

## KEANEKARAGAMAN KUPU-KUPU DI HUTAN KOTA MUNJUL SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS LINGKUNGAN

Lin Nuriah Ginoga<sup>1</sup>, Siva Devi Azahra<sup>2</sup>, Siti Badriyah Rushayati<sup>3</sup>

Institut Pertanian Bogor<sup>1,3</sup>, Universitas Tanjungpura<sup>2</sup>

siva.da@fahatan.untan.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keanekaragaman spesies kupu-kupu di Hutan Kota Munjul. Metode yang digunakan adalah metode transek garis sepanjang 500 m yang dikombinasikan dengan metode perangkap dan eksplorasi. Penangkapan kupu-kupu dilakukan menggunakan jaring serangga pada cuaca cerah antara pukul 09.00–12.00 dan 14.00–16.00 WIB. Data yang dikumpulkan meliputi jenis, jumlah individu, titik perjumpaan, vegetasi pakan, suhu, kelembapan udara, dan sumber air. Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan titik perjumpaan, indeks keanekaragaman, indeks kekayaan, dan indeks pemerataan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan 25 jenis kupu-kupu dari 5 famili, yaitu Papilionidae, Nymphalidae, Pieridae, Hesperidae, dan Lycaenidae. Simpulan, Hutan Kota Munjul memiliki tingkat keanekaragaman kupu-kupu yang tergolong baik dan didukung oleh kondisi habitat yang sesuai sehingga berpotensi sebagai ruang terbuka hijau yang mendukung keanekaragaman hayati.

**Kata Kunci:** Hutan Kota Munjul, Keanekaragaman, Kupu-Kupu

### ABSTRACT

*This study aimed to identify the diversity of butterfly species in Hutan Kota Munjul. The method used was a 500 m line transect combined with trapping and exploratory techniques. Butterfly sampling was conducted using insect nets during sunny weather between 09:00–12:00 and 14:00–16:00 WIB. The data collected included species, number of individuals, encounter points, host vegetation, temperature, humidity, and water sources. Data were analyzed qualitatively and quantitatively to determine encounter points, diversity index, richness index, and evenness index. The results showed that 25 butterfly species from five families were identified, namely Papilionidae, Nymphalidae, Pieridae, Hesperidae, and Lycaenidae. In conclusion, Hutan Kota Munjul has a relatively good level of butterfly diversity supported by suitable habitat conditions, indicating its potential as a green open space that supports biodiversity.*

**Keywords:** Hutan Kota Munjul, Biodiversity, Butterflies

## PENDAHULUAN

Kupu-kupu (*Lepidoptera*) merupakan serangga yang memiliki nilai ekologis penting bagi lingkungan, terutama sebagai serangga penyerbuk (*pollinator*). Serangga penyerbuk berperan dalam mendukung keseimbangan ekosistem serta meningkatkan keanekaragaman hayati melalui proses regenerasi tumbuhan secara alami (Ghazanfar et al., 2016; Oostermeijer & Van Swaay, 1998). Peran kupu-kupu sebagai penyerbuk tidak hanya mendukung kelangsungan hidup tumbuhan, tetapi juga berkontribusi dalam menjaga keanekaragaman jenis tumbuhan serta meningkatkan produktivitas pertanian dan perkebunan (Buhk et al., 2018). Hal tersebut menunjukkan bahwa kupu-kupu memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

Selain berperan dalam penyerbukan, kupu-kupu juga dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kualitas lingkungan dan perubahan habitat (Azahra, 2021; Pallottini et al., 2023; Salmi et al., 2025). Keberadaan dan keanekaragaman spesies kupu-kupu sering dimanfaatkan sebagai indikator kualitas lingkungan karena kecenderungannya berkembang pada habitat yang relatif bersih dan minim polusi. Oleh karena itu, tingkat keanekaragaman kupu-kupu yang tinggi sering diinterpretasikan sebagai indikator kondisi lingkungan yang masih baik dan tidak terkontaminasi (Meléndez-Jaramillo et al., 2021; Parikh et al., 2021).

