

Kupu-kupu sebagai Bioindikator Kesehatan Ekosistem di Hutan Tampusu, Area Pertanian Sekitarnya dan Area Wisata Danau Linow

Tasya Selin Tobo¹, Hard N. Pollo^{1§} dan Johny S. Tasirin¹

¹ Program Studi Kehutanan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia.

[§]Corresponding Author: hardpollo@unsrat.ac.id

Saran sitasi:

Tobo, T.S., H.N. Pollo, & J.S. Tasirin. 2024. Sebaran dan Fenologi Pohon di Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi. *Silvarum*, 3(3): 154-161.

Abstrak

Penilaian kesehatan ekosistem secara kualitatif merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi suatu ekosistem berdasarkan salah satu atribut ekosistem, yaitu struktur organisasinya. Keragaman jenis kupu-kupu merupakan salah satu ukuran struktur ekosistem yang secara bersama-sama dengan jenis-jenis bioindikator dapat dijadikan sebagai ukuran bagi kesehatan suatu ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman jenis kupu-kupu, jenis-jenis bioindikator dan kondisi ekosistem di Hutan Tampusu, areal pertanian sekitarnya dan areal wisata Danau Linow. Metode penelitian yang digunakan ialah Metode Jalur. Jalur memotong garis kontur pada areal berlereng, sepanjang 400 m dengan lebar 10 m ke kiri dan ke kanan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1). jumlah, jenis dan keragaman kupu-kupu pada ekosistem hutan Tampusu lebih tinggi dan beragam daripada di areal wisata Danau Linow dan areal pertanian, dan areal wisata Danau Linow lebih tinggi dan beragam dari pada areal pertanian; (2). terdapat 12 jenis kupu-kupu bioindikator di Hutan Tampusu dimana *Appias zarinda* memiliki individu terbanyak yaitu 16 individu; di areal wisata Danau Linow sebanyak 14 jenis dengan individu terbanyak ialah *Melanitis pyrrha* yaitu 6 individu; dan di areal pertanian sebanyak 4 jenis dengan individu terbanyak ialah *Vindula dejone celebensis* yaitu 14 individu; dan (3). terdapat 20 jenis tumbuhan pakan imago kupu-kupu di seluruh areal penelitian; dengan temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya rata-rata di areal pertanian, areal wisata Danau Linow dan Hutan Tampusu masing-masing sebesar 23.90 °C, 24.84 °C, 23.98 °C; 0.73 %, 0.73 %, 0.75 %; 1336.47 Lux, 1280.84 Lux dan 1308.37 Lux; dengan jumlah 1 strata tajuk pada areal pertanian, 4 strata tajuk pada areal wisata Danau Linow, dan 5 strata tajuk pada Hutan Tampusu. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi ekosistem hutan Tampusu lebih baik dan lebih sehat daripada di areal wisata Danau Linow dan areal pertanian, dan areal wisata Danau Linow lebih baik dari pada areal pertanian

Kata kunci : kupu-kupu, kesehatan ekosistem, bioindikator, hutan, areal wisata, danau linow, hutan tampusu, areal pertanian, keragaman

1. Pendahuluan

Kupu-kupu mempunyai bentuk dan warna yang menarik perhatian. Struktur dan komposisi kupu-kupu di suatu habitat berbeda dengan di tempat lain, karena keberadaan kupu-kupu di suatu habitat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik yang berpengaruh terhadap kupu-kupu diantaranya tumbuhan pakan, tumbuhan inang, predator, parasit. Sedangkan faktor abiotik seperti ketinggian tempat, suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, angin dan cuaca (Lodh and Agarwala, 2016). Hutan di Gunung Tampusu merupakan salah satu ekosistem yang tersisa di kota Tomohon. Secara umum areal pertanian yang terdapat di kota Tomohon merupakan areal pertanian intensif sehingga vegetasi alami

yang tersisa hampir tidak ada lagi, areal pertanian tepat berada di bawah Gunung Tampusu di sebelah timur merupakan salah satunya. Areal wisata Danau Linow merupakan areal yang dalam skala penggunaannya tidak intensif karena lebih diarahkan pada panorama keindahan alamnya untuk tujuan wisata. Areal yang tidak terganggu, Gunung Tampusu, areal pertanian yang terganggu secara intensif, tepat sebelah utara timur laut Gunung Tampusu dan areal yang penggunaannya yang tidak terlalu intensif merupakan areal yang baik untuk perbandingan kondisi kesehatan ekosistem di kota Tomohon.

