

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Keanekaragaman

Menurut *Convention on Biological Diversity* (CBD), keanekaragaman didefinisikan sebagai segala sumber variabilitas makhluk hidup dari ekosistem darat, laut dan akuatik lainnya serta mencakup bagian kawasan kompleks ekologi tempatnya berada, termasuk keanekaragaman dalam satu spesies, antarspesies, dan ekosistem (Industry.gov.au, 2016). Keanekaragaman hayati merupakan proses ekologi dalam ekosistem berupa perbandingan antara kelimpahan dan varietas mikroorganisme, tumbuhan, dan hewan. Habitat sebagai tempat tinggal makhluk hidup sangat berkaitan dengan keanekaragaman hayati (Santoso, 2018). Keanekaragaman hayati yang tinggi mempunyai peran vital yang strategis, memberikan manfaat serbaguna yang dibutuhkan di masa kini maupun di masa depan (Anggraini, 2018).

Keanekaragaman hayati merupakan penyokong proses dan ekosistem yang penting. Seluruh makanan, produksi obat-obatan, serta produk industri berasal dari keanekaragaman hayati, menyebabkan manusia sepenuhnya bergantung pada keanekaragaman hayati (Industry.gov.au, 2016). Setiap organisme mempunyai peran di dalam ekosistem, dan keberlanjutan serta ketahanan ekosistem merupakan salah satu dampak terjaganya keanekaragaman hayati (Siboro, 2019).

Keanekaragaman hayati menurut Anggraini (2018), digolongkan menjadi:

- a) Keanekaragaman spesies, mencakup seluruh organisme yang terdapat di bumi.
- b) Keanekaragaman genetik, merupakan variasi genetik diantara individu-individu suatu spesies dalam satu populasi maupun antar populasi yang terpisah secara geografis.
- c) Keanekaragaman komunitas, berupa asosiasi dengan ekosistem atau lingkungan fisik serta dengan komunitas biologi yang berbeda.

Kerusakan habitat karena eksploitasi yang berlebihan terhadap hewan dan tumbuhan menyebabkan permasalahan bahkan hilangnya keanekaragaman hayati. Faktor lain seperti perubahan iklim dan pencemaran yang kian marak juga menjadi

masalah yang mempengaruhi keberadaan keanekaragaman hayati di suatu wilayah. (Santoso, 2018). Berbagai kegiatan manusia seperti perusakan hutan, pendirian pemukiman, dan perluasan area pertanian menyebabkan semakin menurunnya keanekaragaman hayati (Sunarmi, 2014). Keuntungan secara ekonomi yang relatif besar tanpa memperhatikan kerusakan lingkungan serta meningkatnya kebutuhan lahan menyebabkan keragaman hayati semakin berkurang (Prastyo et al., 2019).

Rendahnya perhatian masyarakat serta pola hidup yang cenderung mengabaikan lingkungan sekitar akan mengancam keberlangsungan lingkungan. (Masruroh, 2018). Penelitian atau studi mengenai keanekaragaman hayati sangat penting untuk dilaksanakan, karena pemanfaatan serta pelestarian keanekaragaman hayati tidak dapat dilakukan tanpa penelitian ilmiah. Studi atau penelitian yang dapat dilakukan meliputi penelitian dasar seperti keragaman spesies, ekosistem, habitat, komunitas maupun ekologi serta perilaku spesies (Sunarmi, 2014). Penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan mengenai keanekaragaman hayati akan meningkatkan kehidupan manusia menjadi lebih baik (Siboro, 2019). Selain itu, penyuluhan mengenai isu-isu lingkungan harus dilakukan untuk membentuk karakter peduli lingkungan masyarakat (Masruroh, 2018).

2.2 Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

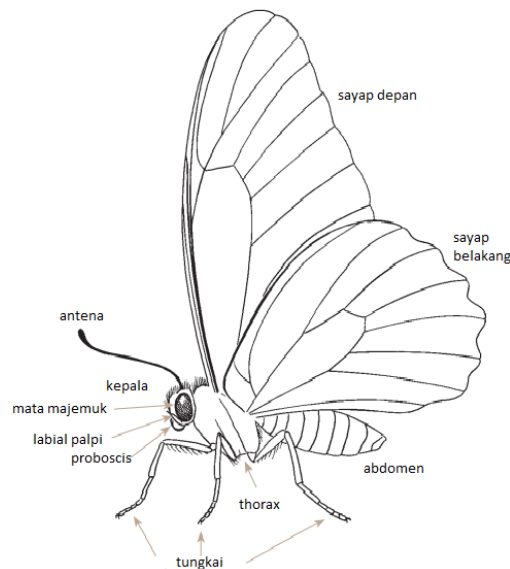
Kupu-kupu adalah kelompok serangga yang tergolong ke dalam Ordo Lepidoptera, yaitu serangga bersayap sisik. Kata Lepidoptera merupakan gabungan bahasa Latin yaitu *lepid* (sisik) dan bahasa Yunani *pteron* (jamak: *ptera*) yang berarti sayap (Peggie, 2014). Bentuk menarik dan warna yang bermacam-macam adalah faktor yang menjadikan kupu-kupu mudah dikenali masyarakat dalam ekosistem (Hermawanto, 2015). Karakter berupa warna sisik, bentuk sayap, tungkai dan abdomen digunakan dalam identifikasi Lepidoptera ke dalam takson yang lebih rendah (Ruslan, 2015).

Lepidoptera meliputi kupu-kupu (*Papilionoidea*) dan ngengat (*Hesperioidea*) (Rohman et al., 2019). Perbedaan kupu-kupu (*Papilionoidea*) dengan ngengat (*Hesperioidea*) diantaranya adalah *Papilionoidea* aktif pada siang hari (diurnal) serta mempunyai warna menarik dan cerah, sementara ngengat aktif pada malam hari (nokturnal) dan berwarna suram. Posisi sayap *Papilionoidea* tegak

lurus dengan tubuhnya atau terlipat secara vertikal saat istirahat dan mempunyai ujung sungut (*antenna*) yang membesar seperti gada (*clubbed*), sementara ngengat umumnya melipat sayap saat istirahat di atas tubuhnya secara horizontal dan ujung *antenna* tidak membesar, berbentuk sisir atau menipis (Peggie, 2014). Di Indonesia, sebaran spesies kupu-kupu sebanyak 350 spesies di Nusa Tenggara, 380 spesies di Maluku, 466 spesies di Papua, 557 spesies di Sulawesi, 640 spesies di Jawa, 790 spesies di Kalimantan dan 890 spesies di Sumatera (Widjaja, 2014).

2.3 Morfologi Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Bentuk tubuh kupu-kupu dibedakan menjadi tiga bagian utama, yaitu kepala, toraks dan abdomen (Ruslan, 2015). Semua kupu-kupu mempunyai 3 pasang tungkai dan 2 pasang sayap (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Rangka luar (eksoskeleton) yang menyusun kupu-kupu sebagian besar tersusun oleh lapisan kitin yang tidak tertembus air (Rohman et al., 2019). Merujuk Orr & Kitching (2010), gambar 2.1 berikut ini merupakan morfologi kupu-kupu secara umum.



Gambar 2. 1 Morfologi Kupu-kupu

Sumber: The Butterflies of Australia (Orr & Kitching, 2010)

a. Kepala Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Bagian kepala kupu kupu tersusun oleh mata tunggal (*ocellus*), sepasang mata majemuk (*compound eyes*), sepasang sungut (*antenna*), sepasang labial palpi dan alat isap (*proboscis*) (Peggie, 2014). Antena mempunyai bentuk panjang

ramping, *pectinate* atau membesar pada ujungnya dan terletak di antara kedua mata majemuk, yang kemudian memanjang keatas (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Antena berfungsi seperti radar dan dapat digerakkan secara volunter, digunakan untuk mendeteksi bau, angin, dan feromon di udara untuk mengenali dan mendeteksi lokasi pasangan. Dibandingkan dengan manusia, kemampuan mengecap kupu-kupu 200 kali lebih kuat. Hal ini disebabkan karena antena kaya organ sensorik bernama *sensillae* (Ruslan, 2015).

Labial palpi merupakan bagian depan kepala kupu-kupu yang ditutupi oleh sensor pendeteksi bau dengan bentuk mencuat. Sumber makanan untuk kupu-kupu dewasa seperti nektar, urin, getah pohon, dan lain-lain dapat secara mudah ditemukan keberadaannya oleh kupu-kupu disebabkan sensor yang ada pada labial palpi (Ruslan, 2015). Selain itu, labial palpi berfungsi sebagai alat peraba yang sensitif terhadap perubahan karbondioksida (Peggie, 2014).

