sekitar situs selama periode Pleistosen akhir hingga Holosen, termasuk melewati masa glasial terakhir (*Last Glacial Maximum*).

Pada aspek substansi yang diteliti, berbagai subjek terkait sisa fauna vertebrata mikro telah disentuh, dari aspek biodiversitas, proses pembentukan data, serta interaksi lingkungan dan manusia. Secara kronologis, penelitian di bidang ini berkembang dalam bentuk kritik metodologis maupun dalam peningkatan keragaman tema. Hal ini terlihat dari jumlah hasil penelitian berupa identifikasi taksonomis yang banyak pada periode sebelum 2010 dan tema-tema lain pada periode setelahnya. Namun demikian, tampaknya penelitian komprehensif masih sangat mungkin untuk dikembangkan melihat terbatasnya jumlah riset dalam bidang ini.

Sedikitnya jumlah riset tentang sisa vertebrata mikro dari konteks arkeologi di Indonesia salah satunya terkait dengan metode pengumpulan data (*recovery*) yang tidak ditujukan untuk mengumpulkan sisa vertebrata mikro. Seringkali proses ekskavasi, terutama dalam pengangkatan temuan, dilakukan oleh tim lapangan dengan cara *handpicking* atau dipungut menggunakan tangan secara langsung dari kotak ekskavasi. Temuan ekskavasi diperoleh secara terbatas pada kemampuan personal penggali untuk melihat temuan di lapangan. Hal ini meningkatkan kemungkinan kehilangan temuan karena terlepas dari pengamatan personel. Terkait dengan metode perolehan material, penggunaan metode pengayakan basah dengan saringan bertingkat merupakan kebutuhan untuk memperoleh sisa fauna mikro (Daams and Freudenthal 1988). Persoalan ini juga digarisbawahi oleh Algifary dkk. (2023) yang berhasil memperoleh sekitar 10.000 spesimen tulang ikan dari Situs Kuta Baginda (Kalimantan Timur) melalui proses pengayakan basah menggunakan ukuran saringan 6,35 mm.

Permasalahan lain yang terkait dengan terbatasnya penelitian sisa fauna vertebrata mikro adalah kompleksitas karakter osteologis dan metodologis pada beberapa taxon. Samper Carro dkk. (2017) mengungkapkan persoalan ini pada analisis sisa ikan dari konteks arkeologis. Sebagai salah satu sumberdaya penyokong utama kehidupan

dalam lingkungan maritim seperti Kepulauan Asia Tenggara, sisa ikan merupakan temuan penting yang perlu dilihat dari konteks arkeologi. Namun demikian keragaman taksonomis serta variasi intra-spesies yang tinggi menjadikan proses analisis tidak mudah. Secara tradisional, analisis temuan ikan dari konteks arkeologis hanya menggunakan beberapa komponen anatomis ikan, sebagian besar berada di bagian kepala. Di sisi lain, komponen *postcranial* merupakan temuan dominan dalam konteks stratigrafi. Hal ini meningkatkan kemungkinan metode tradisional menghasilkan interpretasi yang tidak tepat, salah satunya dikarenakan terbatasnya temuan yang dianalisis. Alternatif metode yang diulas adalah melihat seluruh temuan, baik komponen kepala atau *cranial* maupun *postcranial*. Dengan menggunakan metode ini, interpretasi yang diperoleh menjadi berbeda cukup signifikan dengan jumlah spesimen yang dianalisis jauh lebih banyak. Interpretasi faktor manusia dalam akumulasi sisa ikan menjadi lebih kuat dengan metode ini. Namun demikian, dengan mengidentifikasi seluruh temuan, yang seringkali berjumlah sangat besar, memakan waktu cukup banyak.

Tantangan dalam melakukan analisis dan interpretasi juga ada pada himpunan vertebrata mikro dari kelas taksonomi lain. Sisa tulang reptil, burung, dan mamalia mikro yang jamak ditemukan dalam konteks arkeologis memunculkan pertanyaan siapa yang menjadi agen akumulasinya (Andrews 1990; Fernández-Jalvo 2011; Scott, Fernandez-Jalvo, and Denys 1996; Fernández-Jalvo et al. 2016). Akumulasi sisa dari beberapa jenis fauna dalam kelompok ini dapat terkait baik dengan keberadaan manusia maupun predator non manusia. Hawkins dkk. (2018) mengidentifikasi burung hantu (*Tyto alba*) menjadi akumulator utama himpunan sisa vertebrata mikro di situs Tron Bon Lei (Alor, Indonesia). Hal ini dilihat dari jejak modifikasi permukaan tulang berupa korosi karena enzim pencernaan predator. Keberadaan jejak manusia pada himpunan fauna dikatakan tidak banyak, yaitu berupa perubahan warna tulang karena pembakaran. Di situs lain, yaitu di Gua Laili (Timor Leste), Hawkins dkk. (2019) juga mengidentifikasi bahwa burung predator merupakan akumulator utama dari himpunan tulang unggas. Hal ini tercermin dari statistik temuan yang didominasi jenis burung berukuran kecil seperti puyuh dan burung pengicau serta jejak modifikasi permukaan tulangnya. Faktor manusia dalam akumulasi sisa burung masih dapat dilihat pada sebagian spesimen dari jenis unggas yang lebih besar seperti dara dan bebek.

