

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kawasan Karst

Karst merupakan batuan karbonat yang terbentuk karena adanya proses pelarutan sehingga menghasilkan berbagai bentuk medan yang unik dan menarik. Karst yang terdiri dari batuan gamping berpori akan menyebabkan adanya penyerapan air permukaan ke dalam tanah karena lahannya tidak memiliki vegetasi. Adanya penyerapan air pada karst yang masuk ke dalam sistem aliran bawah tanah menyebabkan permukaan karst kering hal ini lah yang mempengaruhi sistem hidrologi di kawasan tersebut. Karst berasal dari bahasa Yugoslavia yang berarti tempat yang kering, juga berkonotasi dengan permukaan batu yang gersang (Lee dkk., 2012).

Menurut Kurniawan dan Rahmadi (2019) karst merupakan batuan yang terbentuk pada batuan evaporit seperti gypsum dan *rock salt* dengan kondisi yang curam dan terdapat cekungan maupun tonjolan batuan yang tak beraturan. Kawasan karst di Indonesia sebarannya sangat luas. Kawasan karst dengan luas sekitar 15,4 juta hektar ini memiliki peran penting dalam ekosistem. Salah satunya sebagai penyerap karbondioksida yang terjadi karena adanya proses kartsifikasi atau pelarutan (Cahyadi, 2010).

Menurut Satriawan (2012) karst merupakan topografi yang unik dan terbentuk karena adanya aliran pada bebatuan karbonat. Proses yang membentuk karst ini terjadi selama ribuan tahun dan menghasilkan permukaan yang berupa lubang-lubang vertikal, sungai-sungai dan mata air bawah tanah hingga terbentuk gua dan sistem drainase bawah tanah yang kompleks. Morfologi karst yang khas terdapat pada bentuknya seperti *doline* dan *sinkhole*. Ruang atau rongga yang cukup besar dibawah karst (endokarst) dan dapat dijelajahi oleh manusia disebut sebagai gua (Parise dkk., 2018).

Berdasarkan karakteristik karst dan proses pembentukannya, karst sangat rentan terhadap kerusakan dan eksploitasi berlebihan. Karst memiliki potensi

ekonomi utama sebagai sumber air minum dan bahan material bangunan. Kawasan karst memiliki ekosistem yang sangat unik dengan tingkat keanekaragaman yang tinggi (Pipan dan Culver, 2013). Keanekaragaman hayati pada kawasan karst secara progresif diakui penting baik melibatkan para ahli biologi, kedokteran, astrobiologi dan geologi dengan berbagai tujuan. Eksplorasi yang dilakukan Boston dan Northup, (2017) bertujuan mengetahui bakteri dan spesies lainnya yang dapat hidup dan beradaptasi di lingkungan dan kondisi iklim yang khas.

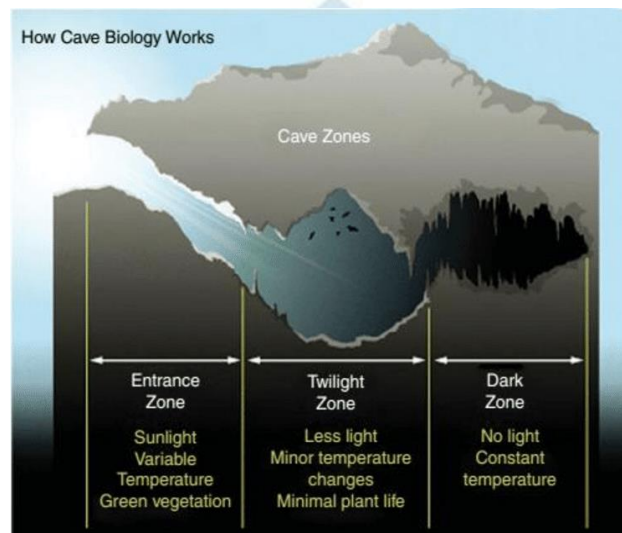
2.2 Gua dan Lingkungannya

Pada kawasan karst, umumnya ditemukan ruangan atau lorong bawah tanah (endokarst) yang terbentuk akibat proses kompleks baik kimiawi maupun fisik dengan bentuk dan luas yang berbeda (Kamal dkk., 2011). Gua memiliki karakteristik yang khas dimana lorong ini memiliki sifat untuk mengatur suhu di dalamnya, jika diluar dingin maka di dalamnya akan hangat, begitupun sebaliknya.

