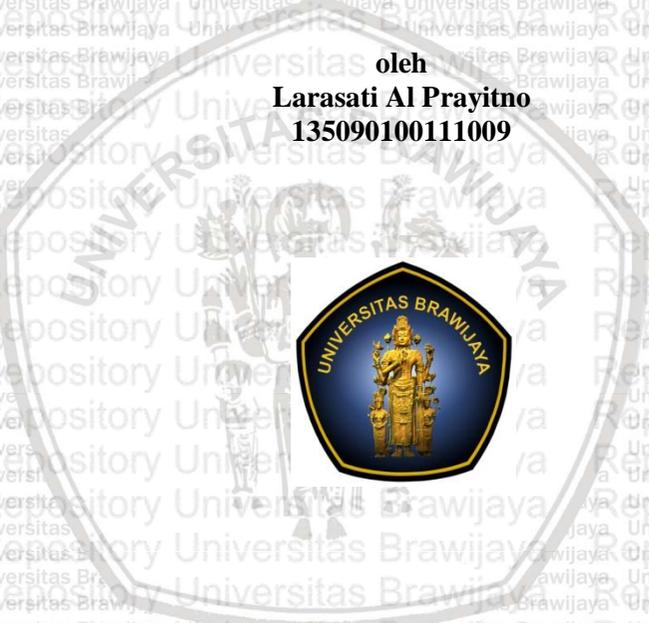


**DIVERSITAS SPASIAL KUPU-KUPU DIURNAL  
BERDASARKAN GRADIEN ELEVASI DI COBAN TALUN  
(BUMIAJI, BATU) DAN SENKALING (DAU, MALANG)  
JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

oleh  
**Larasati Al Prayitno**  
**135090100111009**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2020**

**DIVERSITAS SPASIAL KUPU-KUPU DIURNAL  
BERDASARKAN GRADIEN ELEVASI DI COBAN TALUN  
(BUMIAJI, BATU) DAN SENGKALING (DAU, MALANG)  
JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam Bidang Biologi**

oleh  
**Larasati Al Prayitno  
135090100111009**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2020**

**HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI**  
**DIVERSITAS SPASIAL KUPU-KUPU DIURNAL**  
**BERDASARKAN GRADIEN ELEVASI DI COBAN TALUN**  
**(BUMIAJI, BATU) DAN SENGKALING (DAU, MALANG)**  
**JAWA TIMUR**

**Larasati Al Prayitno**  
**135090100111009**

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 15 Juli  
2020 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam Bidang Biologi

Menyetujui  
Pembimbing



Prof. Amin Setyo Leksono, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 197211172000121001

Mengetahui  
Ketua Program Studi S-1 Biologi  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Dian Siswanto, S.Si., M.Sc., M.Si., Ph.D.  
NIP 197703202005011002



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Larasati Al Prayitno

NIM : 135090100111009

Jurusan : Biologi

Penulis Laporan berjudul : Diversitas Spasial Kupu-Kupu  
Diurnal Berdasarkan Gradien  
Elevasi di Coban Talun (Bumijai,  
Batu) dan Sengkaling (Dau, Malang)  
Jawa Timur

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 15 Juli 2020

Yang menyatakan

Larasati Al Prayitno

135090100111009

## PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skrripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



# Diversitas Spasial Kupu-Kupu Diurnal Berdasarkan Gradien Elevasi di Coban Talun (Bumiaji, Batu) dan Sengkaling (Dau, Malang), Jawa Timur

Larasati Al Prayitno, Amin Setyo Leksono

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Brawijaya  
2020

## ABSTRAK

Studi terkait ekologi spasial selama hampir tiga dekade terakhir banyak terfokus pada kajian mengapa jumlah spesies dapat berbeda-beda secara geografis. Salah satu yang banyak menjadi perhatian adalah terkait gradien elevasi. Kupu-kupu yang dikenal dengan cukup baik secara taksonomi dan ekologi, kelimpahan dan diversitasnya sangat dipengaruhi oleh vegetasi yang menjadi tempatnya mencari makan, yang mana untuk tiap gradien elevasi struktur komunitas vegetasi yang dimiliki tentu berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan diversitas spasial dan struktur komunitas kupu-kupu di Coban Talun dan Sengkaling serta kaitannya dengan gradien elevasi dan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Pengamatan kupu-kupu secara visual (*Visual Encounter Survey*) dilakukan melalui metode garis transek sepanjang 500 m pada lima *site* pengamatan untuk masing-masing lokasi (Coban Talun= 1.300 mdpl; Sengkaling= 600 mdpl) dengan 10 kali ulangan. Kekayaan spesies dan diversitas kupu-kupu yang diperoleh antar lokasi dianalisis melalui uji beda Anova dengan signifikansi  $<0,05$  menggunakan software SPSS 16.0. Hasil menunjukkan tingkat diversitas kupu-kupu di kedua lokasi tergolong sedang sampai tinggi. Diversitas kupu-kupu di Sengkaling (3,87) lebih tinggi dibandingkan di Coban Talun (2,8), hal ini disebabkan karena tingkat pemerataan (*equitability*) yang cukup tinggi yang dipengaruhi oleh variasi faktor lingkungan, termasuk di antaranya adalah faktor abiotik dan ketersediaan makanan serta tumbuhan inang untuk kupu-kupu bereproduksi. Faktor abiotik yang memberikan pengaruh terhadap diversitas kupu-kupu di kedua lokasi antara lain adalah intensitas cahaya (Lux), suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), dan kelembaban relatif (%).

Kata kunci: diversitas, gradien elevasi, kupu-kupu

# **Spatial Diversity of Diurnal Butterfly Based on Elevation Gradient in Coban Talun (Bumiaji, Batu) and Sengkaling (Dau, Malang), East Java**

Larasati Al Prayitno, Amin Setyo Leksono

Biology Department, Mathematic and Natural Science Faculty,  
Brawijaya University  
2020

## **ABSTRACT**

Spatial ecology studies during nearly last three decades focused to understand why the number of species varies geographically. One of which being the most studied is about elevation gradients. Butterflies (Lepidoptera) are taxonomically well known, its abundance and diversity rely on the vegetation where they feed. Meanwhile, for each elevation gradient has different vegetation community structure. This research's objections were to assess butterfly spatial diversity based on elevation gradients in Coban Talun and Sengkaling, and its relation with environmental factors. Butterfly visual encounter conducted using transect method (500 m length) at five different observation sites for each location (based on different elevation, Coban Talun= 1.300 masl; Sengkaling= 600 masl) every sunny day (10 replication, February - May 2017). Butterfly species richness and diversity which were gained from different VES locations then being analyzed via Anova difference test with  $\alpha$  significance less than 0.05 using SPSS 16.0 software. The result of this research pointed that butterfly diversity in two location were classified into moderate-high diversity level: Sengkaling (3.87) and Coban Talun (2.8). Butterfly diversity in Sengkaling was higher than another caused by their high equatability, which were affected by environment factors variation: included abiotic factors, food availability and or butterfly's vegetation host for them to reproduce. Abiotic factors which affected butterfly diversity in two location were light intensity (Lux), air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), and relative humidity (%).

**Keywords:** butterfly, diversity, elevation gradients

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam, yang dengan karunia dan rahmat-Nya skripsi ini dapat tersusun dengan baik untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam Bidang Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang. Tidak hanya itu, dengan kemurahan-Nya pula skripsi ini dibuat untuk menjadi ladang amal dan bekal menjadi manusia dengan sebaik-baiknya manfaat.

Demikian pula rasa terima kasih ini dengan tulus dihaturkan kepada:

1. Bapak Prof. Amin Setyo Leksono., S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah mendampingi, memberi pengarahan dan perbaikan, serta tambahan ilmu dan saran yang membangun untuk meningkatkan kualitas penelitian ini.
2. Bapak Dr. Bagyo Yanuwadi dan Ibu Zulfaidah Penata Gama, Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberi banyak saran dan masukan yang membangun untuk perbaikan kualitas penelitian ini.
3. Orang tua di rumah yang setiap waktu tanpa henti melantunkan doa yang menjulang ke langit, diiringi dengan motivasi dan dukungan moril maupun materiil.
4. Sahabat Working Group TADIKOBIO, untuk setiap Jum'at pagi yang menyenangkan di tahun 2016-2017.
5. Juga suami dan anak terkasih yang senantiasa jadi *supporting system* lahir dan batin selama tiga tahun terakhir agar studi di JBUB lekas menemui garis *finish* di samping menjadi *working mom*.

Penulisan skripsi ini ditulis dengan upaya optimal sebagai sarana terbaik dalam pengembangan ilmu pengetahuan di Indonesia. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menjadikan karya ini semakin baik dan memberi banyak manfaat.

Malang, 15 Juli 2020

Penulis

**DAFTAR ISI**

Halaman

**ABSTRAK**

5

**ABSTRACT**

6

**KATA PENGANTAR**

7

**DAFTAR ISI**

8

**DAFTAR TABEL**

10

**DAFTAR GAMBAR**

11

**DAFTAR LAMPIRAN**

13

**BAB I. PENDAHULUAN**

14

## 1.1 Latar Belakang

14

## 1.2 Rumusan Masalah

16

## 1.3 Tujuan Penelitian

16

## 1.4 Manfaat Penelitian

17

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

18

## 2.1 Profil Coban Talun dan Sengkaling

18

## 2.2 Gradien Elevasi dalam Kajian Ekologi Spasial

19

## 2.3 Kupu-Kupu Sebagai Indikator Kualitas Ekosistem

23

## 2.4 Ordo Lepidoptera

25

## 2.3.1 Morfologi kupu-kupu dewasa

26

## 2.3.2 Daur hidup

30

2.3.3 Kelangsungan hidup (*survival*)

31

## 2.3.4 Perilaku

34

## 2.3.5 Famili-famili Lepidoptera

35

**BAB III. METODE PENELITIAN**

40

## 3.1 Waktu dan Tempat

40

## 3.2 Area Studi

40

## 3.3 Studi Pendahuluan (Survey Lokasi)

42

3.4 *Visual Encounter & Aerial Net*

43

## 3.5 Pengukuran Variabel Lingkungan

44

## 3.6 Analisis Statistik

45

## 3.6.1 Uji beda ANOVA

45

## 3.6.2 Uji korelasi &amp; regresi

46

**BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

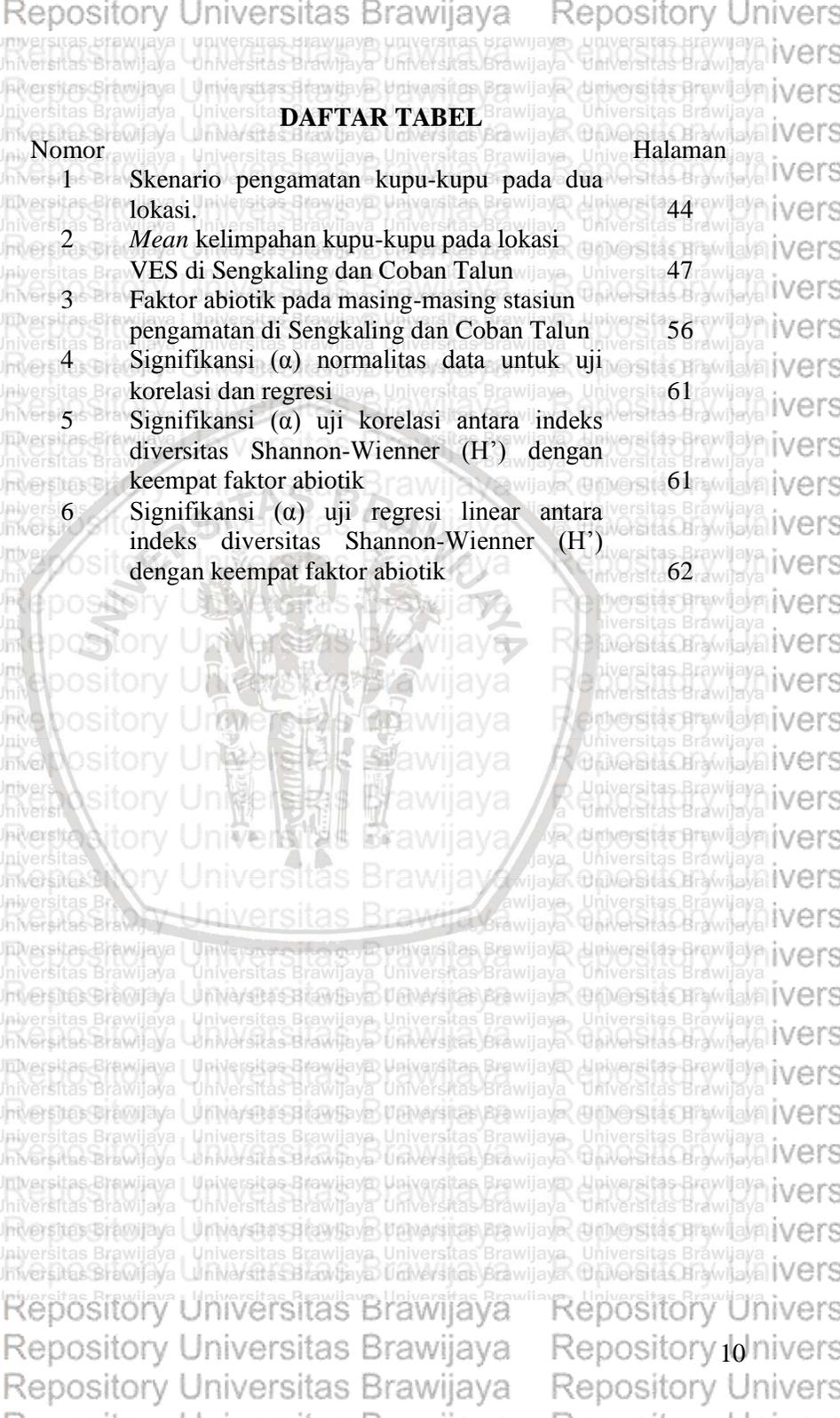
47

4.1 Kelimpahan dan Diversitas Spasial Kupu-Kupu pada Dua Lokasi	47
4.2 Struktur Komunitas Kupu-Kupu pada Dua Perbedaan Ketinggian Lokasi	51
4.2.1 Indeks Nilai Penting (INP)	51
4.2.2 Indeks Dominansi Simpson (ID) dan Indeks <i>Equatability</i> (E)	53
4.2.3 Indeks Similaritas Bray-Curtis (IBC)	55
4.3 Pengaruh Variabel Lingkungan terhadap Diversitas Kupu-Kupu	56
4.4 Musuh Alami Kupu-Kupu	57
4.5 Perbedaan Penggunaan Lahan ( <i>Land Use</i> ) Kedua Lokasi dan Pengaruhnya pada Pola Diversitas Kupu-Kupu	58
4.6 Analisis Statistik	60
4.6.1 Uji beda Anova	60
4.6.2 Uji korelasi & regresi	61
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>68</b>



## DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Skenario pengamatan kupu-kupu pada dua lokasi.	44
2	<i>Mean</i> kelimpahan kupu-kupu pada lokasi VES di Sengkaling dan Coban Talun	47
3	Faktor abiotik pada masing-masing stasiun pengamatan di Sengkaling dan Coban Talun	56
4	Signifikansi ( $\alpha$ ) normalitas data untuk uji korelasi dan regresi	61
5	Signifikansi ( $\alpha$ ) uji korelasi antara indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) dengan keempat faktor abiotik	61
6	Signifikansi ( $\alpha$ ) uji regresi linear antara indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) dengan keempat faktor abiotik	62

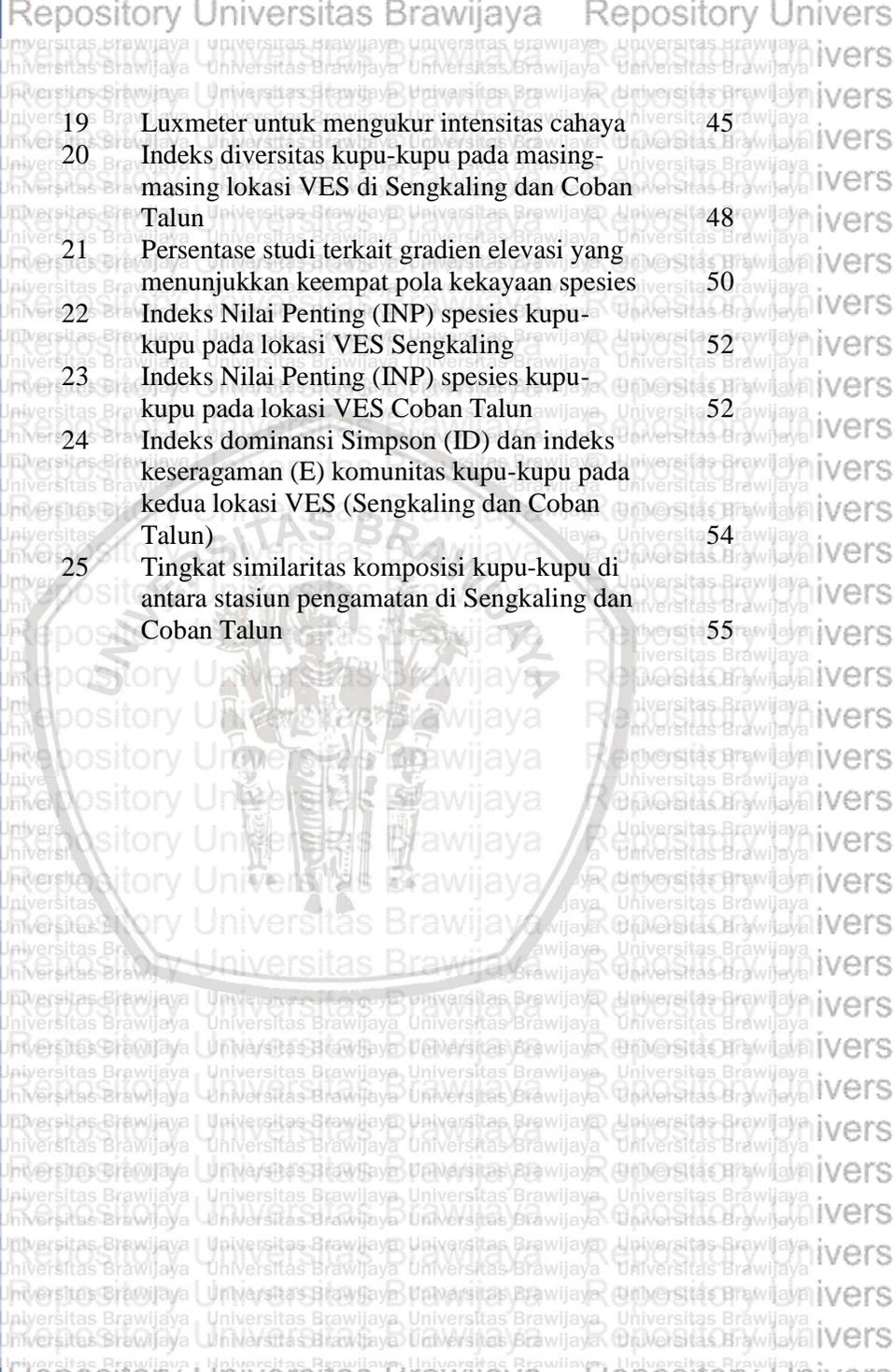


## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1	Pengaruh gradien elevasi terhadap penurunan suhu pada pegunungan tropis dan subtropis 20
2	Persentase studi terkait gradien elevasi yang menunjukkan keempat pola kekayaan spesies 22
3	Bagian-bagian tubuh utama kupu-kupu dewasa 26
4	Struktur kaki terdepan kupu-kupu dewasa 28
5	Struktur sayap kupu-kupu dewasa dan pembagian areanya 29
6	Larva lebah Braconidae yang menjadi parasit pada tubuh ulat kupu-kupu yang kemudian menjadi pupa 31
7	Organ <i>osmeterium</i> pada ulat Famili Papilionidae yang menjadi senjata tambahan sebagai mekanisme defensif terhadap predator 33
8	Morfologi kupu-kupu Famili Hesperidae ( <i>Erynnis baptisiae</i> ) 36
9	Morfologi kupu-kupu Famili Papilionidae ( <i>Papilio Troilus troilus</i> ) 37
10	Morfologi kupu-kupu Famili Pieridae ( <i>Colias philodice</i> ) 37
11	Famili Lycaenidae 38
12	Morfologi kupu-kupu Famili Nymphalidae ( <i>Euptoieta claudia</i> ) 39
13	Peta provinsi Jawa Timur 40
14	Site pengamatan pada lokasi 1 (Sengkaling-600 mdpl) 41
15	Site pengamatan pada lokasi 2 (Coban Talun-1.300 mdpl) 42
16	Aerial net yang digunakan untuk menangkap kupu-kupu yang terbang selama periode studi pendahuluan 43
17	Anemometer untuk mengukur kecepatan angin 44
18	Sling pycrometer untuk mengukur kelembaban relatif udara sekaligus mengukur suhu udara 45



