

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Tinjauan Umum Kelelawar

Kelelawar merupakan hewan dari kelas mamalia yang memiliki kemampuan adaptasi untuk terbang (Yin et al, 2011) dalam (Syukri et al., 2018)). Kelelawar jelas berbeda dengan mamalia lainnya karena mempunyai sayap dan mempunyai kemampuan terbang dan komponen yang penting dalam biodiversitas (Dako et al., 2020). Sebagai satu-satunya satwa kelas mamalia yang mempunyai sayap dan berpindah dengan cara terbang. Berbeda dengan sayap pada burung, sayap kelelawar merupakan perluasan tubuh, tidak berambut terbentuk dari membran elastis berotot dan dinamakan patagium. Sayap kelelawar membentang di antara tulang-tulang telapak dan jari tangan atau anggota tubuh bagian depan samping sepanjang sisi samping tubuh dan kaki belakang. Sayap kelelawar berfungsi untuk terbang dan untuk menyelimuti tubuhnya ketika bergantung terbalik (Corber & Hill, 1992) dalam (Fithria et al., 2020)).

Kelelawar memiliki peran ekologis yang sangat besar dan berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem hutan. Kelelawar pemakan buah berperan dalam memencarkan biji buah-buahan yang dimakannya dan membantu dalam proses penyerbukan, sedangkan kelelawar pemakan serangga berperan dalam mengatur keseimbangan serangga pengganggu tanaman (Suyanto, 2001) dalam (Fithria et al., 2020)). Kelelawar merupakan jenis hewan yang cukup aktif dalam bergerak serta memiliki jangkauan terbang yang cukup jauh (Suyanto 2001) dalam (Fathoni et al., 2017)). Di antara hewan mamalia, kelelawar memiliki beberapa kebiasaan makan yang berbeda seperti pemakan daging, serangga, buah, bunga, nektar, pollen dan pengisap darah (Kunz & Fenton 2003) dalam (M. D. P. Sari et al., 2018)).

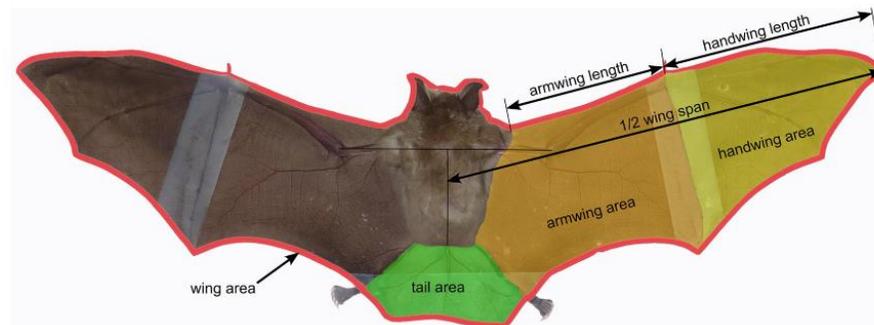
Kelelawar merupakan mamalia (hewan menyusui) yang dapat terbang, kelelawar tidur pada siang hari dan beraktifitas di malam hari sehingga kelelawar

termasuk binatang nokturnal. Binatang nokturnal adalah binatang yang mencari makan dan beraktifitas pada malam hari. Pada saat terbang, kelelawar mengoptimalkan gelombang ultrasonik melalui mulut dan hidungnya. Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira diatas 20 Kilo Herst (M. D. P. Sari et al., 2018). Sebagian hidupnya lebih banyak dilakukan dengan bergelantungan dan tidur pada pohon-pohon, di dalam gua dan celah bambu terutama pada saat siang hari. Beberapa jenis kelelawar memilih gua sebagai tempat bersarang karena kondisi gua yang lembab, suhu stabil, dan jauh dari kebisingan. (Prasetyo et al., 2011) dalam (Sella et al., 2019)).