Organisme yang sensitif terhadap suatu gangguan dapat dijadikan sebagai indikator dari keadaan suatu ekosistem, dimana kupu-kupu merupakan salah satu di antaranya. Untuk mengetahui level kondisi kesehatan ekosistem, jenis-jenis bioindikator dan keragaman kupu-kupu di Hutan Tampusu, areal pertanian sekitarnya dan areal wisata Danau Linow dan, maka penelitian ini dilakukan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui: 1. keragaman jenis kupu-kupu. 2. jenis-jenis bioindikator. 3. kondisi ekosistem di areal penelitian.

2. Metodologi

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2023 di Hutan Tampusu, areal pertanian sekitarnya dan Areal Wisata Danau Linow Kota Tomohon, Sulawesi Utara. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah buku panduan lapangan kupu-kupu, tally sheet, peta lokasi penelitian, binokuler, kamera handphone, kamera (Canon 600D dengan lensa EF 75-300mm), kamera Canon M200, avenza maps, dan monokuler.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Metode Jalur (*Transect Method*) dengan memotong garis kontur pada bagian yang berlereng. Pengambilan data, sampel kupu-kupu dan tumbuhan pakan imago dilakukan pada pukul 08:00 - 11:00 dan 13:00-16:00 WIB (Bahar *et al.* 2016) dengan 3 kali pengulangan pada saat cuaca cerah, mendung dan habis hujan supaya ada variasi datanya. Panjang transek 400 m, lebar 5 m ke kanan, 5 m ke kiri dan diambil titik koordinatnya.

Pengambilan sampel kupu-kupu dengan menggunakan jaring serangga. Spesies yang ditangkap ditekan bagian toraksnya sampai mati, kemudian disimpan dalam amplop-amplop kertas papilot berbentuk segitiga berukuran 20 cm x 15 cm dan diberi label berupa catatan lokasi, nama spesies, tanggal pengambilan dan catatan lainnya. Pengambilan data dan sampel dicatat dengan menggunakan *tally sheet*. Kupu-kupu yang dikoleksi hanya satu spesimen setiap spesies, bila ditemukan spesies yang sama jenis, maka kupu-kupu tersebut dilepaskan kembali (Hengkengbala *et al.* 2020). Pengambilan data dan sampel tumbuhan pakan, ketika imago mengunjungi tumbuhan penghasil nektar sebagai pakannya dan dicatat nama tumbuhannya. Tumbuhan yang tidak diketahui, di foto diambil dan dibawa sampel tumbuhannya. Spesies kupu-kupu, tumbuhan pakan imago yang tidak diketahui jenisnya akan diidentifikasi menggunakan buku: Kupu-Kupu Indonesia (Ruslan, 2015), The Butterflies of Sulawesi (Vanne-Wright and de Jong, 2003), Mengenal Kupu-Kupu (Peggie, 2014) dan mencari informasi kepada orang yang sudah tahu.

Pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya diukur bersamaan pada saat pengambilan data kupu-kupu. Tujuan pengukuran ini ialah untuk mengetahui kondisi ekosistem abiotik terhadap kupu-kupu. Pengukuran temperatur udara dengan cara memegang atau meletakkan termometer di atas tanah, batu atau menggunakan cara lainnya dengan menunggu 5 menit untuk melihat hasil pengukuran maksimal dengan menggunakan termometer.

