

POTENSI JENIS KUPU-KUPU SEBAGAI BIOINDIKATOR KONDISI LINGKUNGAN KAWASAN PERKOTAAN

Siva Devi Azahra^{1*}

¹Program Studi Kehutanan
Universitas Tanjungpura,
Pontianak 78124, Indonesia

*e-mail korespondensi:
siva.da@fahutan.untan.ac.id

Abstrak. Kawasan perkotaan mengalami berbagai gejala penurunan lingkungan yang disebabkan oleh pesatnya pembangunan di bidang industri dan permukiman serta meningkatnya kegiatan transportasi. Hal-hal tersebut menyebabkan berkurangnya luas area hijau serta berubahnya komponen lingkungan yang dapat mempengaruhi komunitas biotik di dalamnya. Kupu-kupu merupakan serangga dengan penyebaran yang luas dan dapat merefleksikan kondisi lingkungan yang menjadi habitatnya. Penelitian ini mengkaji potensi jenis kupu-kupu yang dapat berperan sebagai bioindikator dengan menganalisis hubungan antara keberadaan jenis kupu-kupu tersebut dengan karakteristik lingkungan pembentuk habitatnya. Penelitian ini dilakukan pada empat lokasi dengan tipe gangguan lingkungan berbeda dan tiga kali ulangan pada periode musim yang berbeda. Pollard Transect merupakan metode yang dilakukan dalam pengamatan kupu-kupu, selain itu dilakukan pula pengukuran variabel iklim mikro, vegetasi, dan jarak dari sumber gangguan. Penentuan jenis potensial sebagai bioindikator dilakukan dengan dua tahapan yaitu dengan menganalisis distribusi tiap jenis kupu-kupu terhadap karakteristik lingkungan Redundancy Analysis (RDA) serta menganalisis kriteria sifat umum dan kriteria respon tiap-tiap jenis tersebut terhadap kondisi lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan kupu-kupu spesialis yaitu *Polyura hebe* dan *Ypthima horsfieldii* menandakan kondisi habitat dengan gangguan rendah sedangkan keberadaan jenis *Papilio demoleus* menandakan kondisi lingkungan terganggu.

Kata kunci: bioindikator, kawasan perkotaan, kondisi lingkungan, kupu-kupu

Abstract. Urban areas experience various symptoms of environmental decline caused by rapid development in industry and settlements and increased transportation activities. These cause a decrease in green space and changes in habitat-forming ecological components that can affect the biotic community in the habitat. Butterflies are insects with a widespread and can reflect the environmental conditions that become their habitat. This study examines the potential of various types of butterflies as bioindicators of environmental conditions by analyzing the relationship between butterflies's existence and the characteristics of their habitat-forming environment. The research was conduct at four locations with different kinds of environmental disturbances and three replays in different periods of the season Butterfly observations were conducted by the Pollard Transect method and measuring microclimate variables, vegetation, and distance from the source of the disturbance. Determination of potential types as

*bioindicators is carried out with two stages of research: 1) analyzing the distribution of each type of butterfly to the environmental characteristics of Redundancy Analysis (RDA), 2) analyzing the criteria of general properties and response criteria of each type to environmental conditions. This research shows that *Ypthima horsfieldii* and *Polyura hebe* type butterflies are specialist types whose existence indicates good environmental conditions or low-disturbance environments. In contrast, *Papilio demoleus* is a more adaptable type, and its presence indicates impaired environmental conditions.*

