

MORFOMETRI KUPU-KUPU (LEPIDOPTERA) GENUS *GRAPHIUM* DI WISATA TAMAN GADING LEDOKOMBO JEMBER JAWA TIMUR

¹Adzkafillah Nuruzzaman, ²Agmal Qodri, Husni Mubarak^{1*}

¹Program Studi Tadris Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, Indonesia.

²Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bogor, Indonesia.

*e-mail korespondensi
adzkafillahnuruzzaman@gmail.com
agmalqodri89@gmail.com
husnimubarak88@uinkhas.ac.id

Abstrak. Identifikasi spesies merupakan aspek penting dan mendasar dalam penelitian keanekaragaman hayati dan upaya konservasi. Namun, pada kupu-kupu genus *Graphium*, proses identifikasi menjadi tantangan tersendiri karena tingginya kemiripan morfologis antar spesies. Taman Gading merupakan tempat wisata di Ledokombo Jember Jawa Timur yang banyak ditemukan beragam spesies kupu-kupu termasuk genus *Graphium*. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis karakter morfologi tiga spesies *Graphium* yang ditemukan di Wisata Taman Gading Ledokombo Jember. Sebanyak lima individu dari tiga spesies *Graphium* diukur dan dianalisis. Pengukuran morfometri dilakukan terhadap tujuh karakter morfologi menggunakan program ImageJ dan selanjutnya dilakukan cluster analysis (CA) dengan metode Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) pada program PAST ver. 4.09. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa *Graphium agamemnon* memiliki rata-rata panjang tubuh (BL) terpanjang (28,89 mm) dan rentang sayap (WS) terbesar (85,24 mm). *Graphium sarpedon* menonjol pada dimensi lebar, dengan rata-rata lebar sayap depan (FW) 41,07 mm, dan lebar sayap belakang (HW) 30,01 mm. Sementara itu, *Graphium doson* menunjukkan ukuran tubuh dan sayap paling kecil, dengan rentang sayap (WS) hanya 51,08 mm dan lebar tubuh (BW) 4,72 mm. Hasil analisis kluster menunjukkan *G. agamemnon* dan *G. sarpedon* lebih mirip secara morfometri. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk mendukung pemetaan biodiversitas kupu-kupu di Jawa Timur melalui identifikasi genus *Graphium* secara lebih akurat.

Kata kunci: *Graphium*, keanekaragaman hayati, kupu-kupu, morfometri, taksonomi.

Abstract. Species identification is a fundamental and essential aspect of biodiversity research and conservation efforts. However, in the case of butterflies belonging to the genus *Graphium*, the identification process poses a challenge due to the high degree of morphological similarity among species. Taman Gading, a tourist destination in Ledokombo, Jember, East Java, is home to a wide variety of butterfly species, including those from the genus *Graphium*. This study aimed to measure and analyze the morphological characteristics of three *Graphium* species found at Taman Gading Tourist Site, Ledokombo, Jember. A total of five individuals from each of the three *Graphium* species were measured and analyzed. Morphometric measurements were conducted on seven morphological characters using the ImageJ program, followed by Cluster Analysis (CA) employing the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) in PAST ver. 4.09. The measurements revealed that *Graphium agamemnon* had the longest average body length (BL) at 28.89 mm and the largest wingspan (WS) at 85.24 mm. *Graphium sarpedon* was distinguished by its width dimensions, with an average forewing width (FW) of 41.07 mm and hindwing width (HW) of 30.01 mm.

*Meanwhile, *Graphium doson* exhibited the smallest body and wing sizes, with a wingspan (WS) of only 51.08 mm and body width (BW) of 4.72 mm. Cluster analysis results indicated that *G. agamemnon* and *G. sarpedon* were more similar in terms of morphometrics. The findings of this study can be utilized to support butterfly biodiversity mapping in East Java through more accurate identification of the genus *Graphium*.*

Keywords: biodiversity, butterfly, *Graphium*, morphometry, taxonomy

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati merupakan bagian dari kekayaan alam yang penting untuk dijaga secara berkelanjutan. Keanekaragaman besar filum arthropoda menempatkan kupu-kupu sebagai indikator alami yang berperan penting dalam fungsi ekosistem, terutama sebagai serangga penyerbuk (Ruslan & Andayaningsih, 2021; Syaripuddin et al., 2015). Kupu-kupu merupakan kelompok artropoda terbesar kedua, paling tersebar luas, dan paling mudah dikenali berkat warna serta sayap yang bersisik yang menjadikannya tergabung dalam ordo Lepidoptera (Munisi et al., 2024; Peggie, 2014).