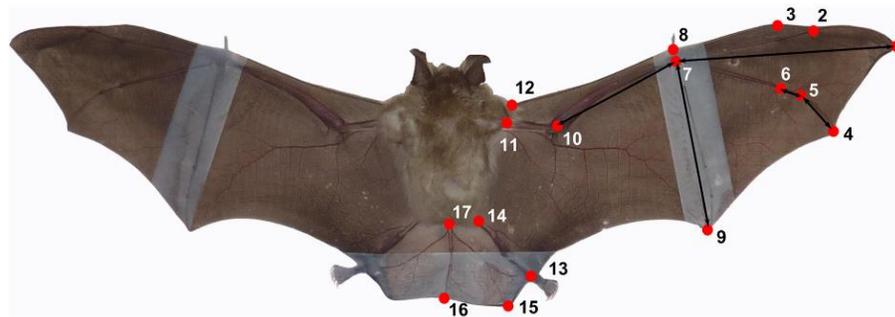
2.1.2 Morfologi Kelelawar

Kelelawar termasuk *ordo Chiroptera*. *Chiroptera* berasal dari bahasa Yunani “*cheir*” yang berarti tangan dan “*pteros*” berarti selaput, atau dapat diartikan sebagai “sayap tangan”, karena kaki depannya termodifikasi menjadi sayap. Sayap kelelawar terdiri dari selaput kulit tipis yang membentang di antara tulang-tulang telapak dan jari tangan anggota tubuh depan, sampai sepanjang sisi samping tubuh dan kaki belakang. Ini karena tulang telapak tangan dan jari tangan kelelawar mengalami pemanjangan yang luar biasa sehingga berfungsi sebagai kerangka sayap. Selain untuk terbang, sayap kelelawar berfungsi untuk menyelimuti tubuhnya ketika bergantung terbalik dan juga berfungsi untuk menyelimuti tubuhnya ketika cuaca dingin dan mengipaskan sayapnya jika cuaca panas, kelelawar aktif pada malam hari karena pada siang hari dapat mengakibatkan radiasi yang merugikan sayap yang disebabkan karena terkena cahaya matahari sehingga lebih banyak panas yang diserap daripada yang dikeluarkan. Hal ini dikarenakan sayap kelelawar hanya berupa selaput tipis yang sangat rentan terkena cahaya matahari (Corber & Hill, 1992) dalam (Fithria et al., 2020)). Berbeda dengan sayap pada burung, sayap kelelawar merupakan perluasan tubuh, tidak berambut terbentuk dari membran elastis berotot dan dinamakan patagium. Pada kelelawar betina, patagium berfungsi untuk memegang anaknya yang baru dilahirkan dengan posisi kepala di bawah. Sayap kelelawar membentang di antara tulang-tulang telapak dan jari tangan atau anggota tubuh bagian depan samping sepanjang sisi samping tubuh

dan kaki belakang. Morfologi tubuh kelelawar (*sub ordo* Yinpterochiroptera) dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1 Morfologi Tubuh Kelelawar (*Sub ordo* Yinpterochiroptera)
Sumber : (Schmieder et al., 2015)



Gambar 2.2 Penampang Morfologi Tubuh Kelelawar (*Sub ordo* Yinpterochiroptera)
Keterangan : 8 (ibu jari/jari I); 2 dan 3 (jari II); 1 dan 7 (jari III); 5 dan 6 (phalanx pertama dari jari IV); 4 dan 5 (phalanx kedua dari jari IV); 7 dan 9 (jari V); 10 dan 11 (humerus); 13 dan 14 (kaki belakang); 7 dan 10 (forearm); 16 dan 17 (ekor); 15 (selaput kulit antar paha/uropatagium); 12 (rambut).
Sumber : (Schmieder et al., 2015)

Kelelawar memiliki dua *sub ordo* yaitu Yangochiroptera dan Yinpterochiroptera. Yangochiroptera pada umumnya herbivora dan memiliki ciri-ciri mata besar, penciuman yang baik, memiliki struktur telinga yang sederhana, tidak memiliki tragus/antitragus, ekor biasanya pendek bahkan tidak ada, jari sayap kedua umumnya bercakar kecuali *Eonycteris*, *Dobsonia*, dan *Neopteryx*. Yangochiroptera yang paling kecil (*Balionycteris*, *Chiromax*, dan *Aethalops*) berbobot 10 gram, dan yang paling besar kalong kapuk (*Pteropus vampyrus*) bisa mencapai berat 1500 gram, bentangan sayapnya mencapai 1700 mm, dan lengan bawah sayapnya 36-228 mm,

sedangkan Yinpterochiroptera merupakan insektivora dan sebagian kecil merupakan omnivora, karnivora, piscivora, frugivora dan nectarivora. Yinpterochiroptera umumnya berukuran kecil, memiliki struktur telinga yang kompleks, memiliki tragus/antitragus. Tragus adalah bagian menonjol dari dalam daun telinga seperti tongkat, sedangkan antitragus adalah bagian menonjol dari luar daun telinga yang berbentuk bundar atau tumpul (Suyanto, 2001) dalam (Gibran, 2021)).

Yinpterochiroptera paling kecil berbobot 2 gram dan paling besar 196 gram dan lengan bawah sayapnya 22-115 mm. Jenis kelelawar tertentu, terutama family Rhinolopidae dan Hipposideridae memiliki bagian khusus pada wajah, terutama bagian lubang hidung, yang disebut daun hidung. Bagian ini merupakan tonjolan kulit. Pada jenis kelelawar lain, daun hidungnya sangat sederhana, berupa lipatan kulit yang kecil tunggal dan tumbuh di ujung hidung saja. Jari sayap kedua tidak bercakar, tetapi pada genus *Miniopterus* memiliki panjang ruas akhir (kedua) jari sayap nomor tiga hampir tiga kali panjang ruas jari pertama (Suyanto,2001) dalam (Gibran, 2021)).