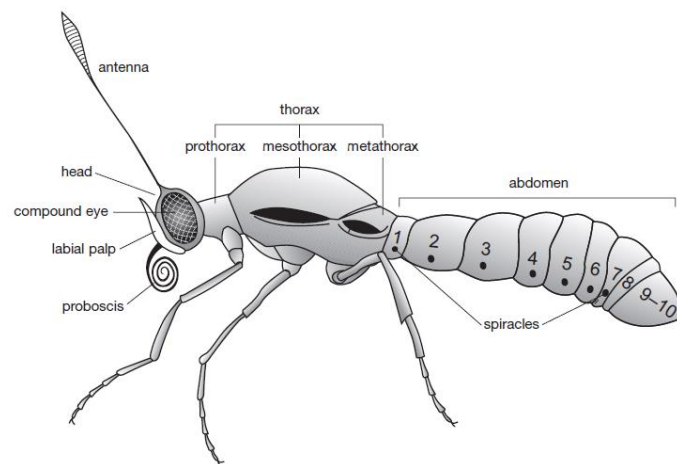
Mata tunggal berfungsi untuk mengetahui intensitas cahaya, sementara mata majemuk terdiri atas banyak mata faset (*ommatidia*), berukuran relatif besar, serta berfungsi untuk mengenali warna, bentuk dan gerakan (Peggie, 2014). Mata majemuk membantu kupu-kupu mempunyai daya penglihatan yang luas (Rohman et al., 2019). Kemampuan kupu-kupu mempersepsikan warna lebih baik dibandingkan manusia dan burung, karena kupu-kupu dapat melihat UV sebaik melihat radiasi cahaya yang terlihat. Pola UV dalam bunga dapat dibedakan oleh kupu-kupu, dan mempermudah kupu-kupu mendapatkan sumber nektar (Ruslan, 2015).

Proboscis digunakan untuk menghisap nektar dari dalam bunga, berada pada bagian bawah kepala dan akan tergulung apabila tidak digunakan (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Proboscis dijulurkan saat mengisap cairan makanan, berbentuk seperti pipa fleksibel panjang seperti sedotan (Peggie, 2014). Proboscis bersifat elastis sehingga saat digunakan akan memanjang dan terjulur akibat tekanan darah dapat tergulung kembali. Morfologi dan jenis pakan mempengaruhi panjang dan bentuk proboscis. Kupu-kupu dengan proboscis pendek cenderung mengunjungi bunga dengan tabung mahkota yang pendek, begitu pula sebaliknya.

Proboscis yang lebih panjang dimiliki oleh kupu-kupu yang berukuran besar (Rohman et al., 2019).

b. Toraks Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Toraks terdiri dari tiga ruas atau segmen, yaitu protoraks, mesotoraks, dan metatoraks. Pada protoraks atau ruas dada pertama terdapat pasangan tungkai pertama, pada mesotoraks atau ruas dada tengah terdapat sepasang sayap depan dan pasangan tungkai kedua, dan pada metatoraks atau ruas dada terakhir terdapat sepasang sayap kedua (Ruslan, 2015). Merujuk Braby (2004), pada gambar 2.2 berikut ini merupakan bagian toraks serta bagian tubuh pada kupu-kupu dewasa secara umum.

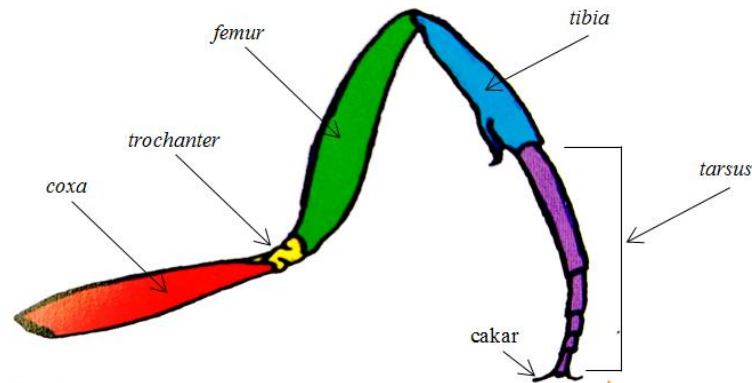


Gambar 2. 2 Bagian Tubuh Kupu-kupu Dewasa secara Umum
 Sumber: The Complete Field Guide to Butterflies of Australia (Braby, 2004)

c. Tungkai Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Tungkai kupu-kupu terdiri dari 9 ruas, yaitu coxa, trochanter, femur, tibia, dan 5 ruas tarsus dengan 2 cakar pada bagian ujung. Struktur cakar ini membantu kupu-kupu untuk berjalan, dan sebagai salah satu dasar penggolongan famili. Tungkai kedua dan ketiga berkembang baik pada semua jenis kupu-kupu, sementara tungkai depan pada beberapa famili kupu-kupu tidak berkembang dengan baik, dan hal ini menjadi salah satu dasar pengelompokan famili pada kupu-kupu (Peggie, 2014). Organ subgenual dalam tibia dapat mengamplifikasi dan mendeteksi getaran kecil, meningkatkan kewaspadaan kupu-kupu terhadap getaran oleh binatang lain yang mendekat, dan segera merespons cepat untuk terbang

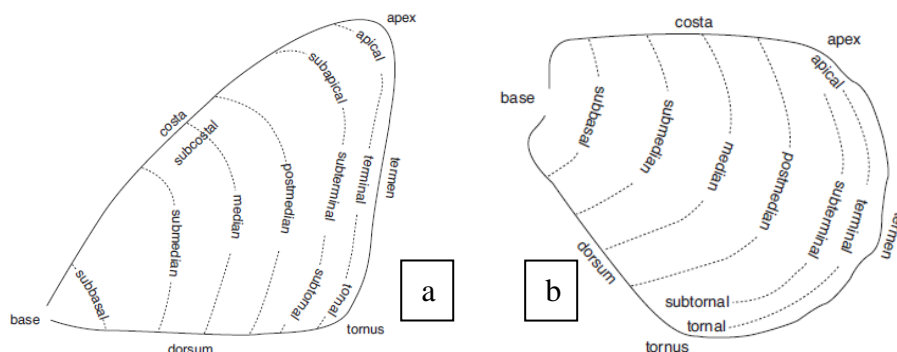
menyelamatkan diri (Ruslan, 2015). Pada gambar 2.3, berikut ini merupakan contoh dari morfologi tungkai kupu-kupu secara umum.



Gambar 2. 3 Morfologi Tungkai Kupu-kupu
Sumber: Mengenal Kupu-kupu (Peggie, 2014)

d. Sayap Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

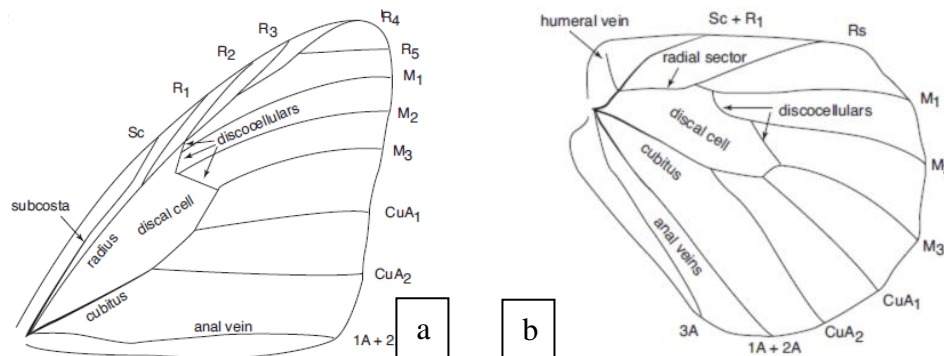
Sayap kupu-kupu pada dasarnya adalah kantung membran pipih yang terdiri dari membran atas dan membran bawah yang saling menempel erat dan diperkuat oleh serangkaian tabung atau vena. Area utama sayap terdiri dari basal, subbasal, submedian, median, postmedian, subterminal, terminal, subcostal, costal, subapical, apical, subtornal dan tonal. Costa adalah tepi terluar sayap bagian atas yang membentang dari dasar (*base*) ke puncak (*apex*) sayap, termin (*termen*) adalah tepi luar yang menghubungkan puncak (*apex*) dengan tornus. Sementara dorsum adalah tepi bagian bawah antara dasar (*base*) dengan termin (*termen*) (Braby, 2004). Pada gambar 2.4, berikut ini merupakan contoh dari area sayap kupu-kupu secara umum.



Gambar 2. 4 Area sayap kupu-kupu
Bagian depan (a) dan belakang (b)

Sumber: The Complete Field Guide to Butterflies of Australia (Braby, 2004)

Venasi atau urat sayap terdiri dari vena subkostal (Sc), radial (R), median (M), cubital (Cu) dan anal (A) yang mengikuti karakteristik dan pola dasar sayap depan atau belakang, sementara *costa* sayap diperkuat vena longitudinal utama atau vena costa (Braby, 2004). Pada gambar 2.5 merujuk Braby (2004), berikut ini merupakan contoh dari morfologi kupu-kupu secara umum.