Penurunan keanekaragaman kupu-kupu seringkali dikaitkan dengan meningkatnya perubahan lingkungan (Azahra et al., 2017; Kyerematen et al., 2014; Panjaitan et al., 2021). Namun, temuan lain menunjukkan hasil yang bertentangan (Putri et al., 2021), bahkan perubahan lingkungan tidak memberikan pengaruh yang signifikan (Wagner et al., 2013). Perbedaan respon tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain perubahan vegetasi, penurunan kualitas udara, kondisi pencahayaan, perubahan iklim, serta perbedaan koordinat geografis pada masing-masing wilayah (Nkongolo & Bapeamoni, 2018; Rizki et al., 2022; Wagner et al., 2013).

Proses identifikasi kupu-kupu hingga kini masih menjadi tantangan taksonomi tersendiri terutama karena adanya kemiripan morfologis antar anggota spesiesnya (Azrizal-Wahid et al., 2023; Jones et al., 2013). Berbagai teknik identifikasi spesies kupu-kupu khususnya genus *Graphium* telah dilaporkan, baik berdasarkan pendekatan secara morfologis (Yee, 2019) maupun molekuler (Wilson et al., 2014).

Karakteristik morfometrik berperan dalam menentukan sistematika hewan dan variabilitas pertumbuhan, sehingga analisis morfometri menjadi alat penting dalam proses identifikasi (Wahid et al., 2016). Teknik morfometri telah digunakan untuk mendukung pengukuran kuantitatif dan analisis variasi morfologi dalam hal ukuran dan bentuk tubuh organisme (Daly, 1985; Digo et al., 2015). Analisis regresi terhadap bagian-bagian tubuh menunjukkan kontribusi signifikan dalam menentukan taksonomi yang kompleks (Nawar et al., 2017). Taksonomi berbasis morfometri, khususnya morfologi sayap, telah digunakan untuk membantu mengidentifikasi berbagai taksa serangga termasuk kupu-kupu (De La Riva et al., 2001; Baylac et al., 2003; Tüzün, 2009).

Taman Gading berada di Kecamatan Ledokombo Kabupaten Jember, merupakan kawasan wisata yang termasuk ke dalam ekosistem gumuk Ledokombo yang memiliki keanekaragaman hayati yang cukup tinggi (Maisyaroh et al., 2021). Namun, ekosistem tersebut kini menghadapi tekanan akibat degradasi antropogenik, seperti penambangan

batu, penambangan pasir, serta alih fungsi lahan menjadi perkebunan monokultur (Mubarok et al., 2023). Hasil survei di Taman Gading mencatat keberadaan berbagai tumbuhan dari famili Acanthaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae dan Verbenaceae yang berperan sebagai tumbuhan inang sekaligus sumber nektar bagi kupu-kupu (Rusman et al., 2016). Keberadaan vegetasi ini menjadikan Taman Gading memiliki potensi penting sebagai habitat alami bagi keberlangsungan kupu-kupu di kawasan ini.

