

**EKSISTENSI *STENASELLUS* SP. PADA GUA HUNIAN PRASEJARAH DI
KAWASAN KARS BUKIT BULAN, SAROLANGUN, JAMBI**
*The Existence of Stenasellus sp. at Prehistoric Cave Habitation Site in Bukit Bulan
Karstic Area, Sarolangun, Jambi*

Dhanang Puspita; Andy S. Wibowo; dan Mohammad Ruly Fauzi
Universitas Kristen Satya Wacana; Acintyaçunyata Speleological Club (ASC);
dan Balai Arkeologi Sumatera Selatan
Jl. Kartini No.14 A, Salatiga, 50711; Jl. Kusumanegara No. 278, DI Yogyakarta, 55171;
dan Jl. Kancil Putih, Demang Lebar Daun, Palembang 30137
Email: dhanang.puspita@staff.uksw.edu ; andy.ascjogja@gmail.com;
muhammad.ruly@kemdikbud.go.id

Naskah diterima: 28-02-2019; direvisi: 09-09-2019; disetujui: 02-10-2019

Abstract

So far, there is no previous report on the existence of Stenasellidae in a prehistoric cave-site in Indonesia. For the very first time, information about the existence of this ancient shrimp in a prehistoric habitation-site yielded from multidisciplinary research at Mesiu Cave. Their existence is delightful to discuss because they are extremely vulnerable and only lives in a specific environment (i.e. stygobit). This article unravels the reason behind the survival of Stenasellidae at Mesiu Cave over a descriptive – explanatory approach. Our observation on the specimen shows its similarity to the typical characteristics of Stenasellus genera. Furthermore, description of their existing habitat shows a characteristic which is fundamentally contradicting to the regular location of prehistoric human activity in a cave site. More likely, this distinctive spatial use of the cave has enabled Stenasellus sp. to survive until the present day. Moreover, the discovery of this unique cavernicole also enhances the outstanding value of Mesiu Cave as a cultural heritage site.
Keywords: Stenasellus sp, Cave Habitation, Cavernicole, Karst, Bukit Bulan

Abstrak

Hingga saat ini, belum ada laporan mengenai penemuan Stenasellidae (Crustacea, Malacostraca, Isopoda) pada situs gua hunian prasejarah di Indonesia. Untuk pertama kalinya, informasi mengenai keberadaan udang purba tersebut pada situs gua hunian diperoleh dari penelitian multidisipliner di situs Gua Mesiu. Bertahannya eksistensi organisme ini di situs hunian prasejarah menarik untuk diulas lebih lanjut sebab hewan ini dikenal rentan dan hanya hidup pada lingkungan yang spesifik (i.e. stygobit). Artikel ini mengungkap alasan yang melatarbelakangi bertahannya eksistensi Stenasellidae di situs Gua Mesiu melalui pendekatan deskriptif–eksplanatif. Observasi kami pada fisiologi spesimen Stenasellidae tersebut menunjukkan karakteristik anatomi dari marga Stenasellus. Sedangkan deskripsi habitat Stenasellus sp. menunjukkan karakteristik lingkungan yang bertolak-belakang dengan lokasi aktivitas hunian manusia di gua-gua prasejarah pada umumnya. Perbedaan tersebut sangat mungkin menjadi salah satu faktor penyebab bertahannya eksistensi Stenasellus sp. di Gua Mesiu. Laporan mengenai penemuan fauna gua ini juga turut menambah nilai penting dan keunikan tersendiri Gua Mesiu sebagai situs cagar budaya.
Kata kunci: Stenasellus sp, Gua Hunian, Fauna Gua, Kars, Bukit Bulan

PENDAHULUAN

Berada di daerah beriklim tropis dengan fisiografi kepulauan, wilayah Indonesia terkenal akan keanekaragaman hayatinya. Sejarah evolusi geologi, variasi iklim regional, serta kondisi fisiografi merupakan faktor-faktor yang memengaruhi biodiversitas di Indonesia (Bergh dkk. 1996, 18; de Vos, Ostende, dan Bergh 2007, 315; Mishra dkk. 2010, 267; Peltier 2002, 391; Sémah 2004, 47; Wurster dkk. 2010, 15508). Salah satu fisiografi yang turut menyumbang khazanah keanekaragaman hayati di Indonesia yaitu kawasan kars. Kars merupakan suatu bentang lahan (*landscape*) dengan ciri khas sistem akuifer bawah tanahnya yang didominasi oleh rekahan dan gua alami (Gunn 2004, 1392). Tidak hanya berperan dalam sistem hidrologi setempat (Ford dan Williams 2007, 103), relung-relung alami di kawasan kars juga menjadi habitat organisme penghuni gua atau biasa disebut *cavernicoles* (Trajano dan Carvalho 2017, 8).

Selain menjadi habitat eksklusif bagi fauna penghuni gua, lingkungan kars juga erat kaitannya dengan sejarah migrasi manusia ke nusantara. Sebagian besar bukti arkeologis tertua yang berkaitan dengan kehadiran manusia modern (*Homo sapiens*) di kepulauan Asia Tenggara berasal dari kawasan kars (Fox 1970, 21–44; Harrison 1959, 136–38; Storm dan de Vos 2006, 280; Westaway dkk. 2007, 716; 2017, 3). Fenomena ini kemungkinan besar berhubungan dengan munculnya budaya hunian-gua sejak paruh kedua Pleistosen-Atas (60.000 tahun yang lalu) hingga memasuki kala Holosen (10.000 tahun yang lalu). Di wilayah Sumatera, bukti-bukti hunian-gua prasejarah di kala Holosen bahkan berlangsung hingga sekitar 1 – 2 ribu tahun yang lalu (Fauzi 2017, 35; 2016b, 209; Forestier dkk. 2006, 187; Simanjuntak dan Forestier 2004). Untuk sementara, karakter budaya di Bukit Bulan (Jambi) menunjukkan kronologi yang relatif muda, setidaknya pada masa Neolitik berdasarkan kemunculan tembikar dengan motif tera-tali (*cord-marked*) di lapisan bagian

atas Gua Mesiu. Sampel sedimen organik (*soil*) pada lapisan bagian atas tersebut memberikan hasil pertanggalan ^{14}C pada sedimen organik (*soil*) yang mencapai 1721 ± 111 calBP (BATAN, tanpa No. Lab.).

