



PERBEDAAN KEANEKARAGAMAN DAN KELIMPAHAN ARAKNIDA ANTAR ZONASI GUA DI KAWASAN KARST TASIKMALAYA

THE DIFFERENCE IN DIVERSITY AND ABUNDANCE OF ARACHNIDS AMONG CAVE ZONATION IN TASIKMALAYA KARST REGION

Isma Dwi Kurniawan^{1,2*}, Ida Kinasih¹, Tri Cahyanto¹, Hilda Ayu Emalia¹,
Nida Hidayaturrohmah³

¹Jurusan Biologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Jl. A.H. Nasution 105, Cibiru, Bandung

²Indonesian Speleological Society, Ruko BSD Sektor IV Blok RD No.71, Lengkong Wetan, BSD City

³Caves Society, Tasikmalaya

*Corresponding author: ismadwikurniawan@uinsgd.ac.id

Naskah Diterima: 23 Desember 2020; Direvisi: 28 Januari 2022; Disetujui: 9 Agustus 2022

Abstrak

Araknida merupakan kelompok fauna yang umum dijumpai di gua dan berperan penting menjaga keseimbangan ekosistem gua. Kelompok fauna ini dapat ditemukan di seluruh zona gua baik terang, remang, maupun gelap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan keanekaragaman dan kelimpahan araknida berdasarkan zonasi gua. Pengambilan data dilakukan di 3 gua yang terletak di kawasan Karst Tasikmalaya, yaitu Gua Sarongge, Liang Boeh, dan Liang Seungit. Pencuplikan araknida dilakukan dengan teknik *hand collecting*, sedangkan penghitungan individu dengan *direct counting*. Selain itu, dilakukan pengukuran parameter abiotik yang terdiri dari suhu udara, suhu tanah, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Data dianalisis dengan uji indeks similaritas Jaccard, *one-way ANOVA*, Kruskal Wallis, dan *Canonical correlation analysis*. Terdapat 311 individu araknida tergolong dalam 3 ordo dan 7 morfospesies yang berhasil dikoleksi. Mayoritas araknida tergolong kategori adaptasi troglafil. Terdapat kemiripan komposisi spesies yang tinggi antara zona remang dan gelap (indeks similaritas 0,833) dibandingkan kemiripan keduanya dengan zona terang (0,571 dan 0,429). Kelimpahan individu araknida antar zona tidak berbeda secara signifikan. Mayoritas spesies memiliki preferensi habitat dengan kondisi intensitas cahaya rendah dan kelembapan tinggi.

Kata kunci: Araknida; Ekosistem gua; Keanekaragaman; Kelimpahan

Abstract

Arachnid is one of the cave-adapted fauna with diverse cave representatives and plays a vital role in maintaining ecosystem balance. This group is widely distributed in all cave zonation, namely entrance, twilight, and dark zones. This study aimed to reveal the difference in diversity and abundance of arachnids in different caves zonation. The study was carried out in three caves situated in Tasikmalaya karst region, namely Sarongge, Liang Boeh, and Seungit. Arachnids were sampled through hand collecting, while abundance was estimated through direct counting. Air and soil temperatures, relative humidity, soil moisture, and light intensity were also measured. Data were analysed through Jaccard's similarity index, one-way ANOVA, Kruskal Wallis, and CCA. In total, 311 individuals belonged to 3 orders and 7 morphospecies were identified. Most observed morphospecies were categorized as troglophiles. There was a great degree of similarity in species composition between twilight and dark zones (similarity 0.833) compared to entrance zone (0.571 and 0.429, respectively). Meanwhile, abundance was relatively similar. Most species prefer habitats with low light intensity but high humidity.

Keywords: Abundance; Arachnids; Cave ecosystem; Diversity

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v15i2.18816>

PENDAHULUAN

Gua adalah salah satu lingkungan yang mayoritas bagiannya tidak memiliki cahaya matahari. Kondisi gelap gulita tanpa adanya cahaya membuat organisme fotoautotrof yang berperan sebagai produsen tidak dapat hidup sehingga sumber energi di gua terbatas. Selain itu, lingkungan gua juga memiliki kelembapan udara tinggi, O₂ rendah, dan CO₂ tinggi (Romero, 2009). Kondisi lingkungan ekstrem ini menjadi faktor pembatas bagi banyak makhluk hidup. Meskipun terlihat seperti tidak mendukung adanya kehidupan, lingkungan gua ternyata dihuni oleh cukup banyak fauna terutama dari kelompok *Arthropoda* (Culver & Pipan, 2009).

Arthropoda adalah kelompok fauna dominan di ekosistem gua baik dari segi diversitas maupun kelimpahan (Kurniawan et al., 2018a). Di antara anggota filum *Arthropoda*, araknida menjadi salah satu yang paling beragam. Secara umum, kekayaan jenis araknida di ekosistem gua memiliki keragaman tertinggi kedua setelah insekta (Romero, 2009). Tingginya diversitas araknida di gua menunjukkan bahwa kelompok ini sangat adaptif terhadap lingkungan gua yang tergolong ekstrem. Berdasarkan kategori adaptasinya terhadap lingkungan gua, sebagian besar araknida tergolong troglafil yaitu kelompok fauna yang dapat menyelesaikan siklus hidupnya di dalam gua tetapi juga dapat hidup di lingkungan lain yang mirip dengan gua, sedangkan sebagian yang lain tergolong troglobit atau spesies yang hanya dapat hidup secara eksklusif di dalam gua (Prakarsa et al., 2021; Romero, 2009). Beberapa spesies yang tergolong troglafil juga sering dikelompokkan ke dalam troglolen karena mereka secara periodik bergerak ke luar gua untuk mencari makan (Deharveng & Bedos, 2012). Secara ekologis, mayoritas araknida berperan sebagai predator sehingga keberadaannya sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem gua (Culver & Pipan, 2009; Parimuchová et al., 2021; Price, 2014).

