

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Keanekaragaman

Terminologi keanekaragaman atau biodiversity dikenal juga dengan sebutan keanekaragaman hayati yang bisa didefinisikan sebagai frekuensi atau total keseluruhan variasi yang ada pada makhluk hidup, di mana hal tersebut mencakup ekosistem di sebuah lingkungan khusus, spesies, hingga gen. Poin utama dari keanekaragaman tersusun atas indeks keragaman atau dalam istilah lain yakni index of diversity (H), keragaman spesies yang dikenal pula dengan richness (S), dan pemerataan yang nama lainnya evenness (E) (Karmana, 2010). Sebab dari adanya keanekaragaman yang terjadi pada makhluk hidup yakni karena dampak dari keragaman bentuk, penampilan, warna, tekstur, ukuran, jumlah, dan sifat lainnya yang dimiliki (Ridhwan, 2012). Keanekaragaman yang dimaksudkan dalam hal ini mencakup keanekaragaman genetik (variasi sifat dalam spesies), habitat, dan spesies (jenis) (Siboro, 2019). Terdapat tiga tingkatan dalam keanekaragaman hayati, yakni:

2.1.1 Keanekaragaman Genetik

Keanekaragaman genetik didefinisikan sebagai wujud variasi dari genetik suatu spesies yang terjadi dalam individu di populasi yang sama atau individu lain dari populasi yang berbeda secara geografis. Individu yang berada di suatu populasi yang sama mempunyai wujud genetik yang berbeda satu sama lain. Variasi ini muncul sebab masing-masing dari individu memiliki wujud gen yang unik (Indrawan et al., 2007).

2.1.2 Keanekaragaman Ekosistem

Beragam populasi spesies menjalin interaksi satu sama lainnya dan juga menjalin interaksi dengan lingkungan fisik yang berada di sekelilingnya, di mana interaksi itu berada dalam suatu ruang yang akan memunculkan sebuah sistem ekologis yang umumnya dikenali dengan penamaan ekosistem (Gunawan et al., 2016).

2.1.3 Keanekaragaman Spesies

Menurut Kafa (2018), level kesulitan pengamatan keanekaragaman pada spesies lebih mudah dibandingkan pada genetik. Keanekaragaman di tingkat ini mencakup pada keragaman jenis makhluk hidup berupa hewan, tumbuhan, dan mikroba. Terdapat tiga aspek dalam keanekaragaman ini, yaitu:

1. Kekayaan Spesies (Jumlah Total Spesies). Aspek pertama ini termasuk ke dalam kelompok pengukuran paling mudah atau bisa dikatakan sederhana dari keanekaragaman dalam suatu kelompok, selain itu di aspek ini juga memiliki kebermanfaatan yang tinggi sebagai indeks komparasi di antara berbagai komunitas yang terbatas karena adanya jumlah spesies yang bergantung pada luasan area yang dijadikan sampling, selain itu juga karena bobot yang berbanding lurus dengan kelimpahan dan kelangkaan suatu spesies. Pengukuran yang dilakukan di aspek ini sudah menjadi alternatif dalam pendeskripsian keragaman dan distribusi pemerataan suatu individu dalam spesies. Indeks pengukurannya didasarkan pada teori fungsi milik Shannon Wiener yang sudah umum dipakai.

2. Kemerataan Spesies. Di aspek kedua ini, yang dimaksud dengan kemerataan yakni kelimpahan yang sifatnya relatif pada suatu spesies yang merepresentasikan suatu pola penyebaran di sebuah ekosistem. Kemerataan spesies ini akan memperlihatkan suatu pola persebaran yang mana pola yang dimaksud memiliki keterbatasan dari sejumlah faktor yang bisa memberikan dampak tertentu, sebagai contoh kondisi iklim yang hanya bisa menjadikan sejumlah spesies hidup kemudian memiliki level kemerataan yang relatif tinggi, di mana biasanya aspek ini diukur menggunakan rumus hitung indeks kemerataan atau evenness (E).
3. Dominansi Spesies (Spesies yang Paling Berlimpah). Aspek ketiga ini akan memperlihatkan kelimpahan jumlah suatu spesies yang dinilai paling banyak di sebuah ekosistem. Pengukuran ini memiliki kebermanfaatan yang tinggi dalam hal memperkirakan keadaan mengapa suatu spesies bisa menjadi dominan dalam sebuah ekosistem. Aspek ini sangat bergantung pada kecakapan spesies itu sendiri. Satu dari sekian alasan yang mungkin yakni tingkat ketahanan hidup yang tinggi dari seleksi alam yang menjadikan spesies tersebut bisa bertahan hidup dan menduduki puncak dominansi.