Meskipun memiliki peran penting dalam ekosistem, habitat alami kupu-kupu semakin terancam, terutama di wilayah perkotaan yang berkembang pesat. Salah satu upaya untuk mempertahankan kelestarian kupu-kupu di kawasan perkotaan adalah melalui pengelolaan ruang terbuka hijau yang berpotensi menjadi habitat alaminya. Hutan kota sebagai salah satu bentuk ruang terbuka hijau menyediakan habitat bagi berbagai jenis tumbuhan dan satwa, termasuk kupu-kupu (Azahra et al., 2022; Rushayati & Azahra, 2024). Faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan komposisi vegetasi memiliki keterkaitan yang kuat terhadap distribusi dan keberadaan kupu-kupu sehingga memengaruhi komposisi serta keanekaragaman komunitasnya (Koh & Sodhi, 2004).

Berbagai penelitian telah mengkaji keanekaragaman kupu-kupu di beragam habitat. Namun, studi yang secara khusus mengaitkan keanekaragaman kupu-kupu dengan faktor-faktor lingkungan spesifik pada hutan kota dalam konteks perkotaan yang padat masih relatif terbatas. Keterbatasan kajian tersebut menyebabkan kurangnya informasi mengenai pola distribusi kupu-kupu yang dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan mikro pada hutan kota. Padahal, pemahaman tersebut penting sebagai dasar pengelolaan ruang terbuka hijau berbasis keanekaragaman hayati.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengeksplorasi hubungan antara karakteristik lingkungan dengan distribusi spesies kupu-kupu di hutan kota. Penelitian ini menawarkan pendekatan dengan mengintegrasikan studi keanekaragaman spesies kupu-kupu dan pendekatan

ekologi yang menitikberatkan pada interaksi faktor-faktor lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian ekologi perkotaan serta konservasi spesies. Informasi yang diperoleh juga dapat menjadi dasar dalam upaya pengelolaan habitat secara berkelanjutan serta memperkuat kesadaran akan pentingnya konservasi biodiversitas di wilayah perkotaan (Azahra & Kartikawati, 2021).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan di Hutan Kota Munjul, Provinsi DKI Jakarta, pada bulan Juni 2025. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jaring penangkap kupu-kupu, *thermohygrometer*, kamera, *tally sheet*, dan buku identifikasi jenis kupu-kupu. Pengamatan dilakukan dengan membuat transek sepanjang 500 meter dengan lebar 20 meter. Pengamatan dilaksanakan pada kondisi cuaca cerah pukul 09.00–12.00 dan 14.00–16.00 WIB, sesuai dengan periode aktif kupu-kupu.

Setiap individu kupu-kupu yang dijumpai di sepanjang transek ditangkap menggunakan jaring serangga, kemudian dicatat dalam *tally sheet* meliputi kode jenis, jumlah individu, dan lokasi ditemukannya individu tersebut. Setelah pencatatan, kupu-kupu dilepaskan kembali ke habitatnya. Teknik perangkap juga digunakan dengan memanfaatkan umpan buah untuk menangkap kupu-kupu pemakan buah (*frugivora*), yang sebagian besar berasal dari famili *Nymphalidae* (subfamili *Charaxinae*, *Nymphalinae*, *Morphinae*, dan *Satyrinae*). Perangkap dipasang di beberapa titik area pengamatan. Kupu-kupu yang berhasil diidentifikasi dicatat jenis, jumlah individu, dan titik temuannya dalam *tally sheet*. Jenis yang sulit diidentifikasi di lapangan diawetkan menggunakan alkohol 70% dan selanjutnya diidentifikasi menggunakan buku *Practical Guide to The Butterflies of Bogor Botanic Garden* (Peggie & Amir, 2006).

Pengambilan data vegetasi dilakukan dengan mendata jenis-jenis tumbuhan yang diketahui sebagai tumbuhan pakan larva maupun pakan imago kupu-kupu pada area pengamatan. Selain itu, dilakukan pengambilan data faktor lingkungan berupa suhu udara, kelembapan udara, dan keberadaan sumber air. Pengukuran suhu dan kelembapan udara dilakukan pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 menggunakan *thermohygrometer* yang ditempatkan di lokasi teduh pada ketinggian 120 cm di atas permukaan tanah. Data sumber air diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap keberadaan dan kondisi sumber air di lokasi penelitian.