Pengukuran kelembaban udara dengan meletakkan di tempat yang akan diukur kelembabannya di atas tanah, batu atau dipegang kemudian ditunggu 5 menit untuk melihat hasil maksimal dengan menggunakan alat hygrometer dan pengukuran intensitas cahaya dengan cara arahkan ke arah langit pada 1 m di atas permukaan tanah.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah:

(1) Data jumlah dan jenis kupu-kupu , (2) Data jumlah dan jenis tumbuhan pakan imago , (3) Data pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya.

Analisis keragaman kupu-kupu menggunakan indeks :

Indeks kekayaan jenis (*species richness*) dianalisis untuk mengetahui kekayaan jenis setiap spesies dalam setiap komunitas yang dijumpai kekayaan jenis dapat diketahui dengan indeks kekayaan jenis Margalef (Adi dan Susanti 2017) dengan rumus sebagai berikut:

$$R = (S-1) / \ln (N)$$

dimana: R = Indeks pemerataan, S = Jumlah spesies, N=Total jumlah individu seluruh spesies, ln= Logaritma natural

Analisis keanekaragaman kupu-kupu ditentukan dengan menggunakan Indeks Diversitas Shannon-Wiener (Bibby *et al.* 2000) sebagai berikut:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

Keterangan: H'=Indeks keragaman, P_i= Proporsi individu suatu spesies ke-i (n_i/N), n_i = Jumlah individu spesies ke-i, N = Total jumlah individu keseluruhan spesies, ln = Logaritma natural

Nilai Indeks Kesamaan Jenis Jaccard (C_j) mendekati 1 menunjukkan tingkat kesamaan jenis antar habitat tinggi. Jika nilai indeks kesamaan jenis Jaccard (C_j) mendekati 0 menunjukkan tingkat kesamaan jenis antar habitat rendah (Real and vargas, 1996; Magurran, 2004).

$$CJ = J/(a + b - J)$$

Keterangan : CJ= Index Kesamaan Jaccard, J= jumlah spesies yang ditemukan pada habitat a dan b, a= jumlah spesies yang ditemukan pada habitat a, b= jumlah spesies yang ditemukan pada habitat b

Indeks pemerataan merupakan nilai yang menunjukkan derajat pemerataan kelimpahan individu antar spesies (Ludwig and Reynolds, 1988). Indeks keseragaman (Magurran, 2004) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E = H' / \ln S$$

Keterangan: E= Indeks pemerataan, H'= Indeks keragaman, ln = Logaritma natural , S= Jumlah spesies/jenis

Nilai indeks pemerataan berkisar antara 0 - 1, jika nilainya 0 menunjukkan tingkat pemerataan spesies tumbuhan pada komunitas tersebut sangat tidak merata, sedangkan jika nilainya mendekati 1 maka hampir seluruh spesies yang ada mempunyai kelimpahan yang sama (Magurran, 2004).

Frekuensi jenis ialah frekuensi ditemukannya kupu-kupu akan dianalisis dengan menggunakan rumus frekuensi mutlak suatu jenis.

Frekuensi merupakan analisis statistik deskriptif untuk mendeskripsikan kecenderungan peluang ditemukannya suatu jenis pada semua petak contoh (Muhid, 2019). Frekuensi ialah jumlah berapa kali ditemukannya suatu jenis pada seluruh petak contoh (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974).

Nilai frekuensi dan frekuensi relatifnya dihitung dengan persamaan :

Frekuensi (F) = Jumlah petak ditemukannya suatu jenis / jumlah total petak pengamatan

Frekuensi Relatif = (Frekuensi suatu jenis/Frekuensi seluruh jenis) X 100 %:

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kumari and Wijekoon (2019) didapatkan bahwa distribusi kupu-kupu beragam dari satu species ke species lainnya sesuai dengan faktor-faktor lingkungan yang berbeda; dimana keterdapatannya kupu-kupu lebih tergantung pada temperatur dan jumlah curah hujan total.

3. Hasil dan Pembahasan

Keragaman jenis kupu-kupu. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan seperti yang tertera pada Tabel 1, dalam hal jumlah jenis dan jumlah individu didapatkan sebanyak 10 jenis kupu-kupu dengan jumlah individu sebanyak 154 individu di areal pertanian; di areal wisata Danau Linow sebanyak 25 jenis dengan 144 individu; di Hutan Tampusu sebanyak 27 jenis dan 297 individu.