Meskipun familiar dengan kondisi gelap gulita, tidak semua bagian gua memiliki kondisi yang demikian. Berdasarkan kondisi iklimnya, lingkungan gua umumnya dibagi menjadi 3 zona, yaitu zona terang, remang, dan gelap (Cuff et al., 2021). Penamaan zona tersebut utamanya didasarkan pada perbedaan besaran intensitas cahaya matahari. Meskipun demikian, kondisi iklim lainnya seperti kelembapan udara, sirkulasi udara, kadar CO₂, dan O₂ antar zona tersebut juga berbeda. Selain itu, perbedaan lainnya yang juga penting adalah pada aspek ketersediaan sumber pakan dan variasi habitat (Howarth, 1993; Mammola, 2019). Perbedaan karakter lingkungan di antara zonasi gua tersebut memiliki dampak besar pada komposisi spesies dan kelimpahan fauna yang hidup di dalamnya (Howarth & Moldovan, 2018a). Di dalam lingkungan gua, araknida terutama yang berukuran makro (>2 mm) seperti *Amblypygi*, *Uropygi*, *Araneae*, *Scorpionida*, *Schizomida*, dan *Opilionida* dapat ditemukan di sepanjang lorong gua dari zona terang hingga gelap (Prakarsa et al., 2021; Rahmadi, 2002; Rahmadi, 2008; Romero, 2009). Adanya gradasi iklim membuat perbedaan komposisi spesies dan kelimpahan araknida di zona terang, remang, dan gelap menjadi menarik untuk dipelajari.

Kabupaten Tasikmalaya memiliki kawasan karst dengan luas kurang lebih 158.301 ha (Pemerintah Kabupaten Tasikmalaya, 2019). Berdasarkan hasil eksplorasi *caves society* tahun 2018, di dalam kawasan karst tersebut terdapat sedikitnya 500 gua yang telah berhasil didata (Kurniawan et al., 2020). Hingga saat ini, informasi mengenai kehidupan di dalam gua terutama dari kelompok araknida di kawasan karst tersebut masih terbatas. Di sisi lain, potensi terjadinya kerusakan ekosistem gua karst semakin meningkat seiring semakin masifnya pemanfaatan gua untuk kegiatan pertambangan, wisata, perburuan, dan pelaksanaan kegiatan adat dan religi (Kurniawan & Rahmadi, 2019). Informasi mengenai aspek biologi gua sangat penting sebagai dasar dalam pengambilan kebijakan terkait konservasi ekosistem gua karst.

MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di 3 gua yang terletak di kawasan Karst Tasikmalaya, yaitu Gua Sarongge (S 7°34'37,6" E 108°12'10"), Liang Boeh (S 7°32'20,1" E 108°10'56,2"), dan Liang Seungit (S 7°32'23,6" E 108°10'54"). Pengambilan sampel dilakukan pada Januari-Maret 2019. Pemilihan gua didasarkan pada beberapa aspek kesamaan karakter lorong seperti berlorong horizontal, tergolong gua fosil, dan memiliki panjang lorong relatif pendek (60–100 m). Selain itu,

ketiga gua tersebut sama-sama memiliki mulut gua tunggal. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di zona terang, remang, dan gelap pada masing-masing gua. Penentuan zonasi gua dilakukan berdasarkan kondisi cahaya matahari dan besaran intensitas cahaya. Zona terang memiliki kondisi lorong dengan intensitas cahaya tinggi pada pagi hingga sore hari (intensitas cahaya >20 lux) dan terdapat periode paparan cahaya matahari langsung, zona remang memiliki kondisi cahaya matahari yang redup atau remang-remang (intensitas cahaya 1 sampai ≤ 20 lux) dan cahaya di zona ini hanya berupa cahaya difus (cahaya pantul), sedangkan zona gelap memiliki kondisi gelap gulita tanpa cahaya matahari (intensitas cahaya 0 lux).

Pencuplikan araknida dilakukan dengan cara koleksi langsung (*hand collecting*). Teknik ini dilakukan dengan cara melakukan penelusuran gua dimulai dari zona terang, remang, dan gelap. Pencarian araknida dilakukan di sepanjang lantai, dinding, dan atap gua. Khusus untuk atap gua, pencuplikan hanya dilakukan pada lorong yang memiliki atap rendah dan memungkinkan untuk dijangkau. Araknida yang teramati selama penelusuran gua ditangkap dengan bantuan sarung tangan, jaring (*hand net*), dan pinset. Jumlah sampel yang diambil untuk keperluan identifikasi berjumlah maksimal 5 individu untuk setiap jenis yang ditemukan. Araknida yang dikoleksi selanjutnya dimasukkan ke dalam botol sampel yang berisi alkohol 96%. Selain itu, jumlah individu untuk setiap morfospesies juga dihitung secara langsung (*direct counting*) di lapangan dengan bantuan *hand counter* untuk memprediksi kelimpahan araknida pada setiap zona. Pencuplikan dan penghitungan jumlah individu distandarisasi dengan batasan waktu, yaitu selama 30 menit untuk setiap zona dan dilakukan oleh 3 orang *observer*.

Identifikasi dilakukan dengan pendekatan morfospesies berdasarkan hingga ke tingkatan takson yang memungkinkan (Derraik et al., 2010; Maqtan et al., 2018). Pengamatan karakter morfologi dilakukan di bawah mikroskop stereo. Catatan-catatan mengenai biogeografi spesies-spesies araknida gua di Indonesia khususnya Jawa juga dipertimbangkan dalam identifikasi. Proses Identifikasi dilakukan di Laboratorium Zoologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung dan Museum Zoologicum Bogoriense, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Beberapa referensi yang digunakan dalam identifikasi di antaranya Gibb dan Oseto (2005), Jager (2014), Jocque dan Dippenaar-Schoeman (2006), Prakarsa et al. (2021), Rahmadi (2008), Rahmadi et al. (2011), Rowland dan Cooke (1973), serta Wenying (2000). Araknida yang berhasil dikoleksi juga dikelompokkan ke dalam kategori adaptasi fauna terhadap lingkungan gua, yaitu troglösen, troglafil, atau troglobit. Pengelompokan ini didasarkan pada derajat troglomorfisme yang ditunjukkan oleh setiap spesies seperti pemanjangan tungkai atau antena, reduksi organ penglihatan, depigmentasi, dan peningkatan reseptor indera (Kurniawan & Rahmadi, 2019; Prakarsa et al., 2021). Selain itu, ada tidaknya perilaku keluar masuk gua juga dipertimbangkan dalam penentuan kategori adaptasi (Deharveng & Bedos, 2012). Hasil identifikasi selanjutnya divalidasi oleh ahli yang memiliki keahlian dalam bidang *Arthropoda* gua.

Pengukuran parameter lingkungan yang terdiri dari suhu udara, suhu tanah, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya dilakukan pada siang hari (11.00–14.00). Pemilihan waktu tersebut didasarkan pada periode pencahayaan matahari maksimal sehingga hasil pengukuran intensitas cahaya dan pengamatan cahaya secara visual dapat digunakan untuk menentukan batas zona terang, remang, dan gelap. Pengukuran dilakukan pada masing-masing zona gua dengan pengulangan sebanyak 5 kali untuk setiap parameter.