Analisis data dilakukan untuk menghitung keanekaragaman kupu-kupu dan mendeskripsikan faktor lingkungan di lokasi penelitian. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan diagram. Keanekaragaman jenis kupu-kupu dianalisis menggunakan indeks Shannon–Wiener, indeks kekayaan jenis Margalef, dan indeks pemerataan jenis (Magurran, 2004). Analisis distribusi spasial dilakukan untuk mengidentifikasi

pola sebaran jenis kupu-kupu di lokasi penelitian sehingga menghasilkan peta sebaran spesies. Status konservasi setiap jenis kupu-kupu diidentifikasi berdasarkan acuan IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) Red List, CITES, dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MenLHK/Setjen/Kum.1/12/2018.

## HASIL PENELITIAN

Kupu-kupu sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang meliputi faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik mencakup ketersediaan sumber air, suhu, dan kelembapan udara, sedangkan faktor biotik meliputi vegetasi pakan larva, pakan imago, serta vegetasi pelindung. Oleh karena itu, identifikasi kondisi lingkungan dan vegetasi pakan menjadi aspek penting dalam mendukung keberadaan kupu-kupu di suatu habitat.

Vegetasi yang berperan sebagai tumbuhan pakan larva dan imago kupu-kupu di lokasi penelitian ditemukan sebanyak 52 jenis yang tergolong dalam 23 famili. Vegetasi tersebut terdiri atas 21 famili tumbuhan pakan larva dan 15 famili tumbuhan pakan imago. Daftar lengkap famili dan jenis vegetasi pakan larva dan imago kupu-kupu disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Jenis Tumbuhan Pakan Larva dan Kupu-Kupu Di Lokasi Penelitian**

No	Famili	Jumlah Jenis	Vegetasi Pakan Ulat	Vegetasi Pakan Kupu-kupu
1	Acanthaceae	2	√	√
2	Amaranthaceae	3	√	√
3	Anacardiaceae	1	√	
4	Annonaceae	1	√	√
5	Apocynaceae	2	√	√
6	Arecaceae	1	√	
7	Asteraceae	4	√	√
8	Bombacaceae	2	√	
9	Combretaceae	1	√	√
10	Ebenaceae	1	√	
11	Euphorbiaceae	1	√	
12	Fabaceae	4	√	√
13	Lamiaceae	1		√
14	Lauraceae	2	√	√
15	Magnoliaceae	1	√	√
16	Moraceae	1	√	
17	Myrtaceae	4	√	√
18	Oxalidaceae	1	√	√
19	Poaceae	13	√	√
20	Polygonaceae	1		√
21	Sapindaceae	2	√	
22	Sapotaceae	1	√	
23	Verbenaceae	2	√	√
	Total	52	21	15

Berdasarkan Tabel 1, keberadaan 52 jenis vegetasi dari 23 famili menunjukkan bahwa Hutan Kota Munjul memiliki ketersediaan sumber pakan

yang relatif beragam bagi kupu-kupu. Keanekaragaman vegetasi tersebut berpotensi mendukung kelangsungan hidup berbagai spesies kupu-kupu, baik pada fase larva maupun imago.

Selain faktor biotik, kondisi abiotik di lokasi penelitian juga mendukung keberadaan kupu-kupu. Sumber air berupa danau buatan berada dalam kondisi yang relatif baik. Suhu rata-rata di lokasi penelitian tercatat sebesar 32,7°C dengan kelembapan udara rata-rata 72%, yang masih berada dalam kisaran toleransi bagi aktivitas kupu-kupu di habitat tropis.