Penelitian multidisipliner telah dilakukan Balai Arkeologi Sumatra Selatan (Balar Sumsel) pada tahun 2015 – 2018 di kawasan kars Bukit Bulan. Selain menghasilkan serangkaian data artefaktual terkait hunian gua, penelitian tersebut juga berhasil mengungkap eksistensi Stenasellidae dari ordo Isopoda, kelas Malacostraca, sub-filum Crustacea. Keberadaan Stenasellidae di situs gua hunian prasejarah tentunya menarik untuk diuraikan lebih lanjut. Selain belum adanya laporan penemuan udang purba tersebut di wilayah Bukit Bulan, Stenasellidae juga dikenal sangat rentan dari kepunahan. Hal ini disebabkan oleh seluruh siklus/daur hidupnya berlangsung di bawah tanah, dengan kondisi lingkungan yang relatif stabil sehingga membuat mereka amat sensitif pada perubahan (Rahmadi 2011, 249; Sumakyu 2013, 1). Karakter tersebut bahkan memicu tingkat endemisitas yang tinggi pada famili Stenasellidae, sehingga besar kemungkinan ditemukan spesies yang berbeda pada kawasan kars yang berlainan (Magniez dan Rahmadi 2006, 175). Hal inilah yang melatarbelakangi alasan diperlukannya deskripsi dari Stenasellidae yang dijumpai di Gua Mesiu sebagai petunjuk awal klasifikasi taksonomisnya.

Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan pula bahwasannya Stenasellidae pernah hidup berdampingan dengan manusia pada lingkungan gua yang sama, yaitu di situs Gua Mesiu. Mempertimbangkan kerentanan Stenasellidae, maka menarik untuk diketahui faktor apa yang menyebabkan bertahannya eksistensi organisme ini di Gua Mesiu yang notabene pernah dijadikan hunian oleh manusia prasejarah? Didasari pada pemikiran tersebut, artikel ini memaparkan salah satu faktor yang mungkin melatarbelakangi bertahannya eksistensi salah satu member dari famili

Stenasellidae di situs hunian prasejarah Gua Mesiu.

Karakteristik Lingkungan Kars

Kars merupakan suatu topografi yang secara spesifik terbentuk dan berkembang pada batuan karbonat akibat proses pelarutan dan akumulasi mineral karbonat. Karstifikasi yang didominasi oleh proses pelarutan batuan karbonat asam alami (H_2CO_3 , misalnya air hujan) terjadi di bawah tanah dan permukaan. Proses tersebut menghasilkan dua bentang lahan (lansekap) yang berbeda, yaitu 'eksokars' dan 'endokars' (Gunn 2004, 1387). Menurut John Gunn (2004, 1385–1389) eksokars merupakan topografi kars yang nampak di permukaan tanah, ditandai dengan bukit berbentuk kerucut (*cone*), kubah (*dome*), tebing/menara (*tower*), cekungan (*dolin* dan *polje*). Sedangkan endokars menurutnya mewakili topografi kars yang nampak di bawah tanah (*subterranean*), yaitu berupa celah/rekahan (*fissure*) dan sistem gua beserta akumulasi mineral karbonat di dalamnya yang menjadi ornamen gua atau dikenal dengan istilah '*speleothem*'.

Luas kawasan kars di Indonesia diperkirakan mencapai 140.000 km² (Haryono 2011, 204), atau sekitar 7.5% dari total luas daratan Indonesia. Seluruh kawasan kars tersebut ditandai dengan keberadaan gua dan fitur-fitur topografi kars lainnya. Ditinjau dari tingkat pencahayaan (*light intensity*) pada gua-gua di kawasan kars, terdapat tiga zona utama yang mempengaruhi karakteristik lingkungan di dalamnya. Zona tersebut antara lain: (1) Zona Terang yang berada di mulut gua (*entrance*); (2) Zona Temaram (*twilight*) atau peralihan yang berada di dalam gua; dan (3) Zona Gelap Total (*dark*) yang berada di bagian paling dalam gua (Lee dkk. 2012, 326). Perbedaan kondisi pencahayaan tersebut sangat mempengaruhi bioma yang terdapat di dalam gua. Salah satunya ditunjukkan oleh perbedaan organisme yang hidup di ketiga zona tersebut.

Organisme yang keberlangsungan hidupnya sangat bergantung pada lingkungan

gua (*cavernicoles*) secara umum dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu *trogloxen*, *troglofil*, dan *troglobit/stygobit* (Racovitza 1907, 427–37). Terlepas dari perdebatan yang melatari prinsip perbedaan antara *trogloxen* dan *troglofil*, keduanya sama-sama meliputi *cavernicoles* yang memiliki ketergantungan pada lingkungan *epigean* (permukaan) dan *hypogean* (bawah tanah) (lihat Trajano dan Carvalho 2017, 3–7). Sementara itu, *troglobit* (*troglobiont*) dan *stygobit* (*stygobiont*) telah diterima secara luas untuk mengklasifikasikan fauna yang seluruh siklus hidupnya berlangsung di habitat *hypogean* atau bawah tanah (Gunn 2004, 7; Lee dkk. 2012, 329; Rahmadi 2011, 244–47; Trajano 2012).

Organisme *troglobit* dan *stygobit* pada umumnya memiliki fisiologi yang telah beradaptasi dengan lingkungan Zona Gelap Total (*troglophism*) sebab sumber makanan yang ada tentunya terbatas serta temperatur dan kelembaban yang relatif stabil. Stenasellidae merupakan salah satu famili dari subfilum Crustacea (udang-udangan). Sedangkan dalam ekosistem bawah tanah (*i.e.* gua) famili Stenasellidae tergolong hewan *stygobit* yang memiliki habitat akuatik bawah tanah (*aquatic-hypogean*) (Magniez 1999, 842; Magniez dan Rahmadi 2006, 175). Selain Stenasellidae, beberapa Crustacea di Indonesia yang tergolong organisme *hypogean* antara lain Philosciidae, Porcellionidae, Trichoniscidae dan Armadillidae (Rahmadi 2011, 244). Beberapa organisme tersebut sangat bergantung dengan kondisi ekosistem kars yang khas dan kompleks. Kompleksitas ekosistem kars tersebut dikontrol oleh sifat alamiah batugamping yang memiliki porositas tinggi dan mudah larut (*soluble*).