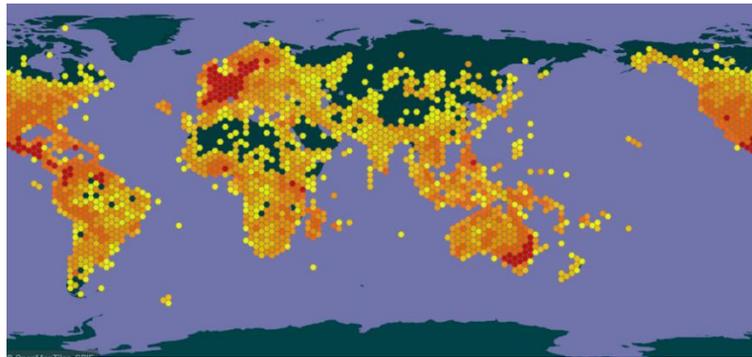
Secara morfologi terdapat perbedaan antara Yangochiroptera dan Yinpterochiroptera. Yinpterochiroptera menggunakan ekolokasi yang rumit untuk orientasi (navigasi) dan tidak menggunakan penglihatan saat terbang serta umumnya memiliki mata yang kecil. Yangochiroptera lebih menggunakan penglihatan saat terbang, memiliki mata yang menonjol dan terlihat dengan jelas, meskipun ada jenis dari genus *Rousettus* yang menggunakan ekolokasi. Selain itu, sebagian besar Yinpterochiroptera memiliki telinga yang besar dan kompleks, memiliki tragus dan anti tragus yaitu bagian yang menyerupai tangkai dan datar yang terletak dalam telinga. Yangochiroptera memiliki kuku pada jari kedua yang tidak dimiliki pada Yinpterochiroptera (Rendra, 2015).

2.1.3 Habitat Kelelawar

Habitat dari kelelawar di antaranya adalah pohon yang tinggi, di balik batu, di atap rumah, dan di dalam gua. Lingkungan tempat hidup kelelawar biasanya lembab, suhu yang rendah dan memiliki intensitas cahaya yang kurang. Kelelawar merupakan salah satu hewan liar yang habitatnya cukup umum ditemui di antara manusia.

Kelelawar kadang beristirahat di bangunan serta tidak jarang memasuki perkebunan-perkebunan warga untuk mencari sumber pakan (Suryaman, 2015) dalam (Fathoni et al., 2017)). Kelelawar memiliki karakter tersendiri untuk dapat hidup di habitat gua. Suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya dan kecepatan angin merupakan faktor penting bagi keberlangsungan hidup populasi kelelawar di dalam gua (Piter et al., 2015).

Keberadaan kelelawar di dalam gua, dapat berperan sebagai kunci penyedia energi ekosistem (*key factor in cycle energy*) bagi organisme yang ada di dalam gua. Oleh sebab itu, apabila ekosistem gua tidak dikelola dengan baik, dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, baik ekosistem yang ada di dalam gua maupun ekosistem yang ada di luar gua (Piter et al., 2015). Peta persebaran *Ordo Chiroptera* berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Peta Persebaran *Ordo Chiroptera*

Sumber : [https://Global-Biodiversity-Information-Facility-\(GBIF\)](https://Global-Biodiversity-Information-Facility-(GBIF))

Kelelawar dapat ditemukan di seluruh dunia kecuali pada wilayah kutub. Di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis kelelawar yang tergolong tinggi, yakni terdapat sebanyak 205 jenis atau sekitar 21% dari total jenis kelelawar di seluruh dunia (Suyanto 2001) dalam (Kartono et al., 2017)).

2.1.4 Klasifikasi Kelelawar

Klasifikasi kelelawar (*Chiroptera*) adalah sebagai berikut (ITIS, 2023):

Kingdom : Animalia
Division : Chordata

Class : Mammalia
Order : Chiroptera
Sub order : Yangochiroptera
 Yinpterochiroptera

Secara umum, kelelawar yang tergolong ke dalam *Ordo Chiroptera* dapat dikelompokkan ke dalam 2 *Sub ordo* yang dibedakan atas jenis pakannya yaitu *Sub ordo* Yangochiroptera (Pemakan buah-buahan) dan *sub ordo* Yinpterochiroptera (Pemakan serangga). Kelelawar yang ada di Indonesia diperkirakan mencapai 230 spesies atau 21% dari spesies kelelawar yang ada di dunia yang terbagi di dalam 9 *family* diantaranya Pteropodidae, Megadermatidae, Nycteridae, Vespertilionidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, Emballonuridae, Rhinopomatidae, dan Molossidae.

2.1.4.1 Family Pteropodidae

Family Pteropodidae memiliki ciri mata relatif besar, tidak memiliki tragus dan antitragus, muka sebagian besar mirip anjing atau srigala, terdapat spesies yang memiliki ekor (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.4 Spesies *Balionycteris maculata* (*Family* Pteropodidae)

2.1.4.2 Family Megadermatidae

Family Megadermatidae mempunyai mata yang relatif besar, tidak memiliki daun hidung, ukuran tragus pendek dan ujungnya membulat, ekor bebas muncul dari tengah selaput kulit antar paha (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.5 Spesies *Megaderma spasma* (*Family* Megadermatidae)

2.1.4.3 Family Nycteridae

Family Nycteridae memiliki mata relatif kecil, memiliki taring besar, memiliki daun hidung yang kompleks (daun hidung belakang berbentuk bundar dan membentuk elips, ekor seluruhnya terbenam dalam selaput kulit antar paha (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.6 Spesies *Nycteris tragata* (Family Nycteridae)