Secara cukup komprehensif, Samper Carro (2023) mengulas himpunan temuan sisa vertebrata mikro dari situs Matja Kuru 2 (Timor Leste) dari aspek tafonomi untuk mengidentifikasi agen yang terlibat dalam akumulasinya. Perhitungan terhadap representasi elemen anatomis, profil usia kematian, fragmentasi tulang, serta modifikasi permukaan tulang digunakan dalam kajian ini. Dari penelitian ini, diketahui bahwa relasi antara predator dan pola akumulasi sisa fauna beragam dan terkait pada taksa mangsanya. Akumulasi sisa tikus raksasa sebagai contoh, manusia menjadi agen yang dominan ketika terdapat banyak individu tikus raksasa berusia dewasa. Namun demikian, jika sisa tikus raksasa diidentifikasi banyak berusia muda, burung pemangsa secara konsisten terlibat dalam akumulasi, meskipun manusia juga masih menjadi agen yang signifikan. Pada reptil, seperti kura-kura air tawar, secara sekilas manusia dapat menjadi akumulator utama. Akan tetapi, apabila dilihat lebih detail pada jejak modifikasi tulang, predator non manusia juga dapat terlibat dalam proses akumulasinya.

Terlepas dari tantangan yang ada dalam penelitian sisa fauna vertebrata mikro, terdapat peluang pengembangan yang cukup baik di Indonesia. Beberapa artikel yang telah disebutkan sebelumnya yang mengulas temuan sisa vertebrata mikro dari wilayah Wallacea menunjukkan bahwa sisa vertebrata mikro banyak ditemukan dari konteks arkeologis. Jumlah spesimen bertambah secara signifikan ketika pengayakan sedimen digunakan dalam proses ekskavasi (*recovery process*).

Selain itu, potensi temuan juga dapat dilihat dari koleksi dari situs arkeologi di Jawa. Dari pegunungan karst Rembang bagian barat, setidaknya terdapat dua situs yang telah teridentifikasi memiliki sisa fauna vertebrata mikro, yaitu Gua Kidang (Blora) dan Gua Bedug (Rembang). Pada Gua Kidang, situs yang berusia sekitar 7.000 – 9.600 BP (Nurani and Hascaryo 2012), terdapat setidaknya 348 spesimen vertebrata mikro yang mencakup kelas mamalia, reptil, aves, serta ikan bertulang (Hidayatullah 2018). Kemudian, dari Gua Bedug, yang juga diperkirakan berusia pertengahan Holosen, terdapat 202 spesimen mamalia mikro yang mencakup 9 taksa (Arjanto and Wibowo 2022). Di sisi lain, dari beberapa situs di Gunungsewu, sisa fauna vertebrata mikro juga telah teridentifikasi, antara lain 401 spesimen dari Song Gupuh (Morwood et al. 2008), 665 spesimen dari Song Terus (Ansyori 2010; Simanjuntak 2002), serta 664 spesimen dari Gua Braholo (Amano et al. 2016). Hingga saat ini belum ada publikasi yang mengulas secara spesifik koleksi-koleksi vertebrata mikro tersebut.

Peluang penelitian yang dapat dilakukan dengan potensi temuan vertebrata mikro yang cukup besar dari situs-situs arkeologi di Indonesia khususnya dapat mencakup beberapa aspek. Pada aspek dasar, yaitu biodiversitas, identifikasi taksonomis dapat dilakukan untuk melihat keragaman biologis suatu area pada masa lalu. Hal ini terkait dengan kondisi ekologi area tersebut pada waktu deposisi. Pengetahuan akan paleobiodiversitas ini dapat menjadi informasi untuk melihat daya dukung lingkungan terhadap kehidupan manusia. Hal ini dapat terkait dengan sumberdaya yang mungkin dimanfaatkan oleh manusia pada konteks waktu tersebut.

Dalam aspek metodologis, penelitian sisa fauna vertebrata mikro dapat mengaplikasikan berbagai metode. Pengamatan morfologi dan morfometri merupakan metode dasar yang dapat digunakan. Selain itu, metode analisis tafonomi secara makroskopis, mikroskopis, maupun dengan karakterisasi unsur kimia juga dapat diaplikasikan untuk melihat proses akumulasi sisa fauna vertebrata mikro. Terkait hal ini, selain untuk mengantisipasi bias akumulasi dalam interpretasi material, informasi mengenai kondisi lingkungan saat sisa fauna terdeposit dapat diperoleh (Fernández-Jalvo 2011; Fernández-Jalvo et al. 2016; Scott, Fernandez-Jalvo, and Denys 1996; Andrews 1990; 2006; Andrews and Evans 1979). Selain itu, pendekatan geokimia seperti analisis isotop stabil seperti O^{18} , C^{13} , N^{15} , Sr^{87} , dan Sr^{86} juga dapat dilakukan untuk berbagai tujuan, seperti mengidentifikasi iklim, habitat, tingkatan tropik dalam rantai makanan, serta melacak pola migrasi (antara lain lihat Boulanger dkk., 2024; Fernández-García, 2019; Guiserix dkk., 2022). Terkait dengan tantangan identifikasi taksonomis menggunakan metode tradisional seperti pengamatan morfologi dan morfometri, pengaplikasian metode baru seperti *zooarchaeology mass spectrometry* (ZooMS) juga dapat dilakukan (Richter et al. 2022; Codlin, Douka, and Richter 2022; Brandt, Haase, and Collins 2018; Sinet-Mathiot 2019). Hal ini tentu akan berdampak positif dalam perkembangan ilmu pengetahuan prasejarah secara umum.

