

Keanekaragaman Jenis Fauna Endokarst Pada Beberapa Gua Di Kabupaten Maros dan Pangkep

Isa Wulandari^{1*}, Mudatsir Zainuddin², Hamrullah³, Muh. Ruslan Umar¹, Ambeng¹

¹*Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin*

²*Global Geoscience Indonesia (GGI) Scuba*

³*Korps Pencinta Alam Universitas Hasanuddin*

*E-mail: wulandarii18h@student.unhas.ac.id

Abstract

The cave ecosystem is a unique ecosystem that has many faunas with special adaptations to the extreme cave environment. Indonesia has many caves, which are scattered in the Maros-Pangkep area, South Sulawesi. This study aims to determine the diversity of fauna in six caves in the Maros-Pangkep area. The method used is the human mobile observation method with the sampling technique using direct collection techniques. The samples found were identified and analyzed for diversity using the Shannon-Wiener Diversity Index. The study results obtained 21 species of fauna that have been identified and 12 species that have not been identified. Almost all fauna are Arthropods with a dominance of the Insecta and Arachnida classes. The six caves have a diversity value between 1.57 – 2.20 which is classified as moderate diversity ($1 < H' < 3$), the highest is in Mattampa Atas Cave ($H' = 2.2$) and the lowest is in Saripa Cave and Sawi Caves ($H' = 1.57$).

Keywords: *cave, diversity, endokarst, fauna, identification*

PENDAHULUAN

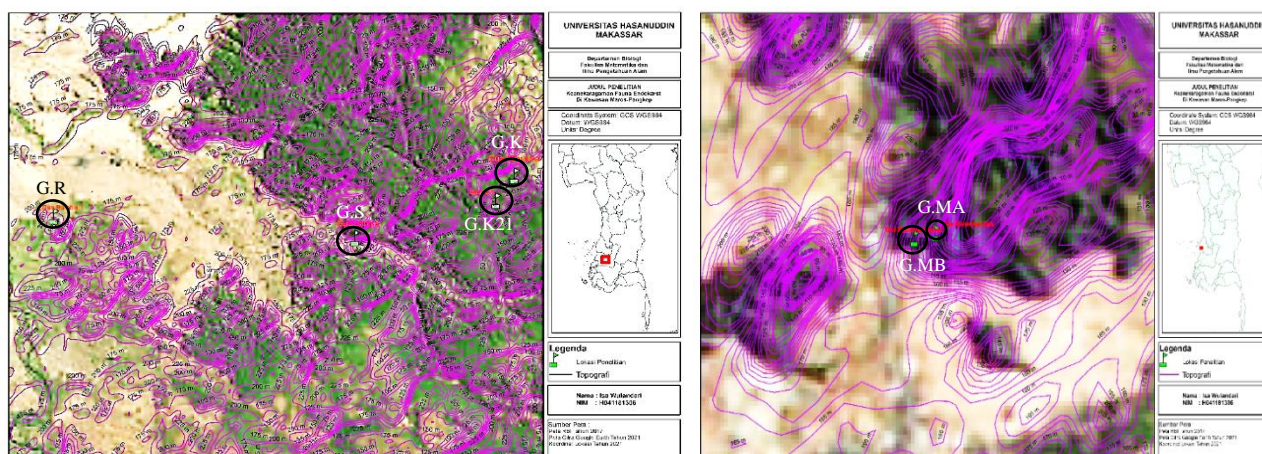
Salah satu kawasan bentang alam yang menjadi ekosistem untuk beberapa jenis flora dan fauna adalah kawasan karst. Kawasan karst di Indonesia sendiri memiliki luas sekitar 154,000 km² yang mencakup 0.08% dari luas daratannya. Salah satu kawasan karst yang terkenal di Indonesia adalah kawasan Karst Maros – Pangkep di Sulawesi Selatan. Kawasan Karst Maros-Pangkep (KKMP) ini memiliki keunikan yang tidak dimiliki oleh karst lain di Indonesia. Keunikan ini berupa Menara karst (*tower karst*) yang dimana pada kawasan ini terdapat bukit-bukit kapur yang tinggi menjulang dan tebing yang terjal (Ahmad & Hamzah, 2016). Pada kawasan karst inilah terbentuk sebaran batu-batuan hasil bentukan makhluk hidup dari masa lampau yang tidak teratur dengan vegetasi yang tumbuh di atasnya yang menghasilkan pemandangan yang unik. Menurut Suhardjono, dkk., (2012), gua pada kawasan karst biasa disebut *endokarst*, dan di kawasan karst Maros-Pangkep terdapat banyak endokarst (gua), baik yang masih aktif terbentuk maupun sudah tidak aktif lagi.