Tabel 1. Jumlah Jenis, Individu dan Keragaman Jenis Kupu-kupu

| Index | Pertanian (P) | | | Linow (L) | | | Tampusu (T) | | |
|-------------------------------|---------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | H 1 | H 2 | H 3 | H 1 | H 2 | H 3 | H 1 | H 2 | H 3 |
| Jumlah Plot | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Jumlah Species | 3 | 9 | 5 | 16 | 13 | 16 | 16 | 18 | 13 |
| | 10 | | | 25 | | | 27 | | |
| | | | | 45 | | | | | |
| Jumlah Species Pagi | 3 | 8 | 5 | 14 | 12 | 13 | 12 | 16 | 11 |
| Jumlah Species Sore | 2 | 3 | 4 | 9 | 4 | 8 | 12 | 7 | 9 |
| Jumlah Plot Terisi | 24 | 28 | 34 | 31 | 28 | 48 | 47 | 60 | 63 |
| | 63 | | | 86 | | | 132 | | |
| | | | | 216 | | | | | |
| Jumlah Individu | 36 | 61 | 57 | 43 | 32 | 69 | 81 | 112 | 104 |
| | 154 | | | 144 | | | 297 | | |
| | | | | 595 | | | | | |
| Jumlah Individu Pagi | 29 | 44 | 32 | 25 | 21 | 41 | 39 | 78 | 47 |
| Jumlah Individu Sore | 7 | 17 | 25 | 18 | 11 | 28 | 42 | 34 | 57 |
| Index Kekayaan Jenis (R) | 0.56 | 1.95 | 0.99 | 3.99 | 3.46 | 3.54 | 3.41 | 3.60 | 2.58 |
| | 1.79 | | | 4.83 | | | 4.57 | | |
| | | | | 6.89 | | | | | |
| Indeks Keragaman Jenis (H') | 1.06 | 1.46 | 1.17 | 2.41 | 2.17 | 2.20 | 2.36 | 2.45 | 2.18 |
| | 1.51 | | | 2.58 | | | 2.77 | | |
| | | | | 3.05 | | | | | |
| Indeks Kemerataan Jenis (E) | 0.96 | 0.66 | 0.73 | 0.87 | 0.85 | 0.79 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| | 0.66 | | | 0.80 | | | 0.84 | | |
| | | | | 0.80 | | | | | |
| Kerapatan Jenis | 0.005 | 0.008 | 0.007 | 0.005 | 0.004 | 0.009 | 0.010 | 0.014 | 0.013 |
| | 0.019 | | | 0.018 | | | 0.037 | | |
| | | | | 0.074 | | | | | |
| Frekuensi Jenis | 1.20 | 1.40 | 1.70 | 1.55 | 1.40 | 2.40 | 2.35 | 3.00 | 3.15 |
| | 3.15 | | | 4.30 | | | 6.60 | | |
| | | | | 10.80 | | | | | |
| INP Jenis > 12 % | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| | 4 | | | 2 | | | 5 | | |
| | | | | 4 | | | | | |

Keterangan: H1 = Pengamatan pada hari pertama, H2 = Pengamatan pada hari kedua, H3 = Pengamatan pada hari ketiga, Pertanian (P) = Pengamatan pada areal pertanian, Linow (L) = Pengamatan pada areal wisata Danau Linow, Tampusu (T) = pengamatan pada Hutan Tampusu.

Indeks Kekayaan Jenis dengan kategori tinggi terdapat di areal wisata Danau Linow sebesar 4.83, dan di Hutan Tampusu 4.57, sedangkan dengan kategori rendah di areal pertanian 1.79; dengan Indeks Kekayaan Jenis total sebesar 6.89. Menurut Munyuli (2013) dinyatakan bahwa kekayaan jenis (bukan kelimpahan jenis) akan menurun pada lahan yang diusahakan secara intensif; dan secara positif berhubungan dengan tutupan tajuk dari habitat-habitat semi-alami (areal wisata alam). Kekayaan jenis dan kelimpahan jenis akan menurun secara tajam pada hutan-hutan yang berjauhan. Hutan-hutan berdekatan yang terfragmentasi dan tutupan tajuk yang tinggi pada habitat-habitat semi-alami merupakan areal-areal yang penting bagi konservasi kupu-kupu.