2.2 Keanekaragaman Ordo Chiroptera

Kelelawar tergolong dalam kelompok mamalia yang memiliki ordo Chiroptera. Kata Chiroptera awalnya dari bahasa Yunani “cheir” yang memiliki makna tangan dan “pteros” yang maknanya selaput, dengan ini

bisa dimaknai menjadi “sayap tangan”, kaki bagian depan pada kelelawar telah termodifikasi menjadi sayap. Sayap yang dimiliki oleh kelelawar berbeda dengan sayap yang dimiliki oleh burung, di mana pada kelelawar sayapnya merupakan bentuk dari pelebaran area tubuh, tidak memiliki rambut, terbuat terbuat dari membran elastis berotot, dan namanya yakni patagium. Sayap yang dimiliki oleh keleawar bisa dilihat pada sela-sela tulang telapak dan jari tangan serta anggota tubuh bagian depan dan seluruh anggota tubuh bagian samping hingga kaki bagian belakang. Fungsi dari sayap pada kelelawar yakni untuk terbang dan menutupi bagian tubuhnya saat bergantung terbalik di sarangnya (Corbet & Hill, 1992). Indonesia memiliki keanekaragaman kelelawar yang tergolong tinggi, yakni sejumlah 231 jenis atau setara dengan 21% keseluruhan jenis kelelawar di dunia. Di Indonesia, keberadaan kelelawar terdiri atas 10 suku, dengan 78 jenis diantaranya termasuk ke dalam pemakan buah (Megachiroptera), dan 153 jenis lainnya termasuk ke dalam pemakan serangga (Microchiroptera) (Simmons et al., 2005 dalam Hylsandy, 2016).

2.3 Ordo Chiroptera

2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi Ordo Chiroptera

Pengklasifikasian kelelawar berdasarkan Kunz (1991) yakni:

Kingdom : Animalia

Phylum : Chordata

Sub phylum: Vertebrata

Class : Mamalia

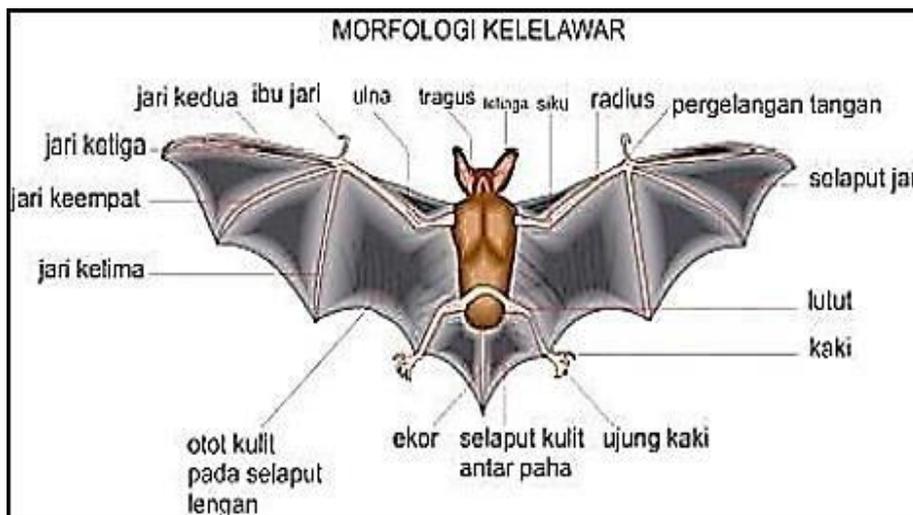
Order : Chiroptera

Sub Ordo : - Megachiroptera - Microchiroptera

Indonesia memiliki berbagai macam jenis kelelawar yang jumlahnya cukup banyak, di mana jumlah tersebut mencapai lebih dari 205 jenis dan 72 diantaranya termasuk ke dalam kelelawar yang memakan buah-buahan (Megachiroptera), sedangkan 133 jenis sisanya termasuk ke dalam kelelawar yang memakan serangga (Microchiroptera), jumlah kelelawar ini setara dengan 20% dari total jenis kelelawar yang sudah diketahui di dunia (Suyanto, 2001).

Hingga kini, jumlah kelelawar yang sudah teridentifikasi di dunia ini terdiri atas kurang lebih 977 spesies, 192 genus, dan 18 famili. 17 dari 18 famili pada kelelawar termasuk ke dalam golongan Microchiroptera, sedangkan 1 famili sisanya termasuk ke dalam golongan Megachiroptera. Dari hal tersebut menjadikan kelelawar diidentifikasi tidak berdasarkan pada Sub-ordo, melainkan dari familinya. Total keseluruhan kelelawar yang berhasil diidentifikasi di Indonesia yakni sebanyak 21% dari semua kelelawar yang ada di dunia, di mana 21% itu mencakup 205 spesies, 52 genus, dan 9 famili. Sejumlah famili kelelawar di Indonesia yang sudah berhasil diidentifikasi yakni Rhinolophidae, Megadermatidae, Nycteridae, Vespertilionidae, Pteropodidae, Hipposideridae, Rhinopomatidae, Molossidae, dan Emballonuridae (Suyanto, 2001). Sub-ordo Megachiroptera hanya terdapat famili Pteropodidae sedangkan Sub-ordo Microchiroptera yaitu Rhinolophidae, Megadermatidae, Nycteridae, Vespertilionidae, Hipposideridae, Rhinopomatidae, Molossidae, dan

Emballonuridae. Dari keanekaragaman yang dipunyai oleh kelelawar menjadikan ia sebagai Ordo dengan total keseluruhan spesies paling banyak di dunia kedua sesudah Ordo Rodentia di Kelas Mamalia. Khatulistiwa menjadi wilayah yang memiliki kekayaan spesies kelelawar paling banyak (Kartono, 2009).