Ekosistem gua merupakan ekosistem yang unik dan spesifik. Hal ini dikarenakan kurangnya sinar matahari, bahkan beberapa bagian dari gua tidak mendapatkan sinar matahari, yang membuat kondisinya menjadi gelap. Namun pada kondisi ini, ekosistem gua tetap menyimpan beragam kehidupan. Menurut Kurniawan & Rahmadi (2019), di dalam gua dapat ditemukan kelompok-kelompok flora, mikroba, jamur dan fauna. Kelompok fauna saat ini menjadi salah satu fokus kajian utama para ahli biologi gua dunia. Kajian fauna gua di kawasan Karst Maros-Pangkep telah diuraikan pada buku fauna Karst dan Gua Maros oleh Suhardjono, dkk., (2012), laporan pendataan invertebrata Gua di Maros dan Pangkep (Zainuddin, dkk., 2020) dan penelitian oleh Deharveng *et al.* (2021) mengenai pembaharuan pendataan fauna gua pada Sistem Perguaan Towakkalak dan Saripa. Data fauna gua sangat penting karena mengungkap keberadaan dan keanekaragaman hewan-hewan gua. Selain itu, juga berguna untuk dijadikan acuan dalam pemanfaatan dan pengelolaan kawasan karst tanpa mengganggu kelangsungan hidup dari fauna-fauna tersebut. Penelitian ini mengungkapkan data keanekaragaman jenis fauna pada enam gua di Kabupaten Maros dan Pangkep.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2022 selama empat hari (6 Januari 2022 - 9 Januari 2022) di empat gua yang berada di Kabupaten Maros (Gua Saripah, Gua Rumbia, Gua Karisma dan Gua K21) dan dua gua di Kabupaten Pangkep (Gua Ma'tampa Atas, Gua Ma'tampa Bawah). Setiap gua dibagi menjadi 4 zona yaitu zona terang, zona remang-remang, zona gelap dan zona gelap abadi.



Gambar 1. Peta kontur titik lokasi penelitian daerah Maros (kiri) dan Pangkep (kanan) (Sumber: Peta RBI 2017 dan Peta Citra Google Earth 2021).

Tabel 1. Nama Gua dan Titik Koordinat

No	Nama Gua	Kode	Titik Koordinat
1.	Gua Kharisma	G.K	5° 01' 34'' S - 119° 44' 32'' E
2.	Gua K21	G.K21	5° 01' 57'' S - 119° 44' 16'' E
3.	Gua Rumbia 5 (Gua Sawi)	G.R5	5° 02' 12'' S - 119° 37' 42'' E
4.	Gua Saripah	G.S	5° 02' 35'' S - 119° 42' 09'' E
5.	Gua Mattampa Atas	G.MA	4° 48' 18'' S - 119° 32' 41'' E
6.	Gua Mattampa Bawah	G.MB	4° 48' 19'' S - 119° 32' 38'' E

Pengambilan Data dan Identifikasi

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode jelajah (*cruise method*) di sepanjang gua. Untuk metode sampling menggunakan teknik koleksi langsung menggunakan pinset atau kuas untuk biota teresterial dan menggunakan jaring untuk biota akuatik. Sampel yang diambil kemudian diawetkan dengan bagan alkohol 96%. Untuk biota yang tidak dapat dikoleksi langsung dikoleksi secara visual dengan foto atau catatan. Identifikasi dilakukan melalui pengamatan morfologi dari setiap sampel, sampel, yang berukuran besar diamati secara visual langsung, sedangkan sampel yang berukuran kecil di gunakan *loope* ataupun mikroskop. Ciri morfologi yang didapatkan dari setiap sampel kemudian di *crosscheck* dengan buku identifikasi yang digunakan. Buku identifikasi yang digunakan adalah *Fauna Karst dan Gua Maros, Sulawesi Selatan* (Suhardjono, dkk., 2012) dan artikel-artikel yang berhubungan dengan penelitian ini.