Komposisi jenis kupu-kupu yang ditemukan di Hutan Kota Munjul dianalisis berdasarkan jumlah individu dan pengelompokan famili. Identifikasi dilakukan terhadap seluruh individu yang dijumpai selama pengamatan untuk mengetahui struktur komunitas kupu-kupu di lokasi penelitian. Hasil inventarisasi jenis kupu-kupu disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Komposisi Jenis Kupu-Kupu yang Ditemukan di Hutan Kota Munjul**

No	Famili	Nama Jenis	Jumlah Individu
1	Papilionidae	<i>Graphium sarpedon</i>	2
2	Papilionidae	<i>Papilio demoleus</i>	4
3	Papilionidae	<i>Papilio memnon</i>	4
4	Papilionidae	<i>Graphium agamemnon</i>	1
5	Nymphalidae	<i>Neptis hylas</i>	10
6	Nymphalidae	<i>Elymnias hypermnestra</i>	4
7	Nymphalidae	<i>Ypthima philomela</i>	4
8	Nymphalidae	<i>Mycalesis horsfieldi</i>	2
9	Nymphalidae	<i>Junonia hedonia</i>	5
10	Nymphalidae	<i>Polyura hebe</i>	1
11	Nymphalidae	<i>Lethe europa</i>	1
12	Nymphalidae	<i>Euploea eunice</i>	1
13	Nymphalidae	<i>Junonia iphita</i>	1
14	Nymphalidae	<i>Euploea phaenareta</i>	2
15	Nymphalidae	<i>Hypolimnas bolina</i>	3
16	Pieridae	<i>Appias olferna</i>	5
17	Pieridae	<i>Eurema hecabe</i>	10
18	Pieridae	<i>Leptosia nina</i>	10
19	Pieridae	<i>Eurema sari</i>	2
20	Hesperiidae	<i>Matapa aria</i>	1
21	Hesperiidae	<i>Oriens gola</i>	1
22	Hesperiidae	<i>Udaspes folus</i>	1
23	Lycaenidae	<i>Castalius rosimon</i>	1
24	Lycaenidae	<i>Zizina otis</i>	3
25	Lycaenidae	<i>Arhopala centaurus</i>	1
<b>Total</b>			<b>80</b>

Berdasarkan Tabel 2, jumlah total kupu-kupu yang ditemukan sebanyak 80 individu yang tergolong dalam 25 jenis dan 5 famili. Famili dengan jumlah jenis dan individu terbanyak adalah Nymphalidae, yang menunjukkan bahwa famili tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi habitat di Hutan Kota Munjul.



Berdasarkan Gambar 1, sebaran kupu-kupu menunjukkan pola distribusi yang mengikuti area dengan ketersediaan vegetasi pakan dan sumber air. Titik perjumpaan cenderung lebih banyak ditemukan pada lokasi yang memiliki tutupan vegetasi yang beragam, sehingga mengindikasikan adanya hubungan antara kondisi habitat dengan keberadaan kupu-kupu. Pola ini menunjukkan bahwa kualitas lingkungan di Hutan Kota Munjul masih mampu mendukung aktivitas dan keberlangsungan hidup berbagai jenis kupu-kupu.

## PEMBAHASAN

Zellweger et al. (2016) menyatakan bahwa komponen biotik dan abiotik lingkungan berperan penting dalam menentukan keanekaragaman jenis kupu-kupu. Komponen biotik mencakup vegetasi yang berfungsi sebagai sumber pakan, tempat bertelur, dan tempat berlindung, sedangkan komponen abiotik meliputi suhu, iklim, intensitas cahaya, dan sumber air. Kupu-kupu merupakan serangga yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, baik biotik maupun abiotik.

Suhu dan kelembapan merupakan faktor abiotik yang memengaruhi keberadaan kupu-kupu di suatu kawasan. Suhu udara rata-rata di lokasi penelitian sebesar 32,7°C dan kelembapan udara rata-rata sebesar 72,0%, yang berada dalam kisaran kondisi iklim optimal bagi perkembangan kupu-kupu, yaitu suhu 30–35°C dan kelembapan 60–80% (Braby & Jones, 1994; Granato et al., 2024; Saraf & Vijaykumar, 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa iklim mikro yang sesuai merupakan faktor lingkungan penting, karena kupu-kupu memiliki toleransi fisiologis dan mekanisme termoregulasi perilaku untuk menjaga suhu tubuh dalam batas toleransi sehingga dapat berkembang, bereproduksi, dan beraktivitas secara optimal (Bladon et al., 2020; Zellweger et al., 2016).