Lebih jauh, penelitian sisa fauna vertebrata mikro dari konteks arkeologi dapat pula berkontribusi pada praktik-praktik terkait isu kontemporer. Data yang diperoleh dari penelitian etnoarkeologi terkait adaptasi suku aborigin Australia dengan lingkungan maritim, sebagai contoh, dapat diintegrasikan dengan kebijakan konservasi biodiversitas laut yang rentan seperti ikan Kod Murray. Tidak hanya itu, pengetahuan tentang evolusi lingkungan berdasarkan rekaman arkeologis biodiversitas ikan juga telah berkontribusi pada pengelolaan spesies ikan tuna berupa penetapan jadwal dan metode penangkapannya (Shamsi, Williams, and Mansourian 2020; Jeffery 2013; Noble et al. 2016). Langkah-langkah positif dalam pengelolaan sumberdaya maritim di wilayah Pasifik ini tentu dapat pula diimplementasikan di wilayah Asia Tenggara, khususnya Indonesia.

5 Kesimpulan

Penelusuran literatur yang telah dilakukan menunjukkan adanya kesenjangan jumlah penelitian dalam subjek sisa fauna vertebrata mikro di wilayah Kepulauan Asia Tenggara. Perkembangan penelitian pada subjek ini yang sudah signifikan di tingkat global dan banyak didiskusikan oleh kelompok peneliti di Eropa, belum tampak di Kepulauan Asia Tenggara. Beberapa publikasi dapat ditemukan untuk penelitian sisa fauna vertebrata mikro dengan lokasi Kepulauan Asia Tenggara. Meskipun demikian, terdapat potensi yang tinggi untuk mengembangkan subjek penelitian ini. Ekskavasi-eksavasi arkeologi yang telah dilakukan di beberapa situs di Kepulauan Asia Tenggara telah menghasilkan koleksi vertebrata mikro dengan jumlah yang cukup signifikan. Penelitian pada subjek ini dapat berkontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan prasejarah di Asia Tenggara, terutama dalam aspek rekonstruksi lingkungan, evolusi lingkungan, serta evolusi budaya. Oleh karena itu, melihat bagaimana fauna vertebrata mikro dapat bermanfaat, peluang pengembangan penelitian sisa fauna vertebrata mikro masih terbuka.

Meskipun demikian, penelitian sisa fauna vertebrata mikro dari deposit arkeologi perlu memperhatikan penggunaan metode yang sistematis. Proses perolehan data (*recovery*) perlu dilakukan dengan menggunakan metode pengayakan kering dan basah menggunakan saringan bertingkat. Dalam tahap identifikasi dan analisis, metode kualitatif dan kuantitatif perlu diaplikasikan secara integratif. Hal ini guna memperoleh data yang baik serta interpretasi yang akurat. Keragaman biologis di wilayah Asia Tenggara menjadi tantangan tersendiri dalam penelitian semacam ini. Dengan demikian, kolaborasi perlu dibangun untuk mendukung riset interdisiplin maupun untuk membangun jejaring internasional, khususnya dalam skala regional Asia Tenggara. Kolaborasi ini penting untuk menjadikan penelitian-penelitian yang berkualitas dan bermanfaat. Tidak hanya itu, pelatihan dan pendidikan untuk generasi berikutnya juga perlu menjadi perhatian untuk pengembangan bidang penelitian ini. Dengan demikian, bidang penelitian sisa fauna vertebrata mikro dari konteks arkeologi ini dapat terus bermanfaat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada panitia Konferensi Nasional Prasejarah Indonesia tahun 2024 serta tim editorial Kalpataru atas dukungannya untuk mempublikasikan gagasan ini. Kami juga mengucapkan reviewer atas evaluasi dan perbaikan untuk naskah ini. Dengan demikian, diharapkan gagasan ini dapat berguna dalam perkembangan ilmu pengetahuan prasejarah di Indonesia.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Kajian dalam proses penulisan naskah ini tidak menggunakan pendanaan dari sumber selain penulis. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan atas kajian dan naskah ini.