2.1.4.4 Family Vespertilionidae

Family Vespertilionidae memiliki ciri diantaranya mata relatif kecil, ciri khusus yaitu ekor seluruhnya terbenam dalam selaput kulit antar paha. Telinga kanan dan kiri umumnya terpisah, kecuali pada genus *Nyctophilus* (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.7 Spesies *Myotis formosus* (Family Vespertilionidae)

2.1.4.5 Family Rhinolophidae

Family Rhinolophidae memiliki ciri diantaranya mata relatif kecil, memiliki daun hidung tengah (sella), memiliki daun hidung belakang berbentuk segitiga pipih dengan ujung meruncing dan berdiri tegak (lanset), telinga memiliki antitragus, ekor terbenam dalam selaput kulit antar paha (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.8 Spesies *Rhinolophus affinis* (Family Rhinolophidae)

2.1.4.6 *Family Hipposideridae*

Family Hipposideridae memiliki ciri diantaranya mata relatif kecil, memiliki daun hidung kompleks (daun hidung belakang berbentuk bundar dan membentuk belahan), ekor seluruhnya terbenam dalam selaput kulit antar paha (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.9 Spesies *Hipposideros bicolor* (*Family Hipposideridae*)

2.1.4.7 *Family Emballonuridae*

Family Emballonuridae mempunyai mata yang relatif besar, tidak memiliki daun hidung, ukuran tragus pendek dan ujungnya membundar, ekor bebas muncul dari tengah selaput kulit antar paha (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.10 Spesies *Taphozous mauritanus* (*Family Emballonuridae*)

2.1.4.8 *Family Rhinopomatidae*

Family Rhinopomatidae mata relatif kecil, ciri khusus yaitu pada ekor yang sangat panjang dan sebagian bebas besar, sehingga selaput kulit antar paha terlihat menyempit, rambut pada bagian punggung pendek (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.11 Spesies *Rhinopoma hardwickii* (*Family Rhinopomatidae*)

2.1.4.9 Family Molossidae

Family Molossidae mempunyai mata relatif besar, daun hidung sederhana, telinga bagian kanan dan kiri dihubungkan dengan selaput kulit, kecuali pada *Mormopterus* (Prasetyo et al., 2012).



Gambar 2.12 Spesies *Molossus rufus* (Family Molossidae)

2.1.5 Fungsi dan Peranan Kelelawar

Kelelawar memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kelelawar sebagai salah satu jenis satwa yang menempati ekosistem hutan memiliki fungsi ekologis yang penting bagi kelestarian hutan. Berdasarkan penelitian diperkirakan 95% dari regenerasi hutan dilakukan oleh kelelawar jenis pemakan buah dan biji (Satyadarma, 2005) dalam (Naszmi et al., 2019)). Kelelawar merupakan salah satu komponen penting dalam kestabilan ekosistem. Salah satu peranannya membantu penyebaran biji dan penyerbukan bunga serta pengendali populasi serangga, sehingga kelelawar memiliki arti penting secara ekologis, keberadaan kelelawar memiliki peranan penting dalam regenerasi hutan dan menjaga kestabilan ekosistem.

Kelelawar dalam ekosistem berperan sebagai pemencar biji-bijian, pemakan serangga karenanya kelelawar berperan dalam mengatur dan mengendalikan ekosistem. Perilaku makan dan kemampuan terbang yang jauh menyebabkan daya pemencar biji-bijian pun jauh. Fungsi lainnya untuk membantu penyerbukan bunga (Bumrunsi et al 2009) dalam (Manek et al., 2020)). Terdapat sekitar 300 jenis tanaman tropik yang penyerbukannya dilakukan oleh kelelawar. Contoh tanaman bernilai ekonomi yang dibantu penyerbukannya oleh kelelawar adalah kelapa (*Cocos nucifera*), Selain itu kelelawar merupakan penghasil pupuk guano yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Akan tetapi, masyarakat pada umumnya menganggap

kelelawar sebagai hama karena memakan buah-buahan dari tanaman budidaya, sehingga banyak perburuan yang menyebabkan habitatnya terganggu dan populasi kelelawar di alam menurun (Wiyatna, 2003) dalam (Manek et al., 2020)).

Kelelawar pemakan buah dan nektar memainkan peranan penting secara ekologi sebagai penyebar biji dan penyerbuk. Kelelawar merupakan penyebar biji buah-buahan seperti sawo (*Manilkara kauki*), jambu air (*Eugenia aquea*), jambu biji (*Psidium guajava*), duwet (*Eugenia cuminii*) dan cendana (*Santalum album*) (Dumont et al. 2004) dalam (Ramona, 2019)). Jenis kelelawar yang memiliki peranan ini mayoritas adalah jenis dari famili Pteropodidae. Kelelawar juga berperan sebagai penyerbuk bunga dari tanaman bernilai ekonomis seperti durian (*Durio zibethinus*), bakau (*Rhizophora conjugate*), kapuk (*Ceiba pentandra*) dan mangga (*Mangifera indica*). Penyerbukan bunga terbantu dengan keberadaan kelelawar, saat kelelawar memasukkan kepalanya ke dalam kelopak bunga untuk memakan madu. Serbuk benang sari bunga tersebut akan menempel di rambut kelelawar dan membuahi bunga berikutnya yang dikunjungi oleh kelelawar (Pierson & Rainey 1992; Wiles & Fujita 1992) dalam (Ramona, 2019)).