Sumber air juga merupakan komponen habitat yang krusial karena mendukung pertumbuhan tumbuhan pakan, dibutuhkan dalam proses metabolisme, serta menyediakan *puddling site*, yaitu lokasi bagi kupu-kupu untuk memperoleh mineral dari tanah basah atau lumpur (Cayton & Haddad, 2018; Lamie et al., 2025). *Puddling site* juga berperan dalam menjaga keseimbangan cairan tubuh kupu-kupu (Bhatade et al., 2019). Di Hutan Kota Munjul, sumber air berupa danau buatan dengan kondisi yang baik sehingga mendukung keberadaan kupu-kupu. Sebaran titik perjumpaan juga menunjukkan konsentrasi individu yang lebih tinggi di sekitar sumber air.

Vegetasi merupakan faktor lingkungan penting yang menyediakan pakan bagi larva maupun imago (Clarke, 2024; Habel et al., 2016). Keberadaan bambu dari famili *Poaceae*, yang merupakan vegetasi dominan di Hutan Kota Munjul, serta berbagai tumbuhan berbunga yang beragam, turut mendukung keberadaan kupu-kupu. Berbagai studi menunjukkan bahwa tumbuhan inang larva merupakan faktor penentu keberlangsungan hidup kupu-kupu karena larva bersifat *host-specific*, sedangkan imago cenderung bersifat generalis dalam memanfaatkan sumber nektar. Oleh karena itu, keberagaman tumbuhan berbunga berkontribusi

terhadap tingginya keanekaragaman kupu-kupu (Auliadin, 2022; Phalnikar et al., 2019). Selain sebagai sumber pakan, vegetasi juga berfungsi sebagai tempat peletakan telur dan tempat berlindung dari hujan maupun paparan sinar matahari langsung.

Hasil survei menunjukkan bahwa *Eurema hecabe*, *Leptosia nina*, dan *Neptis hylas* merupakan jenis dengan jumlah individu terbanyak. Jenis-jenis tersebut umumnya ditemukan di berbagai ruang terbuka hijau dan bersifat generalis sehingga tidak bergantung secara eksklusif pada satu jenis tumbuhan inang. Sifat ini memungkinkan spesies tersebut bertahan pada berbagai tipe habitat dan menunjukkan toleransi ekologis yang luas (Azahra, 2021). *Eurema hecabe* diketahui memiliki populasi yang relatif stabil bahkan pada habitat terfragmentasi (Bonebrake et al., 2010). *Leptosia nina* toleran terhadap gangguan antropogenik dan intensitas cahaya tinggi sehingga sering ditemukan di kawasan perkotaan (Rushayati & Azahra, 2024). *Neptis hylas* memanfaatkan tumbuhan bawah atau semak sehingga mampu bertahan pada lokasi dengan tutupan vegetasi rendah (Cleary, 2016).

Dominannya famili *Nymphalidae* dalam penelitian ini sejalan dengan karakteristik famili tersebut yang memiliki jumlah jenis relatif banyak serta sifat polifagus, yaitu mampu memanfaatkan lebih dari satu jenis tumbuhan inang. Sifat tersebut memungkinkan anggota famili *Nymphalidae* tetap bertahan meskipun tumbuhan pakan utamanya terbatas (Mogan et al., 2018). Selain itu, sebagian besar anggota famili ini memiliki preferensi pakan yang lebih generalis dan toleran terhadap tekanan habitat perkotaan (Bonebrake et al., 2010; Porath & Aranda, 2020).

Sebaliknya, famili *Lycaenidae* dan *Hesperiidae* memiliki jumlah jenis paling sedikit. Rendahnya jumlah jenis *Lycaenidae* kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan tumbuhan inang yang sesuai. Sementara itu, sedikitnya temuan dari famili *Hesperiidae* diduga berkaitan dengan sifatnya yang krepuskular, yaitu aktif pada saat matahari terbit dan terbenam (Peggie & Amir, 2006). Waktu pengamatan yang dimulai pukul 09.00 WIB kemungkinan menyebabkan perjumpaan dengan anggota famili tersebut menjadi terbatas.

Nilai indeks keanekaragaman dan kekayaan jenis kupu-kupu di Hutan Kota Munjul menunjukkan stabilitas komunitas dalam lingkungannya. Kondisi ini didukung oleh ketersediaan tumbuhan pakan larva, kompleksitas struktur vegetasi, serta iklim mikro yang sesuai. Vegetasi yang heterogen membentuk berbagai relung ekologis yang memungkinkan keberadaan banyak jenis kupu-kupu dalam satu kawasan.