Stenasellidae: Penghuni Bawah Tanah di Kawasan Kars

Stenasellidae adalah *stygobit* yang pertama kali ditemukan tahun 1896 oleh Armand Viré pada akuifer di daerah baratdaya Perancis (Bakhshi, Sadeghi, dan Messana 2018, 28). Adrien Dollfus (1897) mengidentifikasi salah

satu spesimen koleksi Viré tersebut sebagai spesies baru, yaitu *Stenasellus virei* (Dollfus 1897, 130–31). Hingga saat ini setidaknya terdapat lima spesies *Stenasellus* yang telah dilaporkan di Sumatra, yaitu: (1) *S. covillae*, (2) *S. strinatii*, (3) *S. stocki*, (4) *S. monodi*, dan (5) *S. foresti* (Magniez dan Rahmadi 2006, 175). Seluruh spesies tersebut digolongkan pada marga *Stenasellus* yang persebarannya dikenal cukup luas di dunia lama (Magniez 2002), namun amat terbatas pada lingkungan akuatik bawah tanah (Bakhshi, Sadeghi, dan Messana 2018, 28).

Stenasellidae dideskripsikan sebagai organisme *hypogean* omnivora yang hidup di genangan air dangkal berlumpur (Magniez dan Rahmadi 2006, 175). *Stygobit* ini umumnya ditemukan bersembunyi di dalam lumpur atau fraksi halus di dasar genangan karena induknya dikenal dapat memangsa anak-anaknya yang berukuran lebih kecil (Wägele 1983, 259). Anggota dari sub-ordo Asellota ini tergolong detritivor atau pengurai karena memakan sisa-sisa organisme yang mati serta kotoran hewan lainnya yang terdeposit di dalam gua (Wilson 2008, 232).

Komparasi anatomi pada *Stenasellidae* dari kawasan Asia Tenggara yang dilakukan oleh Magniez dan Rahmadi (2006, 175) menunjukkan bukti dinamika paleogeografi zaman Kuartar pada kawasan bagian barat Nusantara, khususnya di Kala Pleistosen. Menurut mereka, kemiripan fisiologi (*shared-traits*) *Stenasellidae* dari Jawa (*S. javanicus*) dan Sumatra (*S. Strinatii* dan *S. monodi*) merupakan bukti sejarah pernah bersatunya kedua pulau tersebut sebagai akibat dari penurunan muka-laut global pada periode glasial (Magniez 2002, 493; 2001, 164; 1999, 841; 1985). Di sisi lain, Magniez dan Rahmadi (2006, 175) juga memaparkan bahwasannya spesiasi yang terjadi pada *Stenasellidae* di Jawa dan Sumatra merupakan bukti dampak isolasi akibat konfigurasi lingkungan kepulauan sejak 10.000 tahun yang lalu hingga saat ini. Pola biogeografi tersebut juga didukung oleh data

fosil vertebrata dari Sumatra dan Jawa (lihat Bergh dkk. 1996, 18; de Vos, Ostende, dan Bergh 2007, 315; Hooijer 1947, 260).

METODE

Penelitian ini merupakan bagian dari kajian eksploratif yang dilakukan oleh Balai Arkeologi Sumatera Selatan di kawasan kars Bukit Bulan pada tahun 2015, 2017, dan 2018. Data primer yang digunakan di dalam penelitian ini berasal dari observasi dan deskripsi lapangan yang dilakukan pada tahun 2018. Sedangkan data sekunder diambil dari berbagai literatur yang memiliki relevansi dengan cakupan subjek artikel untuk mendukung penjelasan kontekstual terkait pola hunian gua prasejarah (e.g. Simanjuntak dkk. 2004; Fauzi 2016b; 2016a) serta membantu deskripsi anatomi dan habitat *Stenasellidae* di daerah tropis (e.g. Magniez dan Rahmadi 2006; Magniez 1985; 2002; 2001; 1999). Data sekunder juga meliputi berbagai informasi pendukung lainnya dari literatur yang berkaitan dengan fisiografi kawasan kars, khususnya di Bukit Bulan.

Pendekatan deskriptif-eksplanatif dipilih untuk memaparkan eksistensi *Stenasellidae* di kawasan kars Bukit Bulan. Penelitian dimulai dengan observasi spesimen *Stenasellidae* serta habitatnya secara umum di lapangan (*in-situ observation*). Tahap selanjutnya yaitu deskripsi, berupa perekaman verbal-piktorial yang meliputi data posisi serta fisiografi tempat dilakukannya pengamatan. Selain itu, dilakukan pula kuantifikasi dan deskripsi spesimen *Stenasellidae* melalui foto *macro* yang kemudian dibandingkan dengan referensi anatomi dasar *Stenasellidae* dari Sumatra yang telah dipublikasikan (e.g. Magniez 2001; 2002; Magniez dan Rahmadi 2006). Tujuan dari komparasi tersebut yaitu untuk mendeterminasikan spesimen *Stenasellidae* dari Gua Mesiu setidaknya sampai ke tingkat marga (*genus*), sehingga dapat menjadi rujukan baru bagi penelitian biospeleologi di Sumatra.

Teknis perekaman parameter lingkungan di lokasi pengamatan dilakukan dengan

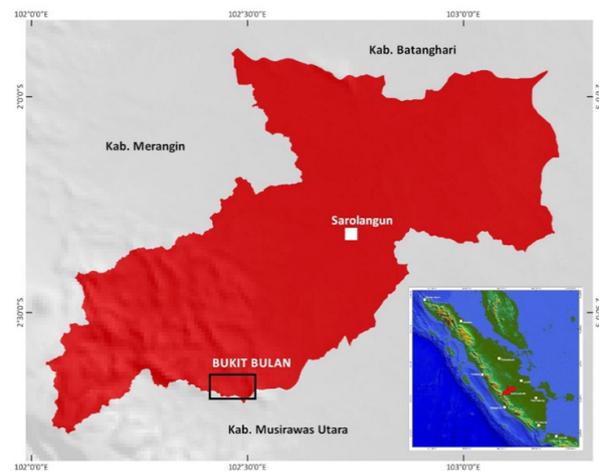
menggunakan perangkat GPS (koordinat lokasi), termometer (temperatur udara dan air), dan hygrometer (kelembaban). Perangkat kompas, klinometer, meteran laser, serta tripod digunakan untuk menghasilkan denah gua dengan *grade 5* (skala *British Cave Research Association/BCRA*). Denah tersebut merupakan bagian dari dokumentasi habitat *Stenasellidae*. Denah gua memberikan gambaran akurat mengenai posisi diperolehnya spesimen *Stenasellidae* terhadap berbagai fitur endokars serta morfologi gua dan zonasinya.