Kelelawar merupakan salah satu jenis mamalia yang dikenal luas oleh masyarakat Indonesia karena satwa liar ini dimanfaatkan dagingnya sebagai obat di beberapa tempat di Indonesia. Walaupun kelelawar biasa dimanfaatkan oleh sebagian kecil masyarakat, namun sebagian besar masyarakat masih beranggapan bahwa kelelawar adalah hewan pemakan buah-buahan yang merugikan (Prasetyo et al, 2011) dalam (Fathoni et al., 2017)). Kelelawar diketahui berperan penting sebagai jasa regulasi ekosistem, seperti mengontrol populasi serangga, penyerbukan tumbuhan dan penyebar biji. Kelelawar pemakan serangga memainkan peran penting sebagai agen kontrol biologi terhadap serangga hama di ekosistem pertanian, sedangkan kelelawar pemakan buah menyediakan jasa ekosistem melalui penyerbukan tumbuhan dan penyebaran biji (Kunz et al. 2011; Ghanem & Voigt 2012) dalam (M. D. P. Sari et al., 2018)).

2.1.6 Tinjauan Umum Mengenai Gua

2.1.6.1 Pengertian Gua

Definisi gua menurut IUS (*International Union of Speleology*) yaitu bentuk alamiah di bagian bawah tanah bumi untuk ditelusuri oleh manusia. Gua merupakan salah satu contoh dari morfologi endokarst. Gua merupakan sebuah bentukan alami berupa ruangan karst yang terbentuk pada medan batu gamping atau batu kapur di bawah tanah baik yang berdiri sendiri maupun saling terhubung dengan ruangan-ruangan lain sebagai hasil proses pelarutan oleh air maupun aktivitas geologi yang terjadi pada suatu daerah (Uca & Angrian, 2018). Gua merupakan ruang alamiah yang dapat dimasuki oleh manusia. Ruang sebagai dimensi mempunyai peran untuk manusia dapat menelusuri lorong-lorong gua. Ruang dengan dimensi yang besar disebut dengan *chamber*. Bentuk dari *chamber* sendiri di wilayah kajian berupa memanjang dan melingkar tidak beraturan. Pada bentukan memanjang, *chamber* ini berada pada lorong utama yang memiliki dimensi yang lebih besar dari yang lainnya. Pada *chamber* yang melingkar tidak beraturan bentukan terjadi pada pertemuan antar lorong gua (Labib et al., 2020).

Gua merupakan salah satu ekosistem yang unik, karena ciri khasnya terletak pada kondisi lingkungan yang berbeda dengan kondisi lingkungan di luar gua dan merupakan ekosistem yang paling rentan di muka bumi. Kondisi yang khas di dalam gua yaitu minim/tidak adanya cahaya, kelembaban relatif tinggi, ketersediaan oksigen yang rendah juga temperatur yang relatif stabil. Batas-batas yang jelas tersebut membuat gua memiliki berbagai kelebihan bila dibandingkan dengan ekosistem lain dalam hal potensinya untuk diteliti, sedangkan diversitas di berbagai gua selama ini belum banyak dikaji (Hidayaturrohman et al., 2021). Keberadaan gua umumnya dimanfaatkan masyarakat sebagai tempat wisata seperti dan juga bermanfaat sebagai penyerap karbondioksida, sumber air, habitat fauna gua berupa kelelawar yang bermanfaat sebagai pengendali hama, penyebar biji, dan menghasilkan kotoran (guano) yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk (Labib et al., 2021). (Uca & Angrian, 2018) juga menyebutkan bahwa gua dapat dikembangkan menjadi berbagai macam

pemanfaatan seperti wisata, penyimpanan air, pertambangan, dan habitat makhluk hidup.

2.1.6.2 Pembagian Gua

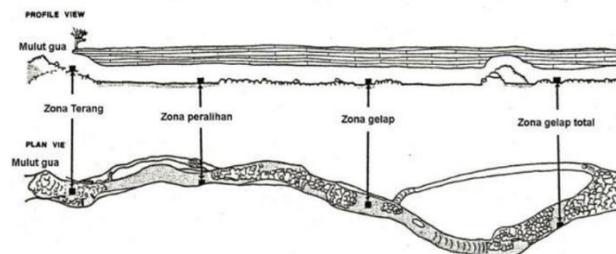
Jenis-jenis gua berdasarkan pembentukannya dibedakan menjadi gua lava, gua es, gua kapur, gua fosil, dan gua abrasi (G. K. Sari et al., 2018). Di Indonesia sendiri gua yang banyak ditemui adalah gua kapur yang biasa disebut sebagai karst, karena sebagian besar kawasan di Indonesia tersusun oleh batuan karbonat, dan hampir tidak ada yang tersusun oleh batuan lain seperti gipsum, batugaram, maupun batuan evaporit (Tawan et al., 2013). Berdasarkan posisinya gua dibedakan atas gua horizontal dan gua vertikal (Suhardjono 2012) dalam (G. K. Sari et al., 2018)).