Analisis data dilakukan dengan penghitungan indeks similaritas Jaccard untuk mengetahui perbedaan keanekaragaman araknida antar zonasi gua. Penghitungan indeks similaritas Jaccard dilakukan dengan *software MultiVariate Statistical Package (MVSP)*. Perbedaan kelimpahan araknida dianalisis melalui uji *one-way ANOVA* (sig 5%), sedangkan perbedaan parameter lingkungan antar zona dianalisis dengan uji Kruskal Wallis (sig 5%). Kedua analisis statistik tersebut dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 25. Analisis multivariat *Canonical Correlation Analysis (CCA)* juga dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara parameter lingkungan dengan komunitas araknida. CCA dilakukan dengan menggunakan *vegan package* pada *software R*. Selain itu, data ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mempermudah visualisasi dan pembahasan.

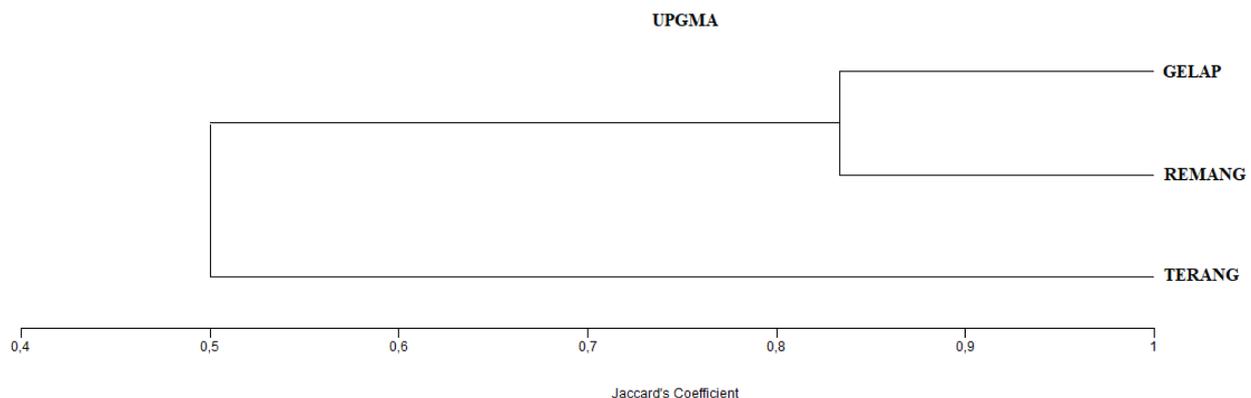
HASIL

Secara total, terdapat 311 individu araknida yang tergolong dalam 3 ordo dan 7 morfospesies berhasil didata dari semua gua di semua zona (Tabel 1). Ordo *Aranea* memiliki keragaman morfospesies tertinggi dengan 5 jenis, sedangkan dua ordo lainnya masing-masing hanya 1 jenis. *Pholcus* sp. dan *Stygophrynus dammermani* memiliki kelimpahan individu lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya, yaitu dengan 206 dan 48 individu. Semua araknida yang ditemukan tergolong ke dalam kelompok adaptasi troglafil. Terdapat 2 morfospesies yang juga digolongkan ke dalam troglosen yaitu *Stygophrynus dammermani* dan *Heteropoda* sp.

Tabel 1. Daftar morfospesies dan jumlah individu araknida

Ordo	Morfospesies	Jumlah individu	Kategori adaptasi
<i>Uropygi</i>	<i>Thelyphonus</i> sp.	24	Troglafil
<i>Amblypygi</i>	<i>Stygophrynus dammermani</i>	48	Troglafil/troglosen
<i>Araneae</i>	<i>Selenoscopia</i> sp.	7	Troglafil
	<i>Heteropoda</i> sp.	19	Troglafil/troglosen
	<i>Pholcus</i> sp.	206	Troglafil
	<i>Ctenus</i> sp.	13	Troglafil
	<i>Lycosidae</i>	1	Troglafil

Dilihat dari perbandingan komposisi spesies, zona remang, dan zona gelap cenderung memiliki kemiripan yang tinggi dibandingkan dengan zona terang (Gambar 1). Kemiripan tersebut didasarkan pada tingginya nilai indeks similaritas Jaccard antara dua zona tersebut. Berdasarkan data yang tersaji pada Tabel 2, zona remang dan gelap memiliki indeks similaritas yang tinggi yaitu 0,833, sedangkan tingkat similaritas keduanya dengan zona terang relatif jauh lebih rendah.



Gambar 1. Kemiripan komposisi morfospesies antar zona

Tabel 2. Indeks similaritas Jaccard antar zona

Zona	Terang	Remang	Gelap
Terang	1,000		
Remang	0,571	1,000	
Gelap	0,429	0,833	1,000

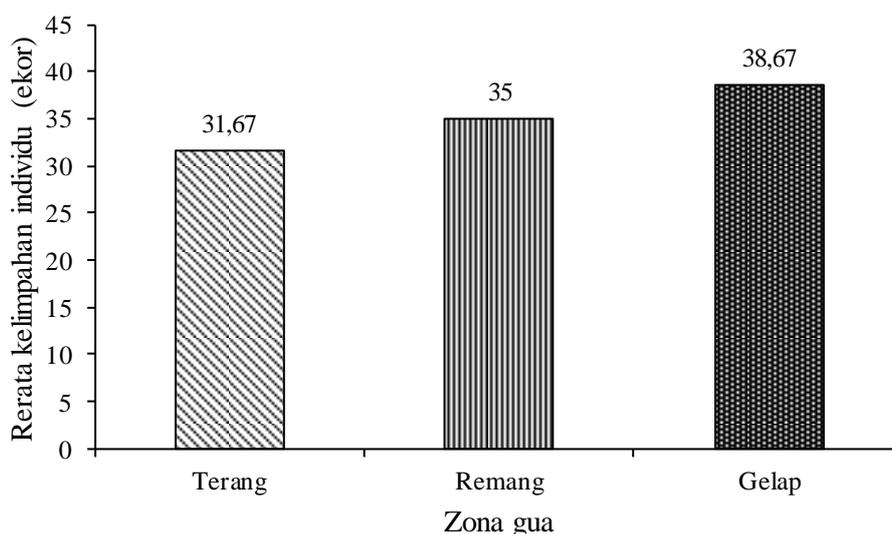
Data kehadiran morfospesies di setiap zona (Tabel 3) menunjukkan bahwa terdapat beberapa morfospesies yang dapat ditemukan di semua zona dan beberapa yang lain hanya dapat dijumpai di zona tertentu. Morfospesies yang dapat dijumpai di setiap zona adalah *Thelyphonus* sp., *Stygophrynus dammermani*, dan *Pholcus* sp., sedangkan yang hanya dapat dijumpai di zona tertentu adalah *Heteropoda* sp. (terang dan remang), *Selenoscopia* sp. dan *Ctenus* sp. (remang dan gelap), dan *Lycosidae* (terang).