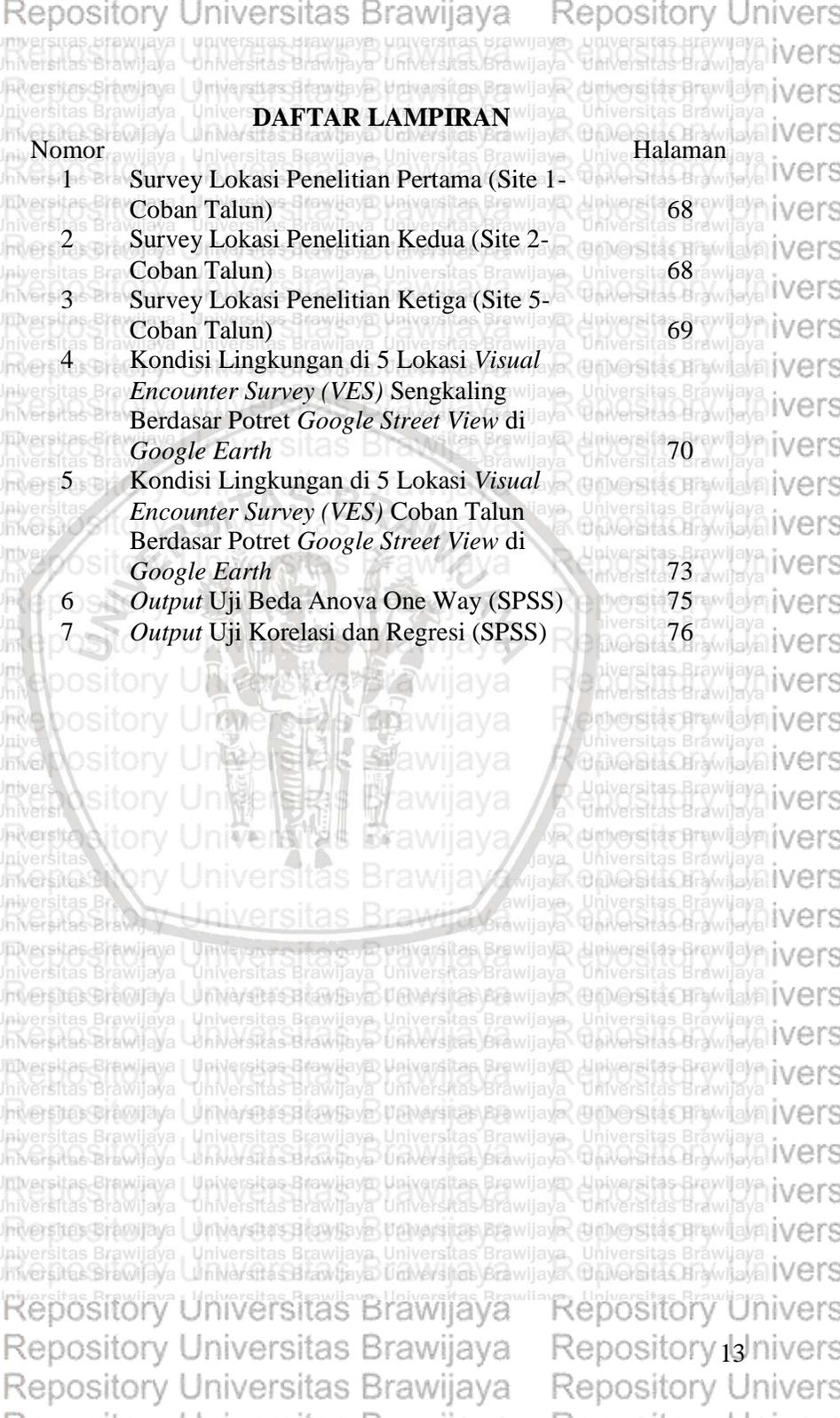
19	Luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya	45
20	Indeks diversitas kupu-kupu pada masing-masing lokasi VES di Sengkaling dan Coban Talun	48
21	Persentase studi terkait gradien elevasi yang menunjukkan keempat pola kekayaan spesies	50
22	Indeks Nilai Penting (INP) spesies kupu-kupu pada lokasi VES Sengkaling	52
23	Indeks Nilai Penting (INP) spesies kupu-kupu pada lokasi VES Coban Talun	52
24	Indeks dominansi Simpson (ID) dan indeks keseragaman (E) komunitas kupu-kupu pada kedua lokasi VES (Sengkaling dan Coban Talun)	54
25	Tingkat similaritas komposisi kupu-kupu di antara stasiun pengamatan di Sengkaling dan Coban Talun	55





## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Survey Lokasi Penelitian Pertama (Site 1- Coban Talun)	68
2	Survey Lokasi Penelitian Kedua (Site 2- Coban Talun)	68
3	Survey Lokasi Penelitian Ketiga (Site 5- Coban Talun)	69
4	Kondisi Lingkungan di 5 Lokasi <i>Visual Encounter Survey (VES)</i> Sengkaling Berdasar Potret <i>Google Street View</i> di <i>Google Earth</i>	70
5	Kondisi Lingkungan di 5 Lokasi <i>Visual Encounter Survey (VES)</i> Coban Talun Berdasar Potret <i>Google Street View</i> di <i>Google Earth</i>	73
6	<i>Output Uji Beda Anova One Way (SPSS)</i>	75
7	<i>Output Uji Korelasi dan Regresi (SPSS)</i>	76



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Biodiversitas merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan keragaman bentuk kehidupan di bumi beserta interaksi antar berbagai makhluk hidup, baik dengan sesama makhluk hidup lainnya atau dengan lingkungannya. Biodiversitas dalam definisinya yang lain juga mencakup fungsi-fungsi ekologi dan layanan alam yang dihasilkan oleh makhluk hidup dalam ekosistemnya bagi makhluk hidup lain termasuk manusia. Biodiversitas dengan berbagai definisinya kemudian menjadi bidang kajian yang sangat menarik karena memiliki banyak sisi dan aspek untuk ditelaah (Sutarno & Setyawan, 2015).

Indonesia dalam diskusi biodiversitas dunia, adalah Negara yang tidak dapat ditinggalkan karena Indonesia adalah salah satu dari 17 negara yang menyangg predikat sebagai Negara Megabiodiversitas. Tujuh belas Negara tersebut adalah Amerika Serikat, Australia, Afrika Selatan, Brazil, Cina, Ekuador, Filipina, India, Indonesia, Kolombia, Kongo, Madagaskar, Malaysia, Meksiko, Papua Nugini, Peru, dan Venezuela. Bersamaan dengan Brazil dan Kongo, hutan topis Indonesia menyangg gelar sebagai wilayah dengan diversitas spesies terrestrial tertinggi di dunia. Salah satu biodiversitas terbaik yang dimiliki oleh Indonesia adalah diversitas insektanya, dimana dari 20.000 spesies kupu-kupu di seluruh dunia, 2.000 spesies di antaranya terdapat di Indonesia. Studi terdahulu menyebutkan bahwa terdapat kurang lebih 890 spesies kupu-kupu hidup di Sumatera, 640 spesies di Jawa, 800 spesies di Kalimantan, 560 spesies di Sulawesi, 350 spesies di Nusa Tenggara, 400 spesies di Maluku, dan lebih dari 500 spesies di Papua (Ratih, 2015; Sutarno & Setyawan, 2015).

Kupu-kupu dikenal dengan cukup baik secara taksonomi dan ekologi. Kelimpahan kupu-kupu sangat dipengaruhi oleh vegetasi yang menjadi tempatnya mencari makan. Selain itu, kupu-kupu diketahui cukup responsif terhadap beberapa faktor lingkungan, perubahan vegetasi, dan perubahan iklim. Beberapa studi terdahulu menyebutkan bahwa kupu-kupu merupakan objek yang relatif mudah untuk diambil di lapangan dan menunjukkan hasil yang baik pada studi gradien ekologi dan kajian konservasi. Tidak hanya itu, diversitas dan pola geografi kupu-kupu, distribusi vertikal, dan

variasi kekayaan spesies berdasarkan gradien ketinggian spasial menjadi perhatian utama oleh para ahli ekologi. Secara spasial, diversitas spesies dapat berbeda-beda berdasarkan perbedaan gradien lintang dan bujur suatu lokasi. Distribusi spesies pada suatu ekosistem ditentukan oleh kecocokan habitat dan iklim bagi spesies tertentu. Faktor utama yang mempengaruhi distribusi spesies dan diversitasnya antara lain meliputi isolasi geografis, ketinggian, iklim, dan fitur lanskap habitatnya seperti struktur, heterogenitas, dan kualitasnya (Levanoni dkk., 2011; Mihoci dkk., 2011).

Studi terkait ekologi spasial selama hampir tiga dekade terakhir banyak terfokus pada kajian mengapa jumlah spesies dapat berbeda-beda secara geografis. Menariknya, dan mungkin terdokumentasi dengan baik, adalah bahwasanya dalam kaitannya dengan gradien garis lintang, diversitas spesies berkurang seiring bertambahnya garis lintang. Tidak hanya terkait gradien garis lintang, gradien ketinggian nyatanya juga memberi informasi yang hampir serupa dan menawarkan karakteristik yang menjadikannya lebih mudah untuk menemukan penyebab utama terjadinya variasi diversitas spasial. Pertama, terdapat lebih banyak ulangan yang bisa dilakukan, semisal tiap ekosistem pegunungan atau tiap rentang ketinggian pada ekosistem gunung dapat dijadikan pengulangan dalam sebuah studi sehingga generalitas penyebab pokok terjadinya variasi diversitas spasial ini memungkinkan untuk diuji. Kedua, data lapang dapat diperoleh lebih mudah pada gradien ketinggian spasial daripada melalui gradien garis lintang, hal ini sederhananya disebabkan karena luasnya lanskap yang dipakai untuk studi terkait gradien ketinggian relatif lebih sempit dan terjangkau daripada lanskap gradien garis lintang yang mungkin menjadi sangat luas. Terakhir, terdapat beberapa penyebab pokok potensial terjadinya variasi diversitas spasial yang tidak dapat dikaji dan diketahui lebih dalam jika pendekatan yang dilakukan adalah melalui gradien garis lintang (Sanders & Rahbek, 2012).

Beberapa kelebihan yang diberikan oleh studi dengan pendekatan gradien ketinggian tersebut selanjutnya menjadi peluang yang baik untuk dimanfaatkan sebagai alat memahami penyebab pokok terjadinya variasi diversitas spasial. Bersamaan dengan hal tersebut, studi terkait gradien ketinggian ini dapat pula digunakan sebagai alat bantu mengetahui mekanisme yang membentuk pola biodiversitas di bumi dan ekosistem fungsionalnya. Beberapa studi terdahulu yang telah dilakukan menyebutkan beberapa penyebab

pokok terjadinya variasi diversitas spasial berdasarkan gradien ketinggian. Beberapa diantaranya yang paling sering teruji, penyebab pokok tersebut adalah iklim dan produktivitas, area, adanya gangguan, batasan geometrik, dan sejarah evolusinya. Meski demikian, beberapa studi tersebut menyebutkan bahwa terjadinya variasi diversitas berdasar gradien ketinggian tidak hanya dipengaruhi oleh salah satu mekanisme tunggal, atau dengan kata lain, masing-masing mekanisme saling memberi pengaruh bagi terbentuknya pola diversitas yang berbeda secara spasial (Sanders & Rahbek, 2012).

Wana wisata Coban Talun yang terletak di Kecamatan Bumiaji, Batu, dan Sengkaling yang terletak di Kecamatan Dau, Malang, memiliki posisi yang berbeda dilihat dari ketinggiannya di atas permukaan laut. Coban Talun terletak pada ketinggian 1.300-1.400 mdpl, sedangkan Sengkaling terletak pada ketinggian 550-600 mdpl. Perbedaan ketinggian kedua lokasi inilah yang kemudian diasumsikan mempengaruhi pembentukan pola diversitas kupu-kupu secara spasial. Mendasari beberapa hal yang telah disebutkan di atas, maka penelitian yang berjudul **“Diversitas Spasial Kupu-Kupu Diurnal Berdasarkan Gradien Elevasi di Coban Talun (Bumiaji, Batu) dan Sengkaling (Dau, Malang), Jawa Timur”** ini penting dilakukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Melalui latar belakang yang telah dijelaskan di atas, beberapa rumusan masalah yang dihadirkan dalam penelitian ini antara lain adalah:

- bagaimanakah pengaruh gradien elevasi bagi diversitas spasial dan struktur komunitas kupu-kupu di Coban Talun dan Sengkaling?
- bagaimanakah pengaruh faktor lingkungan terhadap diversitas dan struktur komunitas kupu-kupu di Coban Talun dan Sengkaling?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang dihadirkan, penelitian ini bertujuan untuk:

- menentukan diversitas spasial dan struktur komunitas kupu-kupu di Coban Talun dan Sengkaling serta kaitannya dengan gradien elevasi

b. mengetahui pengaruh faktor lingkungan terhadap diversitas dan struktur komunitas kupu-kupu di Coban Talun dan Sengkaling.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain dapat dijadikan sebagai dasar penelitian lain di masa mendatang terkait kajian bioindikator kualitas lingkungan di berbagai tempat lainnya di Indonesia, sehingga terjadinya degradasi lingkungan dapat terdeteksi lebih awal. Tidak hanya itu, informasi terkait diversitas kupu-kupu di ini dapat dijadikan pedoman bagi konservasi vegetasi alami dan endemik di kawasan Coban Talun dan Sengkaling, karena vegetasi eksotik yang invasif cenderung mengurangi diversitas kupu-kupu dan struktur komunitasnya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Profil Coban Talun dan Sengkaleng

Wana wisata Coban Talun terletak di Kecamatan Bumiaji yang termasuk dalam wilayah administrasi Kota Batu. Luas wilayah Kota Batu yang sebesar 197,087 km<sup>2</sup> meliputi tiga wilayah kecamatan, yaitu Bumiaji, Batu, dan Junrejo dengan jumlah penduduk sebanyak 168.155 jiwa pada tahun 2001. Kota Batu meliputi tiga gunung yang diakui secara Nasional, yaitu Gunung Panderman, Gunung Welirang, dan Gunung Arjuno. Topografi pegunungan dan perbukitan inilah yang kemudian menjadikan Kota Batu memiliki suhu udara yang rendah, dengan temperatur tahunan rerata sebesar 21,5 °C, tertinggi 27,2 °C, dan terendah 14,9 °C. Rerata kelembaban udara relatifnya adalah sebesar 86 % dengan kecepatan angin 10,73 km/jam. Curah hujan di tertinggi di Kota Batu terdapat di Kecamatan Bumiaji dengan curah hujan sebesar 2.471 mm dan hari hujan sebanyak 134 hari dalam satu tahun. Kecamatan Bumiaji adalah salah satu kecamatan terluas di antara kecamatan-kecamatan lainnya yang termasuk dalam wilayah Kota Batu, dengan luas 127,978 km<sup>2</sup>, atau setara dengan 64,28 % dari luas total Kota Batu. Seluruh wilayah Kecamatan Bumiaji, berdasar pada posisi geografisnya, terletak di daerah lereng pegunungan dengan topografi yang umumnya berupa perbukitan dan pegunungan, dengan rata-rata ketinggian sekitar 1.062 mdpl. Posisi inilah yang kemudian menjadikan Kecamatan Bumiaji sebagai wilayah tertinggi di antara kecamatan-kecamatan Kota Batu lainnya. Rerata curah hujan di Kecamatan Bumiaji, pada tahun 2014 tercatat mengalami peningkatan dari 150 mm/bulan menjadi 239 mm/bulan, dengan rerata hari hujan sebanyak 14 hari/bulan (BPS Kota Batu, 2015).

Wana wisata Coban Talun terletak di lereng sebelah barat Gunung Arjuno-Welirang, tepatnya di Dusun Junggo, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur. Secara geografis, wana wisata Coban Talun terletak pada posisi 112°31'00,95" BT dan 7°48'17,21" LS. Coban Talun termasuk salah satu destinasi wisata yang cukup terkenal setelah Coban Rondo. Lokasinya memiliki topografi miring dan landai, terletak pada ketinggian 950-1.400 mdpl, dengan suhu rerata 18-23 °C, dan curah hujan rerata 1.800 mm/tahun. Luas areanya mencakup 45,5 hektar, dengan jarak tempuh 30 km dari Kota Malang dan 6,7 km dari Kota

Batu. Jenis vegetasi yang mendominasi di wana wisata Coban Talun ini antara lain adalah akasia (*Acacia sieberiana*), trengguli (*Cassia javanica*), pinus (*Pinus merkusii*), suren (*Toona sureni*), gempol (*Nauclea orientalis*), dan lainnya (Astuti, 2015; Batueventguide, 2016).

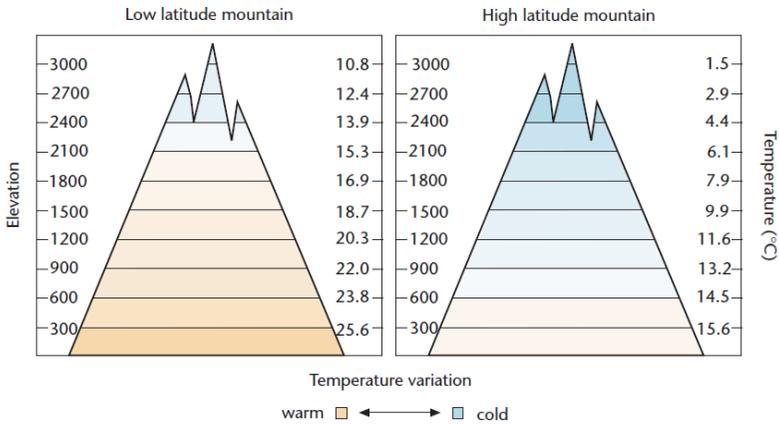
Dusun Sengkaling yang terletak di Desa Mulyoagung, Kecamatan Dau, termasuk dalam wilayah administrasi Kabupaten Malang. Kabupaten Malang terletak pada bagian tengah-selatan wilayah propinsi Jawa Timur dan dapat dikatakan cukup strategis karena berbatasan dengan beberapa kabupaten lainnya dan Samudera Hindia di sebelah selatan. Secara geografis, Kabupaten Malang terletak pada  $112^{\circ}17'10,90''$ - $122^{\circ}57'00,00''$  BT dan  $7^{\circ}44'55,11''$ - $8^{\circ}26'35,45''$  LS. Kabupaten Malang yang memiliki luas wilayah  $3.238,26$  km<sup>2</sup>, menduduki urutan kedua terluas setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 kabupaten di Jawa Timur. Topografi Kabupaten Malang yang merupakan dataran tinggi dengan dikelilingi sembilan gunung, menjadikan Kabupaten Malang memiliki potensi hutan yang besar. Beberapa gunung tersebut yang telah diakui secara Nasional antara lain adalah Gunung Semeru, Gunung Bromo, Gunung Kawi, Gunung Kelud, Gunung Welirang, dan Gunung Arjuno. Kondisi topografi pegunungan dan perbukitan inilah yang menjadikan Kabupaten Malang dikenal sebagai daerah sejuk dengan suhu udara rerata  $22,1$ - $26,8$  °C, kelembaban udara rerata  $69$ - $87$  %, dan curah hujan rerata  $727$  mm (Ciptakarya, 2016).