Jenis lorong gua terbagi atas tiga macam yang ditentukan berdasarkan keberadaan aliran air, yaitu lorong aktif, lorong vadose, dan lorong fosil. Akibat dari proses pelarutan yang terjadi pada batuan karst maka lama-lama terbentuk rongga-rongga pada batuan tersebut. Perkembangan bentukan endokarst terutama lorong gua dipengaruhi oleh tiga proses utama yang berlangsung sepanjang ruang dan waktu geologi, yaitu 1) Pengikisan kimiawi, mekanis, atau keduanya, 2) Pengendapan yang membentuk sedimen gua dan penghabluran-ulang larutan CaCO_3 jenuh yang membentuk speleotem, 3) Peruntuhan (G. K. Sari et al., 2018).

Berdasarkan tingkat intensitas cahaya, gua dibagi menjadi 3 zona berbeda yaitu zona terang, zona remang/transisi dan zona gelap. Zona terang atau area mulut gua yang memiliki intensitas cahaya cukup tinggi. Zona remang merupakan daerah transisi antara zona terang dan zona gelap yang memiliki intensitas cahaya yang rendah, sedangkan zona gelap merupakan daerah yang sama sekali tidak ada cahaya sehingga diperlukan alat bantu penerangan, jika alat bantu dimatikan maka kondisi area tersebut menjadi gelap total (Jatiningsih et al., 2018).

Zona terang merupakan lorong di dekat mulut atau jendela gua. Dengan demikian, cahaya matahari masih menjangkau meski dalam intensitas seperti ketika senja. Suhu dan kelembapan masih sangat dipengaruhi oleh keadaan di luar gua. Sesudah zona terang memasuki daerah transisi yang sudah mulai gelap. Tetapi belum

gelap total, namun benda di depan mata sudah sulit untuk dilihat, suhu dan kelembapan udara belum stabil, sedikit banyak masih dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan zona di remang. Udara masih mengandung oksigen cukup banyak. Di belakang zona transisi adalah zona gelap, pada daerah ini kegelapan sudah abadi atau sepanjang masa dengan suhu dan kelembapan relatif stabil, udara juga masih bagus dengan kandungan oksigen masih cukup baik. Dalam pembagian zona ini tidak nyata atau tidak tegas terlihat sebagai garis atau batas karena kedalaman atau panjang masing-masing zona dari mulut gua tidak sama antara satu gua dengan gua lainnya tergantung besar kecilnya dan bentuk lurus atau berkeloknya suatu lorong dalam gua (Ilhamsyah, 2017). Hal ini dapat diartikan bahwa dengan bentuk fisik dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda pada setiap gua, maka pembagian zonanya pun tidak akan sama, sehingga ada beberapa gua yang hanya memiliki 3 zona atau kurang dari itu. Profil gua yang menunjukkan pembagian berbagai tipe zona gua dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.13 Profil Gua yang Menunjukkan Pembagian Berbagai Tipe Zona Gua
Sumber : Modifikasi dari (Howarth, 1980) dalam (Ilhamsyah, 2017)).

2.1.6.3 Gua Cimaung

Ada ± 500 gua di Tasikmalaya yang sudah ditemukan dan ± 350 yang sudah terpetakan, salah satunya Gua Cimaung. Gua Cimaung merupakan gua yang terletak di Desa Linggaraja, Kecamatan Sukaraja Kabupaten Tasikmalaya. Letaknya tidak jauh dari pemukiman dan perkebunan warga. Kondisi iklim Kecamatan Sukaraja tidak jauh berbeda dengan keadaan iklim Tasikmalaya pada umumnya, yaitu termasuk daerah iklim tropis dengan suhu rata-rata 24° .

Jenis Gua Cimaung yaitu gua karst (batu kapur) yang mampu menjadi akuifer air bersih. Di dalam Gua Cimaung ada yang terdapat aliran air didalamnya dan ada juga

yang tidak terdapat, adapun air yang terdapat di dalam gua tersebut merupakan aliran air hujan yang mengalir ke dalam gua dan hasil air rembesan dari batuan yang ada di dalam gua. Gua Cimaung memiliki tiga mulut gua, dua diantaranya berbentuk horizontal dimana salah satu mulut gua tersebut dijadikan sebagai pintu masuk gua sementara satu mulut gua yang berbentuk vertikal dijadikan sebagai pintu keluar gua. Mulut Gua Cimaung bisa dilalui tanpa menggunakan alat. Gua Cimaung memiliki lorong yang luas dan panjang, terdapat beberapa jalur lorong gua dengan panjang yang cukup panjang. Gua Cimaung memiliki kondisi lorong yang bercabang dan berkelok-kelok. Kondisi lorong gua merupakan hasil dari beberapa proses yang membentuk konfigurasi bentukan di lorong gua. Lorong gua memiliki intensitas cahaya matahari yang minim atau bahkan tidak ada cahaya sama sekali (Labib et al., 2021). Gua Cimaung mempunyai *chamber* (ruangan terbesar dalam gua) yang berada di sebelah kiri ketika pertama kali memasuki bagian gua, *chamber* tersebut didominasi oleh zona remang. Tidak banyak variasi mengenai speleoterm (ornamen gua) yang dimiliki Gua Cimaung, diantaranya stalaktit yang berada di langit-langit gua, tihang yaitu stalagtit yang sudah mencapai ke daerah permukaan tanah dan tirai yang bentuknya mirip dengan gordien. Berikut ornamen Gua Cimaung dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.14 Ornamen Gua Cimaung : a) stalagtit; b) tihang; c) tirai
Sumber : Peneliti