Setiap gua memiliki karakteristik masing-masing berdasarkan bentuk gua yang vertikal atau horizontal, adanya aliran sungai bawah tanah, gua yang kering serta ornamen-ornamen yang ada di dalamnya. Ornamen yang terbentuk membentuk bentuk yang unik dan indah baik di permukaan maupun di dalam gua. Ornamen atau dekorasi gua ini disebut dengan *speleothem* yang terbentuk akibat didominasi proses pelarutan dan membutuhkan rentang waktu yang cukup lama (Harmony dan Pitoyo, 2012).

Selain ornamennya yang menarik, gua juga memiliki kondisi lingkungan yang unik yaitu pada pencahayaannya yang minim. Pencahayaan di dalam gua ini secara umum terbagi menjadi beberapa zonasi yaitu zona terang, zona remang dan zona gelap (Bairagya, 2014). Zona berdasarkan pencahayaan ini mempengaruhi kondisi lingkungan lain seperti temperatur dan kelembapan sehingga menjadi faktor penentu adaptasi bagi flora dan fauna yang terdapat di dalamnya. Umumnya banyak varietas organisme di zona terang dan remang karena zona ini masih bisa ditoleransi dari mulai insekta hingga vertebrata dengan morfologi tertentu (Lee dkk., 2012).

Zona terang (*entrance zone*) merupakan zona yang paling luar dan dekat dengan permukaan bumi. Zona ini meliputi pintu masuk dan area yang masih terkena cahaya matahari. Suhu pada zona ini bervariasi dan sebagian besar dipengaruhi oleh iklim lingkungan (Bairagya, 2014). Lebih dalam terdapat zona remang (*twilight zone*) merupakan zona yang menghubungkan area yang terkena cahaya matahari dan ruang yang benar-benar gelap. Pencahayaan di zona ini tidak secara langsung dan sering muncul sebagai sedikit cahaya kebiruan di beberapa titik. Zona ini memiliki potensi evaporasi yang tinggi. Kemudian terdapat zona gelap (*dark zone*) dimana zona ini tidak terdapat cahaya dengan temperatur yang stagnan (Lee dkk., 2012)



Gambar 2.1 Zona Cahaya Gua
Sumber: (Bairagya, 2014).

Perbedaan intensitas cahaya di setiap zona mempengaruhi sifat parameter abiotik lainnya. Hal ini berpengaruh pula pada biota yang ada di dalam gua. Kondisi lingkungan gua, umumnya stabil baik dari suhu, oksigen, kelembapan hingga kandungan CO₂ (Rahmadi, 2002). Menurut Kurniawan dkk, (2018) suhu dan kelembapan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap lingkungan dan biota di dalam gua. Faktor tersebut mempengaruhi biota untuk tinggal dan hidup. Faktor lingkungan ini berkaitan dengan kondisi tanah dan berpengaruh pada lingkungan gua serta adanya perbedaan karakter lingkungan di tiap zona dalam gua atau bisa disebut sebagai faktor edafik.

2.3 Ekosistem Gua

Gua memiliki karakteristik lingkungan yang unik dan khas seperti minimnya cahaya matahari, suhu yang stabil, kelembapan yang tinggi, kadar CO₂ yang tinggi dan O₂ yang cukup rendah serta relatif kurangnya vegetasi sebagai sumber makanan. Faktor lainnya yang berpengaruh kuat terhadap biota di dalam gua yaitu jumlah, posisi, ukuran mulut gua, kedalaman, batuan, luas, jumlah dan jenis sumber makanan (Simões dkk., 2015). Kondisi lingkungan gua yang unik menghasilkan ekosistem yang unik dengan keanekaragaman hayati di dalamnya.

Kondisi lingkungan gua yang ekstrim berperan sebagai faktor pembatas bagi diversitas biota gua sehingga keanekaragaman hayati di gua umumnya lebih rendah dari ekosistem di permukaan. Lingkungan gua ini juga menghambat organisme fotosintesis sehingga ketersediaan dan variasi makanan di dalamnya rendah (Ravn dkk., 2020). Hal ini lah yang membuat ekosistem gua unik, karena biota yang menghuni gua hanya taksa adaptif dan yang dapat hidup di lingkungan kondisi ekstrim (Mammola, 2019). Biota yang hidup di dalam gua biasanya memiliki morfologi dan fisiologi yang unik (Sunkar, 2014).