Meskipun terdapat perbedaan komposisi spesies antar zonasi gua, tapi dalam hal kelimpahan individu ketiga zona gua cenderung tidak berbeda satu sama lain. Berdasarkan data pada Gambar 2,

diketahui bahwa hasil uji *one-way* ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara kelimpahan individu di zona terang, remang, dan gelap pada taraf signifikansi 5% ($\text{sig} > 0,05$).

Tabel 3. Kehadiran morfospesies di setiap zona

Morfospesies	Terang	Remang	Gelap
<i>Heteropoda</i> sp.	√	√	-
<i>Thelyphonus</i> sp.	√	√	√
<i>Stygophrynus dammermani</i>	√	√	√
<i>Selenoscosmia</i> sp.	-	√	√
<i>Pholcus</i> sp.	√	√	√
<i>Ctenus</i> sp.	-	√	√
<i>Lycosidae</i>	√	-	-



Gambar 2. Perbandingan rerata kelimpahan individu antar zona. Huruf yang sama di atas diagram menunjukkan kesamaan besaran rerata setiap parameter antar zona (*one-way* ANOVA tidak berbeda signifikan pada $\alpha = 0,05$).

Berdasarkan uji Kruskal Wallis, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan di antara ketiga zonasi gua pada semua parameter lingkungan yang diukur ($\text{sig} < 0,05$). Hasil penghitungan rerata pengukuran parameter lingkungan beserta hasil uji Kruskal Wallis tersaji pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa zona terang memiliki kemiripan suhu tanah dan kelembapan tanah dengan zona remang, sedangkan zona remang memiliki kemiripan dengan zona gelap pada parameter kelembapan udara dan intensitas cahaya. Kemiripan antara zona terang dan zona gelap hanya terjadi pada parameter suhu udara.

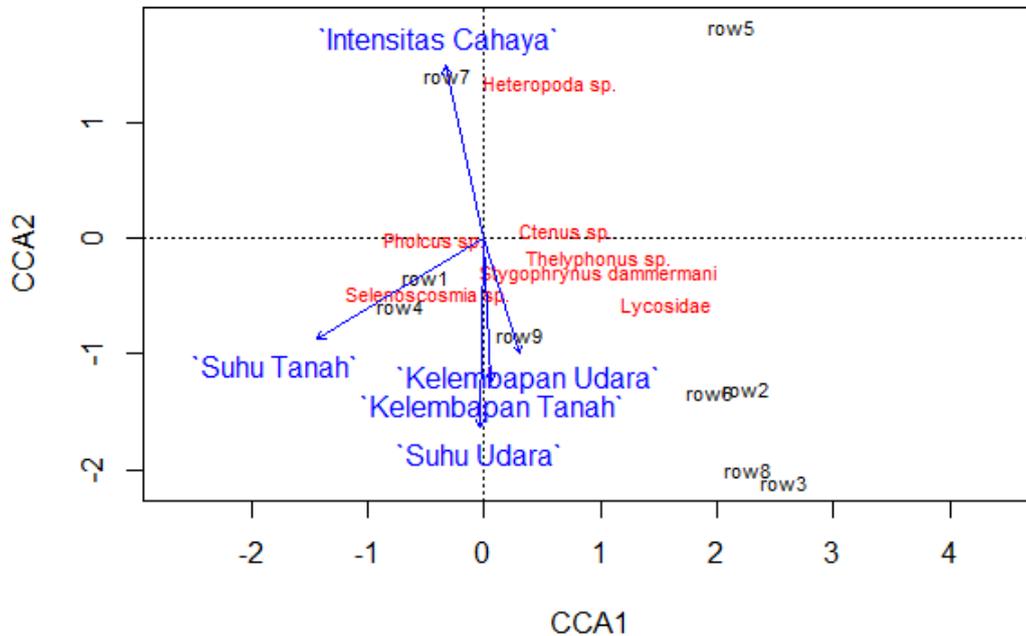
Tabel 4. Rata-rata hasil pengukuran parameter lingkungan

Zona	Suhu udara (°C)*	Suhu tanah (°C)*	Kelembapan udara (%)*	Kelembapan tanah (%)*	Intensitas cahaya (lux)*
Terang	24,84a	23a	84,67a	65,93a	253,06a
Remang	23,74b	23,1a	93,27b	78,47a	9,49b
Gelap	25,38a	24b	96,33b	92,93b	0b

Keterangan: *Uji Kruskal Wallis signifikan pada taraf $\alpha = 0,05$. Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan kesamaan besaran rerata setiap parameter antar zona

Berdasarkan visualisasi analisis CCA pada Gambar 3, diketahui bahwa keberadaan cahaya matahari bukan merupakan faktor pembatas bagi komunitas araknida di lingkungan gua. Hal ini ditunjukkan dengan sedikitnya morfospesies yang berkorelasi dengan intensitas cahaya. Dari 7

morfoespies, hanya *Heteropoda* sp. yang berkorelasi positif dengan intensitas cahaya. Mayoritas araknida justru cenderung berkorelasi dengan parameter lingkungan lainnya. *Thelyphonus* sp., *Stygophrynus dammermani*, dan *Lycosidae* berkorelasi positif dengan kelembapan udara dan kelembapan tanah, sedangkan *Selenoscopia* sp. berkorelasi positif dengan suhu tanah. Dua morfoespies lainnya, yaitu *Ctenus* sp. dan *Pholcus* sp. tidak berkorelasi dengan semua parameter lingkungan yang diukur.