Gambar 2.5 Venasi sayap kupu-kupu

(a) Venasi sayap depan (b) Venasi sayap belakang

Sumber: The Complete Field Guide to Butterflies of Australia (Braby, 2004)

- 1) Vena subkostal (Sc) selalu berakhir di costa dan tidak pernah bercabang.
- 2) Vena radial (R) sayap depan mempunyai lima cabang (R1 sampai R5), namun terkadang menyatu sehingga hanya mempunyai 3-4 cabang, sementara vena radial (R) sayap belakang mempunyai 2 cabang, yaitu R1 dan sektor radial (Rs), tetapi R1 seluruhnya menyatu dengan Sc membentuk vena komposit Sc+R1.
- 3) Vena median (M) pada saat dewasa basalnya akan menghilang, dan tiga cabangnya (M1, M2, M3) biasanya dimulai dari diskoselular atau vena transversal lemah.
- 4) Vena cubital (Cu) terdiri dari cubital anterior (CuA) dan cubital posterior (CuP). Cubital anterior (CuA) mempunyai dua cabang lebih lanjut (CuA1 dan CuA2), sementara cubital posterior (CuP) hanya dapat ditemukan pada *Papilionidae*.
- 5) Vena anal (A) terdiri dari tiga (1A, 2A, 3A), namun seringkali salah satunya hilang karena pada sayap depan dapat menyatu dengan sempurna atau berjarak sangat dekat (yaitu 1A+2A).

Bagian basal vena radial, diskoselular atau vena transversal lemah dan cubital secara bersama-sama menutupi area yang disebut sel diskus. Vena humerus merupakan vena kecil tambahan yang kadang terdapat di dekat pangkal sayap belakang antara vena subkostal (Sc) dengan basal costa (*base*) (Braby, 2004). Pasangan sayap kupu-kupu depan umumnya berukuran lebih besar dibandingkan pasangan sayap belakang. Sayap yang berwarna lebih gelap mampu menyerap panas yang lebih banyak dibandingkan sayap berwarna pucat (Peggie, 2014). Dimorfisme pada kupu-kupu banyak ditunjukkan oleh pola sayap berbeda antara kupu-kupu jantan dengan kupu-kupu betina (Ruslan, 2015).

Sayap kupu-kupu ditutupi sisik dan berupa selaput. Sisik pada sayap memberikan perlindungan mimikri atau kamuflase, berperan sebagai pengatur suhu tubuh, sebagai insulator dan produksi feromon pada kupu-kupu jantan. Sisik juga ditemukan pada bagian tubuh lainnya (Ruslan, 2015). Warna sisik terjadi karena struktur permukaan sisik atau dihasilkan oleh pigmen. Warna yang didapat karena struktur permukaan sisik diakibatkan oleh pantulan cahaya, sementara warna yang disebabkan pigmen dipengaruhi oleh senyawa kimiawi yang dimakan kupu-kupu, hasil metabolisme, atau dari penyerapan cahaya oleh *chromophore* yang berisi pigmen di dalam sisik (Peggie, 2014).

e. Abdomen Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Abdomen mempunyai 10 segmen atau ruas, meliputi tergum pada bagian dorsal dan sternum pada bagian ventral. Dua atau tiga segmen terakhir dimodifikasi menjadi alat kelamin. Kupu-kupu jantan membentuk alat kelamin pada segmen kesembilan dan kesepuluh, sementara kupu-kupu betina mempunyai 2 lubang genital, meliputi lubang untuk bertelur di ujung posterior perut dan lubang untuk kawin pada permukaan tengah sterna ketujuh dan kedelapan. Selain reproduksi, lanjutan alat pencernaan dan pembuangan juga terdapat di dalam abdomen (Braby, 2004). Pada ruas abdomen pertama sampai ketujuh terdapat spirakel yang tertutup sisik-sisik, berfungsi sebagai lubang pernafasan yang membawa langsung oksigen ke jaringan dan terhubung dengan trachea di dalam tubuh. Spirakel juga ditemukan pada bagian mesotoraks dan metatoraks (Peggie, 2014).

2.4 Klasifikasi Superfamili *Papilionoidea*

Papilionoidea merupakan salah satu dari 47 superfamili (induk famili) Lepidoptera (Ruslan et. al, 2020). Klasifikasi kupu-kupu (*Papilionoidea*) berdasarkan ITIS (*Intergrated Taxonomic Information System*) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Subfilum	: Hexapoda
Kelas	: Insecta
Subkelas	: Pterygota
Superordo	: Homometabola
Ordo	: Lepidoptera
Superfamili	: <i>Papilionoidea</i>

Ruslan et. al, (2020) mengatakan bahwa terdapat 5 famili yang termasuk ke dalam superfamili *Papilionoidea*, yaitu *Papilionidae*, *Pieridae*, *Lycaenidae*, *Nymphalidae*, dan *Riodinidae*.

a. Famili *Papilionidae*

Di Indonesia, terdapat 120 spesies dari 572 spesies *Papilionidae* yang diketahui di seluruh dunia. *Papilionidae* terbagi menjadi tiga anak suku, meliputi satu spesies *Baroniinae* yang hanya terdapat di Meksiko, *Parnassiinae* mempunyai sekitar 80 spesies yang terdapat di daerah Amerika Utara dan Eropa, serta *Papilioninae* yang terdapat sebanyak hampir 500 spesies di seluruh dunia (Peggie, 2014). Salah satu contoh spesies dari Famili *Papilionidae* yang sering dijumpai adalah *Papilio memnon*. Merujuk Folsom (2009), gambar 2.6 merupakan contoh spesies *Papilio memnon*.



Gambar 2. 6 *Papilio memnon*, salah satu spesies famili *Papilionidae*
 Sumber: Butterflies Photographer Handbook (Folsom, 2009)

Famili *Papilionidae* mempunyai ukuran tubuh sedang sampai besar, dan kebanyakan spesies mempunyai sifat dimorfisme seksual atau mempunyai perbedaan pola sayap pada kupu-kupu jantan dan betina, sementara spesies yang mempunyai pola sayap serupa mempunyai ukuran sayap yang lebih membulat dan besar pada spesies betina. Beberapa spesies kupu-kupu betina ada yang bersifat *polymorphic* atau mempunyai beberapa pola sayap. Perpanjangan sayap belakang yang menyerupai ‘ekor’ ditemukan pada beberapa spesies. *Papilionidae* umumnya berwarna menarik seperti merah, kuning, hijau dengan kombinasi putih dan hitam (Ruslan, H., Tobing, I., SL. dan Andayaningsih, 2020).

Famili *Papilionidae* mempunyai pola terbang yang bervariasi. Genus *Troides*, *Trogonoptera* dan *Ornithoptera* mempunyai pola terbang seperti burung, sementara genus *Graphium* mengepakkan sayapnya dengan cepat dan menukik. Selain itu, terdapat jenis *Papilio* yang melayang dan bergerak cepat. Ketika menghisap nektar bunga, *Papilionidae* umumnya tetap mengepakkan sayapnya, dan umumnya spesies jantan berpatroli terbang untuk mencari kupu-kupu betina (Peggie, 2014).

b. Famili *Pieridae*

Terdapat sekitar 250 spesies di Indonesia dari sekitar 1.100 spesies *Pieridae* yang diketahui di seluruh dunia. *Pieridae* terbagi menjadi 4 anak suku, meliputi *Coliandinae* yang mempunyai sekitar 250 spesies, *Pseudopontiana* yang terdapat di Afrika dengan 1 spesies, *Pierinae* yang mempunyai sekitar 700 spesies, dan *Dismorphiinae* mempunyai sekitar 100 spesies yang banyak dijumpai di Amerika Selatan dan dijumpai sedikit Eropa (Peggie, 2014). Salah satu contoh spesies dari Famili *Pieridae* yang sering dijumpai adalah *Catopsilia ponom*. Merujuk Baihaqi et al., (2017), gambar 2.7 merupakan contoh spesies *Catopsilia ponom*.



Gambar 2. 7 *Catopsilia ponoma*, salah satu spesies famili *Pieridae*

Sumber: Tumbuhan Obat & Satwa Liar Keanekaragaman Hayati di Lingkungan Pondok Pesantren Ekologi, Ath-Thaariq, Garut-Jawa Barat (Baihaqi, Khoir, et al., 2017)

Famili *Pieridae* mempunyai ukuran sedang dan umumnya berwarna kuning, putih atau oranye dengan sedikit merah atau hitam. Kebiasaan bermigrasi dijumpai pada beberapa spesies dan umumnya kupu-kupu jantan dengan kupu-kupu betina mudah dibedakan karena kupu-kupu betina mempunyai warna lebih gelap. Variasi sayap sesuai musim ditunjukkan banyak spesies famili *Pieridae* (Ruslan et. al, 2020).

c. Famili *Nymphalidae*

Di Indonesia, dikenal 11 anak suku *Nymphalidae* (berdasarkan analisis filogenetika Vane-Wright & de Jong, 2003, Wahlberg & Brower, web- 2007) dari 12 anak suku yang diketahui, meliputi *Satyrinae*, *Heliconiinae*, *Nymphalinae*, *Danainae*, *Pseudergolinae*, *Apaturinae*, *Libytherinae*, *Limenitidinae*, *Biblidinae*, *Cyrestinae*, dan *Charaxinae*. Adapun anak suku *Calinaginae* hanya ditemukan di Cina dan kawasan Himalaya. Diketahui, hingga saat ini di seluruh dunia sedikitnya terdapat 6.500 spesies *Nymphalidea* (Peggie, 2014). Salah satu contoh spesies dari Famili *Nymphalidae* yang sering dijumpai adalah *Hypolimnas bolina*. Merujuk Baihaqi et al., (2017), gambar 2.8 merupakan contoh spesies *Hypolimnas bolina*.