Keywords: *bioindicator, butterfly, environmental conditions, urban area.*

PENDAHULUAN

Kupu-kupu (Lepidoptera: Papilionoidea) memiliki peran ekologis yaitu sebagai bagian dari rantai makanan, mangsa bagi predator dan sebagai penyerbuk (*pollinator*) sehingga menyebabkan keberadaannya turut menentukan keberlangsungan regenerasi tumbuhan dan keseimbangan ekosistem (Kwatrina *et al.*, 2018; Mertens *et al.*, 2021). Sifat kupu-kupu yang kosmopolit menyebabkan penyebarannya yang luas pada berbagai macam tipe habitat, termasuk di kawasan perkotaan. Kawasan perkotaan dengan berbagai karakteristik ruang terbuka hijau yang menyediakan habitat bagi berbagai jenis satwa. Di sisi lain, berbagai kegiatan antropogenik, tingginya arus urbanisasi, pesatnya pembangunan di bidang industri dan permukiman menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, termasuk di antaranya menurunnya luasan ruang terbuka hijau karena dikonversi menjadi kawasan perumahan dan fragmentasi habitat. Perubahan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan bahkan penurunan komponen - komponen lingkungan sehingga berpengaruh pada demografi dan proses genetik organisme yang hidup di dalamnya (Dubois & Cheptou, 2017).

Pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan dalam menanggulangi terjadinya penurunan kualitas lingkungan adalah dengan mengevaluasi hubungan antara faktor penyebab gangguan

lingkungan terhadap bioindikator. Kupu-kupu berpotensi sebagai bioindikator karena sensitif terhadap perubahan pada habitatnya (Swaay *et al.*, 2012), menyukai area yang tidak terpolusi (Markert *et al.*, 2003), menunjukkan respon terhadap gangguan lingkungan tertentu (Riva *et al.*, 2018) dan dapat merefleksikan kondisi habitatnya.

Peran ruang terbuka hijau kawasan perkotaan sebagai habitat kupu-kupu, sebagai sarana konservasi biodiversitas di kawasan perkotaan, dan kondisi lingkungannya yang terus mengalami berbagai gangguan lingkungan, sangat mengisyaratkan urgensi untuk dilakukan pengkajian kupu-kupu yang berpotensi sebagai bioindikator untuk menggambarkan kondisi habitatnya sehingga dapat dijadikan sebagai data dasar dan masukkan dalam upaya pemantauan dan perumusan strategi konservasi kuku-kupu di kawasan perkotaan.

BAHAN DAN METODE

Pengamatan dilakukan pada empat area yang memiliki tipe gangguan lingkungan berbeda yaitu pada area permukiman, industri, perkantoran, dan jalan raya pada tiga periode waktu berbeda yang disesuaikan dengan kondisi musim. Pengambilan data kupu-kupu pada tiap-tiap lokasi menggunakan metode *Pollard Transect* sepanjang 500 meter (Swaay *et al.*, 2012) dan dilakukan pengamatan berdasarkan

waktu kupu-kupu aktif beraktifitas yaitu pukul 09.00 - 12.00 WIB. Kupu-kupu yang ditemukan dalam transek lalu diidentifikasi dan dihitung kelimpahan relatif (KR) tiap jenisnya sehingga dihasilkan nilai kelimpahan relatif dengan rumus sebagai berikut.

$$KR = \frac{\text{Jumlah individu jenis } i}{\text{Jumlah total seluruh individu}} \times 100 \%$$

Kriteria kategori :

KR (>20%)	= kelimpahan tinggi
KR (15%-20%)	= kelimpahan sedang
KR (<15%)	= kelimpahan rendah