Daftar Pustaka

- Algifary, Muhammad Abizar, Mahirta, and Anggraeni. 2023. 'Manfaat Metode Pengayakan Basah Bagi Analisis Fauna Dari Situs Kuta Baginda, Kalimantan Timur'. *Naditira Widya* 17 (1): 39–56. <https://doi.org/10.24832/nw.v17i1.523>.
- Amano, Noel, Anne-Marie Moigne, Thomas Ingicco, François Sémah, Rokus Due Awe, and Truman Simanjuntak. 2016. 'Subsistence Strategies and Environment in Late Pleistocene–Early Holocene Eastern Java: Evidence from Braholo Cave'. *Quaternary International* 416 (September): 46–63. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.072>.
- Andrews, Peter. 1990. *Owls, Caves and Fossils*. London: British Museum (Natural History) and University of Chicago Press.
- . 2006. 'Taphonomic Effects of Faunal Impoverishment and Faunal Mixing'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 241 (3–4): 572–89. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.04.012>.
- Andrews, Peter, and E M Nesbit Evans. 1979. 'Patterns of Ecological Diversity in Fossil and Modern Mammalian Faunas'. *Biological Journal of the Linnean Society* 11 (2): 177–205. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1979.tb00034.x>.
- Ansyori, Mohammad Mirza. 2010. 'Fauna from The Oldest Occupation Layer in Song Terus Cave, Eastern Java, Indonesia: Biochronological Significance of Terus Layer'. *Muséum National d'Histoire Naturelle. Master Erasmus Mundus En Quaternaire et Préhistoire*.
- Aplin, K. P., Tim F. Flannery, boeadi Boeadi, Pierre-Henri Fabre, and Kristofer M. Helgen. 2023. 'Two New Species of Halmaheramys (Murinae: Rattini) from Archaeological Deposits on Morotai Island, North Moluccas, Indonesia'. *Records of the Australian Museum* 75 (5): 719–39. <https://doi.org/10.3853/j.2201-4349.75.2023.1785>.
- Aplin, K. P., and K. M. Helgen. 2010. 'Quaternary Murid Rodents of Timor Part I: New Material of Coryphomys Buehleri Schaub, 1937, and Description of a Decond Species of the Genus'. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 2010 (341): 1–80. <https://doi.org/10.1206/692.1>.
- Aria, Massimo, and Corrado Cuccurullo. 2017. 'Bibliometrix: An R-Tool for Comprehensive Science Mapping Analysis'. *Journal of Informetrics* 11 (4): 959–75. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2017.08.007>.
- Arjanto, Dama Q., Mónica Fernández-García, Juan Manuel López-García, and Josep Maria Vergés. 2023. 'The End of Late Glacial in North-Eastern Iberia: The Small Mammal Assemblage from Cudó Cave (Mont-Ral, Tarragona)'. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 114 (1–2): 21–33. <https://doi.org/10.1017/S1755691022000202>.
- Arjanto, Dama Q., and Hari Wibowo. 2022. 'Small Mammal Remains Analysis in Indonesia: An Insight From Gua Bedug (Rembang, Indonesia)'. Chiang Mai.
- Badoux, D.M. 1959. 'Fossil Mammals from Two Fissure Deposits at Punung'. Utrecht University.
- Bennàsar, Maria, Isabel Cáceres, and Gloria Cuenca-Bescós. 2016. 'Paleoecological and Microenvironmental Aspects of the First European Hominids Inferred from the Taphonomy of Small Mammals (Sima Del Elefante, Sierra de Atapuerca, Spain)'. *Comptes Rendus - Palevol* 15 (6): 635–46. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2015.07.006>.
- Bergh, Gert D. van den, John De Vos, and Paul Y. Sondaar. 2001. 'The Late Quaternary Palaeogeography of Mammal Evolution in the Indonesian Archipelago'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171 (3–4): 385–408. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00255-3](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00255-3).
- Blain, Hugues Alexandre, Salvador Bailon, Gloria Cuenca-Bescós, Juan Luis Arsuaga, José Maria Bermúdez de Castro, and Eudald Carbonell. 2009. 'Long-Term Climate Record Inferred from Early-Middle Pleistocene Amphibian and Squamate Reptile Assemblages at the Gran Dolina Cave, Atapuerca, Spain'. *Journal of Human Evolution* 56 (1): 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.020>.
- Boulanger, C., P. Roberts, M. Lucas, T. Ingicco, S. O'Connor, R. Ono, and A. M. Sémah. 2024. 'Stable Isotope Variation in East and Southeast Asian Marine Ecosystems and Its Relevance for Archaeological Analysis'. *Environmental Archaeology*, May, 1–18. <https://doi.org/10.1080/14614103.2024.2352666>.