Gambar 2. 8 *Hypolimnas bolina*, salah satu spesies famili *Nymphalidae*
 Sumber: Tumbuhan Obat & Satwa Liar Keanekaragaman Hayati di Lingkungan Pondok Pesantren Ekologi, Ath-Thaariq, Garut-Jawa Barat (Baihaqi, Khoir, et al., 2017)

Nymphalidae sering disebut kupu-kupu bertungkai sikat, karena pasangan tungkai depan kupu-kupu jantan ditutupi kumpulan sisik menyerupai sikat. Selain itu, umumnya *Nymphalidae* mempunyai ukuran kecil sampai besar dan berwarna hitam, jingga, kuning dan coklat (Ruslan et.al, 2020). Famili *Nymphalidae* mempunyai ciri utama yaitu mengecilnya tungkai depan (kecuali pada kupu-kupu betina *Libytheinae*) yang kurang berkembang, sehingga tidak dapat digunakan untuk berjalan (Peggie, 2014).

d. Famili *Lycaenidae*

Famili *Lycaenidae* yang ditemukan di Indonesia sekitar 600 spesies dari 4000 lebih spesies yang diketahui di seluruh dunia, terbagi menjadi 8 anak suku yaitu *Poliommatainae*, *Lycaeninae*, *Poritiinae*, *Curetinae*, *Miletinae*, *Liphyrinae* (ada yang menggolongkan ke dalam *Miletinae* sebagai rumpun *Liphyrini*), *Lipteninae* (ada yang menggolongkan ke dalam *Poritiinae* sebagai rumpun *Liptenini*), dan *Theclinae* (ada yang menggolongkan ke dalam *Lycaeninae* sebagai rumpun *Theclini*) (Peggie, 2014). Salah satu contoh spesies dari Famili *Lycaenidae* yang sering dijumpai adalah *Zizina otis*. Merujuk Putra et al., (2018), gambar 2.9 merupakan contoh spesies *Zizina otis*.



Gambar 2. 9 *Zizina otis*, salah satu spesies famili *Lycaenidae*
 Sumber: Potensi Keanekaragaman Hayati Kampung Linggang Melapeh (Putra et al., 2018)

Lycaenidae umumnya ditemukan di tempat terbuka saat hari cerah, mempunyai warna biru, orange atau ungu dengan bercak metalik, putih, atau hitam serta tubuh berukuran kecil. Spesies jantan biasanya berwarna lebih terang daripada betina, dan terdapat ‘ekor’ sebagai perpanjangan sayap belakang pada banyak spesies. Pada fase larva, banyak anggota *Lycaenidae* bermutualisme dengan semut. Larva mengeluarkan kelenjar dari ruas abdomen sehingga semut mendapatkan cairan manis dan larva mendapat perlindungan dari serangan parasitoid karena dijaga semut (Ruslan et. al, 2020).

e. Famili *Riodinidae*

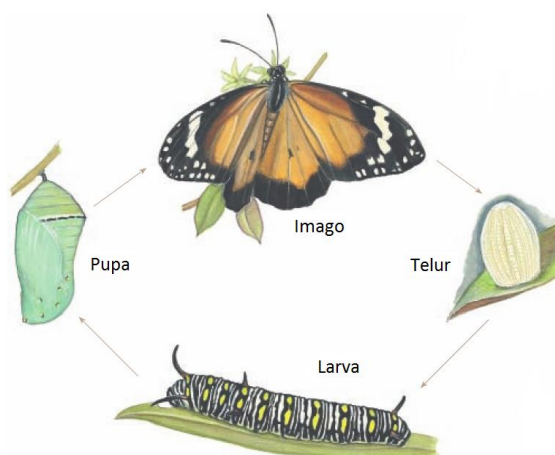
Famili *Riodinidae* umumnya ditemukan di daerah berhutan, khususnya daerah semak-semak, biasanya terbang saat cerah serta mempunyai ukuran yang relatif kecil hingga sedang (Peggie, 2014). Famili *Riodinidae* mempunyai rentang sayap sekitar 12-60 mm, berukuran kecil hingga sedang dengan permukaan bawah sayap berwarna keemasan atau perak metalik, sehingga dikenal dengan nama *metalmarks butterflies*. Diperkirakan famili *Riodinidae* mempunyai sekitar 1500 spesies, dan banyak ditemukan di Amerika Selatan (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Salah satu contoh spesies dari Famili *Riodinidae* yang sering dijumpai adalah *Hamearis lucina*. Merujuk Gibbons (2015), gambar 2.10 merupakan contoh spesies *Hamearis lucina*.



Gambar 2. 10 *Hamearis lucina*, salah satu spesies famili *Riodinidae*
 Sumber: Pocket Guide to Butterflies (Gibbons, 2015)

2.5 Siklus Hidup Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Kupu-kupu merupakan serangga homometabola, mengalami proses metamorfosis lengkap dengan siklus telur – larva – kepompong (pupa) – imago (dewasa). Lamanya siklus hidup dipengaruhi musim dan spesies kupu-kupu. Apabila faktor cuaca tidak menghambat, kupu-kupu tropis mempunyai siklus hidup selama 5-10 minggu, sehingga dalam setahun mampu mempunyai beberapa generasi atau *multivontine*. Sementara kupu-kupu yang hidup di kawasan 4 musim mengalami *diapause* atau masa istirahat, umumnya pada musim dingin dalam satu tahun stadium hidupnya (Peggie, 2014). Merujuk Orr & Kitching (2010), gambar 2. 11 merupakan siklus hidup kupu-kupu secara umum.



Gambar 2. 11 Siklus hidup Kupu-kupu
 Sumber: The Butterflies of Australia (Orr & Kitching, 2010)

Fase telur umumnya berlangsung selama 7-10 hari. Telur dapat berbentuk membulat atau memanjang, ditemukan secara berkelompok atau terpisah-pisah, dan spesies kupu-kupu tertentu mampu menghasilkan telur dengan jumlah banyak (Peggie, 2014). Telur kupu-kupu dapat menahan perubahan udara karena mempunyai kulit yang keras (Andrianto & Ginoga, 2020). Kupu-kupu biasanya meletakkan telur pada tanaman inang (*host plant*), atau tanaman yang berpotensi dijadikan pakan dan menilainya dengan reseptor kaki depan. Jika tanaman cocok, kupu-kupu betina akan terbang ke daun muda tanaman untuk meletakkan telur (Orr & Kitching, 2010). Secara berangsur setelah diletakkan pada tumbuhan inang, telur akan mengalami perubahan warna dan biasanya diletakkan oleh kupu-kupu betina di bagian bawah daun muda. Telur ditempel dan dilindungi dengan cairan dari abdomen betina supaya aman dan terlindung dari predator (Rohman et al., 2019).

Fase larva merupakan fase makan yang sangat aktif guna mendapat cadangan makanan yang akan digunakan pada tahap pupa (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Larva kupu-kupu atau ulat terdiri dari kepala, toraks dan abdomen. Bagian kepala mempunyai mata dan mulut kuat bertipe menggigit dan mengunyah, toraks mempunyai 3 pasang tungkai pendek. *Prolegs* atau kaki semu sebanyak 4 pasang ditemukan pada ruas ke-3 sampai ruas ke-6 abdomen, serta terdapat kaki semu pada ujung abdomen yang disebut *anal prolegs* (Peggie, 2014). Larva kupu-kupu mempunyai warna, bentuk, rambut, dan cara makan yang berbeda-beda. Cangkang atau kulit telur merupakan makanan pertama larva kupu-kupu yang baru menetas. Daun merupakan makanan larva, khususnya daun yang masih muda dan biasanya dimakan dari bagian pinggir daun (Ruslan & Andayaningsih, 2021).

Instar adalah fase pada larva kupu-kupu yang ditandai dengan pergantian kulit (eksoskeleton) sehingga dapat berkembang menjadi lebih besar, umumnya terdapat 4-5 fase yang berlangsung selama 2 minggu. Warna setiap fase instar dapat berbeda, kebanyakan berwarna cokelat atau hijau sebagai kamuflase dengan lingkungan supaya terhindar dari pemangsa, namun ada yang berwarna cerah dan menarik perhatian sebagai tanda bahaya bagi pemangsa karena mengandung racun (*warning colouration*). Larva instar akhir pada famili *Papilionidae*, *Nymphalidae*

dan *Pieridae* mempunyai *cremaster* di ujung abdomen dan melekat dengan daun, ranting atau substrat lainnya. Benang penyangga kiri dan kanan *cremaster* terdapat pada famili *Papilionidae* dan *Pieridae*, sementara Famili *Lycaenidae* dan *Riodinidae* tidak mempunyai *cremaster* (Peggie, 2014).

Pupa atau kepompong merupakan stadium peralihan dari ulat menuju kupu-kupu dewasa. Setelah tumbuh sempurna, larva akan memasuki tahap *pre-pupa*. Kepompong biasanya ditemukan menggantung pada cabang atau ranting pohon, namun kepompong famili *Lycaenidae* dan *Riodinidae* dapat ditemukan tergantung dengan benang penyangga pada ranting atau daun, namun dapat ditemukan pula tergeletak di rumput atau permukaan tanah. Fase pupa umumnya memerlukan waktu 10-14 hari tergantung spesiesnya (Peggie, 2014). Kepompong kupu-kupu dapat tersusun dari daun yang dibungkus oleh benang khusus dengan kandungan kelenjar sutera, atau hanya tersusun oleh benang sutera (Andrianto & Ginoga, 2020). Kepompong akan membantu mengubah morfologi dengan cara melepaskan zat kimia, dan tidak akan bergerak selama proses perubahan menjadi kupu-kupu dewasa (imago) (Ruslan & Andayaningsih, 2021).