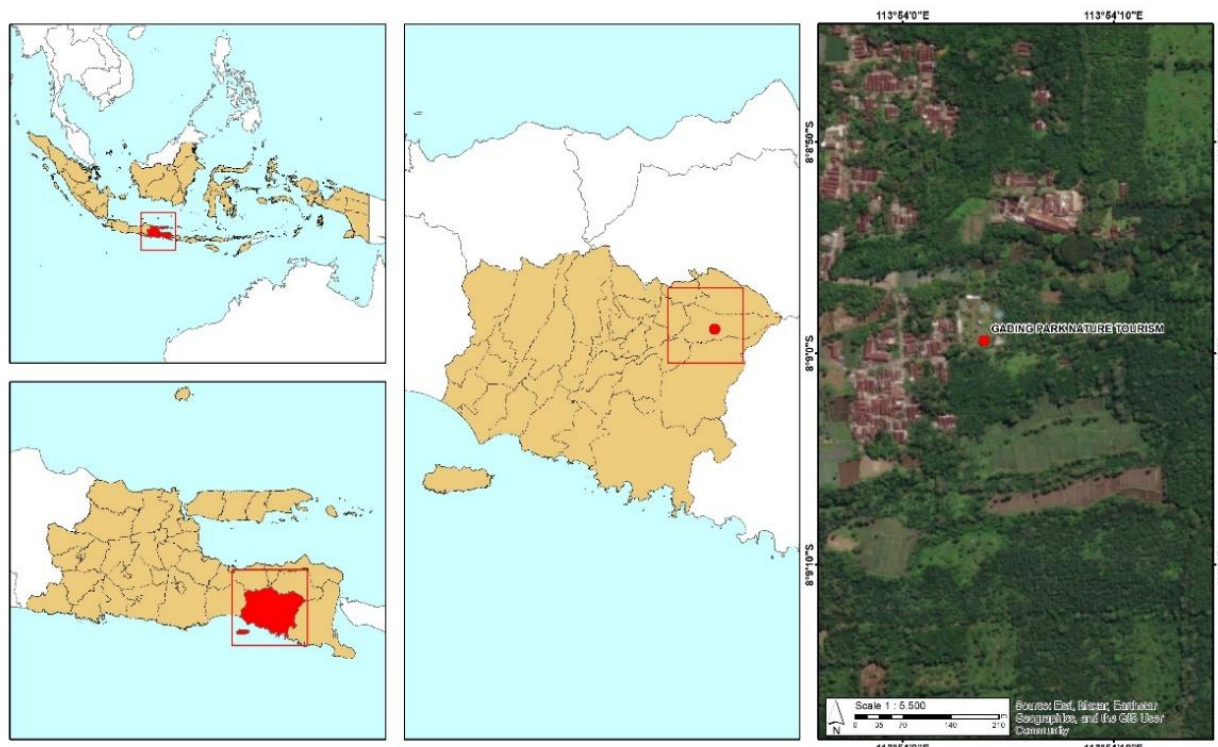
Beberapa spesies kupu-kupu yang ditemukan di kawasan wisata Taman Gading di antaranya tergabung dalam genus *Graphium*, yaitu *Graphium sarpedon*, *Graphium doson*, dan *Graphium agamemnon*. Ketiga spesies tersebut secara visual memiliki ambiguitas karena kemiripan morfologi yang cukup tinggi. Berdasarkan potensi tersebut,

penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan variasi morfometrik pada spesies *Graphium* yang ditemukan di Taman Gading. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai data acuan dalam pemetaan biodiversitas kupu-kupu di Jawa Timur, khususnya permasalahan taksonomi pada genus *Graphium*.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Wisata Taman Gading, Desa Sumber Bulus, Kecamatan Ledokombo, Kabupaten Jember, dengan titik koordinat berada di 8°08'58.7"S dan 113°54'05.0"E. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jaring serangga (*sweeping net*), jarum pentul, alat tulis, kertas papilot, pinset, *styrofoam*, kamera (Nikon B6000), buku identifikasi kupu-kupu serta *software Microsoft excel* dan *ImageJ*.

Prosedur Penelitian

a. Pengambilan Data Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan metode jelajah di area seluas 1 hektar, antara pukul 07.00–12.00 dan 13.00–17.00 WIB menyesuaikan masa aktif kupu-kupu (Peggie, 2014). Pengukuran parameter lingkungan menunjukkan kelembapan udara rata-rata sebesar 68%, suhu rata-rata 29,5°C, dan intensitas cahaya rata-rata 4.803 lux. Kondisi iklim ini dianggap optimal untuk aktivitas harian kupu-kupu.

Kupu-kupu genus *Graphium* ditangkap menggunakan jaring serangga (*insect net*), dimatikan secara etis dengan menekan pada bagian toraks, lalu disimpan dalam kertas papilot dan diberi label waktu dan tanggal pengambilan. Spesimen kemudian disimpan dalam kotak penyimpanan untuk proses identifikasi lebih lanjut di Laboratorium Terpadu FTIK UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember.