Gambar 3. Keterkaitan parameter lingkungan dengan komunitas araknida

PEMBAHASAN

Ketiga kelompok ordo anggota kelas Araknida yang ditemukan, yaitu *Uropygi* (*Kalacuka*), *Amblypygi* (*Kalacemeti*), dan *Aranea* (laba-laba) merupakan kelompok *Arthropoda* yang sangat umum dijumpai di ekosistem gua baik di zona terang, remang maupun zona gelap (Kurniawan et al., 2020; Prakarsa & Ahmadin, 2017; Rahmadi, 2002; Romero, 2009). Ordo *Aranea* mendominasi keragaman dengan 5 morfoespies, sedangkan 2 ordo lainnya hanya menyumbang masing-masing 1 morfoespies. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, ordo *Aranea* memang menjadi salah satu penyumbang keanekaragaman tertinggi di ekosistem gua (Kurniawan et al., 2018b; Kurniawan et al., 2018c). Kelompok ini tergolong adaptif di ekosistem gua dan cukup banyak spesies troglolit yang hanya dapat hidup di dalam gua (*cave obligate species*) merupakan anggota dari ordo ini (Bertani et al., 2013; Candia-Ramírez & Valdez-Mondragón, 2014; Miller & Rahmadi, 2012).

Berdasarkan kelimpahannya, *Pholcus* sp. dan *Stygophrynus dammermani* mendominasi dengan 206 dan 48 individu. *Pholcus* sp. banyak ditemukan di sela-sela ornamen dan dinding gua, sedangkan *Stygophrynus dammermani* dapat dijumpai di hampir semua bagian lorong terestrial gua baik di lantai, dinding, maupun atap gua. Beberapa morfoespies lainnya seperti *Thelyphonus* sp. dan *Heteropoda* sp. juga sangat sering dijumpai di dalam ekosistem gua, akan tetapi dari segi kelimpahan memang tidak terlalu besar. Tiga morfoespies lainnya yang semuanya tergolong *Aranea*, yaitu *Selenoscopia* sp., *Ctenus* sp., dan *Lycosidae* memiliki kelimpahan yang rendah dibandingkan morfoespies yang lainnya. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, ketiga morfoespies ini relatif lebih jarang dijumpai di ekosistem gua dibandingkan morfoespies-morfoespies yang sebelumnya (Hidayaturrohman et al., 2021; Prakarsa & Ahmadin, 2017; Rahmadi & Suhardjono, 2007). Apabila hadir di suatu gua, ketiganya memiliki jumlah individu yang sangat bervariasi (Kurniawan et al., 2018a; Rahmadi, 2008). Hal ini diduga berkaitan dengan karakter spesifik suatu gua yang diperlukan oleh taksa tersebut atau faktor keberadaan populasi taksa tersebut di lingkungan sekitar gua yang dapat berpengaruh terhadap kehadiran mereka di

dalam gua. Perlu dilakukan lebih lanjut untuk dapat menjelaskan secara pasti mengenai pola preferensi tersebut.

Seluruh araknida yang berhasil didata tergolong troglafil. Kelompok troglafil mampu sepenuhnya hidup di dalam gua, akan tetapi mereka juga dapat hidup di habitat luar gua yang memiliki kondisi lingkungan mirip dengan gua seperti gelap dan lembap (Mammola, 2019; Rahmadi et al., 2018). Selain troglafil, terdapat 2 morfospesies yang juga sekaligus digolongkan ke dalam kelompok troglafen. Dua morfospesies tersebut adalah *Heteropoda* sp. dan *Stygophrynus dammermani*. Troglafen adalah kelompok fauna gua yang memiliki kebiasaan keluar masuk gua secara periodik (Kurniawan & Rahmadi, 2019). Di gua-gua tropis, kedua jenis tersebut diketahui sering pergi meninggalkan gua ketika malam hari untuk keperluan mencari makan (Deharveng & Bedos, 2012). Kedua spesies ini juga dikenal memiliki tingkat kanibalisme yang tinggi (Kurniawan & Rahmadi, 2019).

Selain dari segi kebiasaan hidupnya, penggolongan kategori adaptasi fauna gua juga didasarkan pada derajat troglomorfisme. Troglomorfisme adalah adaptasi spesifik fauna untuk dapat hidup sepenuhnya di dalam ekosistem gua. Secara morfologi, adaptasi ini ditandai dengan depigmentasi (warna tubuh memucat), pemanjangan struktur tubuh, mereduksinya mata, dan penipisan eksoskeleton pada kelompok *Arthropoda* (Howarth & Moldovan, 2018b; Suhardjono & Ubaidillah, 2012). Dari semua morfospesies, hanya *Stygophrynus dammermani* (*Amblypygi*) yang menunjukkan salah satu karakter troglomorfisme yaitu berupa pemanjangan struktur tubuh pada bagian kaki pertama. Meskipun demikian, *Stygophrynus dammermani* tidak digolongkan sebagai troglabit sebab derajat troglomorfisme tersebut tergolong rendah dan kelompok *Amblypygi* juga sangat umum hidup di lingkungan luar gua (Rahmadi et al., 2018; Rahmadi & Harvey, 2008).

Tingginya indeks similaritas menggambarkan adanya kemiripan komposisi morfospesies yang terdapat di kedua komunitas tersebut (Real & Vargas, 1996). Tingginya kemiripan komposisi morfospesies di zona remang dan gelap didukung oleh data kehadiran masing-masing morfospesies pada setiap zona. Berdasarkan data pada Tabel 3, terlihat bahwa komposisi morfospesies di zona remang dan gelap jauh lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan komposisi morfospesies zona terang. Hasil ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa komunitas zona remang cenderung lebih mirip dengan zona gelap khususnya untuk kategori fauna troglafil (Kurniawan et al., 2018c). Perbedaan antara zona remang dan gelap hanya terletak pada *Heteropoda* sp. dimana morfospesies ini hadir di zona remang tetapi tidak ditemukan di zona gelap. *Heteropoda* sp. adalah laba-laba dari famili *Sparassidae* yang umum dijumpai di ekosistem gua. Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa laba-laba ini tergolong adaptif terhadap lingkungan khas gua dan dapat ditemukan di semua zona gua. Ketidakhadiran *Heteropoda* sp. di zona gelap ketiga gua yang diteliti dimungkinkan karena adanya kompetisi terutama dengan *Stygophrynus dammermani*. Kedua spesies ini diketahui memiliki relung yang sama di dalam gua dan menggunakan sumber pakan yang sama yang salah satunya adalah jangkrik gua (*Rhaphidophora* sp.) (Kurniawan & Rahmadi, 2019).