Ketika stadium imago atau kupu-kupu dewasa, cadangan makanan yang disimpan pada stadium ulat digunakan dan kupu-kupu menambah energi dengan cara menghisap nektar dari bunga-bunga yang dikunjunginya. Imago merupakan stadium untuk berkembang biak. Telur-telur dihasilkan ketika kupu-kupu sudah melakukan perkawinan (Peggie, 2014). Proses keluarnya kupu-kupu dari dalam pupa diawali oleh tabung pendek yang menghubungkan spirakel dengan udara luar, dan berfungsi sebagai ventilasi atau bukaan saat fase pupa. Masuknya udara ke dalam tubuh pupa menyebabkan cangkang pupa bagian belakang kepala sobek ketika kupu-kupu memompa tubuhnya. Setelah berhasil mengeluarkan bagian kepala, kupu-kupu menggunakan kaki untuk menarik keluar semua tubuh dari krisalis pupa. Kupu-kupu hampir tidak bergerak selama beberapa menit setelah semua tubuh keluar, karena kupu-kupu sedang memompa darah ke bagian sayap supaya dapat merentang melalui pembuluh darah, kemudian bergerak untuk mempercepat proses pengeringan sayap (Rohman et al., 2019).

2.6 Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Faktor biotik dan abiotik mempengaruhi keragaman kupu-kupu. Faktor biotik meliputi komposisi dan struktur vegetasi, parasit, dan keberadaan predator, sementara faktor abiotik meliputi suhu, intensitas cahaya, curah hujan dan kelembaban. Populasi kupu-kupu dapat terancam karena adanya parasit, penyakit, dan serangan fungi yang membunuh 90 pesen larva kupu-kupu, serta serangan predator alami seperti burung, katak, laba-laba dan beberapa spesies insekta karnivora. *Entomophagous* adalah fungi patogen yang mempunyai daya serang dan cepat menyebar ke seluruh bagian tubuh kupu-kupu (Ruslan, 2015).

Proses metabolisme kupu-kupu dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan. Kupu-kupu merupakan organisme poikilotermal, sehingga suhu tubuh kupu-kupu bergantung pada lingkungan sekitarnya (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Dengan berjemur di bawah panas cahaya matahari, kupu-kupu memanfaatkan panas tersebut untuk mendapatkan energi yang berguna bagi metabolisme tubuh, membantu pengeringan sayap dan aktivitas terbang (Rohman et al., 2019). Umumnya kupu-kupu melakukan aktivitas terbang pada suhu udara yang hangat, antara 20°C hingga 40°C (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Perkembangan kupu-kupu yang baik dipengaruhi intensitas cahaya antara 2.000-7.500 lux (Nurjannah dalam Ilhamdi et al., 2020). Frekuensi berjemur kupu-kupu meningkat ketika cuaca dingin, dan akan mencari tempat berteduh ketika suhu tubuh meningkat (Sihombing dalam Ilhamdi et al., 2020).

Kupu-kupu menjaga kelembaban di dalam tubuhnya dengan cara mengonsumsi air. Selain itu, tempat seperti daerah pinggir sungai yang jernih, di bawah pepohonan dan wilayah dengan kelembaban sekitar 64-94% merupakan habitat favorit kupu-kupu (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Perkembangbiakan dan pertumbuhan serangga termasuk kupu-kupu dipengaruhi oleh kelembaban, selain itu penyebaran serta pertumbuhan cendawan, virus, dan bakteri dalam kondisi basah dapat semakin cepat (Ilhamdi et al., 2020). Eksploitasi habitat seperti pembukaan wilayah pertanian dan perkebunan menyebabkan perubahan dan penyusutan ekosistem menjadi ancaman bagi keberadaan kupu-kupu. Sumber

makanan larva yang mungkin spesifik merupakan permasalahan ketika kupu-kupu berpindah ke habitat baru (Rohman et al., 2019).

2.7 Pengaruh Ketinggian terhadap Keanekaragaman Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Habitat dengan ketinggian lebih rendah mempunyai keragaman kupu-kupu yang tinggi (Prakash dan Arya dalam Rohman et al., 2019). Keragaman kupu-kupu juga akan berbeda pada ketinggian yang sama tetapi mempunyai keragaman tumbuhan yang berbeda (Syahputra dalam Rohman et al., 2019). Perbedaan ketinggian suatu wilayah akan berpengaruh terhadap perbedaan iklim mikro, berupa kelembaban udara, suhu udara, suhu tanah, dan kandungan lengas tanah (Istiawan & Kastono, 2019). Bertambahnya ketinggian suatu wilayah akan menyebabkan penurunan suhu udara dan peningkatan kelembapan (Surfiana et al., 2018). Kemiringan tempat, suhu lingkungan, intensitas cahaya matahari, perbedaan topografi, radiasi ultraviolet serta kecepatan dan arah angin merupakan faktor yang membedakan antara dataran rendah dengan dataran tinggi dan akan menciptakan kondisi iklim mikro tertentu (Hodkinson dalam Nurulalia et al., 2019). Selain itu, kondisi lingkungan yang berbeda menyebabkan setiap organisme mempunyai batas toleransi tertentu supaya dapat tetap tumbuh, bertahan hidup, dan berkembang (Laeto & Taharu, 2021).

Secara bertahap, kelimpahan jenis akan berkurang ketika ketinggian semakin bertambah. Terlepas dari faktor iklim dan kesuburan tanah di setiap habitat, dataran tinggi cenderung mempunyai keanekaragaman hayati yang lebih sedikit dibandingkan dataran rendah (Indrawan dalam Sesar et al., 2020). Bertambahnya ketinggian mempengaruhi tipe vegetasi dan keberadaan organisme seperti serangga. Keanekaragaman serangga pada dataran dengan ketinggian kurang dari 1000 mdpl lebih tinggi dibandingkan keanekaragaman serangga yang dijumpai pada dataran dengan ketinggian 1100 m dpl (Idris dalam Nurulalia et al., 2019). Supaya dapat bertahan hidup, kapasitas sistem pernapasan serangga yang hidup di dataran tinggi melalui trakea harus ditingkatkan, karena serangga dihadapkan dengan kondisi kadar oksigen yang lebih sedikit dan suhu yang lebih rendah dibandingkan di dataran rendah (Hodkinson dalam Nurulalia et al., 2019).

2.8 Tumbuhan sebagai Inang Kupu-kupu (*Papilionoidea*)

Ketergantungan kupu-kupu dengan tumbuhan sangat erat, karena tumbuhan merupakan sumber pakan, tempat berkembang biak, serta tempat untuk berlindung dari serangan predator (Ruslan et. al, 2020). Kupu-kupu memerlukan tumbuhan inang (*host plant*) untuk meletakkan telur dan sebagai sumber pakan larva serta tumbuhan pakan (*food plant*) berupa tumbuhan berbunga sebagai sumber pakan kupu-kupu dewasa. Dengan kemampuan kemoreseptor antena yang menangkap aroma tumbuhan dan alat sensor yang terdapat pada kaki, kupu-kupu mampu menentukan tumbuhan inang dengan tepat. Kandungan spesifik kimia tanaman berkaitan dengan pemilihan kupu-kupu terhadap tumbuhan inang. Umumnya, setiap jenis kupu-kupu mempunyai tumbuhan inang yang spesifik, dan ada beberapa jenis dapat memilih 3-4 jenis tumbuhan yang termasuk ke dalam suku yang sama ataupun berbeda (Rohman et al., 2019). Siklus hidup kupu-kupu akan terganggu apabila tidak terdapat tumbuhan inang, karena kupu-kupu dewasa tidak dapat meletakkan telurnya (Aprillia et al., 2020).

Ruslan (2015) mengatakan bahwa sirsak, mengkudu, jeruk, mangga, kantil, jambu dan palem merupakan beberapa contoh tanaman inang kupu-kupu. Saat fase larva, famili *Nymphalidae* mengonsumsi pakan berupa tumbuhan yang berasal dari famili *Anacardiaceae*, *Loranthaceae*, *Euphorbiaceae*, *Moraceae*, *Melastomataceae*, *Rutaceae*, *Annonaceae*, *Sapindaceae* *Leguminoceae*, *Passifloraceae*, *Acanthaceae*, *Rubiaceae*, *Tiliaceae*, dan *Malvaceae* (Sutra dalam Rohman et al., 2019). Tumbuhan inang larva pada Famili *Pieridae* berupa *Fabaceae*, *Capparidaceae*, *Brassicaceae* dan *Loranthaceae* (Scoble dalam Santosa & Wahyuni, 2017). Sementara famili *Papilionidae* saat fase larva mengonsumsi tumbuhan dari famili *Rutaceae*, *Annonaceae*, *Umbeliferae*, *Aristolochiaceae*, dan *Lauraceae* (Rohman et al., 2019).