- Boulanger, Clara, Stuart Hawkins, Ceri Shipton, Thomas Ingicco, Anne-Marie Sémah, Sofia Samper Carro, and Sue O'Connor. 2023. 'Inland Fishing by Homo Sapiens during Early Settlement of Wallacea'. *Frontiers in Environmental Archaeology* 2 (July). <https://doi.org/10.3389/fearc.2023.1201351>.
- Boulanger, Clara, Thomas Ingicco, Philip J. Piper, Noel Amano, Sandrine Grouard, Rintaro Ono, Stuart Hawkins, and Alfred F. Pawlik. 2019. 'Coastal Subsistence Strategies and Mangrove Swamp Evolution at Bubog I Rockshelter (Ilin Island, Mindoro, Philippines) from the Late Pleistocene to the Mid-Holocene'. *The Journal of Island and Coastal Archaeology* 14 (4): 584–604. <https://doi.org/10.1080/15564894.2018.1531957>.
- Boulanger, Clara, Thomas Ingicco, Anne Marie Sémah, Stuart Hawkins, Rintaro Ono, Marian C. Reyes, and Alfred Pawlik. 2023. '30,000 Years of Fishing in the Philippines: New Ichthyoarchaeological Investigations in Occidental Mindoro'. *Journal of Archaeological Science: Reports* 52 (December): 104222. <https://doi.org/10.1016/J.JASREP.2023.104222>.
- Boulanger, Clara, Alfred Pawlik, Sue O'Connor, Anne-Marie Sémah, Marian C. Reyes, and Thomas Ingicco. 2023. 'The Exploitation of Toxic Fish from the Terminal Pleistocene in Maritime Southeast Asia: A Case Study from the Mindoro Archaeological Sites, Philippines'. *Animals* 13 (13): 2113. <https://doi.org/10.3390/ani13132113>.
- Brandt, Luise Ørsted, Kirstine Haase, and Matthew J Collins. 2018. 'Species Identification Using ZooMS, with Reference to the Exploitation of Animal Resources in the Medieval Town of Odense'. *Danish Journal of Archaeology*. Det Kgl. Bibliotek/Royal Danish Library. <https://doi.org/10.1080/21662282.2018.1468154>.
- Brown, P., T. Sutikna, M. J. Morwood, R. P. Soejono, Jatmiko, E. Wayhu Saptomo, and Rokus Awe Due. 2004. 'A New Small-Bodied Hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia'. *Nature* 431 (7012): 1055–61. <https://doi.org/10.1038/nature02999>.
- Campos, Fredeliza. 2013. 'Ichthyoarchaeological Investigation of Neolithic to Recent Fishing Practices in the Batanes Islands'. In *4000 Years of Migration and Cultural Exchange (Terra Australis 40): The Archaeology of the Batanes Islands, Northern Philippines*, edited by Peter Bellwood and Eusebio Dizon. Canberra: ANU Press. <https://doi.org/10.22459/TA40.12.2013.11>.
- Codlin, Maria C., Katerina Douka, and Kristine K. Richter. 2022. 'An Application of Zooms to Identify Archaeological Avian Fauna From'. *Journal of Archaeological Science* 148 (October): 105692. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105692>.
- Daams, R., and M Freudenthal. 1988. 'Synopsis of the Dutch-Spanish Collaboration Program in the Aragonian Type Area 1975-1986'. *Scripta Geologica Special* (1): 3–18.
- Dam, Jan A. Van, Hayfaa Abdul Aziz, M. Ángeles Álvarez Sierra, Frederik J. Hilgen, Lars W. Van Den Hoek Ostende, Lucas J. Lourens, Pierre Mein, Albert J. Van Der Meulen, and Pablo Pelaez-Campomanes. 2006. 'Long-Period Astronomical Forcing of Mammal Turnover'. *Nature* 443 (7112): 687–91. <https://doi.org/10.1038/nature05163>.
- Fernández-García, Mónica. 2019. 'Late Pleistocene Palaeoenvironmental Reconstruction of Northeastern Iberia: Taxonomic, Taphonomic and Isotopic Approach Based on Small-Mammal Assemblages'. Università degli Studi di Ferrara.
- Fernández-Jalvo, Yolanda. 2011. 'Taphonomy in Palaeoecological Interpretations'. *Quaternary Science Reviews* 30 (11): 1296–1302. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.07.022>.
- Fernández-Jalvo, Yolanda, Peter Andrews, Christiane Denys, Carmen Sesé, Emmanuelle Stoetzel, Dolores Marin-Monfort, and Dolores Pesquero. 2016. 'Taphonomy for Taxonomists: Implications of Predation in Small Mammal Studies'. *Quaternary Science Reviews* 139:138–57. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.03.016>.
- Franzen, Jens. 1983. 'G. H. R. von Koenigswald and Asia—An Obituary'. *Asian Perspectives* 25 (2): 43–51. <https://www.jstor.org/stable/42928084>.
- Galán, Julia, Carmen Núñez-Lahuerta, Juan Manuel López-García, and Gloria Cuenca-Bescós. 2019. 'Did Humans Disturb Bats? Exploring the Hominin-Chiropter Interactions in the Sierra de Atapuerca Sites (Early to Middle Pleistocene, Spain)'. *Quaternary Science Reviews* 226. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106018>.