## 2.2 Gradien Elevasi dalam Kajian Ekologi Spasial

Para ahli ilmu alam terdahulu, dalam perjalanan panjangnya mengelilingi dunia, melihat bahwasanya tipe habitat dan jumlah spesies mengalami perubahan yang dapat diprediksi seiring meningkatnya gradien garis lintang dan gradien elevasi. Perubahan ini, yang meliputi komposisi dan diversitas flora dan fauna di sepanjang gradien garis lintang dan gradien elevasi, selanjutnya menjadi salah satu dari sekian pilar utama dalam kajian ekologi dan evolusi (Mc Cain & Grytnes, 2010).

Beberapa faktor dapat berubah dengan meningkatnya elevasi, dan salah satu yang paling jelas terlihat adalah menurunnya suhu seiring bertambahnya ketinggian. Suhu mengalami penurunan rerata kurang lebih sebesar  $0,6$  °C pada tiap kenaikan  $100$  m. Pegunungan di daerah tropis yang memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan daerah subtropis oleh karena garis lintang yang berdekatan dengan ekuator,

memiliki suhu yang lebih hangat pada bagian lerengnya, sehingga untuk dapat mencapai suhu dingin yang ekstrim layaknya pegunungan di daerah subtropis, pegunungan tropis harusnya memiliki ketinggian yang lebih tinggi dari yang sekarang telah ada. Sederhananya, oleh karena perbedaan posisi berdasar garis lintang, suhu terendah di puncak gunung daerah tropis tentu berbeda dengan suhu terendah di puncak gunung daerah subtropis (Gambar 1). Itulah mengapa, penurunan suhu dalam kaitannya dengan bertambahnya ketinggian dipengaruhi oleh letaknya berdasar garis lintang, topografi gunung, dan pola cuacanya. Selain suhu, faktor abiotik lain yang dapat berubah adalah tekanan udara yang akan menurun seiring bertambahnya ketinggian, serta intensitas cahaya matahari yang akan meningkat seiring bertambahnya ketinggian (Mc Cain & Grytnes, 2010).



Sumber: Mc Cain & Grytnes (2010)

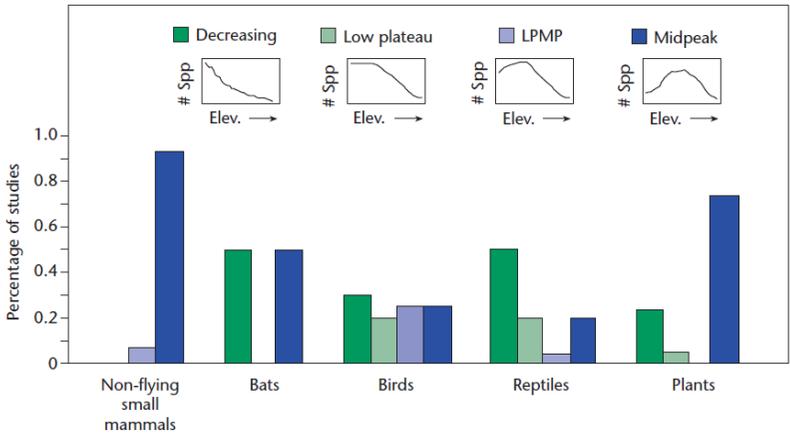
Gambar 1. Pengaruh gradien elevasi terhadap penurunan suhu pada pegunungan tropis (kiri) dan subtropis (kanan)

Para ahli ilmu alam terdahulu, termasuk Linneaus, Willdenow, von Humboldt, Darwin, dan Wallace pada abad ke-19 melihat bahwasanya kekayaan spesies mengalami penurunan seiring bertambahnya garis lintang (menjauhi ekuator). Kecenderungan yang sama juga terlihat saat von Humboldt dan Darwin melakukan eksplorasi di pegunungan tropis di Amerika Selatan, sedangkan Wallace melakukannya di kepulauan di Asia Tenggara, bahwa ketiganya melihat kekayaan spesies mengalami penurunan seiring bertambahnya ketinggian. Namun pernyataan tersebut tidak

berlangsung lama, setidaknya hingga abad ke-20 dimana *assessment* kuantitatif telah mulai banyak dilakukan untuk mengevaluasi *trend* meningkatnya elevasi bagi kekayaan spesies. Penelitian Grinnel dan Storer pada tahun 1924 menunjukkan bahwa beberapa kelompok vertebrata (mamalia, aves, amfibi, dan reptil) memiliki pola kekayaan spesies *unimodal* dimana kekayaan spesies tertinggi ditemukan pada sepertiga perjalanan menuju puncak gunung (sepertiga dari total ketinggian gunung). Lain halnya dengan Grinnel dan Storer, Lassen dan beberapa koleganya menemukan bahwa mamalia kecil dan aves memiliki kekayaan spesies tertinggi pada ketinggian separuh dari ketinggian gunung, sedangkan reptil dan kelelawar memiliki kekayaan spesies tertinggi pada ketinggian yang rendah yaitu di lereng gunung. Beberapa penemuan ini yang kemudian menjadikan Robert Whittaker di tahun 1960, melalui penelitiannya terhadap diversitas insekta dan tumbuhan, menyimpulkan bahwa terdapat dua pola kekayaan spesies berdasarkan gradien elevasi. Pola pertama adalah dimana kekayaan spesies menurun seiring bertambahnya ketinggian (*decreasing pattern*), sedangkan pola kedua adalah dimana kekayaan spesies paling tinggi terdapat pada ketinggian pertengahan yang kemudian diikuti dengan menurunnya kekayaan spesies seiring bertambahnya ketinggian (*mid-elevational peaks/unimodal*) (Mc Cain & Grytnes, 2010).

Tidak berhenti disana, satu hingga dua dekade kemudian, tepatnya di tahun 1970-an hingga 1980-an, para ahli ekologi tertarik dengan diversitas yang luar biasa yang terdapat pada daerah tropis, yang kemudian menjadikan perhatian studi dialihkan dari daerah subtropis menuju daerah tropis. Studi terkait gradien elevasi di daerah tropis pada masa itu dilakukan pertama kali oleh John Terborgh yang meneliti komunitas aves di Peruvian Andes, Amerika Selatan. Penelitian Terborgh dan koleganya tersebut menunjukkan adanya kekayaan spesies dengan pola menurun, dimana kekayaan spesies semakin menurun seiring bertambahnya ketinggian. Berdasarkan hasil penelitian Terborgh inilah, selanjutnya pola penurunan diversitas (*decreasing pattern*) diterima sebagai asumsi umum pola diversitas pada gradien elevasi untuk semua kelompok taksonomi selama lebih dari dua dekade, sedangkan pola *unimodal* yang dikemukakan oleh Grinnel dan Whittaker menjadi terkesampingkan. Namun, asumsi umum yang dikemukakan oleh Terborgh tersebut dipatahkan oleh Rahbek pada tahun 1995, dimana melalui berbagai penelitiannya ia cenderung menemukan bahwa pola *unimodal* lebih

umum ia ditemui daripada pola penurunan (*decreasing pattern*). Selanjutnya, dengan berbagai penelitian yang telah dikembangkan terkait pola diversitas pada gradien elevasi, kini telah dikenal empat pola kekayaan spesies, yaitu pola penurunan (*decreasing pattern*), pola *low plateau*, pola *low plateau with a mid-elevational peak (LPMP)*, dan pola *mid-elevational peak/unimodal* (Gambar 2) (Mc Cain & Grytnes, 2010).



Sumber: Mc Cain & Grytnes (2010)

Gambar 2. Persentase studi terkait gradien elevasi yang menunjukkan keempat pola kekayaan spesies

Pola penurunan (*decreasing pattern*) merupakan pola dimana kekayaan spesies menurun secara teratur seiring bertambahnya ketinggian. Pola *low plateau* merupakan pola dimana kekayaan spesies tertinggi terjadi secara konstan pada dataran tinggi yang rendah (>300 m) untuk kemudian mengalami penurunan. Pola *low plateau with a mid-elevational peak (LPMP)* adalah pola dimana kekayaan spesies yang tinggi terdapat pada dataran tinggi yang rendah (>300 m) dengan kekayaan spesies tertinggi terdapat pada 300 m lebih tinggi dari bagian lereng gunung. Adapun pola *mid-elevational peak/unimodal* merupakan pola dimana kekayaan spesies pada lereng gunung adalah 25 % lebih rendah daripada kekayaan spesies paling tinggi yang terdapat pada ketinggian pertengahan, yang kemudian diikuti dengan menurunnya kekayaan spesies sebanyak 25 % lebih rendah seiring meningkatnya ketinggian (Mc Cain & Grytnes, 2010).

Terbentuknya berbagai pola diversitas seperti yang telah disebutkan sebelumnya dikendalikan oleh empat kelompok kategori penyebab utama, yaitu iklim, ruang, sejarah evolusioner, dan proses biotik. Beberapa faktor terkait iklim yang menjadi pengendali pola diversitas ini antara lain adalah suhu, curah hujan, produktivitas, kelembaban udara, dan penutupan awan. Kemudian, beberapa faktor yang terkait ruang adalah hubungan antara spesies dengan habitatnya (*Species-area Relationship/SAR*) dan pembatas spasial atau yang dapat disebut sebagai *Mid-Domain Effect/MDE*. Adapun laju spesiasi, laju kepunahan, dan *niche* filogenetik merupakan beberapa faktor yang terkait sejarah evolusionernya. Terakhir, beberapa proses biologis yang dikemukakan terlibat dalam membentuk pola diversitas ini meliputi efek ekoton, kompetisi, mutualisme, heterogenitas dan kompleksitas habitat (Mc Cain & Grytnes, 2010).

### 2.3 Kupu-Kupu sebagai Indikator Kualitas Ekosistem

Bioindikator didefinisikan sebagai suatu spesies atau sekelompok spesies yang merefleksikan kondisi biotik dan abiotik suatu lingkungan serta merepresentasikan pengaruh perubahan lingkungan terhadap habitat, komunitas, dan atau ekosistem dalam suatu area. Selama 25 tahun terakhir, konsep bioindikator telah diperluas untuk mengkaji isu-isu ekologi yang berkenaan dengan *assessment* konservasi dan manajemen lanskap. Mc Geoch di tahun 1998 membagi bioindikator menjadi tiga kategori utama, yaitu 1) indikator lingkungan yang berkaitan dengan perubahan fisikokimia lingkungan, 2) indikator ekologi yang berkenaan dengan pengaruh yang diberikan oleh beberapa faktor terhadap ekosistem, dan 3) indikator diversitas yang mencakup *assessment* habitat dalam rangka konservasi. Meski demikian, ketiga kategori ini nampak sedikit samar karena adanya tumpang tindih konsep di antara ketiga kategori tersebut. Sehingga sederhananya, konsep bioindikator tidak ditekankan pada bioindikator itu sendiri namun juga ditekankan pada pengaruh yang diberikan oleh beberapa faktor terhadap sifat-sifat habitat, yang kemudian secara umum bioindikator digunakan untuk mengindikasikan 1) perubahan fisik lingkungan, 2) perubahan kimia lingkungan yang utamanya terkait dengan respon lingkungan terhadap berbagai bentuk polusi atau kontaminan, 3) nilai konservasi suatu habitat, dan 4) perubahan status ekologi suatu habitat yang berkaitan dengan respon terhadap waktu dan tempat (Hodkinson & Jackson, 2005).

Invertebrata, khususnya insekta merupakan organisme berukuran sedang yang secara umum laju pertumbuhannya sepanjang waktu berada di antara mikroorganisme dan tumbuhan atau hewan tingkat tinggi. Invertebrata memiliki mekanisme dispersal aktif maupun pasif yang efektif, sehingga menjadikannya mudah tersebar luas dan melakukan rekolonisasi yang cepat pada suatu habitat terganggu. Berbeda dengan tumbuhan, karena laju pertumbuhan dan mekanisme dispersalnya yang lambat, tumbuhan menjadi relatif kurang responsif untuk dijadikan sebagai indikator, dan sebaliknya pada mikroorganisme, laju pertumbuhannya yang sangat cepat dan sangat responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan menjadikannya cenderung memiliki fluktuasi yang kurang stabil jika digunakan sebagai indikator jangka panjang. Sehingga dengan beberapa alasan tersebut, maka invertebrata menjadi objek yang banyak dikaji sebagai indikator perubahan fungsi ekosistem. Meski demikian, pemilihan jenis atau kelompok invertebrata yang manakah yang dapat dijadikan indikator untuk beberapa kasus masih banyak menjadi pertanyaan (Hodkinson & Jackson, 2005).

Hilty dan Merenlender di tahun 2000 mengemukakan detail kriteria pemilihan organisme sebagai bioindikator, yang mana hal ini disesuaikan dan bergantung pada spesifikasi tujuan studi yang dilakukan. Beberapa kriteria tersebut adalah 1) taksa yang dipilih secara taksonomi telah stabil dan mudah diidentifikasi, 2) karakter biologi organisme yang dipilih telah diketahui khususnya yang terkait responnya terhadap perubahan sifat habitat, 3) jumlahnya melimpah dan mudah dimanipulasi, 4) taksa yang dipilih representatif bagi keseluruhan komunitas, dan 5) taksa yang dipilih terdistribusi dalam suatu skala yang bersesuaian dengan persyaratan spasial dan temporal studi yang dilakukan (Hodkinson & Jackson, 2005).

Beberapa dari kelompok invertebrata yang banyak digunakan sebagai bioindikator adalah anggota Filum Arthropoda, yang mana Kelas Insekta merupakan satu dari beberapa Arthropoda yang tergolong responsif. Salah satu dari sekian banyak anggota Kelas Insekta yang sering dikaji adalah Ordo Lepidoptera atau kupu-kupu dan ngengat. Ordo Lepidoptera adalah Ordo terbesar kedua dari Kelas Insekta yang membentuk komponen penting bagi diversitas terrestrial. Tingginya diversitas spesies dalam suatu ekosistem bergantung pada kemampuan komunitasnya untuk beradaptasi pada habitat mikro yang ada di area tersebut. Kupu-kupu tergolong biota yang sensitif karena kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh variasi

lingkungan dan perubahan struktur komunitas tumbuhan. Selain karena kupu-kupu sangat sensitif dan responsif terhadap perubahan lingkungan, kupu-kupu juga mudah diamati dan secara taksonomi mudah diidentifikasi. Sehingga hal ini menjadikan studi terkait respon komunitas kupu-kupu terhadap gangguan lingkungan menjadi relatif lebih mudah dilakukan. Kupu-kupu digunakan sebagai indikator kualitas ekosistem yang baik disebabkan asosiasinya yang kuat dengan variabel lingkungan di habitatnya yang meliputi intensitas cahaya, area yang dipenuhi bunga, lanskap berupa padang rumput, daerah berbukit-bukit, tepi hutan, dan tumbuhan herba yang berlimpah. Selain itu, keberadaan kupu-kupu bermanfaat untuk evaluasi adanya pengaruh perubahan lingkungan baik secara langsung atau tidak langsung, salah satunya adalah terkait perubahan iklim. Heterogenitas lingkungan diketahui memberikan pengaruh bagi meningkatnya diversitas dan kekayaan spesies kupu-kupu pada daerah yang dipenuhi vegetasi. Namun, menurunnya kekayaan spesies kupu-kupu secara keseluruhan sering dikaitkan dengan adanya aktivitas antropogenik yang cenderung destruktif meliputi penebangan hutan, konversi lahan, urbanisasi, praktek pertanian, dan peternakan. Perubahan ukuran tubuh dan distribusi kupu-kupu juga menggambarkan perubahan lingkungan akibat aktivitas antropogenik tersebut (Khan & Rastogy, 2015).

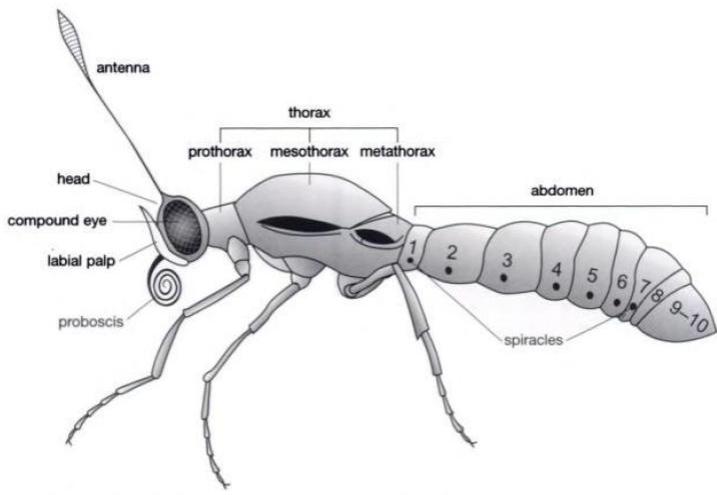
## 2.4 Ordo Lepidoptera

Ordo Lepidoptera atau kupu-kupu merupakan anggota Filum Arthropoda yang memiliki tubuh bersegmen dengan kaki-kaki yang saling bersambungan dan skeletannya tersusun atas derivat-derivat kitin yang keras sehingga kemudian disebut dengan eksoskeleton. Kelas-kelas yang paling utama dari Filum Arthropoda adalah Kelas Insekta, Arachnida, dan Crustacea. Anggota Kelas Insekta lain yang memiliki hubungan taksonomi terdekat dengan kupu-kupu adalah Ordo Trichoptera. Kupu-kupu bersamaan dengan Ordo lainnya seperti Coleoptera, Diptera, dan Hymenoptera memiliki empat fase dalam daur hidupnya, yaitu fase telur, larva, pupa, dan fase dewasa, yang biasanya sering disebut dengan terminologi metamorfosis sempurna. Larva kupu-kupu memiliki ciri bentuk dan struktur khas yang sering disebut sebagai ulat (*caterpillar*), yang akan lebih detail dibahas dalam beberapa sub-bab berikutnya. Pupanya yang berbentuk menggembung dan dilengkapi dengan struktur berjarum disebut sebagai kempompong (*chrysalis*) (Layberry dkk., 2001).

Ordo Lepidoptera yang termasuk dalam Kelas Insekta dicirikan dengan adanya tiga bagian tubuh yang utama, yaitu kepala, dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*) dengan tiga pasang kaki yang saling bersambungan pada *thorax*. Secara khusus, anggota Ordo ini dicirikan dengan adanya empat sayap yang tertutupi oleh sisik-sisik datar yang membentuk berbagai macam pola dan warna. Selain itu, anggota Ordo ini dicirikan pula dengan karakter struktural lainnya yang meliputi adanya struktur serupa sisir di setiap kaki terdempannya yang disebut dengan epifisis. Struktur epifisis ini hanya dimiliki oleh sebagian besar ngengat dan sebagian kecil Famili kupu-kupu primitif seperti Papilionidae dan Hesperidae (Layberry dkk., 2001). Berikut ini akan diuraikan lebih detail terkait beberapa karakter biologi dan ekologi kupu-kupu yang meliputi morfologi, daur hidup, kelangsungan hidup, perilaku, dan beberapa Famili yang dominan ditemukan di lapang.

**2.4.1 Morfologi kupu-kupu dewasa**

Kupu-kupu dewasa, layaknya anggota Kelas Insekta lainnya tersusun atas tiga bagian tubuh yang utama, yaitu kepala, dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*) dengan tiga pasang kaki yang saling bersambungan pada *thorax* (Gambar 3). Ciri ini umumnya mudah dikenali meskipun sebagian struktur dewasanya yang dilengkapi dengan anggota tubuh tambahan tertutupi oleh sisik-sisik khusus yang rata (Braby, 2004).