Keberadaan tumbuhan penghasil nektar juga mempengaruhi kehadiran kupu-kupu di suatu wilayah. Nektar bunga dibutuhkan kupu-kupu untuk memenuhi nutrisi tubuhnya (Rohman et al., 2019). Nektar sebagai sumber pakan kupu-kupu dewasa (imago) juga dapat disediakan tumbuhan inang. Beberapa kupu-kupu bersifat spesialis dalam mengunjungi bunga, namun ada pula beberapa spesies yang

bersifat generalis. Spesialisasi ini berkaitan dengan morfologi bunga serta bentuk dan tipe morfologi kupu-kupu (Ruslan & Andayaningsih, 2021). Kupu-kupu mendapatkan makanan dari ekstrak bunga atau sari buah, sehingga kupu-kupu sering dijumpai di wilayah yang mempunyai beraneka tanaman (Andrianto & Ginoga, 2020). Hutan primer merupakan habitat tertinggi yang menyediakan beraneka jenis tumbuhan yang dapat menjadi pakan kupu-kupu. Kupu-kupu juga dapat ditemui di hutan sekunder, kebun, hutan produksi, hingga pekarangan rumah (Peggie, 2014).

2.9 Hubungan Ketinggian dengan Vegetasi dan Keberadaan Tumbuhan Inang

Vegetasi merupakan kumpulan beberapa jenis tumbuhan di suatu wilayah yang tumbuh bersama, mempunyai interaksi serta hubungan erat antar individu penyusunnya (Cahyanto et al., 2014). Pengaturan komposisi tanah, keseimbangan oksigen dan karbondioksida di udara, hingga berkurangnya laju erosi tanah merupakan beberapa fungsi vegetasi bagi ekosistem. Keberadaan vegetasi juga menopang keberadaan makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan (Arriyanti dalam Cahyanto et al., 2014) Laju tumbuhnya vegetasi dipengaruhi kondisi lingkungan serta kemampuan adaptasi supaya tumbuh dengan baik (Cahyanto et al., 2014). Tumbuhan sebagai komponen penyusun vegetasi dipengaruhi keberadaannya oleh faktor-faktor lingkungan (Sumarjan, 2021). Persyaratan serta kemampuan adaptasi setiap spesies tumbuhan terhadap lingkungan yang berbeda-beda menyebabkan tumbuhan hanya akan menempati wilayah yang cocok untuk kehidupannya (Cahyanto et al., 2014).

Keberadaan vegetasi dengan ketinggian sangat erat kaitannya, karena ketinggian suatu wilayah akan mempengaruhi keadaan tanah, suhu udara, air, intensitas cahaya serta kekayaan dan komposisi vegetasi kawasan tersebut (Sumarjan, 2021). Selain itu, Setiadi dalam Sumarjan (2021) mengatakan bahwa secara tidak langsung ketinggian tempat mempengaruhi jalannya proses fotosintesis, sehingga menjadi faktor penghambat dan membatasi pertumbuhan tumbuhan. Lambatnya proses fotosintesis pada kawasan dengan elevasi tinggi juga

dipengaruhi oleh CO₂ yang mempunyai konsentrasi lebih rendah dibandingkan kawasan dengan elevasi rendah (Sulistyono dalam Anesta et al., 2020).

Komposisi vegetasi tumbuhan akan semakin menurun seiring bertambahnya ketinggian, karena jumlah jenis tumbuhan penyusun vegetasi akan semakin sedikit. Dominansi tumbuhan herba pemanjat, paku tiang serta tumbuhan herba rendah akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya ketinggian (Mutaqien et al., 2008). Sejalan dengan hal tersebut, Sitanggang et al., (2017) mengatakan bahwa tumbuhan kelas Angiospermae dan Gymnospermae mendominasi tumbuhan penyusun vegetasi pada ketinggian 500-1000m dpl, sementara pada ketinggian 1000-1500m dpl tumbuhan penyusun vegetasi didominasi oleh filum Pteridophyta (paku-pakuan). Adapun pada ketinggian 1500m dpl lebih, umumnya vegetasi tumbuhan didominasi oleh filum Bryophyta.

2.10 Peran Kupu-kupu (*Papilionoidea*) untuk Lingkungan dan Ekosistem

Kupu-kupu dewasa merupakan salah satu serangga polinator yang berperan dan mendorong terjadinya penyerbukan pada tumbuhan. Ketika kupu-kupu menghisap nektar bunga, serbuk sari akan menempel pada *proboscis* atau tungkai dan serbuk sari tersebut akan menempel pada putik bunga berikutnya yang dikunjungi kupu-kupu (Peggie, 2014). Karakteristik kupu-kupu yang spesifik dalam menentukan tumbuhan inang dan pakan dapat dijadikan indikator keanekaragaman vegetasi wilayah tersebut. Semakin banyak ditemukan jenis kupu-kupu di suatu wilayah, maka semakin beragam vegetasi tumbuhan yang terdapat di wilayah tersebut. Sementara itu, dominansi suatu jenis kupu-kupu di suatu wilayah menandakan keanekaragaman vegetasi tumbuhan yang sedikit (Aprillia et al., 2020).

Kupu-kupu sangat rentan terhadap perubahan lingkungan, yang akan berdampak pada penurunan keanekaragaman spesies dan jumlah individu (Ruslan et al., 2020). Kualitas lingkungan dan perubahan fungsi habitat di suatu wilayah dapat diketahui dengan keberadaan keanekaragaman jenis kupu-kupu, sehingga perubahan lingkungan akibat gangguan atau kerusakan habitat dapat diamati (Peggie, 2014). Wilayah yang sejuk, bersih dan tidak terpapar polusi asap, insektisida, dan bau tidak sedap merupakan habitat favorit kupu-kupu (Amir dalam

Rohman et al., 2019). Di sisi lain, hilangnya predator dapat menjadikan kupu-kupu pada fase larva sebagai hama potensial dan menyebabkan kerusakan tanaman pertanian maupun tanaman hias karena populasi yang meningkat (Ruslan et. al, 2020).

2.11 Gunung Galunggung

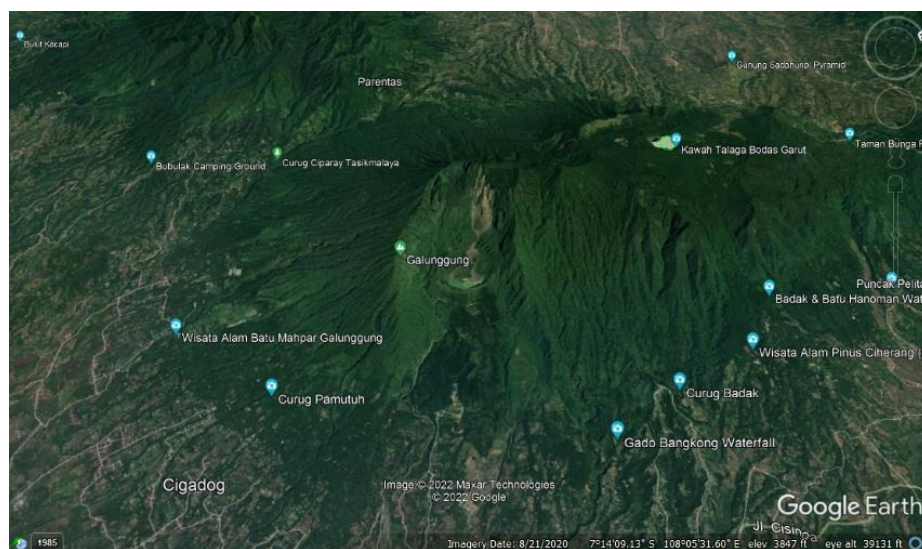
Gunung Galunggung terletak sekitar 8 km dari Ibukota Kabupaten Tasikmalaya dan sekitar 17 km dari pusat kota Tasikmalaya, dan secara administratif masuk ke dalam pemerintahan Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya. Gunung Galunggung mempunyai batas dengan Kabupaten Garut di sebelah barat, dengan Desa Linggajati Kecamatan Sukaratu di sebelah timur, dengan Desa Sinagar Kecamatan Sukaratu di sebelah utara, dan dengan Desa Mekarjaya Kecamatan Padakembang di sebelah selatan. Gunung Galunggung mempunyai letak astronomis pada koordinat $108,058^{\circ}$ - $108^{\circ}3'30''$ BT dan 7.25° - $7^{\circ}15'0''$ LS, serta mempunyai ketinggian 1.820 meter dari daratan Kota Tasikmalaya dan 2.168 meter di atas permukaan laut (Mulyanie et al., 2016). Gambar 2.12 merupakan dokumentasi kawasan wisata Gunung Galunggung.



Gambar 2. 12 Kawasan Wisata Gunung Galunggung
Sumber: Dokumentasi pribadi

Gunung Galunggung merupakan gunung vulkanik aktif yang mengalami erupsi tahun 1982-1983, dan saat ini menjadi salah satu destinasi wisata alam di Indonesia. Curug Cipanas dan Kawah Galunggung merupakan objek wisata yang paling terkenal di Gunung Galunggung, dan diketahui Gunung Galunggung mempunyai potensi biodiversitas yang tinggi (Riyanto et al., 2019). Dengan potensi yang melimpah serta keanekaragaman hayati yang tinggi, keberadaan Gunung

Galunggung menjadikan ekosistem yang ada di sekitarnya mendapat manfaat dan keuntungan, menjadi sumbangsih bagi ilmu pengetahuan serta sebagai wahana wisata alam terbesar di Tasikmalaya (Putra et al., 2019).