Tahap terakhir dalam penelitian ini yaitu interpretasi berbagai informasi yang diperoleh dari observasi dan deskripsi data primer. Interpretasi mencakup zonasi gua berdasarkan intensitas cahaya di dalamnya, status taksonomis *Stenasellidae* dari Gua Mesiu, serta pola pemanfaatan ruang gua oleh manusia dan *Stenasellidae* di Gua Mesiu. Selanjutnya, interpretasi tersebut diuraikan dalam kerangka konteks hunian gua prasejarah di Indonesia, karakteristik lingkungan gua, serta status Gua Mesiu sebagai situs cagar budaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fisiografi Bukit Bulan

Bukit Bulan berada di ujung selatan Provinsi Jambi dan berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Selatan. Areal hutan dan perbukitan di utara Air (sungai) Rawas menjadi pemisah antara kedua wilayah tersebut. Kawasan ini terletak di Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi (gambar 1). Wilayah ini berada sekitar 60 km ke arah baratdaya dari Kota Sarolangun yang dapat ditempuh dengan menggunakan transportasi darat. Area yang menjadi fokus dalam penelitian ini berada di antara garis bujur $102^{\circ}25.27789'E-102^{\circ}30.29903'E$ dan garis lintang $2^{\circ}38.47125'S-2^{\circ}41.84589'S$ seluas 58 km persegi. Luas kawasan kars di wilayah ini diperkirakan mencapai 25 km persegi atau sekitar 43% dari total wilayah pengamatan. Secara fisiografis, wilayah ini berada di dataran



Gambar 1. Lokasi kawasan kars Bukit Bulan di Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun, Jambi (Sumber: Andy 2018)

tinggi dengan kisaran ketinggian antara 170-400 mdpal.

Secara umum, wilayah penelitian berada pada singkapan batugamping kristalin warna kelabu muda-tua yang ditaksir berumur Jura-Kapur dan merupakan *Anggota Mersip Formasi Peneta* (Suwarna dkk. 1992). Batugamping pada wilayah penelitian pada umumnya telah terkekarkan kuat sehingga mengaburkan perlapisan asal dengan urat halus kwarsa dan kalsit yang menunjukkan morfologi sejajar perdaunan (Oktariadi dan Tarwedi 2011, 8). Morfologi kawasan kars ini didominasi oleh bukit-bukit batugamping yang memiliki nilai ekologi, hidrologi, sosial ekonomi, dan ilmu pengetahuan.

Kajian konservasi lingkungan dan budidaya kars oleh Badan Geologi pada tahun 2011 mengklasifikasikan sejumlah area di kawasan ini ke dalam Kelas I (kawasan lindung/konservasi), Kelas II (kawasan budidaya dengan syarat), dan III (kawasan budidaya) (lihat Oktariadi dan Tarwedi 2011, 18). Selaras dengan hasil kajian tersebut, survei arkeologi di sisi barat Bukit Bulan (Kelas I) menunjukkan potensi kepurbakalaan melalui ditemukannya gambar cadas prasejarah pertama di Jambi

dan situs-situs gua hunian sehingga wajib dilindungi (Fauzi 2016a, 9; Fauzi, Wibowo, dan Intan 2019, 173).

Stenasellus sp. di Bukit Bulan

Salah satu situs gua hunian di kawasan kars Bukit Bulan yang sedang diteliti secara intensif yaitu Gua Mesiu. Gua ini terletak di koordinat *Lat.* -2.652846 dan *Long.* 102.424479 pada ketinggian ±254 mdpal. Gua ini berlokasi di tebing Bukit Raja, salah satu bukit gamping yang berada di bagian paling barat dari kawasan kars Bukit Bulan. Selain Gua Mesiu, terdapat pula gua-gua lainnya seperti Gua Kedundung, Gua Meriam, Gua Sriti dan Gua Sungai Tembang. Jenis hewan penghuni gua yang teridentifikasi di sekitar Gua Mesiu antara lain: burung walet (*Collocalia* sp.), kelelawar (Chiroptera), burung sriti/layang-layang (*Hirundo* sp.).

Pada tahun 2018, salah satu anggota tim peneliti (Andy S. Wibowo) secara tidak sengaja menjumpai hewan kecil berwarna merah-muda pada genangan air di salah satu lorong di Gua Mesiu (gambar 2). Menurutnya hewan ini merupakan famili dari Stenasellidae yang dikenal cukup langka serta jarang dijumpai. Sebagai gambaran, dari total 47 lokasi gua

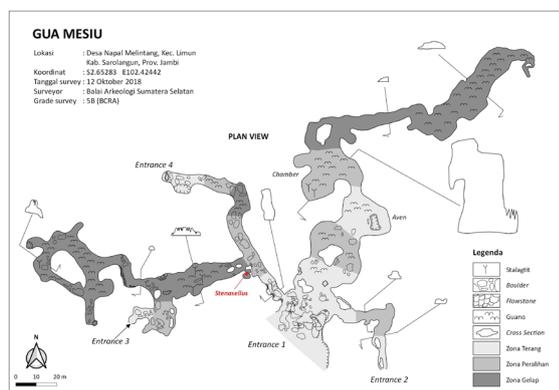


Gambar 2. Spesimen *Stenasellus* sp. dari Gua Mesiu (Sumber: Dhanang 2018)

dan ceruk yang telah diobservasi dalam kurun waktu 2015-2018 di Bukit Bulan, hewan ini baru berhasil ditemukan di satu lokasi, yaitu di Gua Mesiu. Hewan berukuran kecil ini dijumpai pada tiga genangan air perkolasi yang berdekatan di salah satu lorong Gua Mesiu. Pada genangan pertama ada 26 individu yang berhasil dihitung. Sedangkan pada genangan kedua dan ketiga masing-masing terdapat 5 dan 72 individu yang berhasil dihitung. Total terdapat 103 individu Stenasellidae yang berhasil dihitung pada salah satu lorong di Gua Mesiu tersebut.

Stenasellidae dari Gua Mesiu menunjukkan bentuk tubuh yang ramping dengan panjang lebih kurang 10 mm. Pengamatan salah satu spesimen yang diambil sebagai sampel menunjukkan fisiologi sebagai berikut: tidak memiliki mata; berwarna merah-pucat/muda; *anterior-margin* cekung (*concave*) pada tampak dorsal; sepasang *antenna*, *flagellum*, dan *antennula* pada kepalanya (*cephalon*). Tubuhnya terdiri atas *pereonite* dan *pleonite* yang berjejer paralel; *pleotelson* memanjang dengan *posterior-margin* cembung (*convex*) pada tampak dorsal; memiliki sepasang *uropod-biramous* pada posteriornya; serta rangkaian kaki yang relatif pendek jika dibandingkan dengan postur tubuhnya.