Morfologi maupun fisiologi yang unik pada biota di dalam gua dapat dikarenakan banyaknya spesies yang mengalami adaptasi sehingga terjadinya evolusi. Selain adaptasi secara morfologi dan fisiologi, biota gua juga melakukan adaptasi tingkah laku dan spasial untuk tetap hidup di kondisi gua dengan lingkungan ekstrim. Berdasarkan adaptasi tersebut, biota gua di kategorikan menjadi troglobion (spesies fauna obligat yang dapat hidup dan bereproduksi dalam gua), troglofil (spesies fauna yang habitatnya di gua namun masih bisa hidup di luar gua) dan trogloxones (fauna yang hanya mengunjungi gua untuk makan atau berlindung) (Howarth dan Moldovan, 2018).

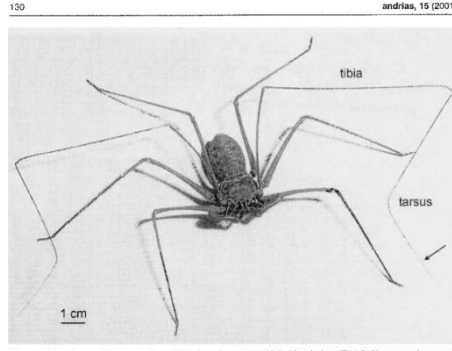
Ekosistem gua memiliki sumber energi yang berbeda dengan ekosistem lainnya karena tidak dapat dimasuki oleh cahaya matahari. Sumber energi gua yaitu telur jangkrik, guano kelelawar dan guano jangkrik atau kotoran yang terakumulasi di gua. Sumber energi juga didapatkan dari bakteri *chemosynthetic* di beberapa gua, organisme seperti ikan buta dan udang buta mengandalkan

bakteri *chemosynthetic* sebagai sumber energi. Bakteri ini mendapatkan karbon dan energi langsung dari senyawa kimia seperti hidrogen sulfida dan metana (Reboul dkk., 2019).

Organisme di dalam gua dapat menjadi sumber energi bagi organisme lain melalui rantai makanan dan jaringan makanan di dalam gua. Serangga seperti kumbang dan tungau memakan jamur dan bakteri. Hewan gua yang hidup di air juga memakan bakteri yang mengapung. Kumbang, serangga lain, dan hewan air kecil menjadi makanan bagi predator yang lebih besar. Materi organik dikembalikan ke lingkungan gua melalui mayat dan kotoran predator yang lebih besar. Jamur dibawa ke dalam gua oleh arus udara, air, dan terdapat pada tubuh hewan. Jamur memperoleh nutrisi dengan memecah detritus di dalam gua. Detritus (sisa-sisa organik) dapat dibawa ke dalam gua oleh air permukaan dan dikombinasikan dengan kelembapan yang tinggi sehingga menjadi penyedia sumber energi bagi organisme di dalam gua (Parimuchová dkk., 2021).

2.4 Kalacemeti (Ordo : Amblypygi)

Kalacemeti merupakan arthropoda gua yang memiliki cambuk (Gambar 2.2). Fauna ini termasuk ke dalam Kelas Arachnida dengan Ordo Amblypygi. Kalacemeti memiliki ciri khas yaitu pedipalps yang berduri dan sepasang kaki utama dengan antena. Kalacemeti atau fauna gua yang termasuk kedalam arachnida ini umum dijumpai di gua-gua kawasan karst. Kalacemeti umumnya termasuk kedalam kategori fauna troglafil yaitu fauna atau biota gua yang menggunakan gua sebagai habitatnya dan sebagian kecil termasuk dalam kategori troglobit. Kalacemeti melakukan seluruh proses siklus kehidupannya di dalam gua, meski masih bisa hidup di habitat luar gua. Kalacemeti yang bisa ditemukan di gua yang berada di Indonesia salah satunya *Charon* sp. (Kurniawan dan Rahmadi, 2019).