Analisis Data

Indeks keanekaragaman dianalisis menggunakan rumus Indeks Keanekaragaman dari Shannon-Wiener dengan rumus (Setiawan, dkk., 2018; Marhento & Alamsyah, 2020; Pertiwi, dkk., 2020) sebagai berikut:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i \cdot \ln p_i)$$

Keterangan:

$P_i = \Sigma n_i / N$

H : Indeks Keragaman Shannon-Wiener

P_i : Jumlah individu suatu spesies/jumlah total seluruh spesies

n_i : Jumlah individu spesies ke-i

N : Jumlah total individu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah dan Jenis Fauna

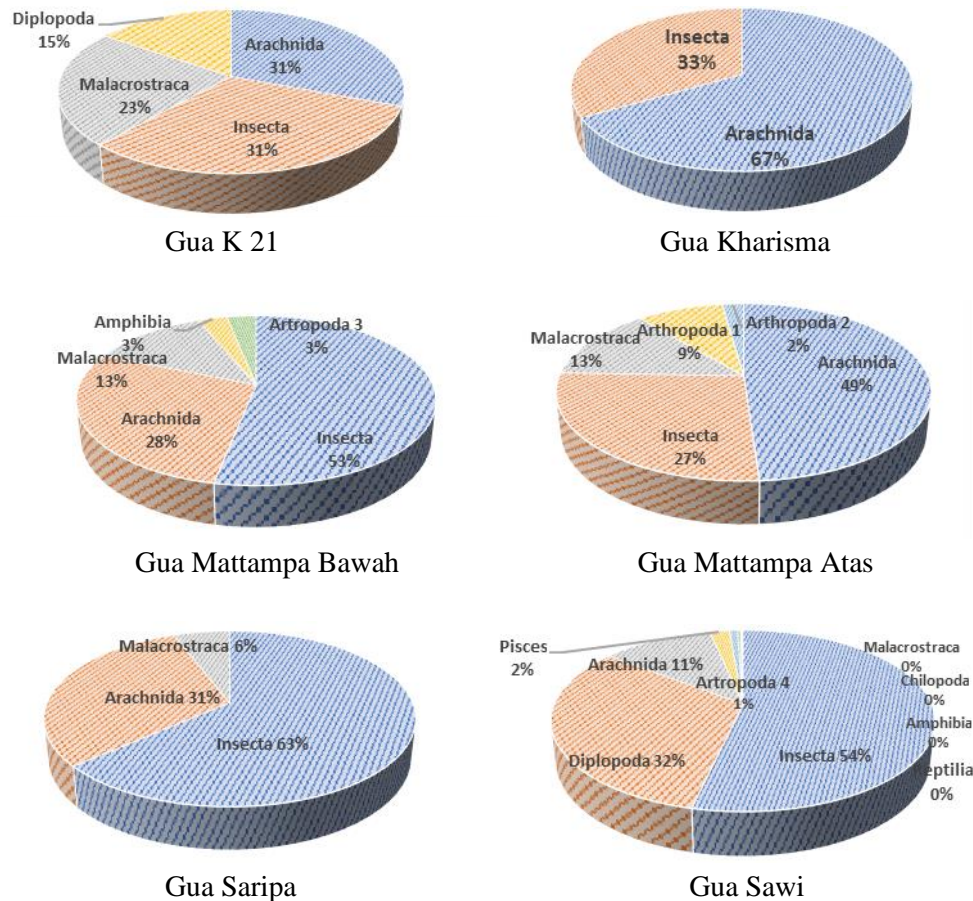
Jumlah fauna yang berhasil ditemukan sebanyak 43 sampel dengan 21 sampel teridentifikasi spesiesnya dan 12 sampel lainnya belum teridentifikasi spesiesnya. Sebanyak 98% fauna yang ditemukan tergolong kedalam filum Arthropoda dan 2% lainnya termasuk filum Chordata. Filum Arthropoda merupakan kelompok paling banyak ditemukan di ekosistem gua serta memiliki peranan penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem tersebut (Caraka *et al.*, 2018; Kurniawan *et al.*, 2020). Pada penelitian di empat gua (Gua Kharisma, Gua K21, Gua Mattampa Atas dan Gua Saripa) hampir semua jenis fauna yang ditemukan termasuk dalam kelompok Arthropoda, sedangkan kelompok lainnya hanya ada di bawah 5%. Pada umumnya penelitian tentang fauna gua juga hanya berfokus pada kelompok Arthropoda saja. Pada Tabel 2 berikut ini, ditampilkan nama familia, jenis, jumlah jenis fauna yang telah teridentifikasi dan yang belum teridentifikasi di keenam gua di Kabupaten Maros dan Pangkep.