Sumber: Braby (2004)

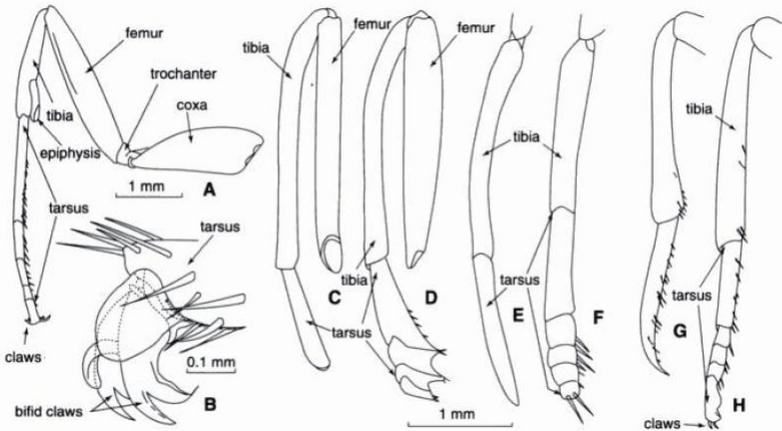
Gambar 3. Bagian-bagian tubuh utama kupu-kupu dewasa

Penciri yang paling jelas terdapat pada bagian kepala kupu-kupu adalah sepasang mata majemuk berukuran besar, yang masing-masing permukaannya tersusun atas ratusan lensa berbentuk heksagonal atau yang disebut dengan mata faset. Mata faset majemuk inilah yang memungkinkan kupu-kupu untuk mengenali bentuk, warna, dan pergerakan. Kemudian, di antara sepasang mata faset ini terdapat sepasang struktur peraba yang panjang bersegmen tiga yang disebut dengan antenna. Ketiga segmen antenna ini dari bagian basal hingga ujung secara berurutan disebut dengan *scape*, *pedicel*, dan *flagellum*. Selanjutnya, bagian mulut kupu-kupu tersusun atas lidah yang bergelung atau yang disebut dengan *proboscis* dan sepasang alat tambahan bersegmen tiga yang disebut dengan *labial palps* (Gambar 3). *Proboscis* pada kupu-kupu dilengkapi dengan beberapa kemoreseptor kecil, yang pada saat mengisap nektar *proboscis* akan direntangkan sebagai alat bantu isap (Braby, 2004).

Bagian dada atau *thorax* kupu-kupu tersusun atas tiga segmen, yang pada masing-masing segmen terdapat sepasang kaki. Segmen pertama atau disebut dengan *prothorax* adalah segmen terkecil di antara segmen lainnya. Segmen selanjutnya yang berukuran jauh lebih besar adalah segmen kedua (*mesothorax*) dan segmen ketiga (*metathorax*), yang dari masing-masing keduanya berkembang sepasang sayap dan memiliki struktur internal semacam punggung yang kuat yang disebut dengan *apodemes*. *Apodemes* inilah tempat dimana otot-otot yang diperlukan untuk menggerakkan sayap berada (Braby, 2004).

Kaki-kaki kupu-kupu tersusun atas lima segmen, yaitu *coxa*, *trochanter*, *femur*, *tibia*, dan *tarsus*. Normalnya *tarsus* memiliki lima segmen (Gambar 4A, F, H) dengan sepasang struktur serupa cakar di bagian ujungnya (*apical claws*), dan umumnya menghasilkan kemoreseptor. Sepasang kaki terdempannya berkembang sempurna yang pada sebagian Famili seperti Hesperiiidae, Papilionidae, dan Pieridae digunakan untuk berjalan, namun bagi sebagian Famili lainnya seperti Nymphalidae (Gambar 4 C, E) dan Lycaenidae (Gambar 4G) fungsinya untuk berjalan berkurang. Berkurangnya fungsi ini umumnya disebabkan oleh tidak adanya struktur serupa cakar di bagian ujungnya (*apical claws*) dan berkurangnya segmen *tarsus*, dimana sebagian segmen tersebut menyatu membentuk sebuah struktur segmen yang panjang. *Tibia* pada kaki terdepan Famili Hesperiiidae dan Papilionidae membentuk sebuah lobus yang dapat bergerak yang disebut dengan *epiphysis* (Gambar 4A).

Umumnya epifisis ini memiliki rambut-rambut serupa sisir yang diperkirakan berfungsi untuk membersihkan antenna dan *proboscis* (Braby, 2004).

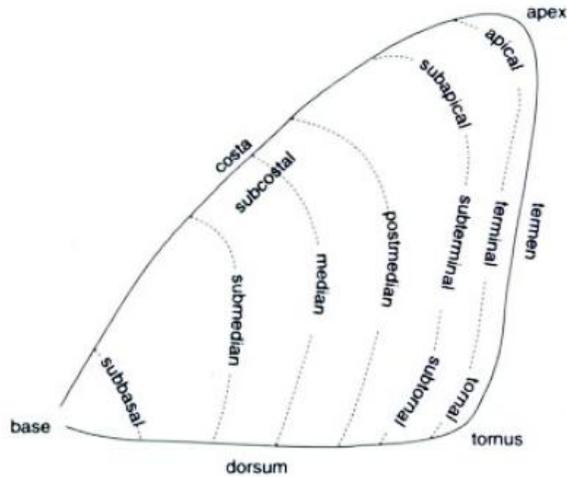


Sumber: Braby (2004)

Gambar 4. Struktur kaki terdepan kupu-kupu dewasa. Keterangan: A) HesperIIDae jantan, B) struktur serupa cakar pada tarsus Pieridae, C) Nymphalidae jantan (*Danaus* sp.), D) Nymphalidae betina (*Danaus* sp.), E) Nymphalidae jantan (*Vanessa* sp.), F) Nymphalidae betina (*Vanessa* sp.), G) Lycaenidae jantan (*Jalmenus* sp.), dan H) Lycaenidae betina (*Jalmenus* sp.)

Kupu-kupu dewasa memiliki dua pasang sayap yang berkembang sempurna. Masing-masing sayap utamanya tersusun atas kantong bermembran yang rata (*flattened*), dimana membran yang atas dan bawah saling berlekatan dengan bantuan penguat berupa serentetan pembuluh atau venasi. Masing-masing sayap depan dan belakang, untuk mempermudah deskripsi, dianggap memiliki bentuk segitiga (Gambar 5). Salah satu sudut segitiga pada sayap ini melekat pada *thorax* dan membentuk bagian basal sayap, sedangkan kedua sudut lainnya yang tidak melekat disebut dengan *apex* dan *tornus*. Tepian utama sayap yang berasal dari bagian basal menuju *apex* disebut *costa*, adapun tepian yang mempertemukan sudut *apex* dengan sudut *tornus* disebut *termen*, sedangkan tepian yang berasal dari bagian basal menuju *tornus* disebut *inner margin* atau *dorsum*. Beberapa nama lainnya juga diberikan untuk area-area utama pada sayap, yaitu *basal*, *subbasal*, *submedian*, *median*, *postmedian*,

subterminal, terminal, subcostal, costal, apical, subapical, subtoral, dan toral (Gambar 5) (Braby, 2004).



Sumber: Braby (2004)

Gambar 5. Struktur sayap kupu-kupu dewasa dan pembagian areanya

Permukaan sayap pada sebagian besar anggota Ordo Lepidoptera tertutup rapat oleh sisik-sisik yang saling *overlap* yang berkembang dari rongga-rongga sangat kecil dan tersusun melintang. Tepian sayap, khususnya pada area antara *apex* dan *tornus* dilengkapi dengan sisik-sisik marginal yang membentuk *scale-fringe*. Berbagai warna pada sayap kupu-kupu disebabkan adanya refraksi cahaya oleh struktur fisik sisik-sisik sayap dan atau disebabkan oleh pigmen yang tersimpan pada dinding sisik. Pigmen-pigmen ini terdistribusi untuk menghasilkan pola-pola kompleks yang khusus dan dapat menjadi ciri pembeda antar taksa. Sisik-sisik sayap pada individu jantan, pada umumnya memiliki kelenjar yang mampu memproduksi feromon yang disebut dengan *androconia* yang digunakan untuk menarik individu betina pada musim kawin (Braby, 2004).

Bagian *abdomen* kupu-kupu memiliki 10 segmen yang masing-masing tersusun atas bagian dorsal yang disebut *tergum* dan bagian ventral yang disebut *sternum*. Keduanya bersambungan secara lateral melalui area *pleural* bermembran, dimana spirakel terletak pada tujuh segmen pertama. Dua hingga tiga segmen terakhir termodifikasi untuk membentuk alat reproduksi, dimana pada individu jantan

bagian genitalnya terletak pada segmen ke-sembilan dan ke-sepuluh, sedangkan pada individu betina terdapat dua bagian genital. Kedua bagian genital betina tersebut, salah satunya berada pada bagian posterior *abdomen* yang digunakan untuk meletakkan telur, sedangkan satu yang lainnya terletak pada bagian ventral tengah di antara *sterna* ke-tujuh dan ke-delapan yang digunakan untuk kawin (Braby, 2004).

#### 2.4.2 Daur hidup

Daur hidup kupu-kupu yang disebut dengan metamorfosis sempurna terdiri atas empat fase, yaitu fase telur, larva, pupa, dan dewasa (*imago*). Pertama, telur-telur diletakkan oleh individu betina pada tumbuhan dimana nantinya ulat akan mencari makan, atau yang disebut sebagai tumbuhan inang. Telur-telur ini memerlukan beberapa hari untuk berkembang dan kemudian menetas menjadi larva atau yang dikenal sebagai ulat, dimana makanan pertamanya saat menetas adalah kulit telurnya sendiri. Kemudian, ulat tersebut akan mulai memakan bagian tubuh tumbuhan inangnya. Beberapa ulat akan memilih tumbuhan inang yang lain saat daun-daun tumbuhan inang lamanya sulit dicerna (Spencer, 2007).

Eksoskeleton ulat bersifat fleksibel yang menjadikannya dapat terentang saat melakukan pergerakan. Ulat-ulat ini selama perkembangannya yang cepat akan membuka eksoskeletonnya untuk diganti dengan eksoskeleton yang baru, dimana prosesnya disebut dengan *molting* atau *ecdysis*. Tiap fase yang dimiliki ulat antar *molting* disebut dengan *instar*. Ulat dapat mengalami *molting* beberapa kali, dimana setiap kali proses *molting* berakhir ulat akan istirahat sejenak dan membiarkan eksoskeletonnya yang baru mengeras. Tiap kali usai *molting*, laju pertumbuhan ulat akan semakin cepat, ukurannya semakin bertambah, dan mengonsumsi lebih banyak makanan. Usai melakukan *molting* yang terakhir, ulat akan segera menjadi pupa (Spencer, 2007).

Fase pupa untuk sebagian besar kupu-kupu selain Famili Hesperiiidae disebut dengan *chrysalis*. Umumnya *chrysalis* melekat pada permukaan yang tersembunyi, seperti pada ranting pohon. Fase ini adalah fase tanpa perilaku makan (*non-feeding stage*) dimana organ-organ larva akan terorganisasi ulang dan terdiferensiasi menjadi organ-organ dan struktur yang dimiliki kupu-kupu dewasa. Ketika metamorfosisnya telah usai, pupa akan terbuka dan kupu-kupu dewasa akan bergerak keluar perlahan. Sayap kupu-kupu dewasa pada saat itu masih rebah dan *abdomen*-nya dipenuhi oleh cairan,

sehingga kupu-kupu harus memompa cairan tersebut keluar menuju sayap-sayapnya yang menjadikannya mengeras dan terentang. Waktu yang digunakan untuk memompa cairan *abdomen* menuju sayap ini dikenal dengan periode *teneral*, dimana pada saat sayap telah mengering kupu-kupu akan mampu terbang. Beberapa kelompok kupu-kupu menyelesaikan seluruh daur hidupnya dalam jangka waktu satu bulan atau kurang, dan daur hidupnya berulang sekian kali dalam setahun. Umur hidup kupu-kupu dewasa umumnya sangat singkat, sehingga berkembang biak merupakan aktivitasnya yang paling penting untuk diselesaikan sebelum mati. Umumnya kupu-kupu dewasa memiliki rerata umur hidup dua hingga tiga minggu saja (Spencer, 2007).

#### 2.4.3 Kelangsungan hidup (*survival*)

Kupu-kupu layaknya makhluk hidup lainnya di bumi ini menghadapi berbagai macam ancaman alam. Kupu-kupu adalah bagian yang sangat penting pada rantai makanan, sehingga predator, parasit, dan fungi dapat menyerang tiap fase siklus kehidupannya. Ancaman yang umumnya menyerang kehidupan kupu-kupu adalah parasit berupa lebah Braconidae dan lalat Tachinidae. Mulanya individu betina lebah Braconidae akan meletakkan telur-telurnya pada bagian tubuh ulat kupu-kupu, kemudian telur-telur lebah tersebut akan menetas lalu memakan jaringan berlemak dan organ-organ ulat sehingga kemudian akan membentuk kepompong yang menyerupai kapas (Gambar 6) (Spencer, 2007).



Sumber: Spencer (2007).

Gambar 6. Larva lebah Braconidae yang menjadi parasit pada tubuh ulat kupu-kupu yang kemudian menjadi pupa

Beberapa ancaman yang dihadapi oleh kupu-kupu selama fase hidupnya inilah yang menjadikannya mengembangkan mekanisme pertahanan diri untuk dapat bertahan hidup di habitatnya. Beberapa mekanisme tersebut diuraikan pada penjelasan berikut ini.

a. Kamuflase

Kamuflase merupakan salah satu cara untuk menghindari dari predator dengan menjadikan tubuhnya memiliki warna yang serupa dengan objek lain, yang umumnya adalah tumbuhan inangnya semisal kulit batang pohon. Mekanisme ini tidak hanya terjadi pada fase dewasa, namun pada saat kupu-kupu masih berupa ulat pun mekanisme ini masih berlaku saat mereka terancam oleh predator (Spencer, 2007).

b. Mimikri

Mimikri umumnya dikenal sebagai mekanisme menyerupai spesies lain untuk menghindari predator. Terdapat beberapa tipe mimikri, salah satu yang paling umum terjadi adalah mimikri Batesian dimana spesies kupu-kupu yang memiliki rasa lezat bagi predator akan melakukan mimikri menyerupai spesies yang kurang lezat, sehingga predator yang memiliki preferensi dalam perilaku makannya akan menghindari dari spesies yang menyerupai spesies kurang lezat tersebut (Spencer, 2007).

c. *Warning coloration*

Peringatan menggunakan warna atau yang dapat disebut dengan *warning coloration* merupakan salah satu strategi pertahanan diri efektif yang memberitahukan pada predator bahwa spesies tersebut adalah spesies toksik. Sebagian ulat pada dasarnya memiliki warna yang mencolok karena mengonsumsi bahan kimia berbahaya pada tumbuhan yang menjadi makanannya, dan konsentrasi bahan kimia ini akan bertahan hingga ulat menjadi kupu-kupu dewasa. Jika burung memakan ulat atau kupu-kupu dewasa dengan warna terang ini, maka burung tersebut akan terpengaruh oleh bahan toksik dalam makanannya sehingga selanjutnya burung akan berusaha menghindari spesies berwarna terang ini. Inilah mengapa *warning coloration* menjadi salah satu mekanisme defensif yang efektif karena predator dengan sendirinya berusaha menghindari dari spesies toksik ini (Spencer, 2007).

d. Amunisi tambahan

Larva pada beberapa anggota Famili Papilionidae memiliki organ berdaging yang dapat keluar-masuk dari bagian kepalanya yang disebut dengan *osmeterium*. Ketika dalam kondisi terancam,

organ berbentuk Y ini akan menonjol keluar dari bagian belakang kepalanya dan mengeluarkan bau busuk yang diproduksi oleh beberapa jenis asam, ester, terpen, dan sesquiterpen. Salah satu cara untuk mengamati bagaimana organ ini bekerja adalah dengan sedikit menekan kepala ulat Famili Papilionidae ini, sehingga ulat tersebut kemudian akan menonjolkan sedikit bagian *osmeterium*-nya dan mengeluarkan bau, yang pada saat diperlukan ulat tersebut mampu merentangkan organ tersebut sepenuhnya sehingga dapat diketahui bahwa *osmeterium* memiliki ukuran yang cukup panjang (Gambar 7) (Spencer, 2007).



Sumber: Spencer (2007).

Gambar 7. Organ *osmeterium* pada ulat Famili Papilionide yang menjadi senjata tambahan sebagai mekanisme defensif terhadap predator

#### *e. Overwintering*

Kupu-kupu memiliki mekanisme adaptasi untuk bertahan pada musim dingin yang berupa dormansi atau istirahat sementara, periode ini disebut dengan *diapause*. Selama periode *diapause*, pergerakan, pertumbuhan, dan perkembangan akan terhenti. Selain itu, metabolisme, detak jantung, dan bernafas akan berlangsung lebih lambat. Gliserol yang diketahui bermanfaat sebagai anti pembekuan, merupakan salah satu bentuk gula yang terkandung dalam darah beberapa insekta untuk mencegah terbentuknya es dalam tubuh, termasuk pula pada kupu-kupu. Mekanisme ini disebut dengan terminology *overwintering*. Tiap spesies melakukan mekanisme ini pada fase spesifik selama daur hidupnya. Sebagian akan melakukannya pada fase telur, sebagian lain pada fase larva, pupa, maupun dewasa (Spencer, 2007).

#### 2.4.4 Perilaku

Kupu-kupu layaknya hewan-hewan lainnya memiliki perilaku yang digunakan untuk bertahan hidup selama umur kehidupannya. Beberapa di antaranya adalah perilaku mencari makan, perilaku mencari pasangan dan kawin, serta berjemur di bawah sinar matahari. Berikut ini akan dijelaskan detail dari masing-masing perilaku kupu-kupu yang banyak dijumpai di alam.

##### a. Mencari makan (*nectaring*)

Kupu-kupu meminum cairan mengandung gula atau yang disebut dengan nektar dari beberapa bunga menggunakan organ isapnya yang berupa *proboscis*, perilaku ini disebut dengan *nectaring*. Kupu-kupu dewasa tidak dapat tumbuh lagi, sehingga perilaku makannya digunakan hanya untuk *recharge* energi dan memproduksi telur, tidak untuk pertumbuhannya. Kupu-kupu tidak hanya menjadikan nektar sebagai satu-satunya sumber makanan. Beberapa spesies jantan berkumpul pada suatu tempat lembab untuk menyerap garam-garam mineral, yang mana mekanisme ini sering disebut dengan *mud-puddling*. Meski demikian, spesies-spesies jantan ini tidak hanya memanfaatkan garam-garam mineral tersebut untuk dirinya sendiri, melainkan mereka akan mentransfernya pada spesies betina pada saat kawin yang akan membantu dalam proses produksi telur (Spencer, 2007).

##### b. Mencari pasangan dan kawin (*courtship & mating*)

Mencari pasangan dan kawin merupakan bagian penting dalam perilaku kupu-kupu. Individu jantan akan mencari betinanya melalui berbagai cara, di antaranya adalah dengan berpatroli, bertengger, atau mencapai puncak bukit (*hilltopping*). Patroli dilakukan dengan secara langsung mencari individu betina pada area dimana individu betina mungkin ada. Selain itu, cara lain yang dilakukan adalah bertengger, dimana individu jantan akan berhenti dan menunggu pada suatu tempat hingga individu betina nampak terbang pada suatu area untuk kemudian individu jantan akan mengejarnya. Terakhir, cara lain berupa *hilltopping* merupakan cara dimana individu jantan terbang ke puncak bukit, yang di sana mereka akan mendapatkan pemandangan terbaik yang menunjukkan dimana individu betina beraktivitas. Kupu-kupu lebih mengandalkan kemampuan penglihatannya dalam perilaku mencari pasangan ini. Berbeda dengan ngengat yang lebih banyak mengandalkan penciumannya (Spencer, 2007).