Gambar 2. 1 Morfologi Kelelawar (Chiroptera)
Sumber : Inayati (2012)

Kelelawar termasuk satu dari sekian hewan menyusui yang bisa terbang. Kelelawar bisa dikelompokkan ke dalam dua golongan besar, yakni Sub-ordo Megachiroptera dan Microchiroptera. Perbedaan yang bisa dilihat dari kedua Sub-ordo tersebut yakni:

Tabel 2. 1 Perbedaan ciri antara kelelawar Sub-ordo Microchiroptera dan Megachiroptera

Ciri Pembeda Morfologi Sub-ordo Microchiroptera dan Sub-ordo Megachiroptera		
Pembeda	Microchiroptera	Megachiroptera

Ukuran Tubuh	<p>a. Umumnya kecil dengan bobot 2-196 gr</p> <p>b. Ukuran kecil (Panjang tubuh \pm hingga 45 mm), Ukuran sedang (Panjang tubuh antara 45-90 mm), Ukuran besar (Panjang tubuh > 90 m)</p>	<p>a. Umumnya besar dengan bobot 10-1500 gr. Spesies dari Genus <i>Balionycteris</i>, <i>Chironax</i>, dan <i>Aethalops</i> memiliki bobot sekitar 10 gr, sedangkan <i>Pteropus vampyrus</i> yang berukuran paling besar berbobot lebih dari 1500 gr</p> <p>b. Ukuran kecil (Panjang tubuh sampai 55 mm), Ukuran sedang (Panjang tubuh antara 55-110 mm), Ukuran besar (Panjang tubuh > 110 m)</p>
Mata	memiliki mata kecil pada umumnya	memiliki mata menonjol dan terlihat dengan jelas
Telinga	Daun telinga yang besar dan kompleks, memiliki tragus (bagian yang menonjol dari dalam daun telinga, berbentuk seperti tongkat) atau anti tragus (bagian yang menonjol dari luar daun telinga, berbentuk bundar atau tumpul [Molossidae, Rhinolophidae])	Ukuran telinga kecil dan sederhana, tidak memiliki tragus dan anti tragus
Ekor	umumnya memiliki ekor panjang	umumnya memiliki ekor pendek atau tidak memiliki ekor
Cakar pada jari kedua	Tidak ada	Ada, kecuali pada Genus <i>Eonycteris</i> , <i>Dobsonia</i> dan <i>Neopteryx</i>
Indera berperan penting	Ekolokasi yang rumit untuk orientasi (navigasi). Berekolokasi melalui mulut dan lipatan hidung	Lebih menggunakan penglihatan meskipun ada spesies dari Genus <i>Eonycteris</i> dan <i>Rousettus</i> yang menggunakan ekolokasi terbatas
Fore Arm	22-115 mm	36-228 mm
Pemakan	Umumnya insectivor, namun ada yang hanya makan labah-labah (<i>Phoniscus papuensis</i>), penghisap darah atau sanguivorous (<i>Desmodus rotundus</i>), pemakan kelelawar lainnya (<i>Megaderma lyra</i>), ikan (<i>Noctilio leporinus</i>) dan bahkan nektar (<i>Glossophaga</i> spp. dan <i>Leptonycteris</i> spp.)	Frugivor, ada yang khusus memakan nektar dan serbuk sari (<i>Eonycteris</i> , <i>Macroglossus</i> , <i>Syconycteris</i>); buah, dedaunan, nektar dan serbuk sari (<i>Cynopterus brachyotis</i>); buah - buahan lunak, nektar, serbuk sari (<i>Rousettus</i> dan <i>Boneia</i>); ada pula buah-buahan dan bunga (hampir semua kelelawar pemakan buah yang berukuran besar)
Peranan	Pengendali serangga dan hama	Pemencar biji dan penyerbukan bunga
Lain-lain	Beberapa memiliki daun hidung seperti pada Genus <i>Hipposideridae</i> , <i>Rhinolophidae</i> , dan <i>Nycteridae</i>	Tidak memiliki daun hidung

Sumber : Suyanto (2001)

2.3.2 Habitat

Habitat yakni sebuah lokasi yang ditempati oleh makhluk hidup. Habitat dari makhluk hidup biasanya lebih dari satu, yaitu habitat tempat tinggal, habitat mencari makan, dan habitat lainnya (Soemarwoto, 1997 dalam Achmadi, 2011). Habitat alami yang dipunyai oleh kelelawar yakni roosting (tempat tinggal) dan foraging area (area menemukan bahan makanan). Kelelawar bisa dijumpai di segala tempat yang termasuk ke dalam ekosistem darat dengan vegetasi di dalamnya (Medellín et al., 2000 dalam Hylsandy, 2016). Karakteristik habitat yang dihuni oleh kelelawar yakni berbagai tempat semacam hutan alami, hutan buatan, gua, dan perkebunan, di mana memiliki karakteristik lebih khusus lagi yakni berupa tempat yang lembab dan ternaungi. Kelelawar memiliki sejumlah alternatif pilihan untuk tempat bergelantungan. Beberapa jenis kelelawar khusus semacam codot, kalong, dan Sub-ordo dari Megachiroptera menetapkan pilihan untuk tidur secara bergelantungan di tempat seperti pohon besar, sedangkan yang berasal dari Sub-Ordo Microchiroptera pada langit-langit rumah penduduk, lubang yang terdapat di batang pohon, pohon mati, celah bambu, dan jalinan herba/rotan (Prasetyo et al., 2011).