Keanekaragaman fauna di ekosistem gua secara umum mengalami penurunan seiring dengan penambahan jarak dari mulut gua ke dalam gua (Mazebedi & Hesselberg, 2020). Akan tetapi, khusus untuk kelompok taksa tertentu yang adaptif terhadap lingkungan gua seperti halnya araknida pola tersebut mungkin berbeda. Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa setiap zona memiliki jumlah spesies yang hampir sama, yaitu zona terang (5 spesies), remang (6 spesies), dan gelap (5 spesies). Zona remang sangat memungkinkan memiliki jumlah spesies araknida yang lebih tinggi, sebab zona ini merupakan daerah ekoton yang membatasi zona terang dan zona gelap. Komunitas yang ada di zona ini merupakan kombinasi antara spesies yang hidup di zona terang dan zona gelap (Prous et al., 2015).

Kekayaan spesies yang dimiliki oleh suatu zona, tidak selalu selaras dengan kelimpahan individunya. Zona dengan diversitas fauna yang tinggi, belum tentu memiliki kelimpahan individu total yang tertinggi. Dibandingkan dengan zona terang dan remang, diversitas fauna di zona gelap umumnya jauh lebih rendah. Meskipun demikian, kelimpahan individu di zona ini seringkali sama atau justru lebih besar dibandingkan dengan zona terang maupun remang. Hal ini disebabkan karena

spesies-spesies yang adaptif dengan zona gelap seringkali hadir dengan kelimpahan individu yang besar (Kurniawan & Rahmadi, 2019; Macud & Nuneza, 2014; Mazebedi & Hesselberg, 2020; Suhardjono & Ubaidillah, 2012). Kondisi inilah yang menyebabkan kelimpahan individu di ketiga zona gua yang diteliti tidak berbeda secara signifikan satu sama lain (Gambar 2).

Beberapa morfospesies seperti *Thelyphonus* sp. dan *Pholcus* sp. memiliki jumlah individu yang relatif sama pada masing-masing zona. Hal ini menjadi indikator bahwa kedua morfospesies ini mampu menggunakan ketiga tipe habitat tersebut dengan lebih baik dibandingkan morfospesies lainnya. Umumnya, *kalacuka* (ordo *Uropygi*) dari famili *Thelyphonidae* dan laba-laba (ordo *Aranea*) khususnya dari subfamili *Pholcinae* dapat dijumpai baik di habitat gua maupun luar gua. Hal ini menggambarkan bahwa kedua taksa tersebut memiliki kisaran toleransi terhadap kondisi lingkungan yang cukup lebar sehingga memungkinkan mereka eksis di berbagai tipe habitat. Meskipun demikian, banyak anggota dari taksa tersebut yang memiliki preferensi habitat spesifik dengan karakter ternaungi seperti celah-celah batuan dan serasah (Ferreira et al., 2011; Huber, 2018). Karakter lingkungan yang demikian banyak ditemukan di sepanjang lorong gua baik zona terang, remang, maupun gelap.

Adanya perbedaan komposisi morfospesies terutama di zona terang disebabkan karena banyak faktor. Salah satu yang diduga paling berpengaruh adalah perbedaan kondisi lingkungan (Howarth & Moldovan, 2018a; Suhardjono & Ubaidillah, 2012). Pengukuran parameter lingkungan di ketiga zona menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan di semua parameter lingkungan yang diukur (Tabel 4). Apabila melihat keterkaitan dengan komposisi morfospesies, parameter kelembapan udara, dan intensitas cahaya memiliki kesamaan pola. Seperti komposisi morfospesies, kelembapan udara dan intensitas cahaya di zona remang dan gelap lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan zona terang. Terdapat gradasi nilai yang saling berkebalikan di antara kedua parameter ini, dimana kelembapan udara semakin meningkat dari zona terang menuju zona gelap, sedangkan sebaliknya intensitas cahaya semakin menurun. Gradasi iklimat yang demikian sangat ditentukan oleh tinggi rendahnya kontak langsung suatu zona dengan lingkungan luar (Howarth & Moldovan, 2018a). Zona remang dan gelap memiliki intensitas cahaya rendah dan kelembapan udara yang lebih tinggi dibandingkan zona terang karena zona ini tidak terpapar cahaya matahari secara langsung dan sirkulasi atau pertukaran udara dengan lingkungan luar juga lebih rendah (Kurniawan & Rahmadi, 2019). Selain gelap gulita, kelembapan udara tinggi juga menjadi ciri lingkungan gua. Kelembapan udara ini berasal dari proses evaporasi berbagai sumber air yang terdapat di sepanjang lorong gua. Sumber air pada gua-gua fosil yang tidak memiliki aliran sungai bawah tanah dapat berupa air perkolasi dan kondensasi (Perry, 2013).

Kondisi iklimat di zona remang dan gelap seringkali mirip karena besaran fluktuasi suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya yang jauh lebih kecil dibandingkan zona terang (Kurniawan et al., 2018b). Posisi zona terang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gua yang kondisinya sangat fluktuatif karena bergantung kondisi cuaca. Meskipun demikian, apabila dibandingkan dengan lingkungan gua, lingkungan luar gua umumnya memiliki karakter intensitas cahaya yang jauh lebih tinggi, kelembapan lebih rendah, dan sirkulasi udara tinggi (Kurniawan & Rahmadi, 2019). Hal ini menyebabkan kondisi iklimat di zona terang cenderung fluktuatif dan lebih mirip lingkungan luar gua (Howarth & Moldovan, 2018a). Mayoritas fauna yang umum dijumpai di ekosistem gua khususnya yang tergolong ke dalam kategori adaptasi troglafil, mulai banyak dijumpai dari zona remang sampai dengan zona gelap. Hal ini disebabkan karena kelompok troglafil umumnya lebih menyukai lingkungan dengan intensitas cahaya rendah dan kondisi udara dan tanah yang lembap (Howarth & Moldovan, 2018a; Kurniawan et al., 2018c; Rahmadi et al., 2018). Kondisi lingkungan tersebut umumnya dijumpai di zona remang dan gelap.

Banyak spesies araknida troglafil dari ordo *Uropygi*, *Amblypygi*, dan *Araneae* merupakan spesies nokturnal. Di ekosistem permukaan, mereka aktif pada malam hari dan bersembunyi ketika siang hari di tempat-tempat yang gelap dan lembap seperti celah-celah batu, kayu, di bawah serasah, atau di liang yang mereka buat (Coddington & Colwell, 2001). Hal ini selaras dengan hasil uji CCA (Gambar 3) yang menunjukkan bahwa mayoritas araknida berkorelasi negatif dengan intensitas cahaya dan berkorelasi positif dengan kelembapan udara dan kelembapan tanah. Selain

adanya struktur eksoskeleton, perilaku nokturnal dan preferensi habitat ke lokasi yang gelap dan lembap merupakan salah satu bentuk mekanisme osmoregulasi pada kelompok *Arthropoda*. Strategi ini dilakukan untuk menghindari terjadinya desikasi atau kehilangan cairan berlebih dari dalam tubuh (Dunlop et al., 2013).