Indeks Keragaman Jenis dengan struktur komunitas sangat stabil dengan kategori sempurna terdapat di Hutan Tampusu sebesar 2.77, areal wisata Danau Linow 2.58; sedangkan struktur komunitas cukup stabil dengan kategori buruk terdapat di areal pertanian sebesar 1.51; dengan Indeks Keragaman Jenis total sebesar 3.05.

Keragaman jenis kupu-kupu yang tinggi mengindikasikan bahwa banyak tersedia relung ekologi untuk diisi oleh jenis-jenis kupu-kupu yang berbeda. Semakin banyak spesifisitas relung ekologinya, maka semakin banyak jenis kupu-kupu yang dapat didukung oleh habitat tersebut; dan semakin lebar suatu spesifisitas relung, maka semakin banyak jumlah individu kupu-kupu yang dapat didukungnya yang terlihat pada lokasi penelitian di Gunung Tampusu. Sedangkan keragaman jenis kupu-kupu yang semakin rendah mengindikasikan bahwa relung ekologi yang tersedia untuk diisi oleh sedikit jenis-jenis kupu-kupu yang berbeda; dan semakin sempit suatu spesifisitas relung, maka semakin sedikit jumlah individu kupu-kupu yang dapat didukungnya yang terlihat pada lokasi areal pertanian sekitarnya, walaupun areal pertanian tersebut berbatasan langsung dengan lokasi penelitian Hutan Tampusu. Implikasi ekologi dan konservasi bagi suatu jenis yang mengisi suatu relung ekologi yang sangat spesifik dan yang sangat sempit biasanya diisi oleh jenis-jenis yang terkhususkan dan/atau jenis-jenis endemik yang rentan terhadap kepunahan.

Indeks Kesamaan Jenis di semua lokasi penelitian berada di bawah 50 %, yaitu: antara Hutan Tampusu dan areal wisata Danau Linow sebesar 42.31 %, Hutan Tampusu dan areal pertanian sebesar 32.43 %, dan areal wisata Danau Linow dan areal pertanian sebesar 11.43 %. Menurut Harsh (2014) dinyatakan bahwa statistik dari jenis yang sama di antara habitat yang berbeda mengindikasikan keragaman beta dan bagaimana perbedaan (atau kesamaan) antara habitat dalam hal keragaman dan kelimpahan jenis yang ditemukan di habitat-habitat tersebut.

Nilai Indeks Kemerataan Jenis di semua lokasi penelitian mendekati 1, yaitu di areal pertanian sebesar 0.66, areal wisata Danau Linow sebesar 0.80, dan di Hutan Tampusu 0.84. Menurut Sulistyani *et al.* (2014) dinyatakan bahwa dominansi kupu-kupu yang rendah menunjukkan kelimpahan tiap jenisnya lebih merata, sehingga indeks kemerataan dan keanekaragaman di area ini menjadi tinggi.

Frekuensi Jenis tertinggi terdapat di Hutan Tampusu sebesar 6.60, kemudian areal wisata Danau Linow sebesar 4.30, dan terakhir di areal pertanian sebesar 3.15, dengan nilai frekuensi total sebesar 10.80.