Gambar 2. 13 Kartografi Kawasan Gunung Galunggung
Sumber: Google Earth

Karena luasnya kawasan Gunung Galunggung, dalam penelitian ini hanya dipergunakan 3 kawasan yang mempunyai ketinggian yang berbeda-beda. Adapun stasiun yang dipergunakan adalah kawasan Curug Cimedang, kawasan Curug Gado Bangkong, dan kawasan Curug Cihauripan.

a. Kawasan Curug Cimedang

Berdasarkan pengamatan menggunakan bantuan satelit Google Earth, diketahui Curug Cimedang terletak pada ketinggian 700 mdpl. Putri (2018) mengatakan bahwa Curug Cimedang masih termasuk ke dalam kawasan Gunung Galunggung, tepatnya berlokasi di Kampung Malaganti, Desa Raharja, Kecamatan Sariwangi, Kabupaten Tasikmalaya. Putri (2018) melanjutkan bahwa Curug Cimedang mempunyai kolam kecil di bawah curug selebar 10 meter dengan kedalaman hingga 1,5 meter, sementara ketinggian Curug Cimedang adalah 5 meter. Curug Cimedang dinamakan demikian karena berasal dari nama sungai kecil yang aliran airnya menuju curug (wisatajabar.com, 2017). Berdasarkan penuturan Bilqis (2020), banyaknya pepohonan di sekitar curug menciptakan suasana teduh

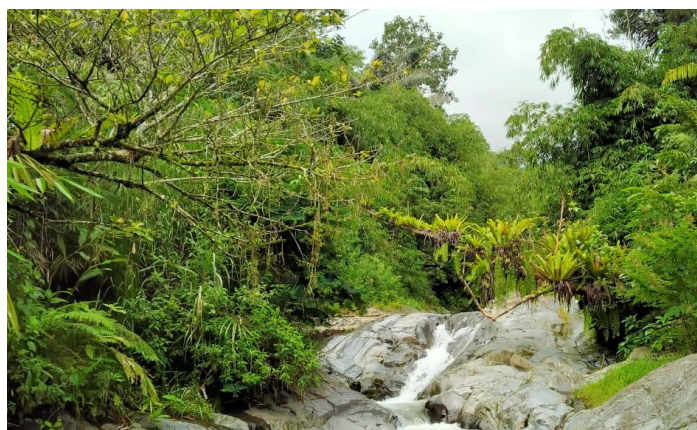
dan sejuk, ditambah dengan aliran air yang jernih serta terdapatnya dinding berongga seperti mulut gua menjadikan kawasan ini sering dikunjungi wisatawan.



Gambar 2. 14 Kawasan Curug Cimedang
Sumber: Dokumentasi pribadi

b. Kawasan Curug Gado Bangkok

Curug Gado Bangkok merupakan salah satu lokasi yang terdapat di kawasan Gunung Galunggung, tepatnya pada koordinat UTM -7.24889°S , $108.11233^{\circ}\text{E}$, koordinat desimal $7^{\circ}14'57''\text{LS}$ - $108^{\circ}6'45''\text{BT}$ di Desa Santanamekar, Kecamatan Cisayong, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat. Gado Bangkok berasal dari kata 'Gado' yang berarti dagu dan 'Bangkong' yang berarti kodok (Mulyanie, 2017). Berdasarkan mitos yang beredar di masyarakat setempat, Mulyanie (2017) melanjutkan bahwa lokasi tersebut ketika zaman dahulu dihuni oleh kodok yang berukuran sangat besar, dan diantaranya ada yang berukuran paling besar. Kodok yang paling besar ini kemudian dimakan oleh kodok-kodok lain hingga hanya tersisa bagian dagunya.



Gambar 2. 15 Kawasan Curug Gado Bangkok
Sumber: Dokumentasi pribadi

Akses menuju lokasi mengutip pernyataan Fenti (2021), diketahui bahwa Curug Gado Bangkok dapat ditempuh menggunakan kendaraan roda dua. Aliran air yang melimpah menjadikan sekitar curug ditumbuhi berbagai vegetasi tanaman yang cukup lebat dan beragam. Mulyanie (2017) menambahkan bahwa Curug Gado Bangkok merupakan aliran sungai Ci Loseh dengan ketinggian air terjun 17 meter dan kedalaman 1 meter, sementara elevasinya sekitar 800 mdpl. Kawasan ini menjadi salah satu destinasi wisata favorit di kawasan Gunung Galunggung, meskipun pada saat observasi lapangan kawasan ini sepi dari pengunjung karena sudah jarang dikunjungi semenjak adanya pandemi Covid 19.

c. Kawasan Curug Cikahuripan

Curug Cikahuripan merupakan destinasi wisata yang baru dibuka di Kawasan Gunung Galunggung pada 20 Juni 2020 lalu oleh KBM Ecotourism Perum Perhutani Divre Jawa Barat dan Banten (Janten). Kawasan Curug Cikahuripan berjarak sekitar 1 kilometer di sebelah kanan kawasan Kawah Galunggung jika dilihat dari bawah. Curug Cikahuripan mempunyai *landscape* berundak-undak dengan ketinggian air terjun setinggi 60 meter (Kuncoro, 2020). Sebelum dikembangkan menjadi objek wisata, Kuncoro (2020) menambahkan bahwa kawasan ini sering dikunjungi oleh peziarah dengan cara berjalan kaki menyusuri aliran sungai.



Gambar 2. 16 Kawasan Curug Cikahuripan
Sumber: Dokumentasi pribadi

Nama Cikahuripan mengandung arti ‘air terjun kehidupan’, berasal dari Bahasa Sunda ‘Ci’ yang berarti air dan ‘Kahuripan’ yang berarti kehidupan.

Masyarakat menamakan demikian karena percaya bahwa air terjun tersebut memberikan kehidupan bagi makhluk sekitarnya. Berdasarkan observasi awal yang telah dilaksanakan, diketahui kawasan Curug Cikahuripan mempunyai vegetasi cukup beragam dan dijumpainya beberapa spesies kupu-kupu. Berdasarkan bantuan *Google Earth*, diketahui kawasan Curug Cikahuripan berada pada ketinggian sekitar 950 mdpl.

2.12 Bahan Ajar

Bahan ajar adalah seperangkat alat pembelajaran yang berisikan materi pembelajaran, batasan-batasan, metode pembelajaran dan cara mengevaluasi yang didesain secara menarik dan sistematis dan bertujuan untuk mencapai kompetensi atau subkompetensi dengan segala kompleksitasnya (Widodo & Jasmadi dalam Magdalena et al., 2020). Semua aktivitas pembelajaran dapat diarahkan pendidik sebagaimana mestinya dengan bantuan bahan ajar, sementara peserta didik akan menjadikan bahan ajar sebagai pedoman dalam proses pembelajaran (Nurdyansyah & Mutala'liah, 2015). Kaidah intruksional diperlukan dalam menulis dan merancang bahan ajar karena akan digunakan untuk menunjang dan membantu guru dalam proses pembelajaran (Magdalena et al., 2020).

Bahan ajar memegang peranan yang sangat penting dalam proses pembelajaran. Jalannya proses pembelajaran dapat terbantu dengan adanya bahan ajar (Sinambela et al., 2020). Peserta didik dapat menggunakan bahan ajar sebagai tolak ukur kemampuan yang telah dikuasai dan tentunya membantu peserta didik menjadi pembelajar mandiri, sementara ketepatan penggunaan bahan ajar bagi pendidik adalah meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih interaktif dan efektif, mengubah peran pendidik dari pengajar menjadi fasilitator, serta mampu menghemat waktu mengajar. Bahan ajar terdiri dikelompokkan menjadi bahan ajar cetak dan bahan ajar non cetak. Modul, buku teks, handout, buku ajar, leaflet, dan poster merupakan contoh bahan ajar cetak, sementara bahan ajar audio berupa kaset dan radio, bahan ajar visual seperti gambar dan foto maupun bahan ajar audio visual seperti film dan video merupakan bahan ajar non cetak (Irawati & Saifuddin, 2018).

2.13 *Booklet* sebagai Bahan Ajar Biologi

Booklet merupakan salah satu media yang dapat dijadikan bahan ajar karena memuat tulisan-tulisan dan gambar-gambar mengenai deskripsi, morfologi, determinasi serta klasifikasi. *Booklet* dapat disusun secara *learning resources by design*, yaitu dikembangkan atau dirancang untuk memberikan fasilitas belajar yang terarah, bersifat formal, serta sebagai komponen sistem yang intruksional. Dengan adanya *booklet*, peserta didik dapat lebih mudah mencapai kompetensi atau tujuan belajar. *Booklet* dapat mendukung proses belajar, dan dapat digunakan secara terkombinasi atau terpisah dalam kegiatan belajar (P. A. Sari et al., 2021).