Sangat sulit untuk membedakan Stenasellidae hingga ke tingkat spesies karena dibutuhkan observasi dan komparasi struktur anatomi kepala, badan serta anggota tubuh lainnya (*appendage*) di bawah mikroskop. Oleh sebab itu, berdasarkan kemiripannya dengan deskripsi *Stenasellus* sp. di Jawa dan Sumatra (lihat Magniez dan Rahmadi 2006, 173–74; Magniez 1999, 839), maka spesimen dari Gua Mesiu tersebut digolongkan ke dalam marga *Stenasellus* sp. Deskripsi anatomi lebih lanjut dibutuhkan untuk memastikan taksonomi salah satu *stygobit* dari Bukit Bulan ini, mengingat setidaknya terdapat lima spesies pada marga *Stenasellus* dari Sumatra (lihat Magniez dan Rahmadi 2006, 175).



Gambar 3. Denah situs Gua Mesiu dan lokasi pengamatan *Stenasellus* sp. (Sumber: Andy 2018)

Habitat *Stenasellus* sp. di Gua Mesiu

Stenasellus sp. di Gua Mesiu hanya ditemukan pada Zona Gelap Total (gambar 3). *Stygobit* ini hidup di antara endapan fraksi halus butir lempung (*clay*) di dalam genangan air yang merupakan akumulasi tetesan air (perkolasi) dari atap gua (gambar 4). Temperatur di dalam genangan air terukur 21° celcius, sedangkan suhu udara di Zona Gelap Total terukur stabil pada angka 24° celcius. Kelembaban di lokasi pengamatan *Stenasellus* sp. menunjukkan angka 94%. Endapan *guano* dan lumut ditemukan di sekitar lokasi ditemukannya *Stenasellus* sp. Hal menarik terkait lokasi observasi yaitu posisi penemuan yang cukup dekat dengan Zona Temaram. Ketika observasi dilakukan, kondisi lorong gua termasuk Zona Gelap Total. Namun

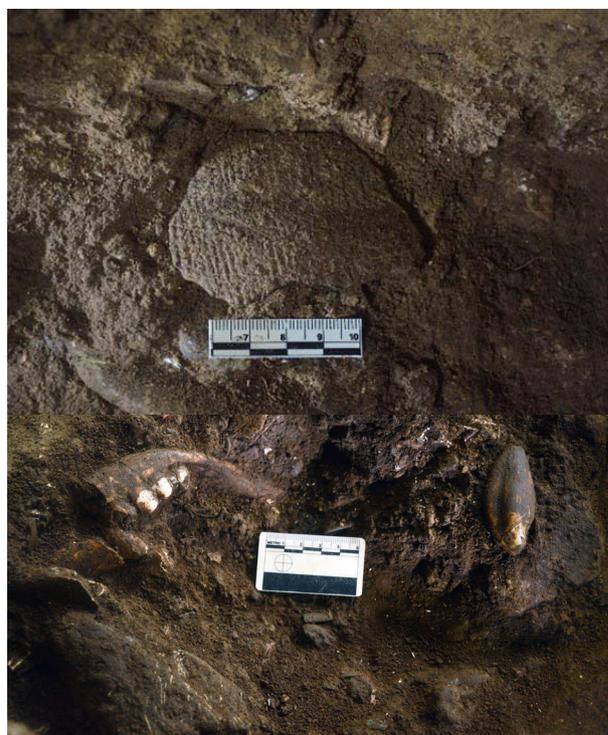


Gambar 4. Habitat *Stenasellus* sp. pada genangan air perkolasi belumpur di Zona Gelap Total, Situs Gua Mesiu (Sumber: Dhanang 2018)

demikian, keberadaan lumut mengindikasikan adanya sedikit cahaya (pantulan dari dinding gua?) yang kemungkinan masuk ke wilayah ini pada waktu-waktu tertentu.

Eksistensi *Stenasellus* sp. di Situs Gua Hunian Prasejarah

Rekaman kondisi ekologi pada lokasi temuan *Stenasellus* sp. di Gua Mesiu menunjukkan habitat *hypogean* khas Zona Gelap Total (tabel 1). Karakteristik habitat tersebut yaitu temperatur yang relatif stabil (sepanjang tahun), lembab, dan gelap. Sementara itu, deposit antropogenik yang merupakan sisa-sisa aktivitas manusia prasejarah seperti artefak dan ekofak hanya ditemukan pada Zona Terang (kotak TP1 dan TP3) di wilayah *entrance* 1 (gambar 5). Ekskavasi yang dilakukan di dekat Zona Temaram (kotak TP2) pada bagian dalam Gua Mesiu (timurlaut *entrance* 1) hanya menghasilkan satu serpih obsidian di lapisan yang sangat dekat dengan permukaan. Padahal, banyak sekali serpih obsidian yang ditemukan



Gambar 5. Fragmen tembikar (atas) dan ekofak berupa sisa vertebrata (bawah) dari kotak ekskavasi TP3 yang berada di Zona Terang (*entrance* 1) dari Gua Mesiu (Sumber: Dokumentasi Balar Sumsel 2018)

Tabel 1. Deskripsi kondisi lingkungan di dalam Gua Mesiu dan asosiasinya dengan biota serta tinggalan

Zona	Intensitas Cahaya	Temperatur & Humiditas (siang)	Lantai Gua	Organisme resen	Tinggalan arkeologis di permukaan
Terang (Mulut Gua)	Terang	25 – 27° C 79%	Kering, berdebu.	–Rayap tanah (Termitidae)	Tembikar, serpih obsidian, fragmen tulang, cangkang Gastropoda air tawar (Pachychilidae) dan darat (Cyclophoridae & Helicarionidae)
Temaram (Galeri Utama)	Redup	24 – 25° C 82 – 85 %	Lembap, berlumut, mengandung <i>guano</i>	–kelelawar (Chiroptera) –jangkrik (Araceae) –sriti (<i>Hirundo</i> sp.) –katak (Anura)	Serpih obsidian dan gastropoda darat (Cyclophoridae & Helicarionidae)
Gelap Total (Lorong Gua)	Gelap	24° C (stabil) 94%	Lembap hingga Basah (tergenang) mengandung <i>guano</i>	– <i>Stenasellus</i> sp. –kelelawar (Chiroptera) –kaki seribu (Diplopoda) –laba-laba (Arachnida) –kelabang (Scolopendridae)	

(Sumber: Penulis 2018)

pada permukaan lantai gua di dekat TP2 tersebut. Banyaknya temuan permukaan berupa serpih obsidian di bagian dalam gua nampaknya merupakan hasil longoran dari area di dekat mulut gua yang posisinya lebih tinggi.