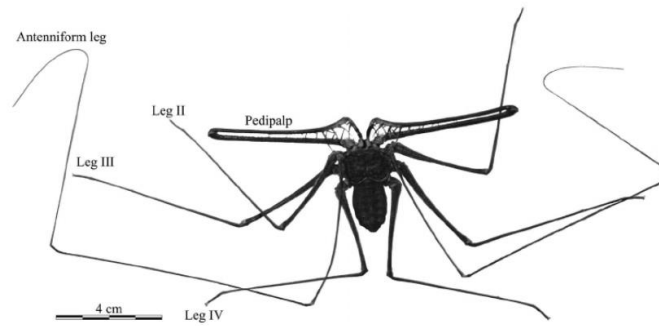


Gambar 2.2 Amblypygi
Sumber: (Foelix dan Hebets, 2001)

Kalacemeti ditemukan di gua-gua sebagai bagian dari ekologi gua yang memiliki peran dalam jaring makanan dengan memakan serangga dan arthropoda yang lebih kecil serta menyediakan makanan untuk predator penghuni gua lainnya seperti kelelawar dan laba-laba. Kalacemeti juga berperan dalam membentuk ekosistem gua dengan memodifikasi populasinya, hal ini dapat mempengaruhi keseimbangan spesies lain dalam ekosistem tersebut. Kehadiran kalacemeti di gua juga merupakan indikator kesehatan ekosistem secara keseluruhan, karena adanya arachnida ini menunjukkan komunitas organisme gua lainnya beragam dan berkembang. Selain itu, adaptasi unik dari kalacemeti dapat memberikan wawasan tentang evolusi dan ekologi bawah tanah (Foelix dan Hebets, 2001).

Klasifikasi dari kalacemeti, yaitu sebagai berikut (Ruggiero dkk., 2015) :

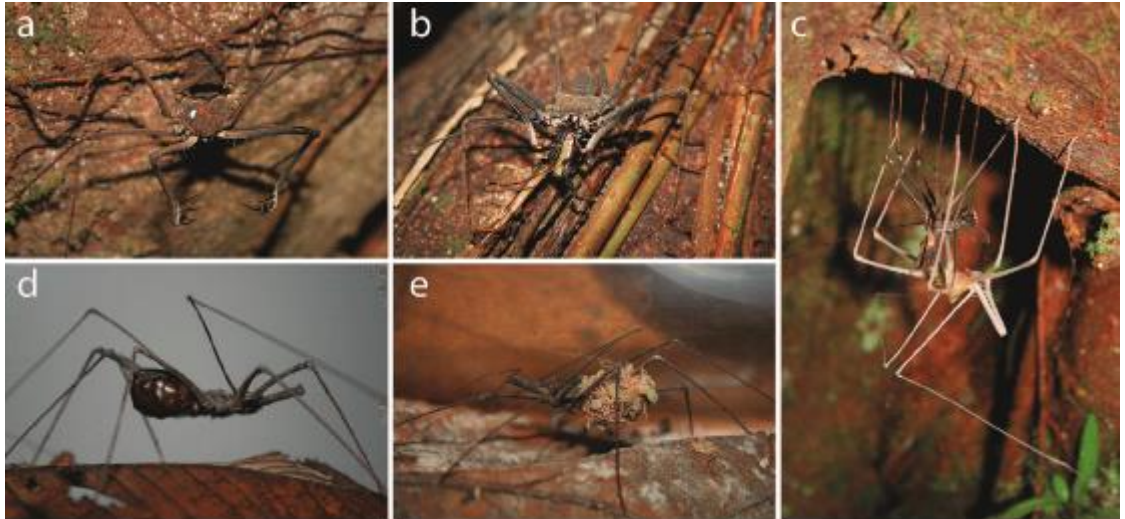
- Kingdom : Animalia
- Filum : Arthropoda
- Kelas : Euchelicerata
- Sub Kelas : Arachnida
- Ordo : Amblypygi



Gambar 2.3 Morfologi Kalacemeti
 Sumber: (Chapin dan Hebets, 2016).

Kalacemeti memiliki bentuk tubuh unik dan adaptasi yang khas di lingkungan gua. Struktur utama tubuhnya meliputi prosoma (bagian depan) dan ophisotoma (bagian belakang). Kaki kalacemeti terdiri dari sepasang kaki antenniform dan pasangan kaki lainnya yang berfungsi sebagai alat untuk berjalan dan beraktivitas. Kaki depan atau kaki antenniform (Gambar 2.3) kalacemeti memiliki antena yang memanjang yang berfungsi sebagai sistem sensorik atau sebagai indera untuk mengenal lingkungan dan berkomunikasi bukan untuk bergerak (Chapin dan Hebets, 2016). Kalacemeti memiliki delapan *ocellus* dan hidup sebagai fauna nokturnal. Pedipals kalacemeti digunakan sebagai *appendage* utama untuk menangkap mangsa. Kalacemeti memiliki tubuh berbentuk jamur dan bisa berkembang dengan baik. Kalacemeti tidak menghasilkan benang maupun racun (Foelix dan Hebets, 2001).