Tabel 1. Kriteria Sifat Umum Dan Respon Kupu-Kupu

No	Kriteria	Sitasi
A. Sifat Umum Kupu-kupu		
1	Taxonomi dan sifat biologis diketahui	(Hodkinson & Jackson, 2005)
2	Kemudahan identifikasi (memiliki ciri khusus, ditemukan pada berbagai habitat)	(Ismail <i>et al.</i> , 2020)
3	Voltinisme atau jumlah generasi per-tahun (univoltin: satu generasi, bivoltin: dua generasi, atau multivoltin: beberapa generasi)	(Sommaggio & Burgio, 2014)
4	Status kerentanan	(Thomas, 2005)
5	Keberagaman sumber pakan (monofagus: satu jenis pakan, polifagus: beragam jenis pakan)	(Kitahara <i>et al.</i> , 2000)
6	Endemisitas (berdasarkan pulau, <i>niche</i> , negara, atau zona ekologi)	(Foord <i>et al.</i> , 2002)
B. Respon terhadap kondisi atau gangguan lingkungan		
1	Kehadiran/ketidakhadiran jenis pada suatu habitat	(Legal <i>et al.</i> , 2020)
2	Parameter demografi (keanekaragaman jenis, kekayaan jenis, kelimpahan individu, dll)	(Swaay <i>et al.</i> , 2012)
3	Kaitan dengan faktor-faktor lingkungan	(Kyerematen <i>et al.</i> , 2018)
4	Respon terhadap faktor gangguan atau kondisi lingkungan	(Spitzer <i>et al.</i> , 1997)

HASIL DAN PEMBAHASAN

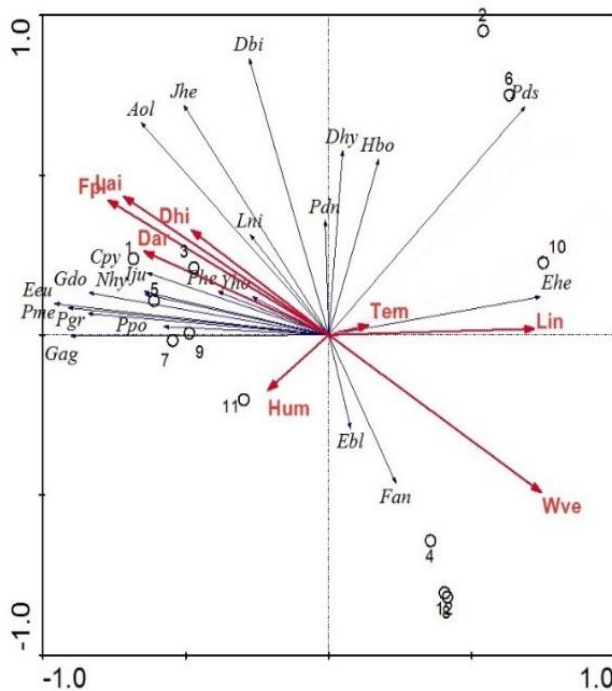
Distribusi Jenis Kupu-Kupu

Dari keempat lokasi, ditemukan 22 jenis kupu-kupu yang terdiri dari 4 famili. Pada area permukiman ditemukan sebanyak 18 jenis (81.82%), area perkantoran sebanyak 15 jenis (68.18%), area industri sebanyak 11 jenis (50%), dan kekayaan jenis terendah pada area jalan raya yaitu hanya ditemukan sebanyak 7 jenis (31.82%). Analisis ordinasi RDA (Gambar 1), menunjukkan adanya kesamaan karakteristik lingkungan antara area permukiman dengan area perkantoran dimana karakteristik lingkungan yang mendominasi diantaranya kekayaan jenis tumbuhan pakan, nilai LAI, jarak dari area sumber gangguan. Ordinasi dari keseluruhan jenis juga menunjukkan bahwa mayoritas jenis kupu-kupu terordinasi pada asosiasi kedua area tersebut, sehingga dapat

disimpulkan bahwa kedua area tersebut merupakan lokasi dimana ditemukan sebagian besar jenis kupu-kupu.

Potensi Jenis Kupu-Kupu tertentu sebagai Biondikator

Pendekatan dalam penentuan jenis kupu-kupu dikaji dengan menganalisis keberadaan tiap-tiap jenis kupu-kupu dengan karakteristik lingkungan berbeda. Setiap jenis kupu-kupu merespon dinamika kondisi lingkungan di habitatnya dengan kemampuan adaptasi yang berbeda-beda sehingga memicu terbentuknya jenis kupu-kupu spesialis dan generalis (Kitahara *et al.*, 2000). Jenis generalis tidak memiliki keterkaitan kuat terhadap faktor-faktor lingkungan tertentu sehingga dapat ditemukan di berbagai tipe habitat. Sedangkan jenis spesialis adalah jenis yang memiliki keterkaitan kuat dan membutuhkan faktor-faktor lingkungan yang spesifik.