- Geer, Alexandra A.E. van der, George A. Lyras, and Rebekka Volmer. 2018. 'Insular Dwarfism in Canids on Java (Indonesia) and Its Implication for the Environment of Homo Erectus during the Early and Earliest Middle Pleistocene'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 507 (October):168–79. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.07.009>.
- Guiserix, Danaé, Emmanuelle Albalat, Henriette Ueckermann, Priyanka Davechand, Linda M. Iaccheri, Grant Bybee, Shaw Badenhorst, and Vincent Balter. 2022. 'Simultaneous Analysis of Stable and Radiogenic Strontium Isotopes in Reference Materials, Plants and Modern Tooth Enamel'. *Chemical Geology* 606 (September):121000. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMGEO.2022.121000>.
- Hawkins, Stuart, Sue O'Connor, and Julien Louys. 2019. 'Taphonomy of Bird (Aves) Remains at Laili Cave, Timor-Leste, and Implications for Human-Bird Interactions during the Pleistocene'. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 (12): 6325–37. <https://doi.org/10.1007/s12520-017-0568-4>.
- Hawkins, Stuart, Sue O'Connor, Tim Ryan Maloney, Mirani Litster, Shimona Kealy, Jack N. Fenner, Ken Aplin, et al. 2017. 'Oldest Human Occupation of Wallacea at Laili Cave, Timor-Leste, Shows Broad-Spectrum Foraging Responses to Late Pleistocene Environments'. *Quaternary Science Reviews* 171:58–72. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.07.008>.
- Hawkins, Stuart, Sofia C. Samper Carro, Julien Louys, Ken Aplin, Sue O'Connor, and Mahirta. 2018. 'Human Palaeoecological Interactions and Owl Roosting at Tron Bon Lei, Alor Island, Eastern Indonesia'. *Journal of Island and Coastal Archaeology* 13 (3): 371–87. <https://doi.org/10.1080/15564894.2017.1285834>.
- Heaney, Lawrence R., Philip J. Piper, and Armand S. B. Mijares. 2011. 'The First Fossil Record of Endemic Murid Rodents from the Philippines: A Late Pleistocene Cave Fauna from Northern Luzon'. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 124 (3): 234–47. <https://doi.org/10.2988/10-32.1>.
- Hidayatullah, Ghuftron. 2018. 'Analisis Tulang Fauna Vertebrata Dari Di Situs Gua Kidang, Blora, Jawa Tengah'. *Paradigma, Jurnal Kajian Budaya* 7 (2): 182. <https://doi.org/10.17510/paradigma.v7i2.170>.
- Hooijer, D.A. 1947. 'On Fossil and Prehistoric Remains of Tapirus from Java, Sumatra and China'. *Zoologische Verhandelingen* 27 (2): 253–99. <https://www.repository.naturalis.nl/document/149527>.
- . 1960. 'Quaternary Gibbons from the Malay Archipelago'. *Zoologische Verhandelingen* 46:1–44.
- . 1964. 'New Records of Mammals from the Middle Pleistocene of Sangiran, Central Java'. *Zoologische Mededelingen* 40 (10): 73–88. <http://www.repository.naturalis.nl/record/318494%5Cnhttp://www.repository.naturalis.nl/document/149780>.
- . 1970. 'Pleistocene South-East Asiatic Pygmy Stegodonts'. *Nature* 225:474–75. <http://www.mendeley.com/research/discreteness-conductance-chnge-n-bimolecular-lipid-membrane-presence-certin-antibiotics/>.
- Ingicco, T. 2012. 'Les Primates Quaternaires de Song Terus (Java Est, Indonésie): Implications Paléobiogéographiques et Archéozoologiques Pour l'Asie Du Sud-Est'. *Bulletins et Mémoires de La Société d'anthropologie de Paris* 24 (3–4): 199–203. <https://doi.org/10.1007/s13219-012-0067-1>.
- Jeffery, Bill. 2013. 'Reviving Community Spirit: Furthering the Sustainable, Historical and Economic Role of Fish Weirs and Traps'. *Journal of Maritime Archaeology* 8 (1): 29–57. <https://doi.org/10.1007/s11457-013-9106-4>.
- Kaharudin, Hendri A.F., Mahirta, Shimona Kealy, Stuart Hawkins, Clara Boulanger, and Sue O'Connor. 2019. 'Human Foraging Responses to Climate Change Here Sorot Entapa Rockshelter on Kisar Island'. *Wacana* 20 (3): 525–59. <https://doi.org/10.17510/wacana.v20i3.783>.
- Locatelli, Elisa, Rokus Awe Due, Gert D. van den Bergh, and Lars W. van den Hoek Ostende. 2012. 'Pleistocene Survivors and Holocene Extinctions: The Giant Rats from Liang Bua (Flores, Indonesia)'. *Quaternary International* 281 (December):47–57. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.04.005>.
- Locatelli, Elisa, Rokus Awe Due, Gert D. Van den Bergh, and Lars W. Van den Hoek Ostende. 2012. 'Pleistocene Survivors and Holocene Extinctions: The Giant Rats from Liang Bua (Flores, Indonesia)'. *Quaternary International* 281:47–57. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.04.005>.
- Locatelli, Elisa, Rokus Awe Due, Jatmiko, and Lars W. van den Hoek Ostende. 2015. 'Middle-Sized Murids from Liang Bua (Flores, Indonesia): Insular Endemics, Human Introductions and Palaeoenvironment'.

- Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* 95 (3): 497–512. <https://doi.org/10.1007/s12549-015-0204-1>.
- López-García, Juan Manuel, and Hugues-Alexandre Blain. 2020. 'Quaternary Small Vertebrates: State of the Art and New Insights'. *Quaternary Science Reviews* 233 (April):106242. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106242>.
- López-García, Juan Manuel, and Gloria Cuenca-Bescós. 2010. 'Late Pleistocene Climatic Evolution in Catalonia (Northeastern Spain) from the Small-Mammals Association'. *Quaternaire* 21 (3): 249–57. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.5597>.
- Louys, Julien, Sue O'Connor, Mahirta, Pennilyn Higgins, Stuart Hawkins, and Tim Maloney. 2018. 'New Genus and Species of Giant Rat from Alor Island, Indonesia'. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* 11 (4): 503–10. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2018.08.005>.
- Meijer, Hanneke J.M., Francesco d'Errico, Alain Queffelec, Iwan Kurniawan, Erick Setiabudi, Indra Sutisna, Adam Brumm, and Gerrit D. van den Bergh. 2019. 'Characterization of Bone Surface Modifications on an Early to Middle Pleistocene Bird Assemblage from Mata Menge (Flores, Indonesia) Using Multifocus and Confocal Microscopy'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 529 (May): 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.05.025>.
- Meulen, A. J. van der, and Guy G. Musser. 1999. 'New Paleontological Data from the Continental Plio-Pleistocene of Java'. *Deinsea* 7 (1): 361–68.
- Morwood, M.J. J., T. Sutikna, E.W. W. Saptomo, K.E. E. Westaway, Jatmiko, R. Awe Due, M.W. W. Moore, et al. 2008. 'Climate, People and Faunal Succession on Java, Indonesia: Evidence from Song Gupuh'. *Journal of Archaeological Science* 35 (7): 1776–89. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.11.025>.
- Noble, Mae, Phil Duncan, Darren Perry, Kerry Prosper, Denis Rose, Stephan Schnierer, Gail Tipa, Erica Williams, Rene Woods, and Jamie Pittock. 2016. 'Culturally Significant Fisheries: Keystones for Management of Freshwater Social-Ecological Systems'. *Ecology and Society* 21 (2): art22. <https://doi.org/10.5751/ES-08353-210222>.
- Nurani, Indah Asikin, and Agus Tri Hascaryo. 2012. 'Pola Okupasi Gua Kidang, Jelajah Ruang Dan Waktu: Suatu Hipotesis'. *Berkala Arkeologi* 32 (2): 209–24. <https://doi.org/10.30883/jba.v32i2.58>.
- O'Connor, Sue, Mahirta, Shimona Kealy, Clara Boulanger, Tim Maloney, Stuart Hawkins, Michelle C. Langley, et al. 2019. 'Kisar and the Archaeology of Small Islands in the Wallacean Archipelago'. *Journal of Island and Coastal Archaeology* 14 (2): 198–225. <https://doi.org/10.1080/15564894.2018.1443171>.
- O'Connor, Sue, Mahirta, Sofia C. Samper Carro, Stuart Hawkins, Shimona Kealy, Julien Louys, and Rachel Wood. 2017. 'Fishing in Life and Death: Pleistocene Fish-Hooks from a Burial Context on Alor Island, Indonesia'. *Antiquity* 91 (360): 1451–68. <https://doi.org/10.15184/aqy.2017.186>.
- O'Connor, Sue, Rintaro Ono, and Chris Clarkson. 2011. 'Pelagic Fishing at 42,000 Years Before the Present and the Maritime Skills of Modern Humans'. *Science* 334 (6059): 1117–21. <https://doi.org/10.1126/science.1207703>.
- Ouwendijk, Esther Marlous, Rokus Awe Due, Elisa Locatelli, Jatmiko, and Lars W. Van Den Hoek Ostende. 2014. 'Bat Cave and Hobbit Hole, Microbats of Liang Bua (Flores, Indonesia)'. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology* 38 (3): 422–33. <https://doi.org/10.1080/03115518.2014.889545>.
- Piper, Philip J., Janine Ochoa, Emil C. Robles, Helen Lewis, and Victor Paz. 2011. 'Palaeozoology of Palawan Island, Philippines'. *Quaternary International* 233 (2): 142–58. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.07.009>.
- Repenning, Charles A. 2001. 'Beringian Climate during Intercontinental Dispersal: A Mouse Eye View'. *Quaternary Science Reviews* 20 (1–3): 25–40. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(00\)00133-5](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(00)00133-5).
- Richter, Kristine Korzow, Maria C. Codlin, Melina Seabrook, and Christina Warinner. 2022. 'A Primer for ZooMS Applications in Archaeology'. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119 (20). <https://doi.org/10.1073/pnas.2109323119>.
- Samper Carro, Sofia C, Sue O Connor, Julien Louys, and Stuart Hawkins. 2015. 'Human Maritime Subsistence Strategies in the Lesser Sunda Islands during the Terminal Pleistocene e Early Holocene : New Evidence From'. *Quaternary International*, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.068>.