2.3.3 Reproduksi

Kelelawar dapat digolongkan kepada jenis fauna endothermic, di mana ini artinya kelelawar memiliki ketergantungan terhadap produksi panas internal dalam menjaga temperatur tubuhnya dalam zona thermal neutral (Culver & White, 2005). Kelelawar memiliki musuh alami yang biasanya

berupa burung hantu, kucing, elang kelewar, dan beberapa jenis ular seperti ular hijau dan sanca (Suyanto, 2001). Tidak berbeda dengan sistem perkawinan yang umumnya ada pada mamalia, sistem kawin pada kelelawar juga dikategorikan ke dalam tiga kelompok yakni promiscuity, polygyny, dan monogamy (Culver & White, 2005). Promiscuity yakni jenis sistem perkawinan yang mempunyai pasangan lebih dari satu (banyak), baik itu dimiliki oleh jantan ataupun betina. Di Inggris, kelelawar dengan spesies *Rhinolophus ferrumequinum* akan membentuk ranjau (mines) dan suatu situs teritorial dalam gua sebagai bentuk sistem perkawinannya yang dilaksanakan ketika musim gugur tiba. Di waktu yang bersamaan, para kelelawar betina akan membentuk sebuah perkumpulan kemudian memilih dengan selektif pejantan mana yang akan dikunjunginya secara berbeda di wilayahnya (Culver & White, 2005). Polygyny yakni jenis sistem perkawinan yang dianggap paling biasa dilakukan oleh kelelawar, di mana sistem ini memiliki ciri berupa pejantan mempunyai beberapa pasang betina sedangkan betina hanya memiliki 1 pejantan. Contoh dari spesies kelelawar yang memiliki sistem perkawinan polygyny yakni *Phyllostomus hastatus*. Untuk para kelelawar betina yang termasuk dalam spesies ini hidupnya akan membentuk kelompok kecil yang terpisah satu sama lainnya yang bisa dijumpai dalam gua, khususnya pada plot holes di langit-langit gua dengan tujuan supaya memudahkan para kelelawar jantan yang dominan dalam menjaga sekelompok betinanya dari ancaman kelelawar jantan lainnya. Perilaku ini menjadikan kelelawar jantan bisa kawin dengan sejumlah kelelawar betina. Terdapat suatu pola perilaku

yang sudah diamati dari spesies kelelawar *Artibeus jamaicensis* yang umumnya bisa ditemukan di seluruh gua di Amerika Tengah dan Selatan serta di banyak West Indies Island, di mana kelelawar dari spesies ini akan menggiring pasangannya kemudian berpacaran (courtship) (Culver & White, 2005). Monogamy yakni sistem perkawinan di mana antara pejantan dan betina memiliki pola ikatan pasangan dalam jangka waktu yang lama. Sistem ini sudah diterangkan apabila hanya terjadi di sejumlah spesies kelelawar. Contoh dari spesies kelelawar yang memiliki sistem perkawinan jenis ini yakni *Vampyrum spectrum* dan *Cardioderma cor* (Culver & White, 2005). Kelelawar akan melakukan reproduksi dengan frekuensi satu kali dalam satu tahun dengan periode kehamilannya dari 3-6 bulan, di mana anak kelelawar yang dilahirkan hanya berjumlah 1 ekor dengan berat tubuhnya mencapai kisaran 25-30% dari berat tubuh induknya, namun terdapat pengecualian untuk kelelawar dari spesies *Lasiurus borealis* yang setiap kali masa reproduksi bisa melahirkan lima ekor kelelawar anakan (Suyanto, 2001). Di Indonesia, kelelawar akan melahirkan anak-anaknya pada kisaran bulan September sampai awal Januari di area roosting pada siang hari (Prakarsa & Ahmadin, 2013). Kelelawar betina yang tengah mengandung atau menyusui akan membentuk kelompok baru atau bisa disebut kelompok bersalin yang memisahkan diri dari tempat bertengger para penajntan (Culver & White, 2005). Induk dari spesies kelelawar *Tadarida brasiliensis* akan merawat anaknya dengan cara memberikan susu dalam kurun waktu beberapa minggu, sebab anakan kelelawar tidak bisa terbang dan makan sendiri

hingga sayapnya tumbuh mencapai ukuran kelelawar dewasa. Dalam waktu 6 minggu dari hari kelahiran, peranakan kelelawar dari spesies ini sudah bisa terbang dan menemukan makanannya sendiri (Culver & White, 2005). Tentunya hal ini tidaklah sama dengan mamalia pada umumnya yang baru akan menyapih anak-anaknya ketika ukurannya sekitar 40% dari ukuran di usia dewasa, mayoritas dari spesies kelelawar Insectivor akan memberikan susu pada anaknya hingga anaknya mencapai 90% dari ukuran di usia dewasa (Culver & White, 2005).