2.1.6.4 Bahan Ajar Biologi

Dalam dunia pendidikan dibutuhkan bahan ajar yang dapat menunjang jalannya proses pembelajaran, guna mendapatkan hasil belajar yang optimal. Sumber belajar merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk mempermudah jalannya proses pembelajaran. Sumber belajar berfungsi untuk memfasilitasi kemudahan belajar bagi para pembelajar, sehingga efektivitas dan tujuan pembelajaran dapat tercapai (Alimah,

2019). Menurut Seels dan Richey, sumber belajar adalah segala sumber pendukung untuk kegiatan belajar, termasuk sistem pendukung dan materi serta lingkungan pembelajaran (Supriadi, 2015) dalam (Rosiyanti & Muthmainnah, 2018)). Menurut Siregar mengatakan bahwa sumber belajar merupakan segala sesuatu yang digunakan untuk memfasilitasi belajar. Sedangkan menurut Mulyasa sumber belajar adalah segala sesuatu yang dapat memberikan kemudahan kepada peserta didik dalam memperoleh sejumlah informasi, pengetahuan, pengalaman, dan keterampilan dalam proses belajar dan mengajar (Siregar, 2010) dalam (Yeni, 2018)). Sumber belajar terdiri dari berbagai bentuk baik manusia, alat, bahkan lingkungan.

Menurut Marsh, sumber belajar biologi adalah segala sesuatu, baik benda maupun gejalanya, yang dapat digunakan untuk memperoleh pengalaman dalam rangka pemecahan permasalahan biologi tertentu. Sumber belajar memungkinkan dan memudahkan terjadinya proses belajar. Sumber belajar biologi dalam proses pembelajaran biologi dapat diperoleh di sekolah atau di luar sekolah (Suhardi, 2010) dalam (Yeni, 2018)). Segala bentuk yang terdapat di lingkungan kehidupan manusia dapat dijadikan sebagai sumber belajar biologi, tak terkecuali hasil penelitian mengenai keanekaragaman kelelawar di Gua Cimaung, Kabupaten Tasikmalaya. Sedangkan, bahan ajar merupakan bagian dari sumber belajar. Bahan ajar berisi informasi baik cetak maupun (elektronik) yang digunakan oleh peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran. Hal ini mencakup materi-materi ajar untuk tujuan umum pembelajaran (penyampaian standar kompetensi dan kompetensi dasar yang sudah ditetapkan) dan beberapa materi tambahan sebagai pengayaan maupun untuk remedial. Sedangkan menurut Pannen dan Purwanto, bahan ajar adalah bahan-bahan atau materi pembelajaran yang disusun secara sistematis yang digunakan guru dan murid dalam proses pembelajaran (Purwanto, 1997) dalam (Cahyadi, 2019)).

Jadi, bahan ajar biologi merupakan bahan belajar biologi tambahan yang digunakan untuk melengkapi atau menunjang sumber belajar utama, guna meningkatkan pengetahuan, pengalaman, pemahaman, bahkan motivasi pembelajar, sehingga nantinya akan berdampak terhadap peningkatan hasil belajar. Adapun hasil penelitian

terkait penelitian gua mengenai keanekaragaman kelelawar akan dibuat sebagai bahan ajar biologi berupa buku digital dengan judul “Keanekaragaman Kelelawar di Gua Cimaung”. Buku digital atau buku elektronik (disingkat *e-book*) adalah bentuk digital dari buku cetak. Buku cetak pada umumnya terdiri atas setumpuk kertas yang dijilid, berisikan teks, gambar, atau gabungan antara teks dan gambar. Buku digital merupakan publikasi berupa teks dan gambar dalam bentuk digital yang diproduksi, diterbitkan, dan dapat dibaca melalui komputer atau alat digital lainnya (Andina, 2011) dalam (Marselina & Muhtadi, 2019)). Buku digital ini memuat gambaran umum mengenai gua, data klimatis dan jenis-jenis Kelelawar (*Chiroptera*) yang ditemukan di dalam gua.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Diversitas Kelelawar yang dilakukan oleh (Shalekah, 2019) menunjukkan hasil bahwa terdapat 10 spesies, 6 genus, dan 5 famili yang berhasil tercatat di Gua-Gua Kawasan Karst Malang Selatan. Sepuluh spesies kelelawar tersebut diantaranya tergolong kedalam Famili Pteropodidae (2 genus, 4 spesies) dengan jumlah 9 individu, Famili Nycteridae (1 genus, 1 spesies) dengan jumlah 1 individu, Famili Vespertilionidae (1 genus, 2 spesies) dengan jumlah 16 individu, Famili Rhinolophidae (1 genus, 2 spesies) dengan jumlah 6 individu, dan Famili Hipposideridae (1 genus, 1 spesies) dengan jumlah 3 individu.