Keterangan:

<i>G. agamemnon</i> : Gag	<i>L. nina</i> : Lni
<i>G. doson</i> : Gdo	<i>F. aniella</i> : Fan
<i>P. demoleus</i> : Pds	<i>P. gracilis</i> : Pgr
<i>P. demolion</i> : Pdn	<i>D.</i> : Dhy
	<i>hyparete</i>
<i>P. memnon</i> : Pme	<i>E. blanda</i> : Ebl
<i>P. polytes</i> : Ppo	Tem : suhu udara
<i>D. bisaltide</i> : Dbi	Hum : kelembapan udara
<i>E. eunice</i> : EEU	Lin : intensitas cahaya
<i>H. bolina</i> : Hbo	Wve : kecepatan angin
<i>I. juventa</i> : Iju	Fpl : tumbuhan pakan
<i>J. hedonia</i> : Jhe	Lai : leaf area index
<i>N. hylas</i> : Nhy	Dhi : jarak dari jalan raya
<i>P. hebe</i> : Phe	Dar : jarak dari gangguan
<i>Y. horsfieldii</i> : Yho	O1, O5, O9 : area pemukiman
<i>A. olferna</i> : Aol	O2, O6, O10 : area industri
<i>C. pyranthe</i> : Cpy	O3, O7, O11 : area perkantoran
<i>E. hecabe</i> : Ehe	O4, O8, O12 : area jalan raya

Gambar 1. Distribusi Jenis Kupu-Kupu Pada Keempat Area Pengamatan

Oleh karena itu, keberadaan jenis spesialis hanya terbatas di habitat-habitat tertentu sesuai dengan karakter habitat yang dibutuhkannya sehingga pengkategorian ini yang dijadikan sebagai dasar penentuan jenis kupu-kupu yang potensial dijadikan sebagai bioindikator (Taradipha *et al.*, 2019).

Hasil ordinasasi pada Gambar 1 menunjukkan bahwa sebagian besar jenis kupu-kupu ditemukan di habitat yang ditandai dengan tersedianya berbagai jenis tumbuhan pakan, tutupan kanopi yang bervariasi, jarak yang relatif lebih jauh dari sumber gangguan, dan habitat yang menyediakan sumberdaya yang sesuai dengan karakteristik ekologis kupu-kupu. *Graphium agamemnon* dan *Delias hyparete* tidak memiliki keterkaitan yang kuat terhadap faktor-faktor lingkungan tertentu, sehingga diindikasikan dapat beradaptasi pada berbagai tipe habitat. *Leptosia nina* banyak ditemukan di sekitar tumbuhan pakannya yaitu mangan ungu

(*Cleome rutidosperma*) yang merupakan tumbuhan yang ditemukan di keseluruhan area pengamatan (Rasadari *et al.*, 2018). *Eurema hecabe* memiliki kelimpahan tertinggi pada keempat area pengamatan, sehingga menunjukkan bahwa jenis tersebut memiliki daya adaptasi lebih baik dibandingkan jenis kupu-kupu lainnya. *E. hecabe* merupakan jenis kupu-kupu kosmopolit, polifagus, multivoltin, dan dapat beradaptasi pada suhu lingkungan yang tinggi (Kim *et al.*, 2015; Naim & Hadi, 2018). *E. hecabe* juga memiliki beberapa jenis tumbuhan pakan yang terdapat di seluruh area pengamatan antara lain alang-alang (*Imperata cylindrica*), akasia (*Acacia auriculiformis*), dan putri malu (*mimosa pudica*) (Cleary, 2016; Sanjaya *et al.*, 2016).

Keberadaan keempat jenis kupu-kupu tersebut pada keseluruhan area pengamatan dengan kelimpahan yang tinggi menunjukkan keberhasilan adaptasi dari jenis generalis.