Indikator dan tujuan pembelajaran yang terdapat dalam silabus harus menjadi acuan dalam penyusunan *booklet*, supaya materi yang disampaikan tepat sasaran dan proses pembelajaran menjadi efektif (Paramita et al., 2019). Istilah-istilah yang membingungkan serta materi yang terlalu banyak khususnya pada materi kingdom Animalia membuat peserta didik membutuhkan sumber bahan ajar tambahan (Novianti & Syamsurizal, 2021). Dalam pembelajaran biologi, penggunaan *booklet* menjadikan pembelajaran fleksibel dan tidak kaku, serta dapat dilakukan di dalam dan di luar kelas (Apriyeni & Gusti, 2021). Pengalaman belajar nyata dapat dilaksanakan dengan menyusun *booklet* jenis hewan yang berada di sekitar peserta didik (Dewi et al., 2020).

2.14 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai kupu-kupu di Gunung Galunggung sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Imam (2014) mengenai Kelimpahan dan Keanekaragaman Kupu-kupu di Kawasan Gunung Galunggung, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat. Dalam penelitian ini, total individu yang tertangkap sebanyak 673 ekor yang tergolong ke dalam lima suku, meliputi 61 jenis kupu-kupu yaitu suku *Papilionidae* (13 jenis), *Nymphalidae* (35 jenis), *Pieridae* (11 jenis), *Lycaenidae* (5 jenis), dan *Hesperiidae* (3 jenis). Adapun stasiun penelitian yang digunakan meliputi hutan pinus, hutan campuran, dan kawasan puncak Galunggung.

Sementara itu, Zulfraini et al., (2017) melaksanakan penelitian mengenai Keanekaragaman Jenis Kupu-kupu di Tiga Ketinggian Resort Cimande Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Ketinggian kawasan yang dijadikan stasiun

penelitian meliputi 3 lokasi berbeda yang mempunyai ketinggian 600m dpl, 800m dpl, dan 1000m dpl. Total spesies kupu-kupu yang dijumpai berjumlah 61 spesies, dengan keanekaragaman tertinggi dijumpai pada ketinggian 600m dpl (3,23) dan keanekaragaman terendah pada ketinggian 1000m dpl (2,40). Sejalan dengan keanekaragaman spesies, diketahui pula bahwa indeks kekayaan spesies pada ketinggian 600m dpl menjadi yang tertinggi sebesar 7,15 dan ketinggian 1000m dpl mempunyai indeks kekayaan spesies terendah sebesar 4,14.

Di kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango lainnya, penelitian kupu-kupu dilaksanakan Hawari et al., (2021) mengenai Keanekaragaman Kupu-Kupu pada Tiga Ketinggian di Resort Situgunung Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Metode yang digunakan adalah transek di tiga stasiun yang ketinggiannya berbeda-beda. Stasiun yang digunakan mempunyai ketinggian 750 mdpl, 850 mdpl dan 950 mdpl. Berdasarkan penelitian tersebut, diketahui kawasan dengan ketinggian 750 mdpl mempunyai keanekaragaman spesies kupu-kupu tertinggi sebesar 3,22 sementara kawasan dengan ketinggian 950 mdpl mempunyai keanekaragaman spesies kupu-kupu terendah sebesar 2,46. Sementara itu, kekayaan spesies terendah ditemukan di kawasan dengan ketinggian 950 mdpl sebesar 3,48 dan kekayaan spesies tertinggi sebesar 7,91 di kawasan dengan ketinggian 750 mdpl. Tercatat pula, lokasi ketinggian 750 mdpl mempunyai indeks pemerataan tertinggi dibandingkan dengan kawasan lain yang dijadikan stasiun penelitian. Total spesies kupu-kupu yang ditemukan dalam penelitian ini berjumlah 51 spesies.

2.15 Kerangka Konseptual

Kupu-kupu (*Papilionoidea*) merupakan hewan yang sering dijumpai di sekitar kita. Pekarangan rumah, sekolah, taman, hutan, pegunungan, daerah pesisir pantai hingga perkotaan merupakan beberapa tempat dapat dijumpainya kupu-kupu. Sedikitnya sekitar 2000 dari 17.500 spesies kupu-kupu di dunia sudah terdata keberadaannya di Indonesia. Warna dan bentuk yang beraneka ragam menjadikan kupu-kupu disukai oleh hampir setiap orang. Selain sebagai salah satu hewan yang berperan sebagai penyerbuk alami tumbuhan atau hewan polinator, keanekaragaman kupu-kupu di suatu wilayah diketahui dapat dijadikan parameter terjaganya suatu lingkungan. Keberadaan kupu-kupu (*Papilionoidea*) di suatu

wilayah sangat berkaitan erat dengan terjaganya ekosistem dan kondisi kawasan tersebut, sehingga kupu-kupu dapat digolongkan sebagai hewan bioindikator.

Ketinggian merupakan faktor yang mempengaruhi keanekaragaman kupu-kupu di suatu wilayah, karena ketinggian berkaitan erat dengan faktor lingkungan yang mendukung keberadaan kupu-kupu seperti suhu udara, kelembaban udara intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin. Disamping beberapa faktor tersebut, ketersediaan tumbuhan inang sebagai tempat untuk meletakkan telur, menjalani fase ulat, kepompong dan imago dalam vegetasi merupakan hal utama yang menunjang keberadaan dan keanekaragaman kupu-kupu. Kelimpahan tumbuhan inang dalam suatu vegetasi juga dipengaruhi oleh ketinggian suatu kawasan karena hanya beberapa jenis tumbuhan saja yang mampu beradaptasi pada setiap ketinggian, sehingga keberadaan kupu-kupu juga akan semakin sedikit. Semakin beraneka ragam jenis kupu-kupu di suatu wilayah, maka semakin terjaga pula vegetasi dan ekosistem di wilayah tersebut. Salah satu wilayah yang sering dijumpai kupu-kupu serta diperkirakan masih terjaga keasriannya adalah kawasan Gunung Galunggung.

Gunung Galunggung merupakan kawasan Taman Wisata Alam yang berada di Tasikmalaya, Jawa Barat. Selain membawa keberkahan dan rezeki bagi masyarakat sekitar dengan didirikannya taman wisata alam, aktivitas perkebunan, serta aktivitas penambangan pasir, kawasan Gunung Galunggung juga menyimpan potensi kelimpahan keanekaragaman hayati berupa hewan maupun tumbuhan yang dapat memberikan sumbangsih untuk ilmu pengetahuan, salah satunya mengenai kupu-kupu. Bahan ajar berupa *booklet* mengenai keanekaragaman kupu-kupu beserta komponen lingkungannya di Gunung Galunggung dapat menjadi alternatif yang menunjang pembelajaran dan pemahaman materi peserta didik.

Berdasarkan observasi awal yang telah dilaksanakan peneliti, kupu-kupu yang dijumpai beraneka ragam jenisnya, bahkan terdapat satu jenis kupu-kupu yang tercatat dalam CITES dan Appendix II yaitu *Troides helena*. Keanekaragaman kupu-kupu yang melimpah serta kehadiran *Troides helena* saat observasi awal mengindikasikan masih terjaganya kawasan Gunung Galunggung. Oleh karena itu, penelitian mengenai keanekaragaman kupu-kupu di Kawasan Gunung Galunggung

perlu dilakukan. Penelitian mengenai keanekaragaman kupu-kupu di Gunung Galunggung sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Imam (2014) dengan 3 stasiun lokasi penelitian, yaitu di hutan pinus, hutan campuran dan kawasan puncak. Namun, penelitian di kawasan lain Gunung Galunggung sampai saat ini belum pernah dilaksanakan, dan belum ada data terbaru mengenai keanekaragaman kupu-kupu.

Sebagaimana uraian diatas, akan dilaksanakan penelitian mengenai keanekaragaman kupu-kupu di kawasan Gunung Galunggung. Mengingat luasnya kawasan Gunung Galunggung, dalam penelitian ini dipergunakan 3 stasiun pengamatan dengan ketinggian yang berbeda. Adapun kawasan Gunung Galunggung yang dijadikan stasiun penelitian adalah kawasan Curug Cimedang yang berada pada ketinggian sekitar 700 mdpl, kawasan Curug Gado Bangkong yang berada pada ketinggian sekitar 800 mdpl, serta kawasan Curug Cikahuripan yang berada pada ketinggian sekitar 950m dpl. Hasil dari penelitian ini akan dihibahkan dalam bentuk *booklet* untuk bidang pendidikan sebagai bahan ajar biologi.

2.16 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis mengidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana indeks ekologi meliputi indeks keanekaragaman, pemerataan, kekayaan, dominansi, dan similaritas mengenai keanekaragaman *Papilionoidea* di kawasan Gunung Galunggung?
- b. Bagaimana pengaruh perbedaan ketinggian terhadap keanekaragaman *Papilionoidea* di kawasan Gunung Galunggung?
- c. Bagaimana hubungan faktor lingkungan terhadap keanekaragaman *Papilionoidea* di kawasan Gunung Galunggung?
- d. Bagaimana hasil bahan ajar yang disajikan dari hasil penelitian keanekaragaman *Papilionoidea* di kawasan Gunung Galunggung?