2.3.4 Perilaku

Kelelawar termasuk ke dalam golongan hewan nokturnal, sebab ia menemukan makanannya ketika malam hari tiba dan ketika siang hari ia tidur di sarangnya, bisa di gua ataupun pepohonan dengan cara bergelantungan di atas dan menutupi tubuhnya memakai sayap yang ia miliki. Kelelawar mempunyai sayap yang rentan terhadap radiasi sinar matahari, di mana apabila sayap kelelawar terkena radiasi tersebut akan mendatangkan kerugian, hal ini dikarenakan radiasi dari sinar matahari akan menjadikan sayap kelelawar menyerap lebih banyak energi panas dibanding mengeluarkannya, kondisi ini yang menjadi alasan mengapa kelelawar inaktif pada siang hari. Kelelawar yang aktif ketika malam tiba mempunyai indera yang nilainya sangat baik, sehingga menjadikan kelelawar mempunyai pola adaptasi yang berbeda dengan yang lainnya. Kelelawar umumnya dijumpai di atas pohon ketika malam hari untuk mengambil dan menjatuhkan makanan sisa untuk mereka yang masih mempunyai induk (Apriandi, 2004).

Kebiasaan yang dimiliki oleh kelelawar ketika makan sangatlah beragam, ini sama seperti dengan kebanyakan mamalia. Keragaman dalam makanan akan diatur ulang sesuai dengan bentuk morfologi dan fisiologi kelelawar. Beberapa macam makanan yang biasa dikonsumsi oleh kelelawar yakni buah, nektar, bunga, daun, polen, serangga, arthropoda, burung, ikan, amfibi, mamalia kecil, reptil, darah, dan bangkai (Altringham, 1996). Sub-ordo kelelawar dari Megachiroptera mempunyai susunan makanan yang mayoritas didominasi oleh buah-buahan, daun, polen, nektar, dan bunga. Terdapat 250 jenis lebih kelelawar yang mengonsumsi satu atau lebih jenis tanaman, di mana bagian yang dikonsumsi berupa nektar bunga atau buah-buahan, sedangkan untuk Sub-ordo dari Microchiroptera mayoritas mengonsumsi serangga, selain itu beberapa jenis dari Sub-ordo ini menghisap darah seperti dari spesies *Desmodus rotundus* dan ada yang mengisap madu seperti dari spesies *Leptonecteris curasoae* (Altringham, 1996). Meskipun serangga menjadi makanan utama dari sebagian besar spesies kelelawar pemakan serangga, namun kelelawar juga mengonsumsi udang, laba-laba, arthropoda, dan kalajengking, di mana terdapat kurang lebih 70% dari seluruh spesies kelelawar termasuk ke dalam pemakan serangga.

2.3.5 Peranan Kelelawar Dalam Ekosistem Gua Karst

Kelelawar mempunyai kontribusi yang besar dalam menjaga stabilitas ekosistem, namun sayangnya hal ini masih belum menjadi perhatian khusus dari pemerintah ataupun masyarakat umum. Seringkali masyarakat meyakini apabila kelelawar adalah hama yang mendatangkan kerusakan

pada lingkungan. Kondisi ini dikarenakan bentuk pakan dari kelelawar yang berupa buah-buahan hasil perkebunan warga. Dari hal tersebut menjadikan banyaknya kasus pengrusakan habitat dan perburuan kelelawar oleh warga yang berimbas pada berkurangnya jumlah populasi kelelawar. Manfaat tidak langsung yang bisa diambil dari kelelawar yakni sebagai pemencar biji, pemeran pendukung dalam proses penyerbukan bunga, dan pengendali jumlah populasi serangga. Kelelawar yang memiliki tugas untuk memencar biji yakni kelelawar yang berasal dari Sub-ordo Megachiroptera, lebih spesifiknya dari spesies *Cyanopterus brachyotis* (Common Fruit Bat) dan spesies *Pantheor lucasi* (Dusky Fruit Bat), kedua spesies ini hidupnya sangat bergantung pada pakan berupa buah-buahan. Kebiasaan kelelawar yang makan di atas pohon menyebabkan sisa-sisa makanan berjatuhan ke tanah, di mana sisa makanan itu berupa biji dari buah yang dikonsumsi. Selain itu, terdapat keahlian dari kelelawar untuk terbang dengan jarak tempuh yang terbilang jauh yang menjadikan biji terpecah secara jauh pula (Prasetyo et al., 2011).

Peranan dari kelelawar bisa dimanfaatkan secara langsung ataupun tidak. Di dalam kajian milik Haq (2017) dijelaskan apabila kelelawar bisa menciptakan guano yang bisa digunakan secara langsung untuk pembuatan pupuk secara alami. Pupuk guano ini bisa dimanfaatkan sebagai pupuk dasar ataupun pupuk penunjang. Pupuk yang dihasilkan bisa mudah diserap oleh tanaman dan bisa menyeimbangkan keasamaan tanah. Wijanarko (2016) berpendapat apabila guano ini adalah residu dari