Secara spesifik, *E. hecabe* menunjukkan fenomena yang berbeda, yaitu memiliki nilai kelimpahan relatif yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya dan merupakan satu-satunya jenis generalis yang memiliki keterkaitan dengan tipe habitat dengan karakteristik daerah terganggu seperti suhu dan intensitas cahaya yang tinggi. Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa *E. hecabe* dapat beradaptasi di area hutan bekas tebangan (Hamer *et al.*, 2003), area hutan bekas tambang (Khan & Rastogi, 2015), dan habitat hutan kota yang terfragmentasi (Soga & Koike, 2012). Kemampuan adaptasi yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa *E. hecabe* berpotensi sebagai jenis kupu-kupu generalis yang potensial sebagai bioindikator.

Analisis ordinasinya *Ypthima horsfieldii* dan *Polyura hebe* menunjukkan keterkaitan yang kuat terhadap banyak faktor-faktor lingkungan seperti memiliki frekuensi kehadiran rendah, distribusi yang terbatas pada suatu habitat tertentu (area permukiman dan perkantoran) yang ditumbuhi oleh jenis-jenis pepohonan yang tinggi dengan kanopi rapat, dan dipenuhi dengan tumbuhan bawah yang rapat serta tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa keduanya memiliki kerentanan lebih tinggi apabila terjadi perubahan lingkungan karena memiliki persyaratan kondisi lingkungan yang lebih kompleks. Hasil temuan ini sejalan dengan pernyataan Kremen (1994) bahwa *Y. horsfieldii* dari subfamili Satyrinae merupakan subfamili yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Jenis ini memiliki tumbuhan pakan dari famili Poaceae seperti alang-alang (*Imperata cylindrica*) yang ditemukan di seluruh area pengamatan. Kupu-kupu *P. hebe* ini menunjukkan bahwa jenis tersebut sering ditemukan pada area dengan tajuk pohon tinggi dan menyukai area yang ternaungi, sehingga membutuhkan kondisi habitat yang relatif minim gangguan. Jenis ini merupakan

jenis polifagus dengan beragam jenis tumbuhan pakan yang tersebar pada keseluruhan hutan kota pengamatan yaitu akasia (*Acacia auriculiformis*) dan bungur (*Lagerstroemia speciosa*).

Tersedianya tumbuhan pakan dari kedua jenis tersebut di seluruh area pengamatan menunjukkan bahwa keberadaan *Y. horsfieldii* dan *P. hebe* tidak ditentukan oleh keberadaan jenis tumbuhan pakan tertentu, karena kedua jenis ini tetap tidak ditemukan pada area industri dan jalan raya. Berdasarkan uraian sebelumnya, diketahui bahwa ditemukannya jenis kupu-kupu spesialis pada suatu habitat dapat dijadikan sebagai indikator kondisi habitat tersebut. Clark *et al.* (2007) menyatakan bahwa jenis spesialis lebih rentan (sensitif) terhadap gangguan lingkungannya. Mengacu pada kriteria dan sifat-sifat bioekologis tersebut, maka kupu-kupu *Y. horsfieldii* dan *P. hebe* dapat dikategorikan sebagai jenis bioindikator untuk habitat dengan gangguan yang rendah.

Hasil analisis ordinasinya yang telah dilakukan menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara jenis kupu-kupu *P. demolius* dengan faktor lingkungan yang memiliki potensi gangguan tinggi. Faktor lingkungan tersebut adalah suhu dan intensitas cahaya yang tinggi, kelembapan udara rendah, dan merupakan jenis kupu-kupu *site specific* kawasan industri. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa jenis ini merupakan jenis tumbuhan asing pengganggu (invasif) (Riaz *et al.*, 2020) dan memiliki toleransi dan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan seperti suhu tinggi (Munir & Siddiqui, 2017). Jenis ini juga banyak ditemukan berada di sekitar tanaman lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan tanaman saga (*Adenanthera pavonina*) yang merupakan tumbuhan pakannya. Tingkat kelimpahan yang tinggi dari jenis kupu-kupu ini mengindikasikan bahwa jenis ini hanya

memiliki sedikit pemangsa (predator) dan pesaing (kompetitor), sehingga memiliki kesempatan lebih besar untuk memanfaatkan sumberdaya yang terbatas di habitatnya untuk hidup dan berkembangbiak secara optimal.