Menurut Chapin (2015), Kalacemeti memiliki preferensi habitat dengan kemampuan navigasi baik digunakan untuk interaksi terhadap predator pemangsa dan parasit. Selain itu, kalacemeti memiliki perilaku kanibalisme. Perilaku kanibalisme pada kalacemeti digunakan sebagai bentuk pertahanan hidup dan mengurangi kompetisi dalam mencari makanan. Dalam ekosistem, Kalacemeti memiliki peran sebagai konsumen bagi arthropoda lain.



Gambar 2.4 Perilaku Kalacemeti

a) menunggu mangsa; b) makan; c) menarik perhatian mangsa;
d) membawa kantung telur; e) membawa anakan

Sumber : (Chapin dan Hebets, 2016).

Kalacemeti memiliki perilaku yang unik untuk beradaptasi dengan lingkungannya. Beberapa perilaku pada kalacemeti berdasarkan pengamatan yang dilakukan Chapin dan Hebets (2016), yaitu meliputi:

- **Predasi** : Kalacemeti berperan sebagai konsumen sekunder dan tersier dari ekosistem di habitatnya. Sebagai predator aktif, kalacemeti menggunakan kaki depan mereka yang Panjang untuk menaklukkan mangsa. Kalacemeti memakan serangga dan arthropoda lainnya.
- **Pemilihan pasangan** : Kalacemeti jantan menggunakan kaki depannya untuk menarik pasangannya. Kalacemeti juga menghasilkan feromon untuk menandakan kesiapan untuk berpasangan.
- **Parental care** atau sikap mengasuh : Kalacemeti betina memiliki *parental care* yang tinggi dimana seperti pada Gambar 2.4 terlihat kalacemeti membawa anak-anak mereka di kantung telurnya.
- **Vibrating sensing** : Kalacemeti menggunakan kaki antenniform untuk mendeteksi getaran di lingkungan mereka untuk menemukan mangsa.

Menurut Chapin (2015), perilaku kalacemeti dapat digolongkan kedalam tiga kelompok yaitu istirahat (*sit and wait*), perilaku lokomosi dan waspada. Perilaku istirahat (*sit and wait*) terjadi ketika kalacemeti menunggu (menunjukkan istirahat) dan membersihkan serta membuka pedipalp untuk menunggu mangsa. Perilaku lokomosi Ketika mengukur tingkat lokomosi eksplorasi seperti berjalan, bergerak di dinding maupun berlari. Perilaku waspada kalacemeti dilakukan dengan memindai lingkungan dan menyelidiki titik-titik di arena dengan kaki antenniform.

2.5 Gua Cikarae

Gua Cikarae terletak di Desa Leuwikaret, Kecamatan Klapanunggal, Jawa Barat. Gua ini terletak di wilayah dengan ketinggian kurang dari 200 mdpl serta kemiringan lereng 2-5%. Gua ini juga memiliki mulut gua (*entrance*) yang datar atau horizontal dengan kemiringan sudut 0-45 derajat. Gua ini memiliki beberapa segmen dengan sungai bawah tanah. Gua cikarae memiliki keunikan seperti gua lainnya, yaitu terdapat ornamen-ornamen gua di dalamnya. Ornamen dalam gua ini memiliki kandungan kalsium karbonat yang tinggi dimana terbentuk akibat adanya rembesan air berupa aliran (Putri, 2010).

Gua Cikarae memang merupakan gua yang ramai dikunjungi. Gua ini memiliki medan yang cukup terjal dengan zona terang dan gelap. Pada gua ini terdapat tiga segmen dengan tiap segmen memiliki ornamen yang unik salah satunya stalaktit. Gua Cikarae merupakan gua yang terbentuk alami. Gua Cikarae ini juga menyumbang biota gua yang unik salah satunya kalacemeti (Kinapti, 2021).

Gua Cikarae terletak di Kawasan Karst Klapanunggal. Pada kawasan karst ini terdapat lahan industri penambangan batu gamping. Penambangan batu gamping ini dimulai sejak 1975. Kegiatan industri ini dapat berpengaruh terhadap kerusakan lahan. Sebanyak 6,7 x 10⁵ m²/tahun diketahui adanya konversi vegetasi lahan menjadi lahan tambang (Pambudi dkk., 2020).