sekresi yang terjadi pada kelelawar yang berekasi dengan bebatuan gamping yang menjadi akibat dari air hujan dan air tanah. Tamasuki et al. (2015) menyatakan apabila guano yang diproduksi oleh kelelawar mengandung bahan utama dalam pembuatan pupuk, yakni potassium dengan kadar 1%, fosfor dengan kadar 3%, dan nitrogen dengan kadar 10%. Adapun dalam kajian Prakarsa & Ahamadin (2013) menjelaskan apabila kecakapan kelelawar dalam memakan serangga berdasarkan pada parameter biomassa yang ada di dalam tubuh serangga yang dimakan. Bobot dari tubuh kelelawar yang keluar gua untuk mencari makanan berbeda dengan bobotnya ketika sudah selesai menemukan makanannya. Perbedaan bobot tubuh inilah yang dijadikan acuan untuk biomassa serangga yang dimakan. Data biomassa tersebut akan dilakukan penganalisisan dengan metode statistik yang sederhana, di mana hasil perhitungan tersebut akan dikonversikan ke dalam bentuk jumlah serangga perindividual yang akan dikonsumsi. Berbagai macam jenis serangga yang dijadikan mangsa oleh kelelawar berasal dari Ordo Isoptera, Blattaria, Odonata, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, Arachnida, dan Coleoptera.

Keadaan pada iklim mikro dalam gua diberikan pengaruh dari sejumlah faktor lingkungan fisik semacam cahaya, temperatur, kelembapan, air, O₂, CO₂, tingkat keasaman tanah, dan aliran udara yang bisa berdampak pada keanekaragaman fauna yang tinggal dalam gua. Gua yang dijadikan tempat tinggal oleh kelelawar mempunyai ciri khas tersendiri yang berbeda dengan gua yang tidak dijadikan tempat tinggal oleh kelelawar.

Perbedaan yang dimaksud dalam pernyataan sebelumnya yakni kelembapan dan temperatur dalam gua. Biasanya, gua yang dijadikan tempat tinggal oleh kelelawar mempunyai tingkat kelembapan lebih tinggi dan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan gua yang tidak ditinggali (Maharadatunkamsi & Maryanto, 1991).

Berbagai gua yang ada di area tropis memiliki kecenderungan bertemperatur hangat yang disebabkan oleh variasi suhu yang sedikit. Mayoritas fauna yang ada di dalam gua melakukan adaptasi pada temperatur yang konstan, hal ini karena suhu di dalam gua tidak memiliki dinamika yang tinggi akan perubahannya. Temperatur atau suhu memiliki kontribusi dalam reproduksi jenis mencakup gua. Dalam kondisi alami, iklim mikro gua memiliki nilai yang relatif stabil. Perubahan iklim mikro gua terjadi karena campur tangan manusia karena pada Gua Harta *relative* sering dikunjungi oleh para penggiat alam. Iklim mikro dalam gua tidak sekedar dipengaruhi oleh suhu udara tetapi juga suhu air. Suhu air yang mengalir umumnya tidak berbeda dengan suhu air di luar, sebab aliran tersebut berasal dari air *resurgence* (aliran sungai yang masuk ke dalam gua) (Rahmadi & Suhardjono, 2007).

2.4 Karst Malang

Karst Malang menyebar pada beberapa Kecamatan seperti Donomulyo, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Pagak, dan Bantur. Sebagian lain ada di beberapa Kecamatan seperti Kalipare, Dampit, dan Tirtoyudo. Lokasi dari karst yang berada di area Malang ini berada di area lahan milik penduduk dan negara. Terdapat hutan lindung di dalam kawasan karst.

Hutan produksi dikelola oleh KPH Malang Perum Perhutani (ISS, 2015).

Topografi dari area Karst Malang ini memiliki ketinggian 0-400 mdpl. Karst yang berada di area ini terbentuk dari batu gamping yang sifatnya mudah larut. Dengan adanya sifat tersebut akan menciptakan morfologi positif dan negatif, di mana morfologi positifnya yakni terbentuknya conical hills (bukit kerucut) dan bukit yang memanjang, sedangkan morfologi negatifnya yakni terbentuknya dolina (cekungan). Selain itu, juga terdapat gua, ponor, reruntuhan cekungan, lembah buta, karren, sungai menghilang, telaga, dan mata air (ISS, 2015). Stratigrafi karst Malang merupakan susunan dari sejumlah formasi, diantaranya ialah:

- a. Formasi Campur darat, terbentuk dari batu gamping hablur dan batu lempung. Satuan umur untuk batuan ini yakni di era Misoen Awal.
- b. Formasi Wonosari, terbentuk dari batu lempung hitam dengan kandungan gambut, gamping pasir, gamping lempungan, gamping tufan, gamping koral, napal, dan kalsirudit. Satuan umur untuk batuan ini yakni di era Misoen Akhir.
- c. Formasi Nampol, terbentuk dari batuan lempung, lempung hitam, pasir gamping, napal pasir, dan pasir tufan. Satuan umur untuk batuan ini yakni di era Misoen Tengah (ISS, 2015).