SIMPULAN DAN SARAN

Araknida yang berhasil dikoleksi dari semua gua terdiri dari 3 ordo dan 7 morfospesies dengan total 311 individu. Terdapat kemiripan komposisi morfospesies araknida yang tinggi antara zona remang dan gelap gua dibandingkan dengan zona terang. Akan tetapi, araknida di ketiga zona gua cenderung memiliki kelimpahan yang sama. Morfospesies yang dapat dijumpai di setiap zona adalah *Thelyphonus* sp., *Stygophrynus dammermani*, dan *Pholcus* sp., sedangkan yang hanya dijumpai di zona tertentu adalah *Heteropoda* sp. (terang dan remang), *Selenoscosmia* sp. dan *Ctenus* sp. (remang dan gelap), dan *Lycosidae* (terang). Semua morfospesies tergolong dalam kategori adaptasi troglafil. Terdapat 2 morfospesies yang juga digolongkan ke dalam troglolen yaitu *Stygophrynus dammermani* dan *Heteropoda* sp. Kondisi lingkungan di ketiga zonasi gua memiliki perbedaan pada semua parameter, akan tetapi kelembapan udara dan intensitas cahaya memiliki kesamaan pola dengan kemiripan komposisi morfospesies. Mayoritas araknida menyukai zona dengan intensitas cahaya rendah dan kelembapan udara dan tanah yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada rekan-rekan *Caves Society* di Tasikmalaya atas kerjasama dan bantuannya selama pengambilan data lapangan. Terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung atas bantuan pendanaan riset dan Jurusan Biologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang telah memberikan pendanaan publikasi. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Cahyo Rahmadi dan Rezzy Eko Caraka, Ph.D dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas bantuannya dalam proses identifikasi spesimen dan analisis statistik.

REFERENSI

- Bertani, R., Bichuette, M. E., & Pedroso, D. R. (2013). *Tmesiphantes hypogeus* sp. nov. (Araneae, Theraphosidae), the first troglobitic tarantula from Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 85(1), 235-243. doi: 10.1590/s0001-37652013005000007.
- Candia-Ramírez, D. T., & Valdez-Mondragón, A. (2014). A new troglobitic species of the spider genus *Tengella* dahl (Araneae, Tengellidae) from Chiapas, Mexico. *Zootaxa*, 3764(3), 377-386. doi: 10.11646/zootaxa.
- Coddington, J. A., & Colwell, R. K. (2001). *Arachnids*. In S. A. Levin (Eds.), *Encyclopedia of biodiversity* (pp. 199-218). USA: Academic Press.
- Cuff, J. P., Aharon, S., Steinpress, I. A., Seifan, M., Lubin, Y., & Gavish-Regev, E. (2021). It's all about the zone: Spider assemblages in different ecological zones of Levantine caves. *Diversity*, 13(11), 576. doi: 10.3390/d13110576.
- Culver, D. C., & Pipan, T. (2009). *The biology of caves and other subterranean habitats*. New York: Oxford University Press.
- Deharveng, L., & Bedos, A. (2012). Diversity patterns in the tropics. In W. B. White, & D. C. Culver (Eds.), *Encyclopedia of caves* (2nd ed., pp. 238-250). Amsterdam: Academic Press.
- Derraik, J. G. B., Early, J. W., Closs, G. P., & Dickinson, K. J. M. (2010). Morphospecies and taxonomic species comparison for *Hymenoptera*. *Journal of Insect Science*, 10, 108 doi: insectscience.org/10.108.
- Dunlop, J. A., Scholtz, G., & Selden, P. A. (2013). Water-to-land transitions. In A. Minelli, G. Boxshall, & G. Fusco (Eds.), *Arthropod biology and evolution: Molecules, development, morphology* (pp. 417-439). Heidelberg: Springer.
- Ferreira, R. L., Silva, W. D. C., Vieira, C. V., & Silva, E. M. S. (2011). Aspects of the behavior and reproduction of *Mastigoproctus brasiliensis* Koch, 1843, (Arachnida: Uropygi: Telyphonidae). *Revista de Etología*, 10(1), 3-11.