Ketika individu jantan telah menemukan betinanya, perilaku penajakan (*courtship*) akan berlangsung. Individu jantan akan

terbang di atas atau di samping betinanya dengan pergerakan berkibar-kibar (*fluttering*). Betina yang menerima kehadiran individu jantan ini selanjutnya akan mendarat di tempat terdekat, lalu proses kawin akan terjadi beberapa menit atau beberapa jam kemudian. Individu jantan menggunakan *clasper* pada ujung *abdomen*-nya untuk dapat terhubung dengan bagian ujung *abdomen* betinanya, yang mana sebagian kelompok akan melakukannya dengan terbang (Spencer, 2007).

c. Berjemur (*basking*)

Sebagai makhluk hidup berdarah dingin, kupu-kupu perlu menghangatkan otot-otot terbangnya. Hal ini dilakukan dengan mengarahkan sayapnya ke arah sinar matahari. Sebagian kupu-kupu melakukan hal ini dengan posisi sayap terbuka, atau yang disebut dengan perilaku *dorsal basking*. Namun anggota Famili Pieridae melakukannya dengan posisi sayap tertutup dan membentuk sudut 90 derajat, atau yang disebut dengan perilaku *lateral basking*. Perilaku ini dilakukan untuk waktu yang lama hingga dapat terbang kembali dengan baik. Kupu-kupu berpigmen gelap memerlukan waktu yang lebih singkat sehingga mampu terbang lebih awal dibanding kupu-kupu berpigmen terang. Meski demikian, kupu-kupu tidak akan berfungsi dengan baik pada suhu panas yang ekstrim, sehingga ia akan berteduh di bawah pohon selama kondisi panas tersebut dan terbang kembali di awal senja sebelum matahari terbenam (Spencer, 2007).

#### 2.4.5 Famili-famili Lepidoptera

a. HesperIIDae (*skippers*)

Famili HesperIIDae merupakan salah satu Famili kupu-kupu terbesar di dunia, dengan anggota sebanyak 3.700 spesies yang terdistribusi di seluruh dunia. Sebagian besar anggota Famili ini berukuran kecil atau sedang. Kenampakan morfologinya berbeda dengan Famili lainnya yang dicirikan dengan *thorax* tebal berotot, *abdomen* panjang dan kokoh, serta sayap kecil yang pendek. Famili ini memiliki tiga pasang kaki yang semuanya fungsional baik pada jantan atau betina. Kepalanya berukuran besar dengan sepasang antenna yang saling berjauhan. Sebagian besar anggota Famili ini berwarna pudar seperti coklat atau abu-abu yang bagi sebagian orang awam akan nampak serupa dengan ngengat (Gambar 8). Telur-telur Famili HesperIIDae cenderung berbentuk setengah bulat dan pada saat menetas larvanya berbentuk polos tanpa ornamen dengan rambut-rambut halus yang sangat pendek dan segmen terakhir tubuhnya

terbagi menjadi dua menyerupai ‘ekor’ pendek. Larva Hesperidae memiliki kepala berukuran besar yang menjadikannya mudah terlihat karena *prothorax*-nya cenderung sangat kecil. Adapun pupanya cenderung berbentuk bulat dan halus dengan ujung *abdomen* meruncing di bagian posteriornya. Pupa-pupa ini banyak melekat pada dedaunan kering di bagian dasar tumbuhan inangnya. Anggota Famili ini sering disebut dengan terminologi *skippers* karena pergerakan terbangnya yang sangat cepat dan ‘meloncat’ dari satu tempat ke tempat lainnya (Layberry dkk., 2001;Braby, 2004).



Sumber: Spencer (2007)

Gambar 8. Morfologi kupu-kupu Famili Hesperidae (*Erynnis baptisiae*)

b. Papilionidae (*shallowtail*)

Famili Papilionidae merupakan Famili kupu-kupu terkecil dengan hanya beranggotakan 570 spesies di seluruh dunia. Meski demikian, ukurannya yang besar dan warna-warninya yang menarik menjadikannya sangat mudah dikenali. Famili ini dicirikan memiliki ‘ekor’ pendek pada sepasang sayap belakangnya sehingga kemudian sering disebut dengan terminologi *shallowtail* (Gambar 9). Seluruh anggota Famili ini memiliki tiga pasang kaki yang semuanya fungsional pada fase dewasanya. Larva Famili ini umumnya hanya memiliki sedikit rambut halus namun memiliki organ *osmeterium* yang membantu mekanisme defensifnya terhadap predator. Selain itu larva Famili ini sebagian memakan dan mengonsumsi tumbuhan beracun yang konsentrasi toksisitasnya bertahan hingga fase dewasa sehingga memberikannya warna-warni yang sangat cerah. Warna-warna cerah tersebut yang kemudian menjadi alat bantu mekanisme defensif *warning coloration* sehingga predator akan enggan memburunya karena sifat toksiknya (Layberry dkk., 2001;Braby, 2004).



Sumber: Spencer (2007)

Gambar 9. Morfologi kupu-kupu Famili Papilionidae (*Papilio Troilus troilus*)

c. Pieridae

Famili Pieridae meliputi 1.200 spesies yang terdistribusi di seluruh dunia. Sebagian besar Famili ini berukuran sedang, namun pada daerah tropis cenderung berukuran kecil dan besar. Fase dewasanya memiliki tiga pasang kaki yang seluruhnya fungsional dengan organ serupa cakar (*apical claws*) yang berkembang sempurna dan bercabang di ujung *tarsus*-nya. Umumnya hampir seluruh anggota Famili ini memiliki warna putih, kuning, atau oranye (Gambar 10). Telurnya yang berbentuk menyerupai vas bunga dan berwarna kuning umumnya melekat secara individual pada tumbuhan inangnya, yang pada saat menetas larvanya dilengkapi dengan rambut-rambut halus dan pendek yang memakan tumbuhan dikotil. Umumnya larva Pieridae berwarna hijau, namun pada Genus *Delias* larvanya dapat berwarna hijau kekuningan, coklat kehijauan, maupun coklat kemerahan (Layberry dkk., 2001; Braby, 2004).



Sumber: Spencer (2007)

Gambar 10. Morfologi kupu-kupu Famili Pieridae (*Colias philodice*)

#### d. Lycaenidae

Famili Lycaenidae merupakan salah satu Famili kupu-kupu terbesar di dunia, dengan anggota sebanyak 4.000 spesies yang terdistribusi di seluruh dunia. Umumnya Famili ini berukuran sedang dengan warna-warni kebiruan, ungu, atau hijau pada bagian dorsal sayapnya namun bagian ventral sayapnya bercorak coklat atau putih dengan pola kompleks bergaris gelap (Gambar 11 A). Individu betinanya memiliki tiga pasang kaki yang seluruhnya fungsional, namun pada individu jantan sepasang kaki terd depannya kurang fungsional karena tidak adanya *apical claws*. Telur Famili ini umumnya berwarna putih atau hijau pudar, berbentuk bulat, dan melekat secara individual atau dalam kelompok pada tumbuhan inangnya. Larvanya berbentuk pipih dengan kepala yang dapat keluar-masuk dan bersembunyi di bawah *prothorax*-nya. Kutikula larvanya umumnya lebih tebal daripada larva Famili lain dengan sedikit rambut-rambut halus. Larva tersebut memakan daun-daun muda, kuncup bunga, maupun biji dan buah tumbuhan inangnya. Larva Famili ini juga dikenal memiliki kelenjar *abdominal* pada segmen ketujuh yang mensekresikan cairan serupa nektar yang mampu menarik semut. Semut-semut inilah yang kemudian sebagai bentuk simbiosis mutualisme akan melindungi larva Lycaenidae dari predator dan parasit (Gambar 11 B) (Layberry dkk., 2001; Braby, 2004).



Sumber: Spencer (2007) & Braby (2004)

Gambar 11. Famili Lycaenidae. Keterangan: A) Morfologi *Atlides halesus*, B) Simbiosis larva Lycaenidae dengan semut

#### e. Nymphalidae (*brushfoot*)

Famili Nymphalidae tercatat sebagai Famili kupu-kupu terbesar di dunia dengan beranggotakan kurang lebih 6.500 spesies yang terdistribusi di seluruh dunia. Sepasang kaki terd depannya berukuran lebih kecil daripada yang dimiliki Famili lainnya, tidak memiliki *apical claws* pada *tarsus*-nya, namun dilengkapi dengan

rambut-rambut pendek menyerupai sikat yang menjadikannya banyak disebut dengan terminologi *brushfoot* (Gambar 12). Meski demikian, dari ketiga pasang kaki tersebut, hanya dua pasang kaki terbelakangnya saja yang fungsional untuk berjalan sedangkan sepasang kaki terdepannya kurang fungsional. Umumnya anggota Famili ini berukuran sedang hingga besar, dengan warna sayapnya sebagian besar adalah coklat atau oranye. Famili ini memiliki telur dengan berbagai bentuk, mulai dari bulat, setengah bola, silinder, hingga menyerupai botol dengan berbagai warna yang umumnya adalah hijau, kuning pucat, atau krem. Telur-telur ini biasanya melekat secara individual berkelompok secara random pada daun-daun tumbuhan inangnya. Saat menetas, larvanya berbentuk silinder panjang dengan rambut-rambut yang nampak jelas dengan berbagai warna, pola, dan struktur. Permukaan tubuh larva Nymphalidae ini relatif halus namun tertutupi oleh rambut-rambut halus yang sangat pendek atau organ serupa duri bercabang (Layberry dkk., 2001;Braby, 2004).



Sumber: Spencer (2007)

Gambar 12. Morfologi kupu-kupu Famili Nymphalidae (*Euptoieta claudia*)

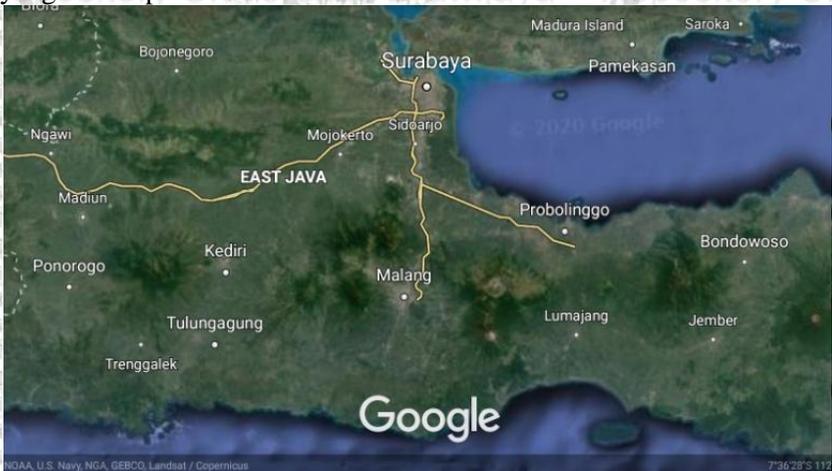
### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian yang berjudul “Diversitas Spasial Kupu-Kupu Diurnal Berdasarkan Gradien Elevasi di Coban Talun (Bumiaji, Batu) dan Sengkaling (Dau, Malang), Jawa Timur” ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Mei 2017. Berlokasi di Dusun Sengkaling (Kecamatan Dau, Kabupaten Malang) dan wana wisata Coban Talun (Kecamatan Bumiaji, Kota Batu), Jawa Timur dan Laboratorium Ekologi & Diversitas Hewan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

#### 3.2 Area Studi

Area studi berdasarkan perbedaan ketinggian (elevasi) terbagi menjadi dua, yaitu Dusun Sengkaling (Dau, Malang) dengan ketinggian  $\pm 600$  mdpl (Lokasi 1) dan wana wisata Coban Talun (Bumiaji, Batu) yang terletak pada ketinggian  $\pm 1.300$  mdpl (Lokasi 2). Kedua lokasi terletak di provinsi Jawa Timur (Gambar 13). Masing-masing lokasi memiliki lima *site* pengamatan sebagaimana yang tertera pada Gambar 14-15 berikut ini.



Sumber: Google Earth (2020)

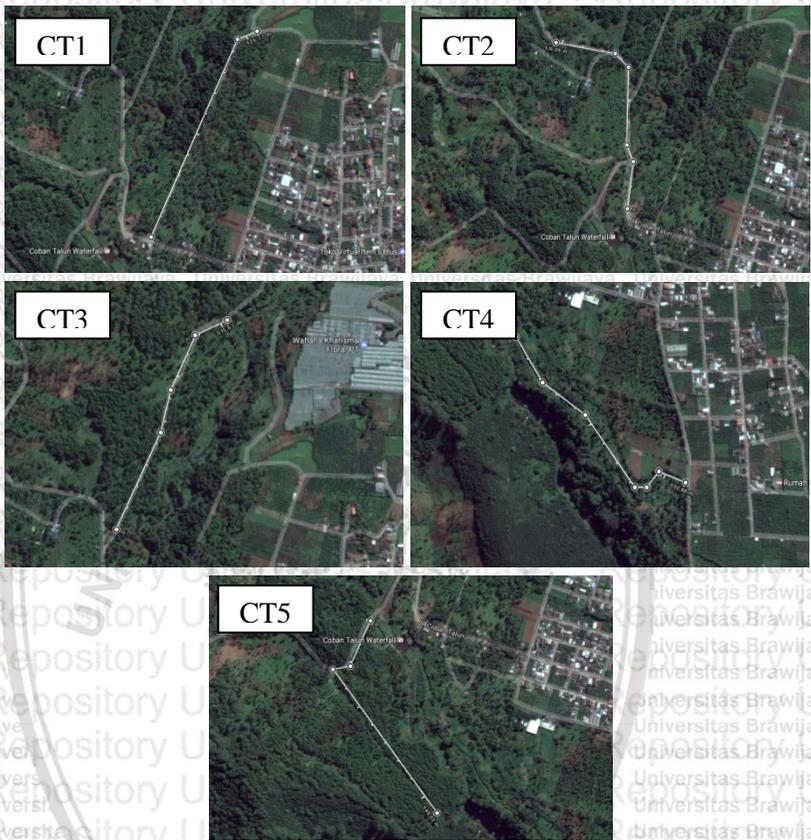
Gambar 13. Peta provinsi Jawa Timur



Sumber: Google Earth (2020)

Gambar 14. *Site* pengamatan pada lokasi 1 (Sengkalings-600 mdpl).

Keterangan: SK1 - SK5) Sengkalings 1-5



Sumber: Google Earth (2020)

Gambar 15. *Site* pengamatan pada lokasi 2 (Coban Talun-1.300 mdp). Keterangan: CT1 - CT5) Coban Talun 1-5

### 3.3 Studi Pendahuluan (Survey Lokasi)

Studi pendahuluan yang dilakukan sebelum penelitian (Desember 2016 - Februari 2017) bertujuan untuk menentukan lokasi pengamatan yang memenuhi syarat aksesibilitas dan availibilitas kupu-kupu. Studi pendahuluan dilakukan dengan *tracking* di setiap *site* pengamatan pada kedua lokasi sambil mengamati adanya kupu-kupu yang terbang atau hinggap pada tetumbuhan, untuk kemudian didokumentasikan melalui kamera dan diidentifikasi.

### 3.4 Visual Encounter & Aerial Net

Pengamatan kupu-kupu secara visual (*visual encounter survey*) dilakukan melalui metode garis transek pada pukul 07.30-11.00 WIB. Transek dilakukan di jalur sepanjang 500 m dengan radius pengamatan masing-masing lima meter di sebelah kiri dan kanan garis transek (Pollard, 1993). Kupu-kupu yang ditemukan hinggap pada tetumbuhan dipotret dan diidentifikasi, adapun kupu-kupu yang beterbangan dan sulit diamati secara visual ditangkap menggunakan *aerial net* (Gambar 16) untuk kemudian diidentifikasi dan dilepaskan kembali.



Sumber: Dokumen Pribadi (2016)

Gambar 16. *Aerial net* yang digunakan untuk menangkap kupu-kupu yang terbang selama periode studi pendahuluan

Transek dilakukan pada lima *site* pengamatan pada masing-masing lokasi, setiap hari selama empat hingga lima pekan, dengan skenario hari pertama dilakukan di lokasi Coban Talun, hari berikutnya dilakukan di Dusun Sengkaling, dan begitu seterusnya dilakukan bergantian hingga pengamatan pada masing-masing lokasi berlangsung sebanyak 10 kali. Adapun lima *site* yang digunakan dalam pengamatan pada masing-masing lokasi dijadikan sebagai ulangan metode. Detail skenario pengamatan tertera pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Skenario pengamatan kupu-kupu pada dua lokasi.

Pekan ke-	Lokasi	Hari Pengamatan
1	Coban Talun ( <i>Site 1-5</i> )	Senin, Rabu, Jum'at
	Sengkaling ( <i>Site 1-5</i> )	Selasa, Kamis, Sabtu
2	Coban Talun ( <i>Site 1-5</i> )	Selasa, Kamis, Sabtu
	Sengkaling ( <i>Site 1-5</i> )	Senin, Rabu, Jum'at
3	Coban Talun ( <i>Site 1-5</i> )	Senin, Rabu, Jum'at
	Sengkaling ( <i>Site 1-5</i> )	Selasa, Kamis, Sabtu

Dst

Identifikasi spesies kupu-kupu yang telah diperoleh dilakukan dengan mengacu pada buku identifikasi kupu-kupu “Kosmos-Enzyklopadie der Schmetterlinge” (Smart, 2010) dan buku “Panduan Praktis Kupu-Kupu di Kebun Raya Bogor” (Peggie & Amir, 2006). Selain itu, identifikasi juga dilakukan dengan mengamati penanda morfologi antar Famili untuk mempermudah rujukan pada buku identifikasi acuan.

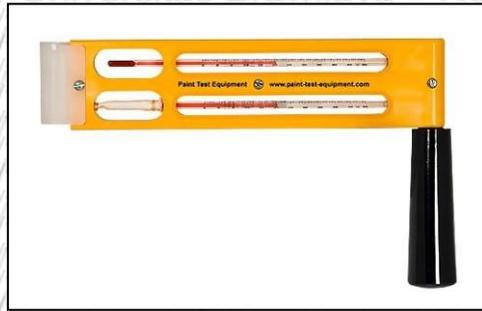
### 3.5 Pengukuran Variabel Lingkungan

Pengukuran variabel lingkungan dilakukan berdasarkan pada faktor yang umumnya paling mempengaruhi kelimpahan kupu-kupu di alam. Beberapa faktor atau variabel yang akan diukur tersebut meliputi kecepatan angin, suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya udara. Masing-masing variabel tersebut diukur menggunakan alat ukur yang kompatibel (Gambar 17, 18, & 19) dengan tiga kali pengulangan pada tiap lokasi setiap kali dilakukan pengamatan.



Sumber: kingswayinstruments.com (2020)

Gambar 17. Anemometer untuk mengukur kecepatan angin



Sumber: abqindustrial.net (2020)

Gambar 18. *Sling psychrometer* untuk mengukur kelembaban relatif udara sekaligus mengukur suhu udara



Sumber: picclick.com (2020)

Gambar 19. Luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya

### 3.6 Analisis Statistik

#### 3.6.1 Uji beda ANOVA

Kekayaan spesies kupu-kupu yang diperoleh dari masing-masing lokasi pengambilan sampel (dengan gradien ketinggian yang berbeda) selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan uji beda ANOVA dalam software SPSS. Apabila data memiliki distribusi normal dan memiliki varian yang homogen, maka uji beda dilakukan menggunakan Anova dan uji lanjutannya menggunakan Tukey HSD dengan signifikansi  $<0,05$ . Namun apabila data memiliki distribusi normal dengan varian yang tidak homogen, maka uji beda dilakukan menggunakan uji Brown Forsythe dan uji lanjutannya menggunakan uji Games-Howell dengan signifikansi  $<0,05$ .