Tabel 2. Daftar Jenis Fauna di keenam Gua Maros-Pangkep

No	Familia	No	Spesies	Nama Gua						Total
				K21	K	MA	MB	SR	SW	
1	Dicloglossidae	1	<i>Limnonectes</i> sp.	-	-	-	2	-	1	3
2	Charinidae	2	<i>Sarax</i> sp.	-	1	-	-	-	-	1
3	Charontidae	3	<i>Charon</i> sp.	2	2	1	-	-	-	5
4	Araneae	4	Araneae 1	1	-	-	-	-	-	1
5	Araneidae	5	Araneidae 1	-	-	-	-	-	86	86
		6	Araneidae 2	-	-	-	-	2	-	2
		7	Araneidae 3	-	-	-	-	2	-	2
6	Ctenidae	8	<i>Amauropelma</i> sp.	-	-	2	-	-	-	2
7	Pholciidae	9	Pholciidae	-	-	5	-	-	-	5
		10	<i>Pholcus</i> sp.	-	1	-	-	2	-	3
		11	Pholciidae 2	-	-	-	2	5	1	8
		12	<i>Scytodes</i> sp.	-	-	4	9	-	-	13
8	Scytodidae	12	<i>Scytodes</i> sp.	-	-	-	-	15	-	15
9	Sicariidae	13	<i>Loxosceles</i> sp.	-	-	-	-	-	-	15
10	Sparassidae	14	<i>Heteropoda beroni</i>	1	5	9	-	16	2	33
		15	<i>Heteropoda</i> sp.	-	-	-	7	-	44	51
		16	<i>Sinopoda</i> sp.	4	-	-	-	-	-	4
		17	Sparassidae	-	-	-	-	-	6	6
		18	<i>Philoponella</i> sp.	-	2	-	-	-	-	2
12	Opiliones	19	Opiliones	-	1	1	-	-	-	2
13	Julidae	20	<i>Julus julus</i>	-	-	-	-	-	2	2
14	Polydesmidae	21	Polydesmidae	3	-	-	-	-	-	3
15	Cambalopsidae	22	<i>Hypocambala</i> sp.	-	-	-	-	-	397	397
16	Nocticolidae	23	<i>Nocticola</i>	-	-	1	-	-	-	1
17	Formicidae	24	Formicidae 1	-	-	-	24	-	40	64
		25	Formicidae 2	-	-	-	-	70	-	70
18	Myrmeleontidae	26	Myrmeleontidae	-	4	-	-	-	-	4
19	Rhaphidophoridae	27	<i>Rhaphidophora</i> sp.	8	2	11	7	17	625	670
20	Lepismatidae	28	<i>Lepisma</i> sp.	-	-	-	-	-	3	3
21	Alpheidae	29	<i>Alpheus</i> sp.	-	-	-	-	-	4	4
22	Atydae	30	<i>Marosina longirostis</i>	-	-	-	-	8	-	8
23	Armadillidae	31	<i>Venezillo</i> sp.	-	-	6	8	-	-	14
24	Philosciidae	32	<i>Philosciidae</i> sp.	6	-	-	-	-	-	6
25	Eleotridae	33	<i>Bostrychus</i> sp.	-	-	-	-	-	25	25
26	Unidentif	34	O: Squamata	-	-	-	-	-	1	1
		35	F: Arthropoda 1	-	-	4	-	-	-	4
		36	F: Arthropoda 2	-	-	1	-	-	-	1
		37	F: Arthropoda 3	-	-	-	2	-	-	2
		38	F: Arthropoda 4	-	-	-	-	-	10	10
		39	C: Insecta 1	-	-	-	2	-	-	2
		40	C: Insecta 2	-	-	-	1	-	-	1
		41	C: Insecta 3	-	-	-	-	-	1	1
		42	C: Chilopoda	-	-	-	-	-	1	1
		43	C: Diplopoda	1	-	-	-	-	-	1
Total				26	18	45	64	137	1249	1539

Ket: K=Kharisma; MA=Mattampa Atas; MB=Mattampa Bawah; SR=Saripa; SW=Sawi, O=ordo, F=Fillum, C=Class

Sementara untuk perbandingan persentase berdasarkan kelas fauna endokarst dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini. Hasil ini relatif sama dengan hasil penelitian dari Caraka *et al.* (2018) dimana filum Arthropoda di ekosistem gua didominasi oleh kelas Insecta dan Arachnida.