Pola distribusi sisa-sisa aktivitas manusia yang terakumulasi di Zona Terang tersebut juga ditunjukkan oleh situs-situs lainnya di Bukit Bulan, seperti Ceruk Semedi dan Gua Pelaminan Dewa (Fauzi 2016a). Pemanfaatan ruang gua oleh manusia prasejarah di Bukit Bulan juga dibuktikan melalui eksistensi gambar cadas (*rock art*) pada sejumlah situs lainnya (Fauzi, Wibowo, dan Intan 2019). Seluruh gambar cadas tersebut ditemukan pada dinding dan atap gua yang berada di Zona Terang. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwasannya

lokasi aktivitas manusia prasejarah di Gua Mesiu serta gua-gua lainnya di Bukit Bulan hanya berpusat pada area Zona Terang. Umumnya area tersebut berada di sekitar area mulut gua atau *entrance*. Pola pemanfaatan ruang gua di Bukit Bulan nampaknya mirip dengan fenomena hunian yang ditemukan di kawasan kars lainnya, seperti di Padang Bindu dan Gunung Sewu (lihat Fauzi 2016b, 188–89; Simanjuntak dkk. 2004, 92–98).

Hingga saat ini, belum ditemukan bukti-bukti arkeologis pada wilayah Zona Gelap Total dari situs gua-gua hunian di Bukit Bulan. Hal ini mengindikasikan terbatasnya pusat aktivitas manusia prasejarah penghuni gua pada Zona Terang. Besar kemungkinan pola tersebut menjadi salah satu faktor penyebab

bertahannya populasi *Stenasellus* sp. dan *cavernicoles* lainnya di Bukit Bulan. Minimnya intervensi/modifikasi lingkungan gua oleh manusia prasejarah secara tidak langsung turut mempertahankan kelestarian habitat dari *Stenasellus* sp. Minimnya pengaruh aktivitas manusia pada habitat *Stenasellus* sp. di Gua Mesiu bahkan juga berlaku pada masa modern.

Antara tahun 1970 hingga 1990-an ramai dilakukan eksploitasi sarang burung walet berskala rakyat di Bukit Bulan, salah satunya di Gua Mesiu. Menurut penuturan penduduk yang pernah terlibat, mereka kerap menginap berhari-hari di dalam gua, termasuk di area Zona Gelap Total. Saat ini, usaha tersebut terhenti karena dinilai sudah tidak ekonomis lagi, terutama sejak menurunnya jumlah sarang walet yang dapat dipanen. Selain memanen sarang walet, penduduk juga mengambil kotoran kelelawar (*guano*) untuk dijadikan pupuk atau dijual ke kota Sarolangun. Belum diketahui dampak dari kedua aktivitas tersebut terhadap populasi *Stenasellus* sp. di Bukit Bulan. Namun demikian, penemuan 103 individu *Stenasellus* sp. yang masih menghuni Gua Mesiu hingga saat ini mengindikasikan kedua aktivitas tersebut tidak berdampak serius pada keberadaan *Stenasellus* sp.

KESIMPULAN

Hubungan antara lingkungan kars dengan manusia telah dibuktikan melalui adanya situs-situs hunian gua prasejarah. Aktivitas manusia di lingkungan gua nampaknya tidak berpengaruh besar kepada organisme penghuni gua lainnya, khususnya *stygobit*. Kondisi tersebut sangat masuk di akal karena terdapat perbedaan pemanfaatan ruang antara manusia dengan organisme *stygobit*. Zona Gelap Total nampaknya tidak menjadi ketertarikan manusia prasejarah, sehingga eksistensi *Stenasellus* sp. tetap terjaga di Gua Mesiu hingga saat ini. Kelembaban yang tinggi (mencapai 94%), kondisi yang gelap, serta sirkulasi udara yang kurang baik kemungkinan besar menjadi alasan

tidak dimanfaatkannya ruang gua di Zona Gelap Total.

Beberapa penelitian prasejarah pada gua-gua di kawasan kars telah menunjukkan pola pemanfaatan ruang yang seragam. Salah satu contohnya yaitu pada situs-situs hunian gua di kawasan kars Gunung Sewu (Pacitan, Jawa Timur). Deposit arkeologis pada umumnya dijumpai pada lokasi yang relatif kering dengan pencahayaan dan sirkulasi udara yang baik (Simanjuntak dkk. 2004, 92–98). Fenomena serupa juga dijumpai di Gua Harimau (OKU, Sumsel) dimana sebagian besar artefak litik terdeposit pada area di dekat mulut gua yang relatif terang serta kering (Fauzi 2016b, 188–89). Kondisi demikian hanya dijumpai pada Zona Terang dalam klasifikasi lingkungan gua di dalam kajian speleologi.

Stenasellus sp. dari Bukit Bulan membutuhkan kajian lebih lanjut dalam hal taksonominya. Kajian biologi pada organisme *stygobit* tersebut berpotensi membuka perspektif baru di bidang Prasejarah Kuartar. Relasi antara *Stenasellus* sp. yang dijumpai di Jawa dan Sumatra serta komparasinya dengan spesimen dari wilayah Asia Tenggara Daratan dapat mencerminkan sejarah evolusi fisiografi wilayah Paparan Sunda akibat fenomena glasial-interglasial pada kala Pleistosen (Magniez dan Rahmadi 2006, 175). Surutnya permukaan laut sehingga membentuk dataran luas di bagian barat Nusantara tersebut selama ini didominasi oleh bukti-bukti paleontologi berupa sisa vertebrata. Tidak tertutup kemungkinan bagi *Stenasellus* sp. untuk dimunculkan sebagai salah satu alternatif bukti sejarah evolusi lingkungan kepulauan Indonesia di masa mendatang.

Status Bukit Raja yang kini menjadi hutan lindung sekaligus hutan adat yang diakui status hukumnya menjadi kekuatan eksklusif untuk menjaga fauna rentan seperti *Stenasellus* sp. Saat ini, rencana eksploitasi batu gamping di kawasan kars Bukit Bulan untuk pabrik semen berpotensi mengganggu habitat penghuni gua. Tidak menutup kemungkinan terjadi

suatu kepunahan spesies endemik, mengingat fauna penghuni gua (*cavernicoles*) umumnya memiliki ketergantungan yang sangat tinggi pada habitat *hypogean*. Namun demikian, tidak dapat dipungkiri akan adanya kepentingan lain di kawasan kars, termasuk eksploitasi sumber daya mineral dan batuan. Untuk menghindari kerusakan ekosistem kars, usaha tersebut tentunya harus mengikuti peraturan dan perundangan yang berlaku serta memperhatikan segala dampaknya bagi lingkungan, sosial dan budaya.