Terdapat 4 jenis kupu-kupu pengendali ekosistem di areal pertanian dengan INP tertinggi sebesar 94.08 % ialah *Delias zebuda*, di areal wisata Danau Linow 2 jenis dengan INP tertinggi sebesar 46.16 % ialah *Eurema tominia*, dan 5 jenis di Hutan Tampusu dengan nilai tertinggi 36.62 % ialah *Eurema tominia*. Sedangkan untuk keseluruhan areal penelitian INP tertinggi sebesar 31.36 ialah *Eurema tominia*. Hal ini dinyatakan oleh Mariotte *et al.* (2013) dalam penelitian mereka mengenai ketahanan tumbuhan terhadap kekeringan yang dapat diterapkan pada komunitas kupu-kupu bahwa suatu jenis diklasifikasikan sebagai jenis yang dominan apabila memiliki frekuensi > 70 % dengan nilai kumulatif relatif > 12 %. Suatu jenis dinyatakan sebagai subordinat jika frekuensinya > 70 % dengan nilai kumulatif

relatif di antara 2 % - 12 %. Suatu jenis dengan nilai < 2 % hanya muncul secara singkat dan gagal untuk mempertahankan diri atau dengan fluktuasi yang besar diklasifikasikan sebagai jenis transient.

Jenis-jenis Bioindikator. Terdapat 12 jenis kupu-kupu yang unik yang hanya ditemukan di Hutan Tampusu, 14 jenis di areal wisata Danau Linow, dan 4 jenis di areal pertanian sekitar Gunung Tampusu. Terdapat 2 kategori kualitatif untuk menentukan suatu jenis dikatakan sebagai jenis bioindikator, yaitu jenis-jenis yang generalis dan spesialis (Azahra, 2021). Jenis-jenis yang hanya terdapat di satu areal penelitian atau jenis spesialis dapat dinyatakan sebagai jenis-jenis bioindikator. Dikatakan demikian, karena jenis-jenis yang hanya ditemukan di suatu tempat membutuhkan relung ekologi yang spesifik dan sempit. Selain itu, menurut Taradipha *et al.* (2019), dinyatakan bahwa spesies spesialis memiliki ciri frekuensi jenis yang rendah, kelimpahan individu yang rendah dan distribusi yang terbatas. Berbeda dengan pada areal pertanian, karena relung ekologinya lebar, maka ada jenis spesialis dapat bersifat sebagai hama, seperti *Viadula dejone celebensis*. Implikasi ekologi dari jenis-jenis bioindikator terlihat dari ketersediaan kompleksitas relung ekologi yang sangat spesifik dan yang sangat sempit (atau lebar pada areal pertanian) dari habitat yang dibutuhkan oleh jenis-jenis terkhususkan yang hanya ditemukan pada satu areal penelitian saja. Sehingga, jenis-jenis kupu-kupu tersebut dapat dikatakan atau dirujuk sebagai jenis-jenis bioindikator. Implikasi ekologi dan konservasi bagi jenis-jenis bioindikator yang mengisi suatu relung ekologi yang terkhususkan biasanya diisi oleh jenis-jenis yang membutuhkan relung ekologi yang terkhususkan dan/atau jenis-jenis endemik yang rentan terhadap kepunahan.