Berdasarkan semua karakteristik bioekologis dan persyaratan umum penentuan jenis-jenis bioindikator, maka kupu-kupu *P. demoleus* dapat dikategorikan sebagai jenis bioindikator untuk habitat terganggu.

Tabel 2 Jenis Kupu-Kupu Yang Berpotensi Sebagai Bioindikator

Kriteria	Jenis Kupu-Kupu			
	<i>E. hecabe</i>	<i>Y. horsfieldii</i>	<i>P. hebe</i>	<i>P. demoleus</i>
Kehadiran pada habitat	Seluruh area pengamatan	Area perkantoran	Area permukiman	Area industri
Kelimpahan relatif	Tinggi (> 20%)	Rendah (< 15%)	Rendah (< 15%)	Tinggi (> 20%)
Korelasi dengan faktor lingkungan	Ciri habitat gangguan rendah maupun tinggi	Ciri habitat gangguan rendah	Ciri habitat gangguan rendah	Ciri habitat gangguan tinggi
Voltinisme	Multivoltin [@]	Univoltin	Multivoltin	Multivoltin ⁺
Keberagaman sumber pakan	Polifagus	Polifagus	Polifagus	Polifagus
Penyebaran tumbuhan pakan	Keseluruhan lokasi	Keseluruhan lokasi	Keseluruhan lokasi	Keseluruhan lokasi
Preferensi habitat	Dapat beradaptasi dengan berbagai karakteristik habitat ^{&}	Habitat yang masih baik dengan ekosistem terjaga [#]	Habitat ternaungi dengan kanopi rapat ⁰	Kawasan pertanian atau urbanisasi tinggi [^]

Sumber : [@](Kim *et al.*, 2015), ⁺(Smetacek, 2012), [&](Naim & Hadi, 2018), [#](Kremen, 1994), ⁰(Houlihan *et al.*, 2012), [^](Munir & Siddiqui, 2017)

Keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa kupu-kupu memperlihatkan bentuk-bentuk bioindikasi yang memperkuat dugaan fungsi kupu-kupu sebagai bioindikator. Pemanfaatan kupu-kupu sebagai bioindikator dalam penelitian ini ditunjukkan oleh gambaran keberadaannya di suatu tipe habitat dengan berbagai karakteristik dan tipe gangguan lingkungan yang berbeda yang ditunjukkan dengan adanya perbedaan kelimpahan, kehadiran atau ketidakhadiran, dan sensitifitas respon kupu-kupu terhadap faktor-faktor lingkungan tertentu. Informasi mengenai keberadaan distribusi jenis kupu-kupu berdasarkan kondisi lingkungannya juga merupakan informasi yang penting dalam upaya penanggulangan penurunan kondisi lingkungan, karena keberadaan jenis-jenis tersebut dapat menjadi indikator untuk mengungkapkan kondisi lingkungan maupun

menandakan terjadinya perubahan aspek lingkungan yang tidak terlihat secara visual. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis kupu-kupu yang potensial dapat dijadikan sebagai bioindikator. Jenis kupu-kupu *Polyura hebe* dan *Ypthima horsfieldii* merupakan jenis yang paling banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungannya sehingga keberadaannya dapat menandakan kondisi habitat dengan gangguan rendah. Adapun jenis *Papilio demoleus* hanya dapat beradaptasi dengan kondisi habitat yang spesifik sehingga menandakan kondisi lingkungan terganggu.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis kupu-kupu yang potensial dapat dijadikan sebagai bioindikator. Jenis