## **SIMPULAN**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Hutan Kota Munjul memiliki potensi sebagai habitat yang mendukung keberagaman dan distribusi kupu-kupu secara merata. Kondisi lingkungan yang meliputi ketersediaan vegetasi pakan,

sumber air, serta iklim mikro yang sesuai berperan dalam mendukung keberadaan berbagai jenis kupu-kupu di kawasan tersebut.

Temuan ini menegaskan pentingnya Hutan Kota Munjul sebagai kawasan ruang terbuka hijau yang berfungsi dalam mendukung konservasi keanekaragaman hayati di wilayah perkotaan. Selain berperan dalam menjaga keberlanjutan ekosistem, kawasan ini juga berpotensi menjadi sarana edukasi dan wisata berbasis lingkungan yang dapat meningkatkan apresiasi masyarakat terhadap konservasi alam di perkotaan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta atas dukungan dalam bentuk perizinan dan pendanaan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Auliadin, H. R. D. A. F. (2022). Interaction of butterfly (*Lepidoptera: Papilionoidea*) and flowering plants in the forest area of the Cibubur Arboretum Jakarta. *Journal of Tropical Biodiversity*, 2(2), 94–106. <https://doi.org/10.59689/bio.v2i2.103>
- Azahra, S. D. (2021). Potensi jenis kupu-kupu sebagai bioindikator kondisi lingkungan kawasan perkotaan. *Gunung Djati Conference Series*, 6, 102–110.
- Azahra, S. D., & Kartikawati, S. M. (2021). Tingkat kenyamanan termal ruang terbuka hijau dengan pendekatan temperature humidity index (THI). *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v4i1.2286>
- Azahra, S. D., Rushayati, S. B., & Destiana, D. (2022). Green open spaces as butterfly refuge habitat: Potential, issues, and management strategies for butterfly conservation in urban areas. *Berkala Sainstek*, 10(4), 227–235. <https://doi.org/10.19184/bst.v10i4.33123>
- Bhatade, R., Patwardhan, A., & Kurve, P. N. (2019). A preliminary study on some ecological factors involved in mud-puddling of butterflies in Mumbai metropolitan region. *International Journal of Entomology Research*, 4, 1–6.
- Bladon, A. J., Lewis, M., Bladon, E. K., Buckton, S. J., Corbett, S., Ewing, S. R., Hayes, M. P., Hitchcock, G. E., Knock, R., & Lucas, C. (2020). How butterflies keep their cool: Physical and ecological traits influence thermoregulatory ability and population trends. *Journal of Animal Ecology*, 89(11), 2440–2450. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13319>
- Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., & Ehrlich, P. R. (2010). More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, 143, 1831–1841.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>

- Braby, M. F., & Jones, R. E. (1994). Effect of temperature and host plants on survival, development, and body size in three tropical satyrine butterflies from north-eastern Australia. *Australian Journal of Zoology*, 42(2), 195–213. <https://doi.org/10.1071/ZO9940195>
- Buhk, C., Oppermann, R., Schanowski, A., Bleil, R., Lüdemann, J., & Maus, C. (2018). Flower strip networks offer promising long-term effects on pollinator species richness in intensively cultivated agricultural areas. *BMC Ecology*, 18(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0210-z>
- Cayton, H. L., & Haddad, N. M. (2018). Water availability coincides with population declines for an endangered butterfly. *Diversity*, 10(3), 94. <https://doi.org/10.3390/d10030094>
- Clarke, H. E. (2024). A checklist of European butterfly larval food plants. *Ecology and Evolution*, 14(1), e10834. <https://doi.org/10.1002/ece3.10834>
- Cleary, D. F. R. (2016). Diversity and composition of plants, butterflies and odonates in an *Imperata cylindrica* grassland landscape in East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Tropical Ecology*, 32(6), 555–560. <https://doi.org/10.1017/S026646741600050X>
- Ghazanfar, M., Malik, M. F., Hussain, M., Iqbal, R., & Younas, M. (2016). Butterflies and their contribution in ecosystem: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(2), 115–118.
- Granato, C., Campera, M., & Bulbert, M. (2024). Sensitivity of *Vanessa cardui* to temperature variations: A cost-effective experiment for environmental education. *Insects*, 15(4), 221. <https://doi.org/10.3390/insects15040221>
- Habel, J. C., Teucher, M., Ulrich, W., Bauer, M., & Rödder, D. (2016). Drones for butterfly conservation: Larval habitat assessment with an unmanned aerial vehicle. *Landscape Ecology*, 31(10), 2385–2395. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0409-3>
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature. <https://www.iucnredlist.org>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MenLHK/Setjen/Kum.1/12/2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Koh, L. P., & Sodhi, N. S. (2004). Importance of reserves, fragments, and parks for butterfly conservation in a tropical urban landscape. *Ecological Applications*, 14(6), 1695–1708. <https://doi.org/10.1890/03-5269>
- Lamie, E., Morton, E. R., & Parzer, H. F. (2025). Puddling in butterflies: Current knowledge and new directions. *Annals of the Entomological Society of America*, 118(2), 110–118. <https://doi.org/10.1093/aesa/aaaf007>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.

- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Treviño-Garza, E. J., Sánchez-Reyes, U. J., & Herrera-Fernández, B. (2021). Composition and diversity of butterflies (*Lepidoptera*, Papilionoidea) along an atmospheric pollution gradient in the Monterrey Metropolitan area, Mexico. *ZooKeys*, 1037, 73–90. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1037.66001>
- Mogan, Y., Koneri, R., & Baideng, E. (2018). Keanekaragaman kupu-kupu (*Lepidoptera*) di Kampus Universitas Sam Ratulangi, Manado. *Jurnal Bios Logos*, 8(2), 59–68. <https://doi.org/10.35799/jbl.8.2.2018.23357>
- Oostermeijer, J. G. B., & Van Swaay, C. A. M. (1998). The relationship between butterflies and environmental indicator values: A tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation*, 86(3), 271–280. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00040-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00040-8)
- Pallottini, M., Goretti, E., Argenti, C., La Porta, G., Tositti, L., Dinelli, E., Moroni, B., Petroselli, C., Gravina, P., & Selvaggi, R. (2023). Butterflies as bioindicators of metal contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(42), 95606–95620. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28930-x>
- Parikh, G., Rawtani, D., & Khatri, N. (2021). Insects as an indicator for environmental pollution. *Environmental Claims Journal*, 33(2), 161–181. <https://doi.org/10.1080/10406026.2020.1780698>
- Peggie, D., & Amir, M. (2006). *Practical guide to the butterflies of Bogor Botanic Garden*.
- Phalnikar, K., Kunte, K., & Agashe, D. (2019). Disrupting butterfly caterpillar microbiomes does not impact their survival and development. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1917), 20192438. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2438>
- Porath, I. A. T., & Aranda, R. (2020). Frugivorous butterflies (*Lepidoptera*: Nymphalidae) as a habitat quality indicator in Cerrado urban fragment. *EntomoBrasilis*, 13, e904. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v13.e904>
- Rushayati, S. B., & Azahra, S. D. (2024). Beyond concrete jungles: Managing urban green spaces as butterfly hotspots and their implications for ecotourism in Pontianak City, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1366(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1366/1/012026>
- Salmi, S., Moulai, R., & Baaloudj, A. (2025). Can butterflies (*Lepidoptera*) serve as effective bioindicators for assessing the health of Algerian cedar forests? *European Journal of Entomology*, 122, 287–301. <https://doi.org/10.14411/eje.2025.033>
- Saraf, K. K., & Vijaykumar, K. (2021). Effect of climate change on butterfly families: Species richness, abundance, and species composition across different seasons in Kalaburagi, Karnataka, India. *World News of Natural Sciences*, 34, 1–28.

Zellweger, F., Baltensweiler, A., Ginzler, C., Roth, T., Braunisch, V., Bugmann, H., & Bollmann, K. (2016). Environmental predictors of species richness in forest landscapes: Abiotic factors versus vegetation structure. *Journal of Biogeography*, 43(6), 1080–1090. <https://doi.org/10.1111/jbi.12696>