Penelitian mengenai kekayaan jenis kelelawar (*Chiroptera*) yang dilakukan (Nurfitrianto et al., 2013) di Kawasan Gua Lawa Karst Dander Kabupaten Bojonegoro menunjukkan hasil bahwa terdapat 5 jenis kelelawar yaitu *Rousettus amplexicaudatus*, *Hipposideros larvatus*, *Pipistrellus javanicus*, *Rhinolophus pusillus*, *Megaderma spasma*.

Selanjutnya, Penelitian mengenai kekayaan spesies kelelawar *ordo Chiroptera* yang dilakukan (Fajri et al., 2014) Di Gua Wilayah Selatan Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat terdiri dari 6 famili dengan 12 spesies. Spesies tersebut diantaranya *Macroglossus minimus*, *Eonycteris spelaea*, *Rousettus amplexicaudatus*, *Hipposideros bicolor*, *Hipposideros ater*, *Hipposideros diadema*, *Miniopterus pusillus*, *Phoniscus*

atrox, *Murina cyclotis*, *Rhinolopus simplex*, *Taphozous melanopogon*, dan *Rhinopoma microphyllum*.

2.3 Kerangka Konseptual

Gua Cimaung merupakan salah satu gua yang berada di Kabupaten Tasikmalaya tepatnya di Desa Linggaraja Kecamatan Sukaraja. Gua cimaung yang berada tidak jauh dari pemukiman dan perkebunan warga ini mempunyai bentuk mulut vertikal dan semi vertikal dengan lorong horizontal, keunikan gua ini adalah aman untuk dimasuki pada berbagai musim, karena letaknya yang berada di sekitar daerah serapan air. Gua ini mempunyai *chamber* (aula gua) yang cukup besar dan lorong panjang yang berkelok-kelok. Dengan kondisi fisik yang seperti ini ternyata masih bisa dijumpai adanya biota yang cukup beragam, yang dan menjadikan gua tersebut mempunyai potensi untuk diteliti lebih lanjut. Manfaat yang bisa diambil dari beranekaragamnya biota gua diantaranya manfaat secara langsung contohnya berupa guano (kotoran dari kelelawar) yang bisa dijadikan sebagai pupuk sedangkan untuk manfaat secara tidak langsung langsung salah satunya untuk menjaga ekosistem baik di gua maupun luar gua yang akan menjadikan kestabilan ekosistem pada daerah tersebut. Salah satu biota yang berpengaruh terhadap ekosistem gua adalah dari jenis Kelelawar (*Chiroptera*) dikarenakan jenis ini merupakan hewan gua yang keberadaannya diperkirakan melimpah di dalam gua.

Kelelawar merupakan mamalia termasuk dalam *ordo Chiroptera*. Berbeda dengan sayap pada burung, sayap kelelawar merupakan perluasan tubuh, tidak berambut terbentuk dari membran elastis berotot dan dinamakan patagium. Sayap kelelawar berfungsi untuk terbang dan untuk menyelimuti tubuhnya ketika bergantung terbalik. Pada setiap spesies kelelawar memiliki morfologi tubuh berbeda yang meliputi panjang badan, panjang bentang sayap, panjang lengan bawah sayap, panjang telinga, panjang ekor, panjang kaki belakang tanpa cakar dan panjang kaki belakang dengan cakar.

Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan oleh peneliti yakni ditemukannya jenis-jenis kelelawar yang berada di zona remang dan zona gelap gua

cimaung, maka peneliti melakukan dokumentasi tertulis kembali mengenai keanekaragaman, indeks kepadatan spesies, dominansi spesies, indeks keseragaman dan indeks kekayaan jenis kelelawar yang ada di Gua Cimaung. Hasil dari penelitian ini adalah data keanekaragaman kelelawar yang nantinya akan disajikan dalam bentuk buku digital yang akan digunakan dalam proses pembelajaran biologi pada materi animalia pada jenjang kelas X SMA semester ganjil dan pada mata kuliah zoologi vertebrata dan biologi konservasi pada tingkat perguruan tinggi.

2.4 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka pertanyaan penelitian pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Bagaimana keanekaragaman Kelelawar (*Chiroptera*) di Gua Cimaung Kabupaten Tasikmalaya?
- 2) Bagaimana indeks ekologi yang meliputi indeks keanekaragaman, indeks kepadatan, indeks dominansi, indeks keseragaman dan indeks kekayaan jenis di zona terang, zona remang dan zona gelap Gua Cimaung Kabupaten Tasikmalaya?
- 3) Bagaimana hasil penelitian tentang keanekaragaman Kelelawar (*Chiroptera*) di Gua Cimaung Kabupaten Tasikmalaya dapat dijadikan menjadi bahan ajar biologi?