Kondisi ekosistem di areal penelitian. Terdapat 20 jenis tumbuhan pakan imago kupu-kupu di areal penelitian di antaranya ialah *Ageratum conyzoides* dan *Mikania cordata*. Temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya rata-rata di areal pertanian, areal wisata Danau Linow dan Hutan Tampusu masing-masing sebesar 23.90 °C, 24.84 °C, 23.98 °C; 0.73 %, 0.73 %, 0.75 %; 1336.47 lux, 1280.84 lux dan 1308.37 lux; dengan jumlah 1 strata tajuk pada areal pertanian, 4 strata tajuk pada areal wisata Danau Linow, dan 5 strata tajuk pada Hutan Tampusu. Menurut Crozier (2003) kupu-kupu, seperti seluruh serangga lainnya, merupakan organisme berdarah dingin (*poikilothermic*), dan perubahan iklim mempengaruhi laju perkembangan, fisiologi, tingkah laku, ekologi dan kesuksesan reproduktif. Pada beberapa jenis peningkatan populasi berasosiasi dengan level musim panas, musim kering selama peletakan telur; sementara pada saat ini atau tahun sebelumnya jenis yang lain pada musim hujan yang tinggi menghasilkan peningkatan populasi pada tahun berikutnya. Selain itu, menurut Sulistyani *et al.* (2014), dinyatakan bahwa kelimpahan jenis dan individu kupu-kupu dipengaruhi pula oleh kondisi faktor lingkungan (intensitas cahaya, suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin). Suhu tubuhnya sangat terpengaruh suhu lingkungan, sehingga kupu-kupu harus berada di lingkungan dengan kondisi yang sesuai. Karena, menurut Yuniartin *et al.* (2023) bahwa keberadaan kupu-kupu tidak hanya dipengaruhi oleh vegetasi, tetapi juga oleh faktor-faktor lingkungan seperti temperatur dan kelembaban. Data abiotik seperti intensitas cahaya pada habitat-habitat terbuka lebih tinggi daripada di habitat-habitat yang tertutup. Penelitian lanjutan mengenai pengaruh periode pembungaan terhadap kelimpahan kupu-kupu pada musim penghujan dan pada musim kering, perlu dilakukan (Ruslan *et al.*, 2023). dan, menurut hasil penelitian Majumder *et al.* (2013) didapatkan bahwa keragaman tertinggi, dominansi minimum, dan terdapatnya jenis kupu-kupu yang unik di areal penelitian mereka dapat merupakan atribut terhadap kompleksitas vegetasi dan kanopi berlapis yang memfasilitasi serangkaian iklim mikro yang menjadikan habitat berbeda bagi jenis kupu-kupu yang berbeda. Implikasi pada kondisi kesehatan ekosistemnya terhadap terdapat banyak sedikitnya relung ekologi yang spesifik dan sempit atau lebar, terlihat dari adanya kompleksitas keragaman kupu-kupu yang terkait yang saling terpaut dengan kompleksitas lapisan strata tajuk habitatnya yang ditunjukkan oleh adanya variasi pakan kupu-kupu, temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: 1. Secara umum, dalam hal jumlah, jenis, keragaman kupu-kupu. Indeks Kekayaan Jenis Margalef ($R = 6.89$), Indeks Keragaman Jenis shannon-Weiner ($H' = 3.05$), Indeks Kesamaan Jenis Jaccard ($C_j < 50\%$), dan Indeks Kemerataan Jenis ($E = 0.80$) mengindikasikan bahwa ekosistem di areal penelitian dapat mensupport keragaman jenis kupu-kupu yang tinggi. 2. Terdapat 12 jenis kupu-kupu spesialis sebagai bioindikator di Hutan Tampusu dengan individu terbanyak ialah *Appias zarinda* yaitu 16 individu; di areal wisata Danau Linow sebanyak 14 jenis dengan individu terbanyak ialah *Melanitis pyrrha* yaitu 6 individu; dan di areal pertanian sebanyak 4 jenis dengan individu terbanyak ialah *Vindula dejone celebensis* yaitu 14 individu. 3. Terdapat 20 jenis tumbuhan pakan imago kupu-kupu di areal penelitian; dengan temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya rata-rata di areal pertanian, areal wisata Danau Linow dan Hutan Tampusu masing-masing sebesar 23.90°C , 24.84°C , 23.98°C ; 0.73% , 0.73% , 0.75% ; 1336.47 Lux , 1280.84 Lux dan 1308.37 Lux ; dengan jumlah 1 strata tajuk pada areal pertanian, 4 strata tajuk pada areal wisata Danau Linow, dan 5 strata tajuk pada Hutan Tampusu. Secara umum, kondisi ekosistem hutan Tampusu lebih baik dan lebih sehat daripada di areal wisata Danau Linow dan areal pertanian, dan areal wisata Danau Linow lebih baik dari pada areal pertanian