- Gibb, T. J., & Oseto, C. Y. (2005). *Arthropod Collection and Identification: Laboratory and Field Techniques*. USA: Academic Press
- Hidayaturrohman, N., Hernawati, D., & Chaidir, D. M. (2021). Keanekaragaman *arthropoda* berdasarkan 3 zona pencahayaan di Gua Sarongge Tasikmalaya. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 8(2), 245-258. doi: 10.22373/biotik.v8i2.7778.
- Howarth, F. G. (1993). High-stress subterranean habitats and evolutionary change in cave-inhabiting arthropods. *The American Naturalist*, 142(Suppl 1), 565-577. doi: 10.1086/285523.
- Howarth, F. G., & Moldovan, O. T. (2018a). Where cave animals live. In O. T. Moldovan, L. Kovac, & S. Halse (Eds.), *Caves ecology* (pp. 23-37). Switzerland: Springer.
- Howarth, F. G., & Moldovan, O. T. (2018b). The ecological classification of cave animals and their adaptations. In O. T. Moldovan, L. Kovac, & S. Halse (Eds.), *Caves ecology* (pp. 41-67). Switzerland: Springer.
- Huber, B. A. (2018). Cave-dwelling pholcid spiders (*Araneae*, *Pholcidae*): A review. *Subterranean Biology*, 26, 1-18. doi: 10.3897/subtbiol.26.26430.
- Jager, P. (2014). *Heteropoda Latreille, 1804: New species, synonymies, transfers, and records (Araneae: Sparassidae: Heteropodinae)*. *Arthropoda Selecta*, 23(2), 145-188. doi: 10.15298/arthsel.23.2.06.
- Jocque, R., & Dippenaar-Schoeman, A. S. (2006). *Spider families of the world*. Tervuren: Royal Museum for Central Africa.
- Kurniawan, I. D., Rahmadi, C., Ardi, T. E., Nasrullah, R., Willyanto, M. I., & Setiabudi, A. (2018a). The impact of lampenflora on cave-dwelling arthropods in Gunungsewu karst, Java, Indonesia. *Biosaintifika*, 10(22), 275-283. doi: 10.15294/biosaintifika.v10i2.13991.
- Kurniawan, I. D., Soesilohadi, R. C. H., Rahmadi, C., Caraka, R. E., & Pardamean, B. (2018b). The difference on arthropod communities' structure within show caves and wild caves in Gunungsewu karst area, Indonesia. *Ecology, Environment and Conservation*, 24(1), 72-81.
- Kurniawan, I. D., Rahmadi, C., Caraka, R. E., & Ardi, T. E. (2018c). Cave-dwelling arthropod community of Semedi show cave in Gunungsewu karst area, Pacitan, East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(3), 857-866. doi: 10.13057/biodiv/d190314.
- Kurniawan, I. D., & Rahmadi, C. (2019). *Ekologi gua wisata: Dampak aktivitas wisata terhadap lingkungan dan kehidupan biota gua serta upaya konservasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kurniawan, I. D., Rahmadi, C., Caraka, R. E., Rahman, I. M., Kinasih, I., Toharudin, T., ... Lee, Y. (2020). Correspondence between bats population and terrestrial cave-dwelling *arthropods* community in Tasikmalaya karst area. *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*, 2020, 59. doi: 10.28919/cmbn/4830.
- Mammola, S. (2019). Finding answers in the dark: Caves as models in ecology fifty years after Poulson and White. *Ecography*, 42, 1331-1351. doi: 10.1111/ecog.03905.
- Macud, A. M., & Nuneza, O. M. (2014). The diversity of cave macro-invertebrates in Amighty cave, Tagoloan, Lanao del norte, Philippines. *Journal of Biodiversity and Environmental Science*, 5(3), 376-386.
- Maqtan, A., Omar, H., Mustafa, M., Izzati, N. A. M., & Karam, D. S. (2018). Morphospecies diversity of soil invertebrates in cultivated and uncultivated fields. *Journal of Bioscience and Applied Research*, 4(4), 507-518. doi: 10.21608/jbaar.2018.154947.
- Mazebedi, R., & Hesselberg, T. (2020). A preliminary survey of the abundance, diversity and distribution of terrestrial macroinvertebrates of Gcwihaba cave, Northwest Botswana. *Subterranean Biology*, 35, 49-63. doi: 10.3897/subtbiol.35.51445.
- Miller, J., & Rahmadi, C. (2012). A troglomorphic spider from Java (*Araneae*, *Ctenidae*, *Amauropelma*). *ZooKeys*, 163, 1-11. doi: 10.3897/zookeys.163.2265.
- Parimuchová, A., Dušátková, L. P., Kováč, L., Macháčková, T., Slabý, O., & Pekár, S. (2021). The food web in a subterranean ecosystem is driven by intraguild predation. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11. doi: 10.1038/s41598-021-84521-1.
- Pemerintah Kabupaten Tasikmalaya. (2019). *Draft laporan kawasan ekosistem esensial Karst Tasikmalaya*. Tasikmalaya: Pemerintah Kabupaten Tasikmalaya.

- Perry, R. W. (2013). A review of factors affecting cave climates for hibernating bats in temperate North America. *Environmental Reviews*, 21(1), 28-39. doi: 10.1139/er-2012-0042.
- Prakarsa, T. B. P., & Ahmadin, K. (2017). Diversitas *arthropoda* gua di kawasan Karst Gunung Sewu, studi gua-gua di Kabupaten Wonogiri. *BIOTROPIC: The Journal of Tropical Biology*, 1(2), 31-36. doi: 10.29080/biotropic.2017.1.2.31-36.
- Prakarsa, T. B. P., Kurniawan, I. D., & Putro, S. T. J. (2021). *Biospeleologi: Biodiversitas gua, potensi, dan permasalahannya*. Yogyakarta: Bintang Pustaka Madani.
- Price, L. (2014). Species diversity and food-web complexity in the caves of Malaysia. *Ambient Science*, 1(2), 1-8. doi: 10.21276/ambi.2014.01.2.ga01.
- Prous, X., Ferreira, R. L., & Jacobi, C. M. (2015). The entrance as a complex ecotone in a neotropical cave. *International Journal of Speleology*, 44(2), 177-189. doi: 10.5038/1827-806X.44.2.7.
- Rahmadi, C. (2002). Keanekaragaman *arthropoda* di Gua Ngerong, Tuban, Jawa Timur. *Zoo Indonesia*, 29, 19-27.
- Rahmadi, C., & Suhardjono, Y. R. (2007). *Arthropoda* gua di Nusakambangan Cilacap, Jawa Tengah. *Zoo Indonesia*, 16(1), 21-29.
- Rahmadi, C. (2008). *Cave fauna of Java*. Retrieved from [https://www.rufford.org/files/40.11.06 Detailed Final Report.pdf](https://www.rufford.org/files/40.11.06%20Detailed%20Final%20Report.pdf).
- Rahmadi, C., & Harvey, M. S. (2008). A first epigeal species of *Stygophrynus* Kraepelin (*Amblypygi: Charontidae*) from Java and adjacent islands, Indonesia with notes on *S. dammermani* Roewer, 1928. *Raffles Bulletin of Zoology*, 56(2), 281-288.
- Rahmadi, C., Harvey, M. S., & Kojima, J. I. (2011). The status of the whip spider subgenus *Neocharon* (*Amblypygi: Charontidae*) and the distribution of the genera *Charon* and *Stygophrynus*. *Journal of Arachnology*, 39(2), 223-229. doi: 10.1636/CA10-77.1.
- Rahmadi, C., Wiantoro, S., & Nugroho, H. (2018). *Sejarah alam Gunungsewu*. Jakarta: LIPI Press.
- Real, R., & Vargas, J. M. (1996). The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity. *Systematic Biology*, 45(3), 380-385. doi: 10.1093/sysbio/45.3.380.
- Romero, A. (2009). *Cave biology: Life in darkness*. New York: Cambridge University Press.
- Rowland, J. M., & Cooke, J. A. L. (1973). Systematics of the *arachnid* order *Uropygida* (= *Thelyphonida*). *Journal of Arachnology*, 1, 55-71. doi: 10.2307/3705297.
- Suhardjono, Y. R., & Ubaidillah, R. (2012). *Fauna karst dan gua Maros Sulawesi Selatan*. Jakarta: LIPI Press.
- Wenying, Y. (2000). *Pictorial keys to soil animals of China*. Beijing: Science Press.