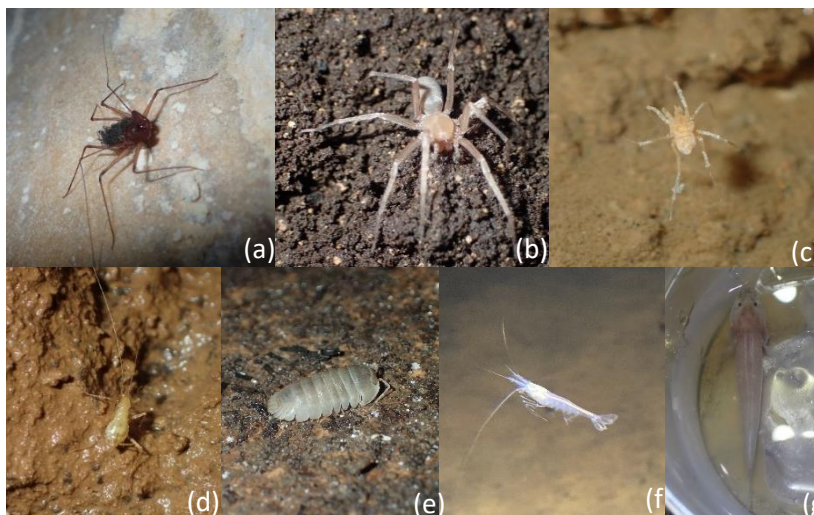


Gambar 2. Perbandingan persentase (%) Komposisi Kelas Fauna Pada Setiap Gua.

Kelompok Insecta dan Arachnida di keenam gua merupakan kelompok yang dominan dijumpai, kecuali pada Gua Sawi yang posisi kedua adalah kelas Diplopoda. Kelas Insecta merupakan kelas terbesar dengan lebih dari satu juta spesies yang telah teridentifikasi dan mendominasi lebih dari setengah komposisi spesies di dunia. Tidak heran Kelas Insecta ini selalu mendominasi keanekaragaman fauna ekosistem darat termasuk ekosistem gua. Sementara kelas Arachnida merupakan kelompok dengan lebih dari 93,000 spesies yang tergolong ke dalam 11 ordo. Dari ke 11 ordo ini, 9 diantara merupakan representatif dari biota gua (Romero, 2009). Oleh karena itu, kelas Insecta dan Arachnida sering ditemukan mendominasi biodiversitas di ekosistem gua, dan untuk hewan perairan Crustacea atau Malacrostraca adalah kelas yang paling banyak ditemukan.

Secara garis besar fauna di dalam gua dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu fauna troglusen/stigosen, fauna troglafil/stigofil dan fauna troglobit/stigobit (Kurniawan & Rahmadi, 2019; Puspita, dkk., 2020). Fauna troglobit dan stigobit dicirikan dengan adanya *trogloformisme*, seperti indra penglihatan yang tereduksi dan kurangnya pigmen pada tubuhnya. Hal ini dilakukan sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan gua yang unik (Suhardjono, dkk., 2012). Pada penelitian ini ditemukan 5 jenis fauna yang termasuk troglobit dan 2 jenis fauna stigobit dengan jumlah 52 individu. Troglobit yang ditemukan di Gua Kharisma adalah *Sarax* sp. (Gambar 3a). Genus *Sarax* sendiri merupakan troglobit yang umum ditemukan pada gua-gua di Asia Tenggara. Pada Gua Mattampa Atas ditemukan 3 troglobit yaitu *Amauropelma* sp., *Opiliones* dan *Nocticola*. Jenis *Amauropelma* yang ditemukan di gua ini memiliki warna pucat serta mata tereduksi (Gambar 3b) yang hampir mirip dengan *Amauropelma matakecil* yang ditemukan di Karst Gunung Sewu di Jawa Tengah. *Opiliones* dan