### 3.6.2 Uji korelasi dan regresi

Uji korelasi dilakukan untuk melihat hubungan antara diversitas kupu-kupu dengan faktor lingkungan dan gradien elevasi pada tiap lokasi pengambilan sampel. Apabila data memiliki distribusi normal, maka uji korelasi yang digunakan adalah korelasi Pearson, namun jika distribusi data tidak normal maka uji korelasi yang digunakan adalah korelasi Spearman. Selanjutnya analisis dilanjutkan menggunakan analisis regresi linear dan multiregresi yang menunjukkan kekuatan hubungan seluruh faktor lingkungan dan gradien elevasi terhadap diversitas kupu-kupu.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kelimpahan dan Diversitas Spasial Kupu-Kupu pada Dua Lokasi

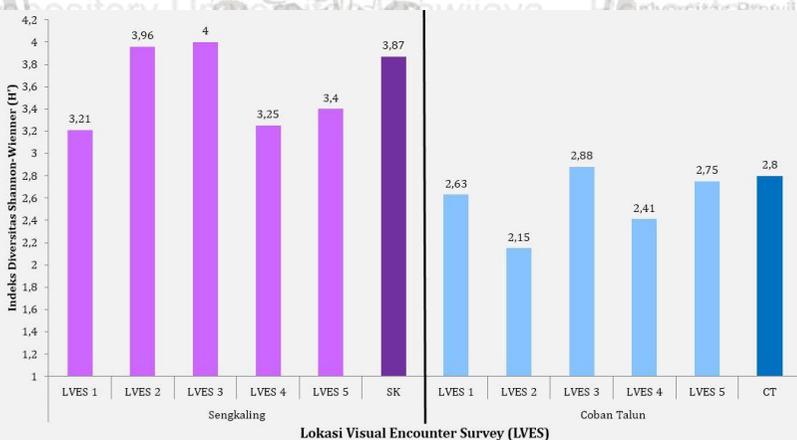
*Visual Encounter Survey* (VES) spesies kupu-kupu yang dilakukan pada 10 *site* pengamatan dengan 10 kali ulangan pengamatan, secara keseluruhan menghasilkan temuan 4271 individu, teridentifikasi dalam 42 spesies kupu-kupu di kedua lokasi. Spesies yang dominan adalah *Eurema sp.*, *Ypthima sp.*, *Delias belissama*, *Appias lybithea*, dan spesies dari famili Pieridae berwarna putih (*White Pieridae*) (Tabel 2).

Tabel 2. *Mean* kelimpahan kupu-kupu pada lokasi VES di Sengkaling dan Coban Talun

Spesies	<i>Mean</i> Sengkaling	<i>Mean</i> Coban Talun	<b>Mean Total</b>
<i>Eurema sp.</i>	13,78	5,96	<b>19,74</b>
<i>Ypthima sp.</i>	1,60	14,46	<b>16,06</b>
<i>Delias belissama</i>	5,64	3,20	<b>8,84</b>
<i>White Pieridae</i>	6,94	0,22	<b>7,16</b>
<i>Appias lybithea</i>	2,88	0,58	<b>3,46</b>
<i>Papilio sp.</i>	2,98	0,42	<b>3,40</b>
<i>Graphium sarpedon</i>	2,90	0,30	<b>3,20</b>
<i>Graphium agamemnon</i>	2,82	0,08	<b>2,90</b>
<i>Hypolimnias bolina</i>	2,64	0,00	<b>2,64</b>
<i>Mycalesis mineus</i>	0,00	1,94	<b>1,94</b>
<i>Neptis hylas</i>	1,16	0,72	<b>1,88</b>
<i>Junonia almana</i>	1,00	0,12	<b>1,12</b>
<i>Euploea tulliolus</i>	1,04	0,00	<b>1,04</b>
<i>Danaus genutia</i>	0,98	0,00	<b>0,98</b>
<i>Graphium delesserti</i>	0,98	0,00	<b>0,98</b>
<i>Euploea crameri</i>	0,90	0,08	<b>0,98</b>
<i>Delias hyparete</i>	0,54	0,38	<b>0,92</b>
<i>Tanaecia pelea</i>	0,78	0,06	<b>0,84</b>
<i>Hebomoia glaucippe</i>	0,70	0,00	<b>0,70</b>
<i>Junonia atlites</i>	0,66	0,00	<b>0,66</b>
<i>Troides helena</i>	0,00	0,64	<b>0,64</b>
<i>Catopsilia pyranthe</i>	0,44	0,18	<b>0,62</b>
<i>Black Hesperidae</i>	0,00	0,42	<b>0,42</b>
<i>Appias albina</i>	0,18	0,22	<b>0,40</b>

(Lanjutan Tabel 2.)

Spesies	Mean	Mean	Mean Total
	Sengkaling	Coban Talun	
<i>Arophala alitaeus</i>	0,00	0,40	<b>0,40</b>
<i>Graphium sp.</i>	0,38	0,00	<b>0,38</b>
<i>Papilio liomedon</i>	0,36	0,00	<b>0,36</b>
<i>Neptis sp.</i>	0,22	0,10	<b>0,32</b>
<i>Lethe confusa</i>	0,00	0,32	<b>0,32</b>
<i>Zizeeria mahasericca</i>	0,32	0,00	<b>0,32</b>
<i>Elymnias hypermnestra</i>	0,30	0,00	<b>0,30</b>
<i>Elymnias nesaea</i>	0,28	0,00	<b>0,28</b>
Unknown 2	0,00	0,24	<b>0,24</b>
<i>Heliophorus epicles</i>	0,00	0,22	<b>0,22</b>
<i>Pachliopta aristolochiae</i>	0,22	0,00	<b>0,22</b>
Unknown 1	0,12	0,00	<b>0,12</b>
<i>Chersonesia sp.</i>	0,00	0,10	<b>0,10</b>
<i>Telicota linna</i>	0,00	0,10	<b>0,10</b>
<i>Catochrysops panormus</i>	0,00	0,08	<b>0,08</b>
<i>Papilio demoleus</i>	0,06	0,00	<b>0,06</b>
<i>Danaus chryssipus</i>	0,00	0,04	<b>0,04</b>
<i>Tirumala sp.</i>	0,04	0,00	<b>0,04</b>



Gambar 20. Indeks diversitas kupu-kupu pada masing-masing lokasi VES di Sengkaling dan Coban Talun

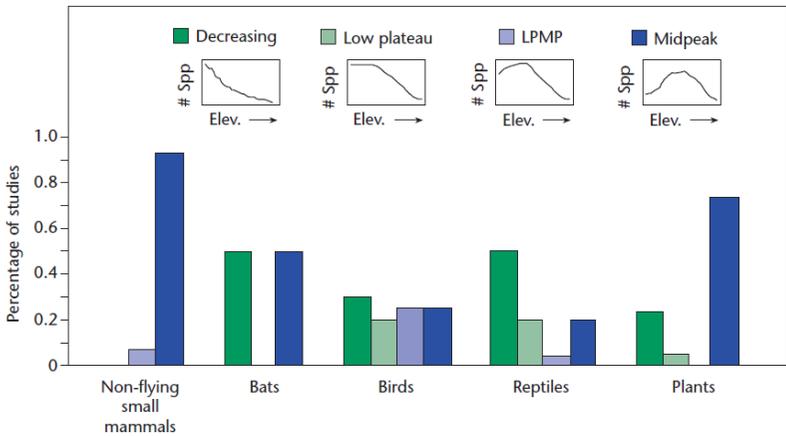
Berikutnya, hasil pengamatan yang diperoleh menunjukkan indeks diversitas ( $H'$ ) kupu-kupu di daerah Sengkaling lebih tinggi dibandingkan Coban Talun. Indeks diversitas kupu-kupu di

Sengkaling memiliki nilai 3,87 yang menunjukkan indikator bahwa keragaman kupu-kupu cukup tinggi dan daerah tersebut memiliki kualitas yang baik bagi kupu-kupu. Sedangkan pada daerah Coban Talun memiliki indeks diversitas yang lebih rendah yaitu 2,80 (Gambar 15). Berdasarkan parameter indeks diversitas Shannon Wiener, angka tersebut menunjukkan bahwa daerah Coban Talun memiliki indeks keragaman kupu-kupu pada level sedang atau *moderate*. Indeks diversitas dikatakan rendah apabila nilainya kurang dari 1 ( $H' < 1$ ), diartikan bahwa penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan komunitas rendah. Kemudian indeks diversitas dikategorikan sedang apabila nilainya lebih dari 1 dan kurang dari 3 ( $1 < H' < 3$ ), sedangkan indeks diversitas dikategorikan tinggi apabila nilainya lebih dari 3 ( $H' > 3$ ) (Miller and Spoolman, 2010).

Diversitas kupu-kupu di daerah Sengkaling lebih tinggi dibandingkan Coban Talun disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain adalah ketersediaan makanan, faktor abiotik, dan jumlah predator. Ketersediaan makanan di Sengkaling secara visual lebih beragam daripada di Coban Talun, dimana banyak penduduk Sengkaling yang menerapkan praktik berkebun di halaman rumah masing-masing. Hal ini mendukung hadirnya jenis kupu-kupu yang lebih banyak disebabkan tumbuhan yang sengaja ditanam adalah tergolong tumbuhan yang disenangi kupu-kupu. Selain itu, faktor-faktor abiotik di daerah Sengkaling lebih mendukung sebagai habitat meliputi intensitas cahaya yang lebih tinggi, suhu dan kecepatan angin. Hal ini berguna bagi kupu-kupu dalam mendukung proses polinasi. Intensitas cahaya yang baik juga mendukung fotosintesis tumbuhan yang nantinya akan menghasilkan makanan bagi kupu-kupu serta ketersediaan habitat.

Beberapa faktor dapat berubah dengan meningkatnya elevasi, dan salah satu yang paling jelas terlihat adalah menurunnya suhu seiring bertambahnya ketinggian. Suhu mengalami penurunan rerata kurang lebih sebesar  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada tiap kenaikan 100 m. Robert Whittaker di tahun 1960, melalui penelitiannya terhadap diversitas insekta dan tumbuhan, menyimpulkan bahwa terdapat dua pola kekayaan spesies berdasarkan gradien elevasi. Pola pertama adalah dimana kekayaan spesies menurun seiring bertambahnya ketinggian (*decreasing pattern*), sedangkan pola kedua adalah dimana kekayaan spesies paling tinggi terdapat pada ketinggian pertengahan yang kemudian diikuti dengan menurunnya kekayaan spesies seiring

bertambahnya ketinggian (*mid-elevational peaks/unimodal*) (Mc Cain & Grytnes, 2010).



Sumber: Mc Cain & Grytnes (2010)

Gambar 21. Persentase studi terkait gradien elevasi yang menunjukkan keempat pola kekayaan spesies

Para ahli ekologi di tahun 1970-an hingga 1980-an, tertarik dengan diversitas yang luar biasa yang terdapat pada daerah tropis, yang kemudian menjadikan perhatian studi dialihkan dari daerah subtropis menuju daerah tropis. Studi terkait gradien elevasi di daerah tropis pada masa itu dilakukan pertama kali oleh John Terborgh yang meneliti komunitas aves di Peruvian Andes, Amerika Selatan. Penelitian Terborgh dan koleganya tersebut menunjukkan adanya kekayaan spesies dengan pola menurun, dimana kekayaan spesies semakin menurun seiring bertambahnya ketinggian. Berdasarkan hasil penelitian Terborgh inilah, selanjutnya pola penurunan diversitas (*decreasing pattern*) diterima sebagai asumsi umum pola diversitas pada gradien elevasi untuk semua kelompok taksonomi selama lebih dari dua dekade, sedangkan pola *unimodal* yang dikemukakan oleh Grinnel dan Whittaker menjadi terkesampingkan. Namun, asumsi umum yang dikemukakan oleh Terborgh tersebut dipatahkan oleh Rahbek pada tahun 1995, dimana melalui berbagai penelitiannya ia cenderung menemukan bahwa pola *unimodal* lebih umum ia temui daripada pola penurunan (*decreasing pattern*). Selanjutnya, dengan berbagai penelitian yang telah dikembangkan terkait pola diversitas pada gradien elevasi, kini telah dikenal empat pola kekayaan spesies, yaitu pola penurunan (*decreasing pattern*),

pola *low plateau*, pola *low plateau with a mid-elevational peak (LPMP)*, dan pola *mid-elevational peak/unimodal* (Gambar 2) (Mc Cain & Grytnes, 2010).

Pola penurunan (*decreasing pattern*) merupakan pola dimana kekayaan spesies menurun secara teratur seiring bertambahnya ketinggian. Pola *low plateau* merupakan pola dimana kekayaan spesies tertinggi terjadi secara konstan pada dataran tinggi yang rendah (>300 m) untuk kemudian mengalami penurunan. Pola *low plateau with a mid-elevational peak (LPMP)* adalah pola dimana kekayaan spesies yang tinggi terdapat pada dataran tinggi yang rendah (>300 m) dengan kekayaan spesies tertinggi terdapat pada 300 m lebih tinggi dari bagian lereng gunung. Adapun pola *mid-elevational peak/unimodal* merupakan pola dimana kekayaan spesies pada lereng gunung adalah 25 % lebih rendah daripada kekayaan spesies paling tinggi yang terdapat pada ketinggian pertengahan, yang kemudian diikuti dengan menurunnya kekayaan spesies sebanyak 25 % lebih rendah seiring meningkatnya ketinggian (Mc Cain & Grytnes, 2010).

Berdasar informasi-informasi tersebut di atas, maka dapat diketahui bahwa secara umum diversitas kupu-kupu di Sengkaling dan Coban Talun memiliki pola *decreasing pattern*, dimana kekayaan spesies menurun secara teratur seiring bertambahnya ketinggian. Meski demikian, pola ini mungkin saja akan berubah jika riset dilakukan pada kisaran geografis yang lebih luas dengan menambahkan beberapa variabel ketinggian.

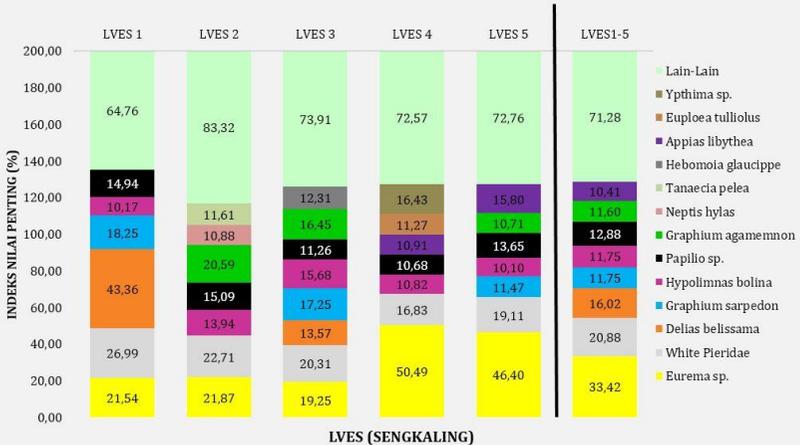
## **4.2 Struktur Komunitas Kupu-Kupu pada Dua Perbedaan Ketinggian Lokasi**

### **4.2.1 Indeks Nilai Penting (INP)**

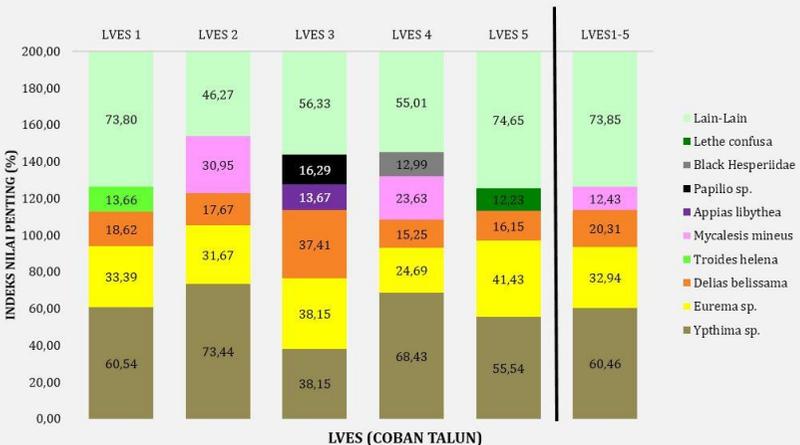
Tingkat dominansi peran kupu-kupu di kedua lokasi pengamatan diukur menggunakan Indeks Nilai Penting (INP). Indeks Nilai Penting (INP) berperan penting dalam menunjukkan seberapa besar pengaruh atau peran suatu spesies dalam ekosistem. INP dikatakan rendah apabila memiliki persentase 0%-66.67%, dikatakan sedang pada presentase 66.68%-133.34%, dan dikatakan tinggi pada presentase 133.35%-200% (Laongpol et al, 2009).

Berdasarkan hasil analisis data INP yang diperoleh dari dua lokasi, spesies kupu-kupu *Eurema* sp. memiliki nilai INP tertinggi di daerah Sengkaling. Selanjutnya diikuti dengan spesies dari golongan *White Pieridae*, dan *Delias belisama*. Namun dari lima titik

pengamatan di daerah Sengkaling, jenis *Delias belissima* cukup mendominasi pada areal titik pengamatan pertama (Gambar 16). Adapun pada lokasi pengamatan Coban Talun, INP tertinggi terdapat pada spesies *Ypthima* sp. diikuti dengan spesies *Eurema* sp., dan *Delias belissima* (Gambar 17).



Gambar 22. Indeks Nilai Penting (INP) spesies kupu-kupu pada lokasi VES Sengkaling



Gambar 23. Indeks Nilai Penting (INP) spesies kupu-kupu pada lokasi VES Coban Talun

Grafik di atas menunjukkan bahwa daerah Sengkaling memiliki spesies kupu-kupu dengan nilai INP yang lebih bervariasi dan tersebar rata dibandingkan di daerah Coban Talun. Nilai INP

setiap spesies kupu-kupu di Sengkaling berkisar 10-27, sedangkan daerah Coban Talun mencapai 15-73. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa jenis spesies tertentu di daerah Coban Talun mendominasi dalam menjalankan fungsinya sebagai komponen ekosistem, dibandingkan dengan INP kupu-kupu di daerah Sengkaling yang cenderung lebih rendah dan merata. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan seberapa besar pengaruh spesies tersebut pada suatu komunitas (Osinas dkk., 2010).

Spesies kupu-kupu jenis *Eurema* sp. terlihat memiliki peran yang cukup signifikan karena terdapat pada kedua lokasi Sengkaling dan Coban Talun serta memiliki INP yang cukup tinggi. Jenis *Eurema* sp. tergolong dalam famili Nymphalidae yang diketahui memiliki kisaran inang yang luas (polifag), sehingga memungkinkan untuk ditemukan di banyak habitat (Panjaitan, 2011). Spesies *Ypthima* memiliki INP yang tinggi pada daerah Coban Talun. *Ypthima* merupakan salah satu jenis spesies yang ditemukan hampir di semua jenis habitat dalam jumlah berlimpah. Hal ini disebabkan oleh kebiasaan hidup spesies ini, yaitu larvanya bergantung pada tumbuhan jenis yang tersebar di seluruh ketinggian tumbuhan di habitat hutan (Majumder dkk., 2013). Siklus hidupnya pada stadia larva kedua, spesies *Ypthima* memakan rerumputan dan banyak tersebar di lantai berbagai habitat dan tipe hutan (Yong dkk., 2012). Keberadaan suatu spesies kupu-kupu yang memiliki nilai INP tinggi mengindikasikan bahwa spesies tersebut memiliki peran penting dalam habitat sehingga perlu dilindungi agar keberlangsungan ekosistem tetap terjaga.