Daftar Pustaka

- Adi, M.B.S., dan D. Susanti. 2017. Keanekaragaman Spesies Kupu-Kupu (Lepidoptera) di Kebun Koleksi Tumbuhan Obat Kalisoro, Tawangmangu. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*, 10(2):70-77.
- Azahra, S.D.. 2021. Potensi Jenis Kupu-kupu sebagai Bioindikator Kondisi Lingkungan Kawasan Perkotaan. The Authors. Seminar Nasional Biologi (SEMABIO) 6 Tahun 2021. Gunung Djati Conference Series, Volume 6. 102 - 110.
- Bibby, C., M. Jones, dan S. Marsden. 2000. Teknik-teknik Ekspedisi Lapangan: Survei Burung. Birdlife International-Indonesia Programme. Bogor.
- Crozier, L.. 2003. Winter Warming Facilitates Range Expansion: Cold Tolerance of the Butterfly *Atalopedes campestris*. *Oecologia*, 135: 648-656.
- Hengkengbala, S., R. Koneri, dan D. Katili. 2020. Keanekaragaman Kupu-Kupu di Bendungan Ulung Peliang Kecamatan Tamako Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara. *Jurnal Bios Logos*, 10(2): 63-70.
- Kumari, P. M.S. S., and P. Wijekoon. 2019. Distribution of Butterfly Species Associated with Environmental Factors in Sri Lanka. *Asian Journal of Environment & Ecology* 9(3): 1-18.
- Lodh, R., and B.K. Agarwala. 2016. Rapid assessment of diversity and conservation of butterflies in Rowa Wildlif Sanctuary: An Indo-Bumesse hotspot Tripura, N.E. India. *Tropical Biology*, 57(2): 231-242.
- Ludwig, J.A., and J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Magurran, A.E.. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science. Malden, USA.
- Majumder, J., R. Lodh and B.K. Agarwala. 2013. Butterfly Species Richness and Diversity in the Trishna Wildlife Sanctuary in South Asia. *Journal of Insect Science*, 13:79-91
- Mariotte, P., Ch. Vandenberghe, P. Kardol, F. Hagedorn, and A. Buttler. 2013. Subordinate Plant Species Enhance Community Resistance Against Drought in Semi-natural Grasslands. *Journal of Ecology* 101:763–773.

- Mueller-Dombois, D., and H. Ellenberg, 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Chapter 5. *Community Sampling : The Releve Method*. John Wiley & Sons. New York.
- Muhid, D.. 2019. *Analisis Statistik 5 Langkah Praktis Analisis Statistik dengan SPSS for Windows*. Edisi Kedua. Zifatama Jawara, Sidoarjo.
- Munyuli, M.B.Th.. 2013. Drivers of Species Richness and Abundance of Butterflies in Coffee–Banana Agroforests in Uganda. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 9(4):298–310.
- Peggie, D.. 2014. *Mengenal Kupu-kupu*. Pandu Aksara Publishing. Jakarta.
- Real, R., and J.M. Vargas. 1996. The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity. *Syst. Biol.* 45(3):380-385.
- Ruslan, H.. 2015. *Keanekaragaman Kupu-kupu*. LPU-UNAS. Jakarta.
- Ruslan, H., A. Yenisbar, and Satiyo. 2023. Correlation of Butterfly (Lepidoptera: Papilionoidea) with Flowering Plant in the Bodogol Nature Conservation Education Center, Mount Gede Pangrango. *Journal of Tropical Biodiversity*, 3(2).
- Sulistiyani T.H., M. Rahayuningsih dan Partaya, 2014. Keanekaragaman Jenis Kupu-kupu (Lepidoptera: Rhopalocera) di Cagar Alam Ulolanang Kecubung, Kabupaten Batang. *Unnes J. Life Sci.*, 3(1).
- Taradipha, M.R.R., S.B. Rushayati, dan N. F. Haneda. 2019. Karakteristik Lingkungan terhadap Komunitas Serangga. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9:394–404.
- Vane-Wright, R.I., and R. de Jong. 2003. The Butterflies of Sulawesi: Annotated Checklist for a Critical Island Fauna. *Zool. Verh. Leiden* 343:11.
- Yuniartin, R.A., M.L. Ilhamdi, and G. Hadiprayitno. 2023. Butterfly Community (Lepidoptera) at Joben Tourism Park (Joben Eco Park) Regency of East Lombok. *J. Pijar MIPA*, 18 (1): 105-111.