Status Gua Mesiu sebagai situs arkeologi juga meninggalkan pekerjaan rumah bagi pemerintah daerah. Mengacu pada UU No. 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya, pemerintah daerah memiliki kewajiban untuk melindungi, mengembangkan dan memanfaatkan cagar budaya (pasal 95 butir 1). Usaha perlindungan yang dapat segera dilakukan yaitu melalui penetapan Gua Mesiu sebagai situs cagar budaya di tingkat daerah (Kabupaten). Melalui penetapan tersebut, secara otomatis fisiografi kawasan sebagai konteks lingkungan dari situs juga dapat terjaga kelestariannya. Pelindungan situs juga sebaiknya juga melibatkan peran serta masyarakat setempat. Oleh sebab itu, kegiatan diseminasi hasil penelitian arkeologi harus giat dilakukan di wilayah ini.

Fisiografi kars yang rentan kerusakan membutuhkan kajian lintas disiplin agar keterlindungan aset bangsa yang meliputi biodiversitas, daya dukung kehidupan, serta cagar budaya di dalamnya dapat tetap terjaga. Sampai saat ini sudah ada berbagai kajian yang menyimpulkan pentingnya perlindungan kawasan kars Bukit Bulan. Kajian geologi menyimpulkan wilayah bagian barat dari Bukit Bulan termasuk dalam kawasan lindung (Kelas I) yang sama sekali tidak boleh dieksploitasi oleh tambang (Oktariadi dan Tarwedi 2011, 18). Dari perspektif arkeologi menunjukkan kawasan bagian barat dan timur Bukit Bulan menyimpan potensi cagar budaya yang sangat penting bagi sejarah sehingga harus dilindungi keutuhannya (Fauzi 2016a, 9; Fauzi dkk. 2017,

173). Terakhir yaitu eksistensi *Stenasellus* sp. di Gua Mesiu yang semakin memperkuat alasan butuhnya perlindungan kawasan kars Bukit Bulan demi menjaga kekayaan biodiversitas Indonesia yang telah mendunia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada pemerintah daerah Kabupaten Sarolangun, khususnya kepada Dinas Pendidikan dan Kebudayaan, Kecamatan Limun, perangkat Desa Napal Melintang, serta penduduk *margo* Bukit Bulan yang telah membantu proses penelitian kami di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakhshi, Yaser, Saber Sadeghi, dan Giuseppe Messana. 2018. "First record of the family Stenasellidae (Crustacea, Isopoda) in Iran with the description of a new cave-dwelling species." *Subterranean Biology* 26: 27–38. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.26.25950>.
- Bergh, Gert D. van den, J. de Vos, Paul Y. Sondaar, dan Fachroel Aziz. 1996. "Pleistocene zoogeographic evolution of Java (Indonesia) and glacio-eustatic sea level fluctuations: A background for the presence of Homo." *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin* 14: 7–21.
- Dollfus, A. 1897. "Sur deux types nouveaux de Crustaces Isopodes appartenant a la faune souterraine des Cevennes." *Comptes rendus hebdomadaires Seances de l'Academie des Sciences, Paris* 125: 130–31.
- Fauzi, Mohammad Ruly. 2016a. "Beberapa hasil awal penelitian arkeologi di kawasan kars Bukit Bulan, Sarolangun." *Siddhayatra* 21 (1): 1–12.
- . 2016b. "The characterization of stone tools types and technology from Harimau Cave." Dalam *Harimau Cave and the Long Journey of OKU Civilization*, disunting oleh Truman Simanjuntak, 1 ed., 184–211. Yogyakarta: UGM Press.
- . 2017. "Jejak-jejak Hunian Masa Prasejarah di Perbukitan Kars Sumatra Selatan dan Jambi: Kontribusinya Terhadap Studi Preneolitik dan Neolitik di Sumatra." Dalam *Retrospeksi: 25 Tahun Balai Arkeologi*

- Sumatera Selatan, disunting oleh Bambang Budi Utomo, 23–40. Yogyakarta: Kepel Press.
- Fauzi, Mohammad Ruly, Andi S. Wibowo, dan M. Fadhlán S. Intan. 2019. “Newly discovered cave art sites from Bukit Bulan, Sumatra: Aligning prehistoric symbolic behavior in Indonesian prehistory.” *Journal of Archaeological Science: Reports* 24: 166–74. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.01.001>.
- Fauzi, Mohammad Ruly, Andi S. Wibowo, Budi Wiyana, Ade Oka Hendrata, dan Agus Saputra. 2017. “Eksplorasi Tinggalan Prasejarah Pada Kawasan Kars di Provinsi Jambi: Survei Arkeologi di Kawasan Kars Bukit Bulan, Sarolangun, Jambi (Tahap I).” Laporan Penelitian Arkeologi. Palembang: Balai Arkeologi Sumatera Selatan (tidak diterbitkan).
- Ford, Derek, dan Paul Williams. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. 2 ed. West Sussex: John Wiley and Son’s.
- Forestier, Hubert, Dubel Driwantoro, Dominique Guillaud, Budiman, dan Darwin Siregar. 2006. “New data for the prehistoric chronology of South Sumatra.” Dalam *Archaeology: Indonesian Perspective (R.P. Soejono Festschrift)*, disunting oleh Truman Simanjuntak, M. Hisyam, Bagyo Prasetyo, dan T. Surti Nastiti, 620. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Fox, Robert. 1970. *The Tabon Caves: archaeological explorations and excavations on Palawan Island, Philippines*. Manila: National Museum of the Philippines.
- Gunn, John, ed. 2004. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. New York: Taylor and Francis Books, Inc.
- Harrison, T. 1959. “Radiocarbon C-14 datings from Niah: A note.” *The Sarawak Museum Journal* 9 (13–14): 136–38.
- Haryono, Eko. 2011. “Atmospheric carbon dioxide sequestration through karst denudation processes: Estimated from Indonesian karst region.” Dalam *Asian Trans-Disciplinary Karst Conference 2010*, 203–7. Yogyakarta: Polydoor & Faculty of Geography, Gadjah Mada University.
- Hooijer, D.A. 1947. “On fossil and prehistoric remains of *Tapirus* from Java, Sumatra and China.” *Zool. Meded.* 27: 253–299.
- Lee, Natuschka M., Daniela B. Meisinger, Roman Aubrecht, Lubomir Kovacic, Cesareo Saiz-Jimenez, Sushmita Baskar, Ramanathan Baskar, Wolfgang Liebl, Megan L. Porter, dan Annette Summers Engel. 2012. “Cave and Karst Environments.” Dalam *Life at Extremes: Environments, Organisms and Strategies for Survival*, disunting oleh Elanor M. Bell, 320–44. London: CAB International.
- Magniez, Guy J. 1985. “Regressive Evolution in Stenasellids (Crustacea Isopoda Asellota of Underground Waters).” *The National Speleological Society Bulletin* 47 (2): 118–21.
- . 1999. “A Review of the Family Stenasellidae (Isopoda, Asellota, Aselloidea) of Underground Waters.” *Crustaceana*, Jan H. Stock Memorial Issue, 72 (8): 837–48.
- . 2001. “*Stenasellus stocki* n. sp., nouvel Isopode Stenasellidae des eaux souterraines de Sumatra (Indonésie).” *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* 70 (6): 159–64. <https://doi.org/10.3406/linly.2001.11391>.
- . 2002. “*Stenasellus foresti* n. sp., nouvel isopode Stenasellidae des eaux souterraines de Sumatra (Indonésie).” *Crustaceana* 75 (3-4 Special Issue for Prof. Jacques Forest): 485–94.
- Magniez, Guy J., dan Cahyo Rahmadi. 2006. “A new species of the genus *Stenasellus* (Crustacea, Isopoda, Asellota, Stenasellidae).” *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* 75 (4): 173–77. <https://doi.org/10.3406/linly.2006.13626>.
- Mishra, Sheila, Claire Gaillard, Christine Hertler, Anne-Marie Moigne, dan Truman Simanjuntak. 2010. “India and Java: contrasting records, intimate connections.” *Quaternary International* 223–224: 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.11.040>.
- Oktariadi, Oki, dan Edi Tarwedi. 2011. “Klasifikasi kars untuk kawasan lindung dan kawasan budi daya: Studi Kasus Kars Bukit Bulan Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.” *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi* 2 (No. 1): 1–19.
- Peltier, W.R. 2002. “On eustatic sea level history: Last glacial maximum to holocene.” *Quaternary Science Reviews* 21: 377–396.