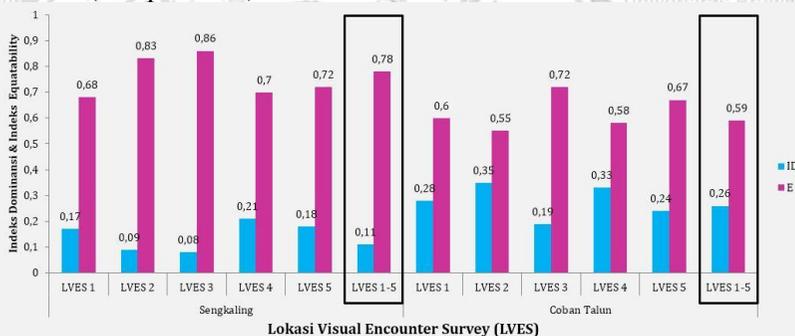
#### 4.2.2 Indeks Dominansi Simpson (ID) & Indeks *Equatibility* (E)

Berikutnya, tingkat pemerataan spesies kupu-kupu di kedua lokasi pengamatan diukur dan dianalisis menggunakan Indeks Dominansi Simpson (ID) dan Indeks *Equatibility* (E). Indeks dominansi di kedua lokasi berbanding terbalik dengan indeks keseragaman (*equatibility*) kupu-kupu yang diperoleh. Daerah Coban Talun memiliki indeks dominansi kupu-kupu yang lebih tinggi dibandingkan Sengkaling, namun indeks keseragaman rendah. Indeks dominansi kupu-kupu di Sengkaling memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan Coban Talun, akan tetapi nilai indeks keseragaman lebih tinggi (Gambar 18).

Dominansi parsial dikatakan rendah apabila nilai indeks dominansinya kurang dari 0,4, dikatakan sedang apabila nilainya antara 0,4-0,6, dan dikatakan tinggi apabila nilainya lebih dari 0,6

(Kerckhoff, 2010). Adapun indeks keseragaman berkisar antara 0-1, dimana semakin kecil nilainya menunjukkan adanya kecenderungan dominansi suatu spesies dan penyebaran jumlah individu spesies tidak sama, dan sebaliknya semakin besar nilai indeks keseragaman menunjukkan tidak adanya dominansi dan penyebaran jumlah individu spesiesnya hampir sama (seragam). Nilai E dikatakan rendah apabila kurang dari 0.4, dikatakan sedang apabila berkisar antara 0.4-0.6, dan dikatakan tinggi apabila lebih dari 0.6 (Obasi et al, 2013).

Berdasarkan parameter indeks dominansi Simpson (ID), kedua lokasi tersebut memiliki nilai kurang dari 0,4, yaitu dikategorikan rendah. Kemudian, berdasar indeks keseragaman (E), kedua lokasi tersebut memiliki nilai lebih dari 0,6, yaitu dikategorikan tinggi. Hal ini mengindikasikan tidak adanya spesies yang sangat mendominasi dan penyebaran jumlah individu tiap spesies yang ditemukan tidak berbeda (hampir sama).



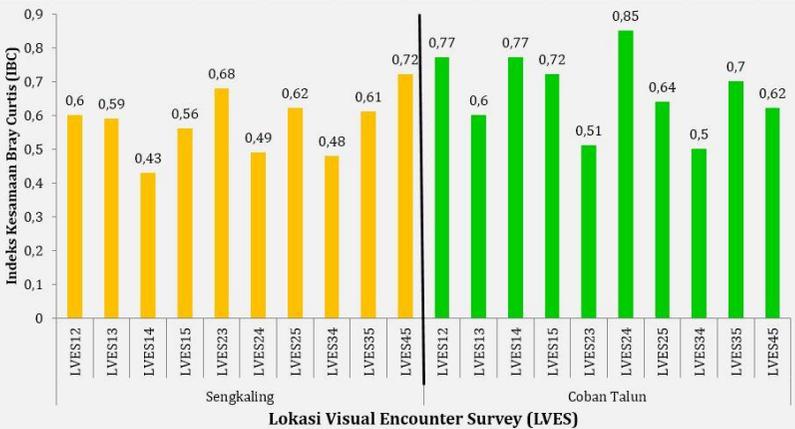
Gambar 24. Indeks dominansi Simpson (ID) dan indeks keseragaman (E) komunitas kupu-kupu pada kedua lokasi VES (Sengkaling dan Coban Talun)

Adanya dominansi yang tinggi pada kupu-kupu di suatu habitat disebabkan vegetasi yang cenderung homogen, sehingga ketersediaan makanan melimpah hanya bagi beberapa jenis spesies tertentu saja (Bora dkk., 2014). Variasi jenis tumbuhan yang tumbuh pada suatu habitat akan memberikan ketersediaan makanan yang lebih beragam bagi berbagai jenis serangga termasuk kupu-kupu. Selain faktor vegetasi, faktor abiotik seperti intensitas cahaya mempengaruhi kelimpahan dan keragaman jenis kupu-kupu. Diversitas kupu-kupu pada daerah Sengkaling lebih tinggi dibandingkan Coban Talun adalah terkait intensitas cahaya matahari yang lebih melimpah. Menurut Borrer dkk., intensitas cahaya menentukan kemampuan

melihat pada kupu-kupu. Organ penglihatan kupu-kupu bekerja berdasar intensitas cahaya yang masuk ke dalam mata faset yang diterima oleh reseptor berupa gelap dan terang dalam intensitas yang berbeda, selain itu cahaya matahari juga dapat mempengaruhi kemampuan terbang kupu-kupu serta suhu panas dari cahaya matahari mampu menstimulasi perkembangan maupun metabolisme tubuh kupu-kupu menjadi lebih cepat.

#### 4.2.3 Indeks Similaritas Bray-Curtis (IBC)

Selanjutnya, tingkat kesamaan struktur komunitas kupu-kupu antar lokasi pengamatan diukur dan dianalisis menggunakan Indeks similaritas Bray-Curtis (IBC). Indeks kesamaan Bray-Curtis (IBC) digunakan untuk melihat kesamaan struktur komunitas antar dua jenis habitat di ekosistem yang sama berdasarkan parameter tertentu yang dilambangkan dengan IBC. Kisaran nilai IBC adalah 0-1, yang mana diartikan bahwa jika nilai IBC mendekati 0 maka tingkat kesamaan struktur komunitas kedua habitat tergolong rendah. Demikian sebaliknya, jika nilai IBC mendekati 1 maka kesamaan struktur komunitas antara kedua habitat dikatakan tinggi atau hampir sama (Ali, 2013).



Gambar 25. Tingkat similaritas komposisi kupu-kupu di antara stasiun pengamatan di Sengkaling dan Coban Talun

Berdasarkan hasil analisis indeks similaritas Bray-Curtis, secara keseluruhan nilai similaritas komposisi spesies kupu-kupu antar lokasi pengamatan di daerah Sengkaling hampir sama yaitu berkisar 0,4-0,6 sedangkan Coban Talun memiliki nilai similaritas antar lokasi pengamatan 0,5-0,7 (Gambar 19). Hal ini menunjukkan bahwa similaritas komponen spesies kupu-kupu di daerah Sengkaling

dengan Coban Talun tergolong cukup tinggi atau terdapat perbedaan struktur komponen spesies kupu-kupu yang tidak signifikan pada kedua lokasi pengamatan tersebut.

Adanya similaritas antar habitat pada komponen kupu kupu dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya seperti jenis tumbuhan sebagai sumber makanan yang dikonsumsi. Sumber makanan yang sama antar satu habitat dengan habitat lain akan menghasilkan diversitas kupu-kupu yang hampir sama (Steffan dan Teja 1997).

Selain faktor sumber makanan, kondisi abiotik habitat seperti suhu udara, intensitas cahaya, kelembaban udara, dan kecepatan angin turut mempengaruhi similaritas antar habitat. Habitat yang memiliki karakteristik ekologis yang serupa dengan habitat lainnya akan memiliki similaritas kupu-kupu yang hampir serupa juga. Hal ini disebabkan sistem metabolisme dan adaptasi tubuh kupu-kupu berbeda antara satu dengan lainnya terutama dalam merespon kondisi lingkungan (Vu, 2009). Habitat satu dengan habitat lain yang memiliki faktor-faktor abiotik serupa cenderung memiliki diversitas kupu-kupu yang sama.

### 4.3 Pengaruh Variabel Lingkungan terhadap Diversitas Kupu-Kupu

Tabel 3. Faktor abiotik pada masing-masing stasiun pengamatan di Sengkaling dan Coban Talun

Stasiun	Sengkaling				Coban Talun			
	IC (Lux)	SU (°C)	KA (m/s)	KR (%)	IC (Lux)	SU (°C)	KA (m/s)	KR (%)
LVES 1	43150	28,49	1,25	76,69	27928	27,70	1,16	80,16
LVES 2	42848	29,83	1,17	73,65	26349	27,12	1,03	79,90
LVES 3	49145	30,25	1,20	73,16	34236	26,61	0,84	78,94
LVES 4	45837	30,38	1,22	70,66	19867	26,83	0,94	82,48
LVES 5	60635	31,50	0,99	69,58	36328	27,47	0,94	77,49
<b>Rerata</b>	<b>48323</b>	<b>30,09</b>	<b>1,17</b>	<b>72,75</b>	<b>28942</b>	<b>27,14</b>	<b>0,98</b>	<b>79,79</b>

Berdasarkan hasil analisis data faktor abiotik lingkungan yang diperoleh pada dua lokasi pengamatan, secara keseluruhan Sengkaling memiliki nilai faktor abiotik yang lebih tinggi dibandingkan Coban Talun. Intensitas cahaya di Sengkaling mencapai hampir dua kali lipat dari nilai intensitas cahaya di Coban

Talun. Suhu dan kecepatan angin di kedua lokasi memiliki perbedaan yang kecil namun lebih tinggi di Sengkaling. Berbanding terbalik dengan faktor abiotik lainnya, kelembaban relatif lebih tinggi di Coban Talun dibandingkan Sengkaling (Tabel 3). Hal ini sesuai pernyataan semakin tinggi intensitas cahaya matahari dan suhu, maka semakin rendah nilai kelembaban (Saunders *et al.*, 2018).

Pengaruh faktor lingkungan terhadap kupu-kupu sangat signifikan dan bervariasi. Saat perubahan musim, intensitas cahaya matahari serta curah hujan yang melimpah menyebabkan distribusi dan kelimpahan kupu-kupu akan meningkat (Saunders *et al.*, 2018). Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi kupu-kupu yaitu kecepatan angin, cahaya matahari, dan jenis maupun jumlah vegetasi yang tersedia sebagai sumber bahan makanan (Castro dan Espinosa, 2015). Menurut Braby (2004), kupu-kupu tidak dapat hidup pada suhu rendah dan kelembaban yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan kupu-kupu sulit ditemui pada daerah yang memiliki kelembaban di atas 90% (Orr dan Kitching, 2010).

#### 4.4 Musuh Alami Kupu-Kupu

Terdapat beberapa alasan mengapa jumlah kupu-kupu (sebagai polinator) dapat berkurang di alam. Beberapa di antaranya adalah kerusakan habitat, fragmentasi habitat, dan hadirnya musuh alami sebagai faktor terbesarnya. Kelimpahan dan diversitas kupu-kupu dipengaruhi oleh adanya musuh alami mereka, yaitu predator (yang memangsanya), parasit, dan parasitoid. Sekitar 95 % individu dari setiap spesies kupu-kupu akan mati sebelum mereka mencapai fase dewasa dikarenakan hadirnya parasit dan dimangsa oleh predator. Selain itu, ada jenis larva parasitoid yang hidup dalam tubuh inang mereka (kupu-kupu) untuk kemudian membunuh inang tersebut. Sebanyak 10 % dari jenis insekta tergolong dalam parasitoid, mereka memperoleh makanan dari organ vital pada ulat kupu-kupu berbagai usia. Kemudian, saat fase pupa tiba, parasitoid keluar dari pupa dengan membunuh inangnya (pupa) tersebut (Santosh & Basavarajappa, 2017).

Adanya musuh alami kupu-kupu ini sejatinya berfungsi sebagai kontrol alam terhadap populasi kupu-kupu di ekosistem agar jumlahnya selalu seimbang. Jaring-jaring makanan di alam akan terganggu jika kupu-kupu sebagai konsumen pertama tak terkendali jumlahnya. Seekor kupu-kupu betina mampu melahirkan 500 telur, namun rata-rata hanya 100 telur yang mampu dikeluarkan karena

kebanyakan kupu-kupu betina akan mati sebelum mengeluarkan semua telurnya hingga habis. Kemudian, hanya akan ada 95 telur yang menetas, lalu 85 dari mereka menjadi ulat yang mayoritas kemudian akan dimangsa predator mereka seperti burung, tawon, laba-laba, jangkrik, belalang, dan predator lainnya sehingga hanya menyisakan 10 individu saja yang akan masuk ke fase pupa. Saat memasuki fase pupa, mereka juga tidak terlepas dari ancaman parasitoid, mati kekeringan, ditumbuhi jamur, dan beberapa penyebab lainnya (Learnaboutbutterflies, 2020). Ini merupakan mekanisme alam yang sempurna untuk menjaga fungsi ekosistem berjalan dengan seimbang dan saling mendukung kehidupan antar populasi dan spesies.

Santosh dan Basavarajappa dalam jurnalnya (2017) menyebutkan bahwa aktivitas predasi laba-laba terhadap kupu-kupu tidak bisa diabaikan, karena interferensi laba-laba adalah suatu hal yang alami terjadi di lingkungan terbuka (pertanian dan perkebunan). Sehingga jumlah kupu-kupu akan berkurang dalam jumlah besar akibat serangan laba-laba ini, yang kemudian akan merusak populasi kupu-kupu dan menekan diversitasnya. Hanya kupu-kupu dewasa saja yang beruntung bisa menyelamatkan diri dari predasi laba-laba dan bermigrasi ke tempat yang lebih aman untuk mereka bertelur dan melanjutkan kehidupan generasinya. Hal ini mendukung hasil di penelitian ini, bahwa diversitas kupu-kupu di Coban Talun tidak lebih tinggi dari diversitas kupu-kupu di Sengkaling. Mengingat bahwa Coban Talun tergolong sebagai hutan produksi yang terbuka, sehingga memungkinkan hadirnya musuh alami kupu-kupu yang lebih banyak dibandingkan di Sengkaling.

#### **4.5 Perbedaan Penggunaan Lahan (*Land Use*) Kedua Lokasi dan Pengaruhnya pada Pola Diversitas Kupu-Kupu**

Hilangnya habitat alami yang disebabkan oleh pembangunan kota tercatat sebagai salah satu penyebab berkurangnya diversitas kupu-kupu, namun ada upaya yang bisa dilakukan untuk menjaga biodiversitas di lingkungan pemukiman dan perkotaan. Menciptakan kebun dan taman buatan diketahui mampu menawarkan habitat yang baik untuk mempertahankan diversitas beberapa spesies, mengingat bahwa diversitas tetumbuhan memiliki peran yang sangat penting bagi komunitas kupu-kupu di lingkungan pemukiman dan perkotaan. Kupu-kupu memanfaatkan tumbuhan berbunga sebagai sumber makanan dan sebagai inang, sehingga diversitas kupu-kupu sangat

dipengaruhi oleh kelimpahan tumbuhan berbunga yang tersedia di habitatnya (Tam & Bonebrake, 2015).

Diversitas kupu-kupu berkaitan erat dengan tersedianya tumbuhan inang. Manajemen adaptif dengan memilih tumbuhan inang tertentu mampu mendukung terbentuknya habitat yang baik untuk kupu-kupu. Nagase dkk. dalam risetnya menyebutkan bahwa kebun dan taman yang ditanami tumbuhan dari famili Brassicaceae dan Rutaceae yang digunakan oleh larva dan kupu-kupu dewasa sebagai inang mereka menunjukkan diversitas kupu-kupu yang lebih tinggi daripada di lingkungan terbuka yang memiliki lebih sedikit tumbuhan berbunga. Penanaman secara sengaja tumbuhan inang yang menghasilkan nektar pilihan bagi kupu-kupu mampu meningkatkan diversitas mereka di kebun-kebun dan taman-taman buatan manusia di area pemukiman dan atau perkotaan (Nagase dkk., 2018).

Tam dan Bonebrake (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa lanskap perkotaan yang memiliki banyak area hijau mampu menyediakan habitat yang baik bagi kupu-kupu. Kupu-kupu yang terbang melintasi area terbuka yang tidak memiliki tumbuhan berbunga memiliki frekuensi hinggap yang lebih jarang dibandingkan dengan ketika kupu-kupu melintasi area yang dipenuhi tumbuhan berbunga. Kupu-kupu di lingkungan pemukiman dan perkotaan tercatat memiliki kemampuan mencari sumber makanan dari tetumbuhan yang berbunga, sehingga hal ini mendukung terjadinya adaptasi kupu-kupu yang lebih baik di lingkungan perkotaan yang terfragmentasi (Tam & Bonebrake, 2015).

Penelitian lain yang dilakukan Fontaine dkk. (2016) juga menyebutkan bahwa efek negatif yang dihadirkan dari pembangunan perkotaan sebagian dapat diatasi pada skala lokal dengan menerapkan perilaku berkebun dan menyediakan karakteristik kebun yang disukai kupu-kupu, yaitu dengan menanam tumbuhan yang menghasilkan nektar dan membiarkannya tumbuh tanpa bantuan pestisida. Praktik yang ramah kupu-kupu ini dinilai efektif mempertahankan diversitas kupu-kupu, mengingat bahwa tersedianya nektar menyebabkan terbentuknya *carrying capacity* suatu kebun dan atau taman bagi beberapa spesies kupu-kupu (Fontaine dkk., 2016).

Sengkaling dan Coban Talun yang digunakan sebagai lokasi penelitian ini, selain memiliki perbedaan ketinggian (mdpl) juga memiliki perbedaan karakteristik penggunaan lahan (*land use*). Sengkaling terletak di kawasan pemukiman dan perkotaan, sedangkan Coban Talun terletak di kawasan hutan produksi dan

perkebunan. Beberapa hasil penelitian lain yang disebutkan di atas mendukung hasil penelitian ini, bahwa diversitas kupu-kupu yang lebih tinggi di daerah Sengkaling disebabkan oleh campur tangan penduduk Sengkaling yang mayoritas telah menerapkan perilaku berkebun tumbuhan berbunga di halaman rumah masing-masing. Sehingga hal ini mampu menyediakan habitat yang baik dan cocok bagi kupu-kupu mencari sumber makanan dan menjadikan tumbuhan tersebut sebagai inang untuk mereka bereproduksi. Sedangkan lokasi Coban Talun yang dimanfaatkan sebagai hutan produksi dan perkebunan menawarkan lebih sedikit spesies tumbuhan berbunga (cenderung homogen) yang mendukung kelimpahan kupu-kupu di habitatnya, sehingga hal ini mampu menjawab mengapa diversitas kupu-kupu di Coban Talun lebih rendah daripada di Sengkaling.

## 4.6 Analisis Statistik

### 4.6.1 Uji Beda Anova

Analisis uji normalitas data menggunakan *software* SPSS menunjukkan signifikansi ( $\alpha$ ) lebih dari 0,05 yaitu sebesar 0,99. Hal ini menunjukkan bahwa data indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) yang diperoleh pada kedua lokasi VES kupu-kupu dapat dikatakan memiliki distribusi normal.

Selanjutnya dilakukan uji homogenitas data yang menunjukkan signifikansi ( $\alpha$ ) lebih dari 0,05 yaitu sebesar 0,21. Sehingga data indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) yang diperoleh pada kedua lokasi VES kupu-kupu dapat dikatakan homogen. Karena data memiliki distribusi normal dan bersifat homogen, maka uji beda dilakukan menggunakan *Anova One Way*.