2.5 Definisi Gua

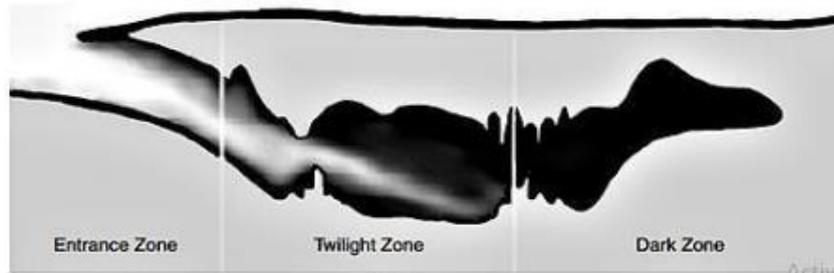
Gua banyak ditemukan di daerah kawasan karst. Di beberapa daerah, kawasan karst memiliki potensi sebagai sumber air, memiliki flora dan fauna yang endemik (hanya dapat ditemukan di lokasi tersebut), sebagai komponen pembelajaran berbasis laboratorium alam, dan sebagai objek

riset di bidang speleologi, biologi, hidrologi, geologi, dan arkeologi (Rahmadi et al., 2018). Menurut Kurniawan & Rahmadi (2019), gua merupakan suatu lubang yang proses terbentuknya terjadi dengan sendirinya (alamiah). Definisi lain dari gua yakni sebuah celah atau lubang yang terlihat dari atas permukaan tanah yang apabila ditelusuri lebih dalam akan memanjang masuk ke tanah sebab adanya proses alamiah, di mana dalam gua kondisinya bisa ditempati oleh sejumlah makhluk hidup (Moldovan et al., 2018). Seperti yang telah disampaikan sebelumnya bahwa gua merupakan ekosistem yang berbeda dengan lingkungan di luar gua, hal ini ditunjukkan dari adanya keterbatasan cahaya. Kegelapan dalam gua berbeda dengan kegelapan malam, kegelapan dalam gua lebih sebanding dengan kegelapan di laut dalam dengan kedalaman mencapai 1000-1200 meter tanpa ada penetrasi cahaya sama sekali (Culver & White, 2005). Lingkungan gua terbagi menjadi beberapa zona yakni zona terang/mulut gua (*entrance/light zone*), zona peralihan atau remang-remang (*twilight zone*), dan zona gelap (*dark zone*). Perbedaan zona ini dipengaruhi oleh tingkat intensitas cahaya dan kondisi klimatik edafik seperti suhu udara, kelembaban udara, kadar O₂ dan CO₂ (Culver & White, 2005). Berikut penjelasan ketiga zona gua menurut Kurniawan & Rahmadi (2019), yakni:

- a. Zona Terang/Mulut Gua (*Entrance/Twilight Zone*). Zona ini merupakan bagian terluar gua yang berbatasan dengan lingkungan luar. Pada zona ini masih dapat ditemukan sinar matahari secara langsung bahkan perbedaan habitat yang ada di zona terang tidak jauh

berbeda dengan lingkungan luar. Hal ini menyebabkan kondisi klimatik edafik tidak jauh berbeda, habitat di zona ini mengikuti perubahan yang terjadi di zona luar gua.

- b. Zona Peralihan/Zona Remang-Remang (Twilight Zone). Zona ini merupakan awal perpindahan dari zona terang menuju zona gelap. Umumnya zona ini masih dapat ditemukan sinar matahari yang memantul dari dinding gua sehingga tidak ditemukannya penetrasi cahaya matahari secara langsung. zona peralihan merupakan batas akhir dari ekosistem luar gua menuju ekosistem gua yang spesifik yakni ekosistem zona gelap gua. Kondisi klimatik edafik yang ada di zona ini masih dipengaruhi oleh zona luar gua dikarenakan adanya pantulan sinar matahari. Keanekaragaman flora dan fauna yang ada pada zona ini lebih rendah dari pada yang ditemukan pada zona di luar gua.
- c. Zona Gelap (Dark Zone). Zona ini merupakan karakter khas atau ciri-ciri khusus yang menjadi wujud dari habitat atau ekosistem gua. Zona ini ditunjukkan dengan karakteristik klimatik edafik yang mulai stabil ditandai dengan kondisi oksigen menipis, tidak adanya penetrasi sinar matahari, dan kandungan karbon dioksida cenderung tinggi. Pada zona ini tidak ditemukan flora yang hidup secara endemik, beberapa flora yang dapat hidup pada lingkungan ini berasal dari luar gua karena terbawa banjir atau tumbuh dari bangkai kayu yang terbawa arus air.



Gambar 2. 2 Zona Gua
Sumber : Culver and White, 2005

2.6 Biospeleologi

Biospeleologi merupakan keilmuan yang mempelajari tentang kehidupan yang ada di dalam gua. Keilmuan ini erat kaitannya dengan mempelajari keanekaragaman flora dan fauna yang dapat ditemukan mulai dari zona terang sampai dengan zona gelap abadi serta kaitan dengan kondisi klimatik edafik. Kurniawan & Rahmadi (2019) dalam bukunya mengartikan biospeleologi sebagai cabang ilmu speleologi yang mengkaji kehidupan di dalam ekosistem gua dan mencakup objek kajian seperti komponen biotik, komponen abiotik, dan interaksi diantara keduanya.