- Racovitza, Emile G. 1907. "Essai sur les Problèmes Biospéologiques." *Archives de zoologie expérimentale et générale*, 4, 6 (4): 371–488.
- Rahmadi, Cahyo. 2011. "Biospeleology of Java caves, Indonesia: A review." Dalam *Asian Trans-Disciplinary Karst Conference 2011*, disunting oleh Eko Haryono, Tjahyo N. Adjie, dan Suratman, 241–50. Yogyakarta: Polydoor & Faculty of Geography, Gadjah Mada University.
- Sémah, Anne-Marie. 2004. "L'évolution des végétations au Pléistocène et à l'Holocène en Asie." Dalam *L'évolution de la végétation depuis deux millions d'années*, disunting oleh Anne-Marie Sémah dan Renault Miskovsky, 248–272. Paris: Artcom.
- Simanjuntak, Truman, dan Hubert Forestier. 2004. "Research progress on the Neolithic in Indonesia: special reference to the Pondok Silabe Cave, South Sumatera." Dalam *Southeast Asian Archaeology: Wilhelm G. Solheim II Festschrift*, disunting oleh V. Paz, 104–118. Quezon City: University of the Philippines Press.
- Simanjuntak, Truman, Bagyo Prasetyo, Anjarwati Sayekti, Harry Widiyanto, Etik Mahaerani, M. Fadhlani S. Intan, dan Retno Handini. 2004. *Prasejarah Gunung Sewu*. Disunting oleh Truman Simanjuntak, Retno Handini, dan Bagyo Prasetyo. Jakarta: Ikatan Ahli Arkeologi Indonesia.
- Storm, Paul, dan John de Vos. 2006. "Rediscovery of the Late Pleistocene Punung hominin sites and the discovery of a new site Gunung Dawung in East Java." *Senckenbergiana Lethaea* 86 (2): 271–281.
- Sumakhyu, Reynold. 2013. "Udang Purba itu Tinggal Dua Ekor." Online News Portal. *Kompas.com* (blog). 17 Juni 2013. <https://sains.kompas.com/read/2013/06/17/09490266/Udang.Purba.Itu.Tinggal.Dua.Ekor>.
- Suwarna, N., Suharsono, S. Gafoer, T.C. Amin, Kusnana, dan B. Hermanto. 1992. "Peta Geologi Bersistem Indonesia." Peta Geologi. Lembar Sarolangun (Bangko) 0913. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Trajano, Eleonora. 2012. "Ecological Classification of Subterranean Organisms." Dalam *Encyclopedia of Caves*, disunting oleh William B. White dan David C. Culver, 2 ed., 275–77. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00035-9>.
- Trajano, Eleonora, dan Marcelo R. de Carvalho. 2017. "Towards a biologically meaningful classification of subterranean organisms: a critical analysis of the Schiner-Racovitza system from a historical perspective, difficulties of its application and implications for conservation." *Subterranean Biology* 22: 1–26. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.22.9759>.
- Vos, John de, Lars W. van den Hoek Ostende, dan Gert D. van den Bergh. 2007. "Patterns in Insular Evolution of Mammals: A Key to Island Palaeogeography." Dalam *Biogeography, Time, and Place: Distributions, Barriers, and Islands*, disunting oleh Willem Renema, 315–345. Dordrecht: Springer Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6374-9_10.
- Wägele, J.W. 1983. "On the origin of the Microcerbidae (Crustacea: Isopoda)." *Zoological Systematics and Evolutionary Research* 21 (4): 249–62. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.1983.tb00293.x>.
- Westaway, K. E., J. Louys, R. Due Awe, M. J. Morwood, G. J. Price, J.-x. Zhao, M. Aubert, dkk. 2017. "An early modern human presence in Sumatra 73,000–63,000 years ago." *Nature* advance online publication (Agustus): 1–4. <https://doi.org/doi:10.1038/nature23452>.
- Westaway, K. E., M. J. Morwood, R. G. Roberts, A. D. Rokus, J. -x. Zhao, P. Storm, F. Aziz, dkk. 2007. "Age and biostratigraphic significance of the Punung Rainforest Fauna, East Java, Indonesia, and implications for Pongo and Homo." *Journal of Human Evolution* 53 (6): 709–717. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.06.002>.
- Wilson, George D.F. 2008. "Global diversity of Isopod Crustaceans (Crustacea; Isopoda) in freshwater." *Hydrobiologia* 595: 231–40. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9019-z>.
- Wurster, C.M., M.I. Bird, Ian D. Bull, F. Creed, C. Bryant, J.A.J. Dungait, dan V. Paz. 2010. "Forest contraction in north equatorial Southeast Asia during the Last Glacial Period." *PNAS* 107 (35): 15508–15511. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005507107>.