kupu-kupu *Ypthima horsfieldii* dan *Polyura hebe* merupakan jenis kupu-kupu spesialis dengan persyaratan parameter lingkungan paling banyak yang mempengaruhinya sehingga keberadaannya dapat dijadikan sebagai indikator kondisi habitat dengan gangguan rendah. Sedangkan jenis *Papilio demoleus* merupakan jenis kupu-kupu dengan habitat spesifik yang hanya dapat beradaptasi dan dapat dijadikan sebagai indikator kondisi lingkungan terganggu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, masukan dan arahan dalam penyempurnaan tulisan ini kepada Dr. Burhanuddin Masyud dan Dr. Noor Farikhah Haneda, serta Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura yang telah memfasilitasi penulis dapat mengikuti seminar ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Clark, P. J., Reed, J. M., & Chew, F. S. (2007). Effects of Urbanization on Butterfly Species Richness, Guild Structure, and Rarity. *Urban Ecosystems*, 10, 321–337. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0029-4>
- 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, 555–560. <https://doi.org/10.1017/S026646741600050X>
- Dubois, J., & Cheptou, P. O. (2017). Effects of Fragmentation on Plant Adaptation to Urban Environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372, 1–8. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0038>
- Foord, S. H., Ferguson, J. W. H., & Van Jaarsveld, A. S. (2002). Endemicity of Afrotropical Grasshopper Assemblages: Implications for Grassland Conservation. *African Journal of Ecology*, 40, 318–327.
- Hamer, K. C., Hill, J. K., Benedick, S., Mustaffa, N., Sherratt, T. N., Maryati, M., & Chey, V. K. (2003). Ecology of Butterflies in Natural and Selectively Logged Forests of Northern Borneo: The Importance of Habitat Heterogeneity. *Journal of Applied Ecology*, 40, 150–162.
- Hodkinson, I. D., & Jackson, J. K. (2005). Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems. *Environmental Management*, 35, 649–666.
- Houlihan, P. R., Marchant, N. C., & Harrison, M. E. (2012). *A Guide to the Butterflies of Sabangau The Orangutan Tropical Peatland Project*. Indonesia: The Orangutan Tropical Peatland Project.
- Ismail, N., Rahman, A. A. A., Mohamed, M., Bakar, M. F. A., & Tokiman, L. (2020). Butterfly as Bioindicator for Development of Conservation Areas in Bukit Reban Kambing, Bukit Belading and Bukit Tukau, Johor, Malaysia. *Biodiversitas*, 21, 334–344.
- Khan, S. R., & Rastogi, N. (2015). Impact of Mining Activity on Butterfly Diversity and Community Composition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3, 178–185.
- Kim, S., Park, H., & Park, I. (2015). Effect of Temperature on the Development of the Common Grass Yellow, *Eurema hecabe*. *International Journal of Industrial Entomology*, 31, 35–39. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7852/ijie.2015.31.2.35>
- Kitahara, M., Sei, K., & Fujii, K. (2000). Patterns in the Structure of Grassland Butterfly Communities Along a Gradient of Human Disturbance: Further Analysis based on the Generalist or Specialist Concept. *Population Ecology*, 42, 135–144.