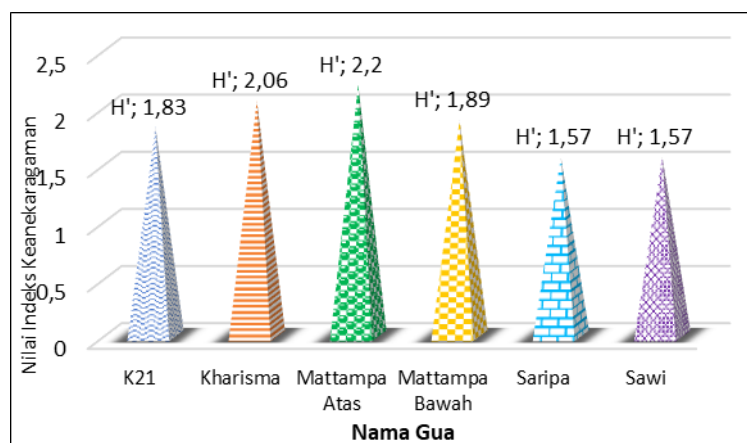
Nocticola (Gambar 3c dan 3d) merupakan troglobit yang sering dijumpai di gua-gua di Asia Tenggara dengan ciri troglobit yaitu warna tubuh yang pucat. Pada Gua Mattampa Bawah troglobit yang ditemukan adalah *Venezillo* sp. (Gambar 3e) yang sering ditemukan di gua-gua kawasan Karst Maros, memiliki mata yang tereduksi sebagai bentuk troglomorfisme dan tidak pernah ditemukan di luar gua. Stigobit yang teridentifikasi pada gua penelitian ini adalah *Bostrychus* sp. (Gambar 3g) di Gua Sawi dan *Marosina longirostis* (Gambar 3f) di gua Saripa. *Marosina longirostis* merupakan jenis yang hanya ditemukan di kawasan Karst Maros (Deharveng *et al.*, 2021).



Gambar 3. Troglobit dan Stigobit yang ditemukan di keenam Gua: a) *Sarax* sp.; b) *Amauropelma* sp.; c) *Opiliones*; d) *Nocticola*; e) *Venezillo* sp.; f) *Marosina longirostis*; g) *Bostrychus* sp.

Indeks Keanekaragaman Fauna

Hasil analisis nilai indeks keanekaragaman pada ke enam gua penelitian di Kabupaten Maros dan Pangkep dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener, dan hasilnya disajikan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Perbandingan Indeks Keanekaragaman (H') Jenis Fauna pada enam gua di Kabupaten Maros dan Pangkep.

Pada Gambar 4 terlihat nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') tertinggi didapatkan di Gua Mattampa Atas ($H'=2.2$) dan terendah di Gua Saripa dan Sawi ($H'=1.57$). Berdasarkan kriteria tingkat indeks keanekaragaman Shanon-Wiener, terlihat pada keenam gua

tersebut memiliki nilai H' antara 1.57-2.20, dan nilai ini termasuk kriteria tingkat keanekaragaman jenis kategori sedang ($1 < H' < 3$). Keanekaragaman ekosistem gua sangat jarang ditemukan memiliki tingkat keanekaragaman tinggi, jika dibandingkan dengan keanekaragaman fauna di luar gua. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kurangnya variasi sumber materi organik di dalam gua (Kurniawan & Rahmadi, 2019) karena kurangnya produsen primer hampir di seluruh bagian gua (Romero, 2009). Kurangnya produsen primer di dalam gua disebabkan tidak adanya pencahayaan hampir di semua bagiannya. Oleh karena itu, sumber energi yang dimanfaatkan oleh fauna-fauna di dalam gua berasal dari bahan organik yang berasal dari luar gua. Energi eksternal ini dapat berupa air perkolasi, aliran air terutama sungai, angin dan gravitasi, akar tanaman yang menembus ke dalam gua serta hewan-hewan yang bergerak keluar-masuk gua seperti kelelawar, burung wallet dan jangkrik (Culver & Pipan, 2019).

Pada Gua Mattampa Atas banyak ditemukan genangan-genangan karena air perkolasi. Hal ini dapat menjadi alasan tingginya nilai indeks keanekaragaman di Gua Mattampa Atas jika dibandingkan dengan gua penelitian lainnya. Air perkolasi yang menetes dari langit-langit mengandung bahan organik terlarut yang berasal dari pergerakan vertikal air menembus batuan dan tanah (Fong, 2019). Bahan organik ini dapat menjadi sumber nutrisi bagi fauna-fauna yang berada di dalam gua. Selain itu, saat pengambilan data sedang musim penghujan. Penelitian yang dilakukan oleh Ban *et al.* (2008), ditemukan konsentrasi dan jumlah presipitasi air perkolasi yang mengandung *dissolved organic carbon* di gua Beijing Shihua pada musim penghujan lebih banyak dan lebih bervariasi dibandingkan saat musim kemarau. Penelitian Bento (2016) pada Gua Caatinga di Brazil juga menunjukkan tingkat keanekaragaman tertinggi pada saat musim hujan. Selain air perkolasi sumber energi lain yang sering dimanfaatkan oleh fauna-fauna gua adalah kotoran kelelawar atau guano. Guano mengandung banyak nutrisi yang dapat digunakan sebagai sumber makanan bagi fauna penghuni gua. Sehingga guano sering menjadi dasar untuk jaring-jaring makanan bagi fauna gua (Rocha & Bichuette, 2016; Pacheco *et al.*, 2020). Guano sendiri dapat berasal dari hewan selain kelelawar, namun pada gua di daerah tropis, kelelawar menjadi produsen utama guano (Romero, 2009; Culver & Pipan, 2019; Deharveng & Bedos, 2019).