- Samper Carro, Sofia C., Julien Louys, and Sue O'Connor. 2017. 'Methodological Considerations for Icthyoarchaeology from the Tron Bon Lei Sequence, Alor, Indonesia'. *Archaeological Research in Asia* 12 (December):11–22. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.09.006>.
- Samper Carro, Sofia C., Caitlin Raymond, Vera Weisbecker, and Sue O'Connor. 2023. 'Big Questions for Small Animals. Taphonomic Analysis of Small Vertebrates in Matja Kuru 2 (Timor-Leste) during the Late Pleistocene'. *Quaternary Science Advances* 12:1–22. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100102>.
- Scott, L., Y. Fernandez-Jalvo, and C. Denys. 1996. 'Owl Pellets, Pollen and the Palaeoenvironment'. *South African Journal of Science* 92 (5): 223–24.
- Setiyabudi, Erick, Bambang Prasthisto, Iwan Kurniawan, and Teguh Jatmiko. 2018. 'The Early Holocene Vertebrate Faunas from Seropan Cave, Gunung Sewu, Yogyakarta, Indonesia'. *Indonesian Journal on Geoscience* 5 (1): 33–45. <https://doi.org/10.17014/ijog.5.1.33-45>.
- Shamsi, Shokoofeh, Michelle Williams, and Yazdan Mansourian. 2020. 'An Introduction to Aboriginal Fishing Cultures and Legacies in Seafood Sustainability'. *Sustainability* 12 (22): 9724. <https://doi.org/10.3390/su12229724>.
- Simanjuntak, Truman. 2002. 'Cave Settlement, New Trend in the Late Pleistocene'. In *Gunung Sewu in Prehistoric Times*, edited by Truman Simanjuntak, 89–96. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sinet-Mathiot, V. 2019. 'Combining ZooMS and Zooarchaeology to Study Late Pleistocene Hominin Behaviour at Fumane (Italy)'. *Scientific Reports* 9 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48706-z>.
- Sondaar, Paul Y., G. D. van den Bergh, Bondan Mubroto, Fachroel Aziz, John de Vos, and Ungkap L. Batu. 1994. 'Middle Pleistocene Faunal Turnover and Colonization of Flores (Indonesia) by Homo Erectus'. *Comptes Rendus de l'Academie de Sciences - Serie Ila: Sciences de La Terre et Des Planetes* 319 (II): 1255–62.
- Stimpson, Christopher M. 2012. 'Local Scale, Proxy Evidence for the Presence of Closed Canopy Forest in North-Western Borneo in the Late Pleistocene: Bones of Strategy I Bats from the Archaeological Record of the Great Cave of Niah, Sarawak'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 331–332 (May):136–49. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.03.007>.
- Veatch, E. Grace, Pierre-Henri Fabre, Matthew W. Tocheri, Thomas Sutikna, E. Wayhu Saptomo, Guy G. Musser, and Kristofer M. Helgen. 2023. 'A New Giant Shrew Rat (Rodentia, Muridae, Murinae) from Flores, Indonesia and a Comparative Investigation of Its Ecomorphology'. *Records of the Australian Museum* 75 (5): 741–64. <https://doi.org/10.3853/j.2201-4349.75.2023.1781>.
- Vos, John De. 2004. 'The Dubois Collection: A New Look at an Old Collection'. *Scripta Geologica*, no. SPEC. ISS. 4, 267–85.
- Vos, John De, P Y Sondaar, G D van den Bergh, and F Aziz. 1994. 'The Homo Bearing Deposits of Java and Its Ecological Context'. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 100 Years of Pithecanthropus the Homo Erectus Problem* 171 (January 1994): 129_140.

Biografi Penulis

Dama Q. Arjanto menyelesaikan pendidikan sarjana di Program Studi Arkeologi Universitas Gadjah Mada pada tahun 2017, kemudian Dama bergabung sebagai staf di Balai Pelestarian Manusia Purba Sangiran. Ini menjadi salah satu pengalaman yang membawa untuk mendalami bidang arkeologi prasejarah. Pada tahun 2021 menyelesaikan pendidikan master dalam bidang arkeologi kuartar dan evolusi manusia di Universitas Rovira i Virgili Spanyol. Saat ini Dama merupakan staf pengajar di Departemen Arkeologi Universitas Gadjah Mada dengan bidang riset arkeologi prasejarah, zooarkeologi, paleontologi mamalia mikro, tafonomi, dan rekonstruksi lingkungan purba.

Muhammad Abizar Algifary menempuh pendidikan sarjana dan magister di Program Studi Arkeologi Universitas Gadjah Mada, Algifary turut berpartisipasi pada penelitian payung UGM, ANU dan Balai Arkeologi

Bali pada 2016 yang bertema “ Island Use of Wallacean Archipelago” dimana penulis mendapat kesempatan belajar menganalisa mikro-fauna akuatik di Laboratorium Archaeology and Natural History, ANU Canberra pada 2017 kemudian jadi anggota kolektor data pada penelitian gabungan Tim Dept Arkeologi Univ Gajah Mada dengan Pusat Arkeologi Nasional yang berjudul “Migrasi, Perkembangan Budaya Dan Arus Balik Penutur Austronesia Di Berau, Kalimantan Timur Pada Masa Neolitik Hingga Logam Awal”. Kedua penelitian ini menjadi salah satu pengalaman yang membawa untuk mendalami bidang arkeologi prasejarah terutama dalam bidang iktio-arkeologi.