Analisis uji beda menggunakan *Anova One Way* menunjukkan signifikansi ( $\alpha$ ) kurang dari 0,05 yaitu sebesar 0,002. Sehingga dapat dikatakan bahwa  $H_1$  diterima. Berikut adalah hipotesisnya:

$H_0$ : Tidak ada perbedaan indeks diversitas pada kedua lokasi VES

$H_1$ : Terdapat perbedaan indeks diversitas pada kedua lokasi VES

Berdasar hasil analisis uji beda ini, maka berikutnya dapat disimpulkan bahwa diversitas kupu-kupu pada kedua lokasi VES dengan ketinggian yang berbeda, memiliki perbedaan yang signifikan.

#### 4.6.2 Uji Korelasi & Regresi

Analisis uji normalitas data menggunakan *software* SPSS berikut menunjukkan signifikansi ( $\alpha$ ) lebih dari 0,05 (Tabel 4). Maka data diversitas kupu-kupu dan faktor-faktor lingkungan yang diperoleh pada kedua lokasi VES dapat dikatakan memiliki distribusi normal. Sehingga langkah berikutnya data diolah menggunakan uji korelasi Pearson.

Tabel 4. Signifikansi ( $\alpha$ ) normalitas data untuk uji korelasi dan regresi

	Indeks Diversitas (H')	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu Udara (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Relatif (%)
$\alpha$	0,99	0,99	0,81	0,68	0,99

Uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembaban udara memiliki hubungan timbal balik (interdependensi) dengan diversitas kupu-kupu di kedua lokasi, dimana hal ini ditunjukkan dengan signifikansi ( $\alpha$ ) kurang dari 0,05. Sedangkan kecepatan angin tidak memiliki hubungan interdependensi dengan diversitas kupu-kupu karena signifikansinya ( $\alpha$ ) lebih dari 0,05 (Tabel 5). Korelasi intensitas cahaya dan suhu udara dengan diversitas kupu-kupu bersifat positif, dimana semakin tinggi intensitas cahaya dan suhu udara maka semakin tinggi diversitasnya. Hal ini terjadi di Sengkaling yang memiliki kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya dan suhu udara yang lebih tinggi dibanding Coban Talun. Sedangkan korelasi kelembaban udara dengan diversitas kupu-kupu bersifat negatif, dimana semakin tinggi kelembaban udara maka semakin rendah diversitasnya. Hal ini terjadi di Coban Talun dengan kondisi kelembaban udara yang lebih tinggi dibanding di Sengkaling sehingga diversitas kupu-kupunya pun lebih rendah dibanding dengan diversitas di Sengkaling.

Tabel 5. Signifikansi ( $\alpha$ ) uji korelasi antara indeks diversitas Shannon-Wiener (H') dengan keempat faktor abiotik

	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu Udara (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Relatif (%)
$\alpha$	0,008	0,007	0,134	0,010
<i>Pearson Correlation</i>	0,78	0,78	0,51	-0,76



Berikutnya, uji regresi linear antara indeks diversitas ( $H'$ ) dan kelembaban relatif (%) menunjukkan bahwa signifikansinya ( $\alpha$ ) adalah sebesar 0,01 (kurang dari 0,05) sehingga dapat diketahui bahwa kelembaban udara memberi pengaruh pada diversitas kupu-kupu. Nilai R sebesar 0.767 menunjukkan bahwa kelembaban udara memberi pengaruh yang kuat bagi diversitas kupu-kupu, dimana pengaruh yang diberikan adalah sebesar 58,8 % (berdasarkan *R square*), sedangkan 41,2 % lainnya merupakan pengaruh yang diberikan oleh variabel lain terhadap diversitas kupu-kupu (Tabel 6).

Tabel 6. Signifikansi ( $\alpha$ ) uji regresi linear antara indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) dengan keempat faktor abiotik

	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu Udara (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Relatif (%)
$\alpha$	0,008	0,007	Tidak Diuji	0,010
R	0,781	0,782		0,767
<i>R Square</i>	0,610	0,612		0,588

Selanjutnya, uji regresi linear antara indeks diversitas ( $H'$ ) dan suhu udara (°C) menunjukkan bahwa signifikansinya ( $\alpha$ ) adalah sebesar 0,007 (kurang dari 0,05), sehingga dapat diketahui bahwa suhu udara memberi pengaruh pada diversitas kupu-kupu. Nilai R sebesar 0,782 menunjukkan bahwa suhu udara memberi pengaruh yang kuat bagi diversitas kupu-kupu, dimana pengaruh yang diberikan adalah sebesar 61,2 % (berdasarkan *R square*), sedangkan 38,8 % lainnya merupakan pengaruh yang diberikan oleh variabel lain terhadap diversitas kupu-kupu (Tabel 6).

Terakhir, uji regresi linear antara indeks diversitas ( $H'$ ) dan intensitas cahaya (Lux) menunjukkan bahwa signifikansinya ( $\alpha$ ) adalah sebesar 0,008 (kurang dari 0,05), sehingga dapat diketahui bahwa intensitas cahaya memberi pengaruh pada diversitas kupu-kupu. Nilai R sebesar 0,781 menunjukkan bahwa intensitas cahaya memberi pengaruh yang kuat bagi diversitas kupu-kupu, dimana pengaruh yang diberikan adalah sebesar 61 % (berdasarkan *R square*), sedangkan 39 % lainnya merupakan pengaruh yang diberikan oleh variabel lain terhadap diversitas kupu-kupu (Tabel 6).

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Penelitian yang berjudul “Diversitas Spasial Kupu-Kupu (Insekta: Lepidoptera) Berdasarkan Gradien Elevasi di Coban Talun (Bumiaji, Batu) dan Sengkaling (Dau, Malang), Jawa Timur” ini pada akhirnya membawa pada beberapa kesimpulan.

- a. Tingkat diversitas kupu-kupu di kedua lokasi tergolong sedang sampai tinggi. Diversitas kupu-kupu Sengkaling (3,87) lebih tinggi dibandingkan Coban Talun (2,8). Hal ini disebabkan karena tingkat pemerataan (*equitability*) yang cukup tinggi yang dipengaruhi oleh variasi faktor lingkungan, termasuk di antaranya adalah faktor abiotik dan ketersediaan makanan serta tumbuhan inang untuk kupu-kupu bereproduksi.
- b. Faktor abiotik yang memberikan pengaruh terhadap diversitas kupu-kupu di kedua lokasi antara lain adalah intensitas cahaya (Lux), suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), dan kelembaban relatif (%). Dimana semakin tinggi intensitas cahaya dan suhu udara, maka semakin tinggi pula diversitas kupu-kupunya. Hal ini terjadi di Sengkaling. Namun sebaliknya, semakin tinggi kelembaban relatif (udara), maka semakin rendah diversitasnya. Hal ini terjadi di Coban Talun.

### 5.2 Saran

Beberapa saran untuk keberlanjutan penelitian di bidang ini antara lain adalah:

- a. Perlu ada kajian lanjutan untuk melihat pengaruh faktor biotik termasuk predator dan vegetasi di lokasi Sengkaling dan Coban Talun
- b. Perlu dirumuskan strategi kebijakan untuk menjaga kelestarian habitat dan lingkungan di lokasi Sengkaling dan Coban Talun
- c. Hasil yang diperoleh dapat dijadikan rekomendasi untuk pengembangan ekowisata berbasis kupu-kupu di wilayah Kabupaten Malang

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S.M.Z. 2013. Lentic water ecosystems MMM monitoring, management, and modification. *International Journal of Geology, Earth and Enviromental Science*. 3(1), 149-155.
- Astuti, Rodiyah. 2015. *Keindahan wisata air terjun Coban Talun yang memudar*. www.kompasiana.com. Diakses pada 05 Desember 2016.
- Batueventguide. 2016. *Coban Talun di Batu*. www.batueventguide.weebly.com. Diakses pada 05 Desember 2016.
- Bora, A. & L.R. Meitei. 2014. Diversity of butterflies (Order: Lepidoptera) in Assam University Campus and its Vicinity, Cachar District, Assam, India. *J. Biodiv. Env. Sci*. 5(3): 328-339.
- Borrer, D. J., C. A. Triplehorn, & N. F. Johnson. 1996. *Pengenalan Pelajaran Serangga, edisi keenam*. Gajah Mada University Press. Yoyakarta.
- BPS Kota Batu. 2015. *Statistik daerah Kecamatan Bumiaji 2015*. www.batukota.bps.go.id. Diakses pada 05 Desember 2016.
- Braby, M. F. 2000. *Butterflies of Australia. Their identification, Biology and Distribution*. Vol 1. SCIRO Publishing.
- Braby, M.F. 2004. *The complete field guide to butterflies of Australia*. Csiro Publishing. Canberra.
- Caratti, J.F. 2006. *Density Sampling Method*. USDA Forest Service.
- Castro, A. & C.I. Espinosa. 2015. *Seasonal Diversity of Butterflies and Its Relationship with Woody-Plant Resource Availability in an Ecuadorian Tropical Dry Forest*. Departamento de Ciencias Naturales Universidad Tecnica Particular de Loja. Ecuador.
- Ciptakarya. 2016. *Pembangunan kawasan pedesaan berbasis masyarakat di Kabupaten Malang*. www.ciptakarya.pu.go.id. Diakses pada 05 Desember 2016.
- Fontaine, B., B. Bergerot, I. LeViol, & R. Julliard. 2016. Impact of urbanization and gardening practices on common butterfly communities in France. *Wiley Ecology and Evolution*. Vol 6: 8174–8180.
- Freitas, A.V.L, C.A Iserhard, J.P Santos, J.Y.O Carreira, D.B Ribeiro, D.H.A Melo, A.H.B Rosa, O.J.M Filho, G.M Accacio,

& M.U Prado. 2014. Studies with butterfly bait traps: an overview. *Revista Colombiana de Entomologia*. Vol 40(2): 203-212.

Hodkinson, I.D & J.K Jackson. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environmental Management*. Vol 35(5): 649-666.

Kerckhoff. 2010. *Measuring Biodiversity of Ecological Community*. Blacwell. Oxford.

Khan, S.R & N. Rastogy. 2015. Impact of mining activity on butterfly diversity and community composition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. Vol 3(4): 178-185.

Laongpol, Chukiat, K. Suzuki, K. Katzensteiner, & K. Sridith. 2009. Plant community structure of the coastal vegetation of peninsular thailand. *Thai Forest Bulletin*. Special Issue : Papers from The 14th Flora of Thailand Meeting.

Layberry, R.A, P.W Hall, & J.D Lafontaine. 2001. *The butterflies of Canada*. University of Toronto Press. Canada.

Learn About Butterflies. 2020. *The Enemies of Butterflies*. www.learnaboutbutterflies.com. Diakses pada 24 Juni 2020.

Levanoni, O., N. Levin, G. Pe'er, A. Turbe, & S. Kark. 2011. Can we predict butterfly diversity along an elevation gradient from space? *Ecography Journal*. 34: 372-383.

Majumder, J., H.R. Lod, & B.K. Agarwala. 2013. Butterfly species richness and diversity in the Trishna Wildlife Sanctuary in South Asia. *J. Insect Science*. 13: 1-13.

Mc Cain, C.M & J.A Grytnes. 2010. *Encyclopedia of life sciences: elevational gradients in species richness*. John Wiley & Sons, Ltd. Chicester.

Mihoci, I., V. Hrsak, M. Kucinic, V.M. Stankovic, A. Delic, & N. Tvrkovic. 2011. Butterfly diversity and biogeography on the Croatian karst mountain Biokovo: vertical distribution and preference for altitude and aspect. *Eur. J. Entomol*. 108: 623-633.

Miller, G.T. & S.E. Spoolman. 2010. *Living in The Environment*. Cengage Learning. Canada.

Nagase, A., M. Kurashina, M. Nomura, & J.S MacIvor. 2018. Patterns in urban butterflies and spontaneous plants across a

University campus in Japan. *The Pan-Pacific Entomologist*. 94(4): 195–215.

Obasi, K.O, N.D Ijere, and R.I Okechukwu. 2013. Species diversity and equatability indices of some freshwater species in Aba River and Azumini Blue River, Abia State Nigeria.

*International Journal of Modern Biotechnology*. Vol 2 : 1-5.

Orr, Albert & Kitching, R. 2010. *The Butterflies of Australia*. Jacana Book. Australia.

Osnas, O.A., I. Armbrech, & Z. Calle. 2010. Butterflies and vegetation in restored gullies of different ages at the Colombian Western Andes. *Boletin Cientifico Museo de Historia Natural*. 14 (2): 163-180. 7.

Peggie, D. & M. Amir. 2006. **Panduan Praktis Kupu-Kupu di Kebun Raya Bogor**. Pusat Penelitian Biologi LIPI. Cibinong.

Pollard, E. 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. Chapman & Hall. London.

Ratih, K.K, S.E Rahayu, & Sulisetijono. 2015. *Preferensi kupu-kupu Familia Papilionidae dan Pieridae pada tumbuhan di wisata air terjun Coban Rais, Kota Batu, Jawa Timur*. Malang. Universitas Negeri Malang.

Sanders, N.J & C. Rahbek. 2012. The patterns and causes of elevational diversity gradients. *Ecography Editorial*. 35: 1-3.

Santosh, S & S. Basavarajappa. 2017. Record of natural enemies of few butterfly species amidst agriculture ecosystem of Chamarajanagar district, Karnataka, India. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical, and Chemical Sciences*. 2(5): 18-31.

Saunders, S. P., L. Ries, K. Oberhauser, W.E. Thogmartin, & E.F. Zipkin. 2017. Local and cross-seasonal associations of climate and land use with abundance of monarch butterflies *Danaus plexippus*. *Ecography Journal*. 41(2): 278–290.

Spencer, L.A. 2007. *Arkansas butterflies and moths*. Ozark Society Foundation. Arkansas.

Steffan, D. I. & T. Teja. 1997. Ecologia: Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Springer International Association for Ecology*. Vol 109: 294-302.

Sutarno & A.D Setyawan. 2015. Biodiversitas Indonesia: penurunan dan upaya pengelolaan untuk menjamin kemandirian bangsa. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Vol 1(1): 1-13.

Tam, K.C. & T.C Bonebrake. 2015. Butterfly diversity, habitat and vegetation usage in Hong Kong urban parks. *Journal of Urban Ecosystem*. Vol 18: 683–692.

Vu, V.L. 2009. Diversity and similarity of butterfly communities in five different habitat types at Tam Dao National Park, Vietnam. *Journal of Zoology*. 277: 1099-1111.

Yong, D.L., D.J. Lohman, C.W. Gan, L. Qie, & L.S.L. Hong. 2012. Tropical butterfly communities on land-bridge islands in peninsular Malaysia. *The Raffles Bulletin of Zoology*. Supp.25: 161- 172.





## LAMPIRAN

### 1. Survey Lokasi Penelitian Pertama (Site 1-Coban Talun)



\*Masih terdapat beberapa spesies lain yang tidak bisa terjangkau kamera (diperkirakan anggota Famili Pieridae)

### 2. Survey Lokasi Penelitian Kedua (Site 2-Coban Talun)





### 3. Survey Lokasi Penelitian Ketiga (Site 5-Coban Talun)



\*Masih terdapat beberapa spesies lain yang tidak bisa terjangkau kamera

#### 4. Kondisi Lingkungan di 5 Lokasi Visual Encounter Survey (VES) Sengkaling Berdasar Potret Google Street View di Google Earth

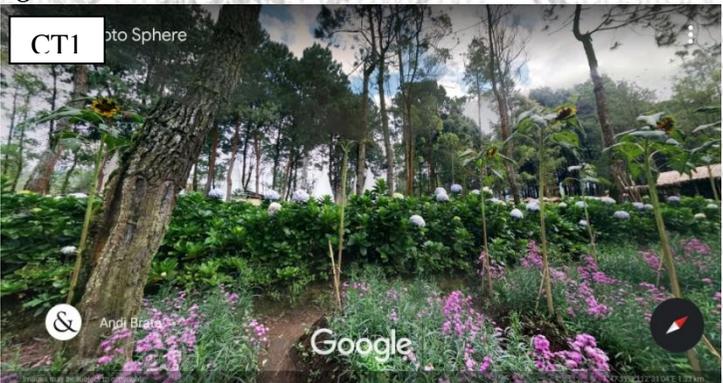








**5. Kondisi Lingkungan di 5 Lokasi Visual Encounter Survey (VES) Coban Talun Berdasar Potret Google Street View di Google Earth**





## 6. Output Uji Beda Anova One Way (SPSS)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		H'
N		10
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	3.0640
	Std. Deviation	.61749
	Most Extreme Differences	
	Absolute	.127
	Positive	.117
	Negative	-.127
Kolmogorov-Smirnov Z		.400
Asymp. Sig. (2-tailed)		.997

a. Test distribution is Normal.

Output uji normalitas data indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) pada kedua lokasi VES kupu-kupu

Test of Homogeneity of Variances			
H'			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.862	1	8	.210

Output uji homogenitas data indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) pada kedua lokasi VES kupu-kupu

ANOVA					
H'					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.500	1	2.500	21.468	.002
Within Groups	.932	8	.116		
Total	3.432	9			

Output uji beda *One Way Anova* data indeks diversitas Shannon-Wiener ( $H'$ ) pada kedua lokasi VES kupu-kupu

## 7. Output Uji Korelasi dan Regresi (SPSS)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test						
		H'	Lux	C	m/s	%
N		10	10	10	10	10
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	3.0640	3.8632E4	28.6180	1.0740	76.2710
	Std. Deviation	.61749	1.2142E4	1.73823	.14315	4.32604
Most Extreme Differences	Absolute	.127	.136	.201	.226	.139
	Positive	.117	.111	.201	.125	.128
	Negative	-.127	-.136	-.157	-.226	-.139
Kolmogorov-Smirnov Z		.400	.429	.637	.715	.438
Asymp. Sig. (2-tailed)		.997	.993	.813	.687	.991

a. Test distribution is Normal.

Output uji normalitas data untuk uji korelasi (diversitas kupu-kupu dan faktor-faktor lingkungan)

Correlations						
		H'	Lux	C	m/s	%
H'	Pearson Correlation	1	.781**	.782**	.508	-.767**
	Sig. (2-tailed)		.008	.007	.134	.010
	N	10	10	10	10	10
Lux	Pearson Correlation	.781**	1	.900**	.332	-.945**
	Sig. (2-tailed)	.008		.000	.348	.000
	N	10	10	10	10	10
C	Pearson Correlation	.782**	.900**	1	.520	-.951**
	Sig. (2-tailed)	.007	.000		.123	.000
	N	10	10	10	10	10
m/s	Pearson Correlation	.508	.332	.520	1	-.408
	Sig. (2-tailed)	.134	.348	.123		.242
	N	10	10	10	10	10
%	Pearson Correlation	-.767**	-.945**	-.951**	-.408	1
	Sig. (2-tailed)	.010	.000	.000	.242	
	N	10	10	10	10	10

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Output uji korelasi Pearson yang menunjukkan hubungan diversitas kupu-kupu dengan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.767 <sup>a</sup>	.588	.536	.42056

a. Predictors: (Constant), %

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.017	1	2.017	11.402	.010 <sup>a</sup>
	Residual	1.415	8	.177		
	Total	3.432	9			

a. Predictors: (Constant), %  
b. Dependent Variable: H'

*Output uji regresi diversitas kupu-kupu dengan kelembaban udara*

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.782 <sup>a</sup>	.612	.564	.40791

a. Predictors: (Constant), C

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.101	1	2.101	12.624	.007 <sup>a</sup>
	Residual	1.331	8	.166		
	Total	3.432	9			

a. Predictors: (Constant), C  
b. Dependent Variable: H'

*Output uji regresi diversitas kupu-kupu dengan suhu udara*

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.781 <sup>a</sup>	.610	.561	.40922

a. Predictors: (Constant), Lux

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.092	1	2.092	12.492	.008 <sup>a</sup>
	Residual	1.340	8	.167		
	Total	3.432	9			

a. Predictors: (Constant), Lux  
b. Dependent Variable: H'

*Output uji regresi diversitas kupu-kupu dengan intensitas cahaya*