Guano dapat ditemukan di keenam gua, namun yang berbeda adalah jumlahnya. Guano paling banyak ditemukan pada Gua Sawi disertai dengan jumlah individu populasi kelelawar yang banyak. Walaupun demikian, ternyata tingkat keanekaragaman Gua Sawi merupakan salah satu yang terendah diantara enam gua yang diteliti. Menurut Deharveng & Bedos (2000), gua-gua yang memiliki koloni kelelawar yang banyak dengan akumulasi guano yang cukup, juga memiliki kelompok invertebrata yang mengkhususkan diri untuk sumber daya ini, komunitas invertebrata ini sangat umum di gua daerah tropis. Oleh karena itu, fauna-fauna di gua dengan akumulasi guano yang besar biasanya didominasi oleh fauna yang berhubungan dengan guano. Menurut Rahmadi (2002), komunitas Arthropoda yang berada di guano biasanya memiliki jumlah individu melimpah namun jenisnya cenderung sedikit. Hal ini sama dengan hasil yang didapatkan di Gua Sawi yang memiliki jumlah individu sebanyak 1,249 namun hanya dari 17 spesies. Pada umumnya, yang menentukan tinggi rendahnya nilai indeks keanekaragaman tergantung pada jumlah jenis dan jumlah individu dari setiap jenis. Jika jumlah jenis banyak dan jumlah setiap jenis relatif merata maka dapat dipastikan bahwa nilai indeks keanekaragaman akan tinggi, namun jika jumlah jenis banyak tetapi jumlah setiap jenis ada yang terlalu banyak sementara yang lainnya jumlahnya sedikit, maka nilai indeks keanekaragaman pasti rendah. Hal ini yang menyebabkan rendahnya tingkat keanekaragaman di Gua Sawi karena kurangnya variasi dari jenis yang ditemukan di gua ini.

Menurut Deharveng *et al.* (2021), Gua Saripa dan Saripa Spring merupakan salah satu gua yang telah didokumentasikan paling baik secara biologi dan memiliki banyak fauna troglobit maupun stigobit di dalamnya. Menurut Suhardjono, dkk., (2012), Gua Saripa merupakan gua yang ideal untuk