- Kremen, C. (1994). Biological Inventory Using Target Taxa : A Case Study of the Butterflies of Madagascar. *Ecological Applications*, 4, 407–422.
- Kwatrina, R. T., Santosa, Y., Bismark, M., & Santoso, N. (2018). Ecological impacts of oil-palm plantation on butterfly and bird species diversity. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 24, 23–31. <https://doi.org/10.7226/jtfm.24.1.23>
- Kyerematen, R., Adu-Acheampong, S., Acquah-Lampsey, D., Anderson, R. S., Owusu, E. H., & Mantey, J. (2018). Butterfly Diversity: An Indicator for Environmental Health within Tarkwa Gold Mine, Ghana. *Environment and Natural Resources Research*, 8, 69–83. <https://doi.org/10.5539/enrr.v8n3p69>
- Legal, L., Valet, M., Dorado, O., de Jesus-Almonte, J. M., López, K., & Céréghino, R. (2020). Lepidoptera are Relevant Bioindicators of Passive Regeneration in Tropical Dry Forests. *Diversity*, 12, 15–18.
- Markert, B., Breure, A., & Zechmeister, H. (2003). *Definitions, Strategies, and Principles for Bioindication or Biomonitoring of the Environment*. In Trace Metals and other Contaminant in the Environment volume 6. Belanda: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-51554-4.00031-6>
- Mertens, J. E. J., Brisson, L., Janeček, Š., Klomberg, Y., Maicher, V., Sáfián, S., Delabye, S., Potocký, P., Kobe, I. N., Pyrcz, T., & Tropek, R. (2021). Elevational and Seasonal Patterns of Butterflies and Hawkmoths in Plant-Pollinator Networks in Tropical Rainforests of Mount Cameroon. *Scientific Reports*, 11, 1–12.
- Munir, A., & Siddiqui, N. Y. (2017). Assessment of Growth of Lemon Butterfly (*Papilio demoleus*) in Tando Muhammad Khan, Lower Sindh, Pakistan. *Journal of Wildlife and Ecology*, 1, 25–34.
- Naim, M. A., & Hadi, M. (2018). Keragaman anggota Lepidoptera di kawasan agrowisata Jollong Kabupaten Pati. *Jurnal Akademika Biologi*, 9, 76–85.
- Rasadari, S., Gunawardana, R., Chathuranga, N., & Gururge, T. (2018). *Krumithuru Insects of Srilanka*. Srilanka: Butterfly Conservation Society of Sri Lanka.
- Riaz, S., Johnson, J. B., Rasheed, T., & Wiemers, M. (2020). Morphology, Life Cycle and Management of Two Invasive Subspecies of *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae): A Review. *Journal of Applied Entomology*, 144, 845–856.
- Riva, F., Acorn, J. H., & Nielsen, S. E. (2018). Localized Disturbances from Oil Sands Developments Increase Butterfly Diversity and Abundance in Alberta's Boreal Forests. *Biological Conservation*, 217, 173–180.
- Sanjaya, Y., Suhara, S., & Rochmayanti, Y. (2016). Role of Plant Diversity to Existence of Butterfly in Botanical Garden UPI Bandung Indonesia. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4, 331–335.
- Smetacek, P. (2012). Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperoidea) and other Protected Gauna of Jones Estate, a Dying Watershed in the Kumaon Himalaya, Uttarakhand, India. *Journal of Threatened Taxa*, 4, 2857–2874. <https://doi.org/10.11609/jott.o3020.2857-74>
- Soga, M., & Koike, S. (2012). Life-History Traits Affect Vulnerability of Butterflies to Habitat Fragmentation in Urban Remnant Forests. *Ecoscience*, 19, 11–20. <https://doi.org/10.2980/19-1-3455>
- Sommaggio, D., & Burgio, G. (2014). The Use of Syrphidae as Functional



- Bioindicator to Compare Vineyards with Different Managements. *Bulletin of Insectology*, 67, 147–156.
- Spitzer, K., Jaros, J., Havelka, J., & Leps, J. (1997). Effect of Small-Scale Disturbance on Butterfly Communities of an Indochinese Montane Forest. *Biological Conservation*, 1, 9–15.
- Swaay, C. van, Brereton, T., Kirkland, P., & Warren, M. (2012). *Manual for Butterfly Monitoring*. Wageningen: Butterfly Conservation UK & Butterfly Conservation Europe.
- Taradipha, M. R. R., Rushayati, S. B., & Haneda, N. F. (2019). Karakteristik Lingkungan terhadap Komunitas Serangga. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9, 394–404.
- Thomas, J. A. (2005). Monitoring Change in the Abundance and Distribution of Insects Using Butterflies and other Indicator Groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360, 339–357. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1585>