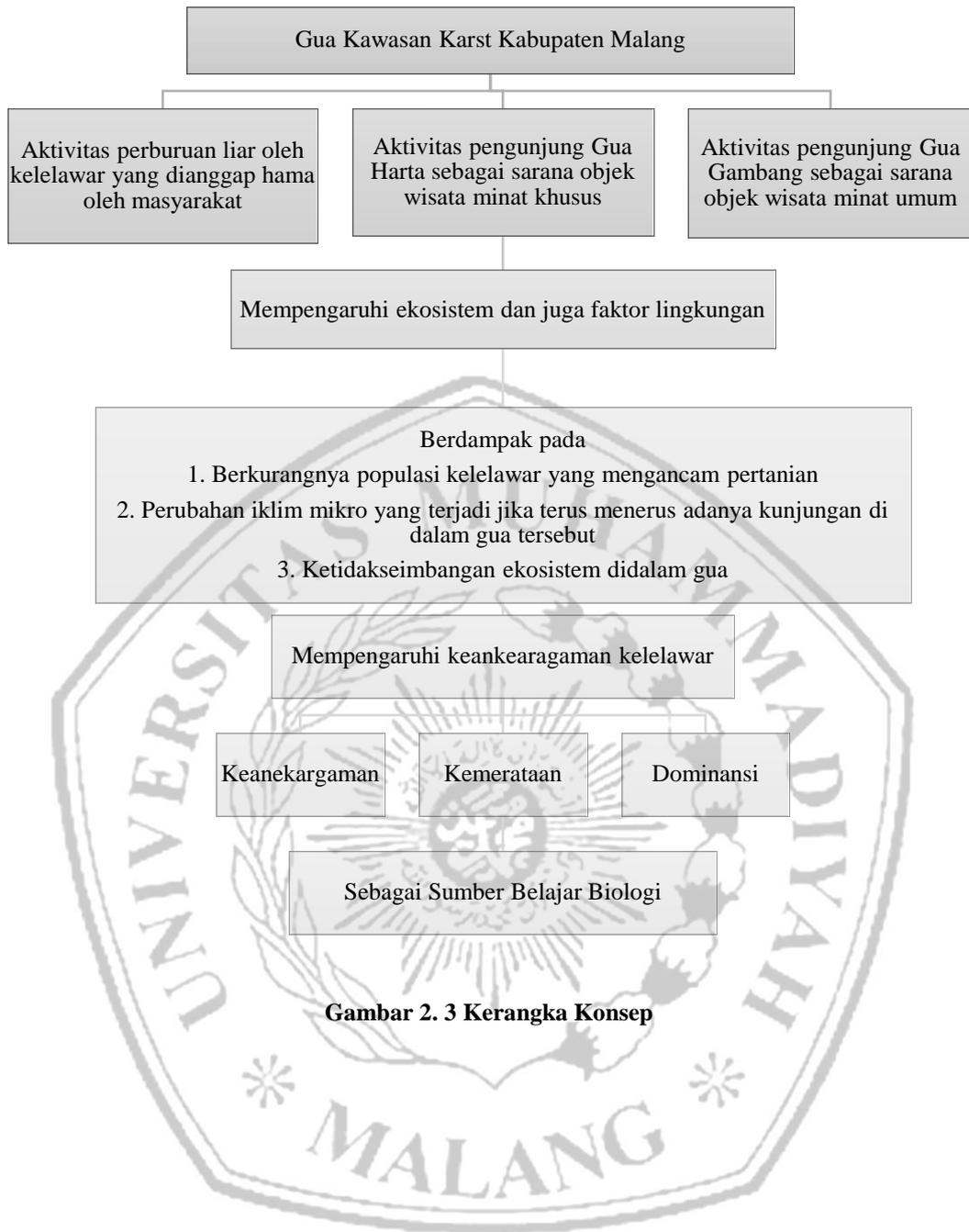
2.7 Kawasan Gua Harta dan Gua Gombang

Kawasan Gua Harta dan Gua Gombang terletak di wilayah Karst Sendang Biru. Kawasan Karst Sendang Biru termasuk ke dalam satu diantara beberapa kawasan karst yang mempunyai jumlah gua cukup banyak dengan ciri khas yang bermacam-macam. Keberadaan berbagai gua yang ada di Karst Sendang Biru berada pada kawasan perbukitan, lembahan, maupun di daerah pesisir. Gua Harta berlokasi di Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang (-8.416246, 112.699977) dengan ketinggian 91 mdpl dan Gua Gombang

berlokasi di Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang (-8.404156, 112.667396) dengan ketinggian kurang lebih 132 mdpl (Salaka, 2018).

Kawasan Gua Harta terletak di kawasan dekat dengan pemukiman warga sehingga di sekitar mulut gua banyak ditemukan sampah dan dijadikan pembuangan limbah oleh penduduk (Salaka, 2018). Gua Harta yakni gua yang banyak didatangi oleh para penjelajah gua dari segala macam latar belakang, dimulai dari para pecinta alam hingga masyarakat biasa yang memiliki pengetahuan minim soal gua. Berbeda dengan Gua Gambang, Gua Gambang terbilang cukup jarang dikunjungi dikarenakan lokasi yang berada di perbukitan, akses jalan yang sulit serta melewati area perkebunan dan vegetasi yang rapat. Peninjauan dalam gua yang sifatnya cukup intensif ini bisa memunculkan resiko yang kritis terhadap lestariannya berbagai hal yang ada di dalam gua. Mayoritas dari para pengunjung gua tidak paham akan esensi dari menjaga ekosistem gua yang sepatutnya berpedoman pada kode etik penelusur gua.

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 Kerangka Konsep