studi biota gua serta dapat dijadikan Laboratorium Alam Biospeleologi karena kenampakan alam dan habitat fauna guanya juga beragam. Berdasarkan hasil penelitian Simões *et al.* (2015) dan Pacheco *et al.* (2020), terdapat hubungan positif antara ketersediaan dan keragaman habitat serta sumber makanan dengan jumlah spesies yang menghuni gua. Sehingga, seharusnya pada gua ini ditemukan keanekaragaman yang tinggi. Namun, karena medan yang tidak memungkinkan, pada penelitian ini bagian gua yang diamati hanya sebagian dari keseluruhan gua, sehingga bisa menjadi alasan rendahnya tingkat keanekaragaman pada gua ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada keenam gua di kawasan Maros-Pangkep didapatkan hasil tingkat keanekaragaman tertinggi dijumpai Gua Mattampa Atas ($H' = 2.2$) dan Gua Kharisma ($H' = 2.06$), dan terendah pada Gua Saripa ($H' = 1.57$) serta Gua Sawi ($H' = 1.57$). Berdasarkan kriteria tingkat indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, termasuk keanekaragaman jenis kategori sedang ($1 < H' < 3$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman KPA OMEGA UNHAS yang telah memberikan bantuan di lapangan selama proses pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., dan Hamzah, A. S., 2016. *Database Karst Sulawesi Selatan*. Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Sulawesi Selatan.
- Ban, F., Pan, G., Zhu, J., Cai, B., and Tan, M., 2008. *Temporal and Spatial Variations In The Discharge and Dissolved Organic Carbon of Drip Waters In Beijing Shihua Cave, China*. *Hydrological Processes*. 22(18): 3749–3758.
- Bento, D., 2016. *Seasonal Variations In Cave Invertebrate Communities In The Semiarid Caatinga, Brazil*. *Journal of Cave and Karst Studies*. 78(2): 61–71.
- Caraka, R. E., Shohaimi, S., Kurniawan, I. D., Herliansyah, R., Arif, B., Sari, S. P., and Pardamean, B., 2018. *Ecological Show Cave and Wild Cave: Negative Binomial Gllvm's Arthropod Community Modelling*. *Procedia Computer Science*. 135(2018): 377–384.
- Culver, D. C., and Pipan, T., 2019. *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats (2nd Ed.)*. Oxford University Press, United Kingdom.
- Deharveng, L., and Bedos, A., 2000. *The Cave Fauna of Southeast Asia. Origin, Evolution, and Ecology*. In *Subteranean Ecosystems* (pp. 603–632). Elsevier Press.
- Deharveng, L., and Bedos, A., 2019. *Biodiversity in the Tropics*. In *Encyclopedia of Cave Third Edition*. Elsevier Inc.
- Deharveng, L., Rahmadi, C., Suhardjono, Y. R., dan Bedos, A., 2021. *The Towakkalak System, A Hotspot of Subteranean Biodiversity in Sulawesi, Indonesia*. *Diversity*. 13(392): 1-24.
- Fong, D. W., 2019. *Food Sources*. In *Enciclopedia of Cave Third Edition* (p. 430-431). Elsevier Inc.
- Kurniawan, I. D., dan Rahmadi, C., 2019. *Ekologi Gua Wisata; Dampak Aktivitas Wisata terhadap Lingkungan dan Kehidupan Biota Gua serta Upaya Konservasinya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kurniawan, I. D., Rahmadi, C., Caraka, R. E., Rahman, I. A., Kinansih, I., Toharudin, T., Chen, R. C., and Lee, Y., 2020. *Correspondence Between Bats Population and Terrestrial Cave-Dwelling Arthropods Community In Tasikmalaya Karst Area*. *Commun. Math. Biol. Neurosci*. 59: 1–21.
- Marhento, G., dan Alamsyah, M., 2020. *Tingkat Keanekaragaman Hewan Troglo-bionts Pada Ekosistem Gua Di Tajur Bogor Jawa Barat*. *Bioeksperimen*. 6(1): 24–28.
- Pacheco, G. S. M., Silva, M. S., Cano, E., and Ferreira, R. L., 2020. *The Role of Microhabitats in*

- Structuring Cave Invertebrate Communities in Guatemala*. International Journal of Speleology. 49(2): 161–169.
- Pertiwi, W., Bahri, S., Rokhim, S., Firdhausi, N. F., dan Timur, J., 2020. *Keanekaragaman dan Kemerataan Jenis Collembola Gua di Kawasan Karst Malang Selatan*. Biotropic. 4(2).
- Puspita, D., Wibowo, A. S., dan Prasetyo, S. E., 2020. *Identifikasi Makrofauna Dan Pemetaan Gua Dopaam Di Pulau Enggano, Provinsi Bengkulu*. Biotropika. 8(1): 36–42.
- Rahmadi, C., 2002. *Keanekaragaman Arthropoda di Gua Ngerong, Tuban, Jawa Timur*. Zoo Indonesia. 2002(29): 19–27.
- Rocha, A. D., and Bichuette, M. E., 2016. *Influence of Abiotic Variables on the Bat Fauna of A Granitic Cave and Its Surroundings in the State of São Paulo, Brazil*. Biotaneotropica. 16(3): 1–8.
- Romero, A., 2009. *Cave Biology: Life in Darkness*. Cambridge University Press.
- Setiawan, A., Supriono, B., dan Iskandar, S., 2018. *Identifikasi Keanekaragaman Jenis Fauna di Gua Garunggang*. Jurnal Nusa Sylva. 18(2): 62–72.
- Simões, M. H., Souza-silva, M., and Ferreira, R. L., 2015. *Cave Physical Attributes Influencing the Structure of Terrestrial Invertebrate Communities in Neotropics*. Subterranean Biology. 16: 13–121.
- Suhardjono, Y. R., Marwoto, R. M., Achmadi, A. S., Isnaningsih, N. R., Lupiyaningdyah, P., Hadiaty, R. K., Suyanto, A., Rahmadi, C., Wiantoro, S., Nugroho, H., Wowor, D., dan Kurnianingsih, 2012. *Fauna Karst dan Gua Maros, Suawesi Selatan* (Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (eds.)). LIPI Press.
- Zainuddin, M., Mulyoto, S. T. P. A., dan Rahmadi, C., 2020. *Invertebrata Gua Karst Maros Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan*. Laporan. Flora and Fauna International.