b. Identifikasi Spesies

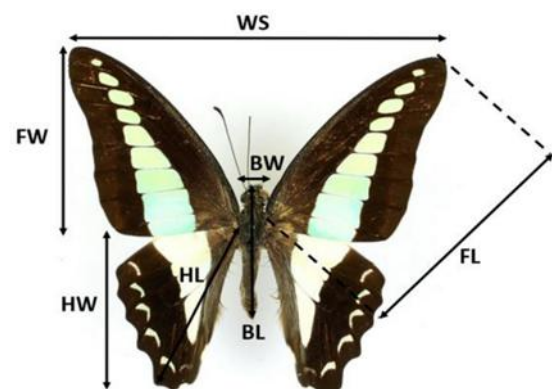
Spesimen kupu-kupu dipotret dan diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi kepala, toraks, abdomen, kaki, dan sayap untuk menentukan taksa tiap spesies. Identifikasi merujuk pada buku oleh Peggie & Amir (2006), Panjaitan et al. (2021), dan Ruslan (2015). Validasi spesies dilakukan oleh Agmal Qodri, M.Si., ahli taksonomi serangga dari Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

c. Pengukuran Morfometri

Sebelum dilakukan pengukuran, spesimen diperiksa kelayakannya, terutama

struktur sayap yang masih dalam kondisi baik tanpa kerusakan, serta warnanya tidak pudar. Pengukuran dilakukan pada sisi kiri sayap depan dan sayap belakang untuk menghindari bias asimetri (Mahdi et al., 2021). Setiap pengukuran diulang sebanyak lima kali ($n=5$) guna meminimalkan potensi bias. Pengukuran masing-masing karakter morfometri diukur dalam satuan milimeter (mm) dengan menggunakan *software ImageJ* (Ferreira & Rasband, 2012).

Tujuh karakter morfologi spesimen kupu-kupu yang diukur mewakili bagian sayap dan tubuh kupu-kupu. Karakter yang digunakan meliputi rentang sayap/*wingspan* (WS), panjang tubuh/*body length* (BL), lebar tubuh/*body width* (BW), panjang sayap depan/*forewing length* (FL), lebar sayap depan/*forewing width* (FW), panjang sayap belakang/*hindwing length* (HL), dan lebar sayap belakang/*hindwing width* (HW). (Azrizal-Wahid et al., 2023). Ilustrasi dari setiap pengukuran beserta deskripsi dari masing-masing karakter ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Posisi karakter morfologi diukur Azrizal-Wahid et al. (2023)

Ket:

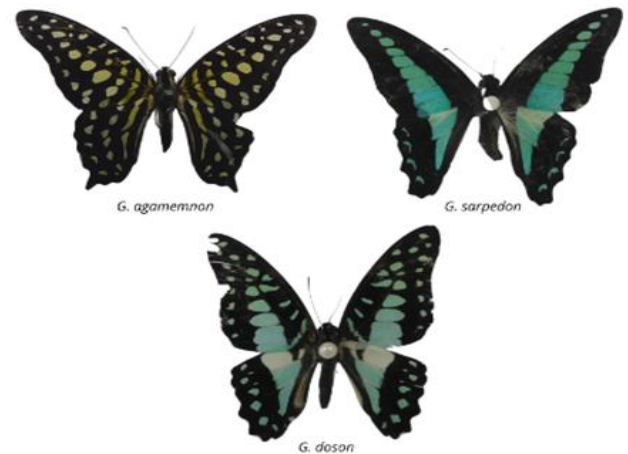
WS: Rentang sayap (jarak dari apeks sayap depan satu sisi ke sisi lainnya); BL: Panjang tubuh (pengukuran dari ujung kepala hingga ujung abdomen); BW: Lebar tubuh (pengukuran dari sisi kiri ke kanan tubuh); FL: Panjang sayap depan (pengukuran jarak terpanjang dari pangkal sayap depan hingga apeks); FW: Lebar sayap depan (pengukuran lebar maksimum sayap depan, yaitu jarak vertikal dari atas ke bawah); HL: Panjang

sayap belakang (pengukuran jarak terpanjang dari pangkal sayap belakang hingga ke bagian termen); HW: Lebar sayap belakang (pengukuran lebar maksimum sayap belakang, yaitu jarak vertikal dari atas ke bawah).

d. Teknik Analisis Data

Data hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan *software ImageJ* kemudian ditabulasi ke dalam *Microsoft Excel* dan dianalisis kluster/*Cluster Analysis* (CA) dengan metode *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA) untuk melihat spesies *Graphium* mana yang paling dekat berdasarkan karakter morfometri menggunakan program *Paleontological Statistics Software (PAST) ver. 4.09* (Hammer et al., 2001).

untuk dilakukan pengukuran. Ketiga spesies tersebut adalah *Graphium agamemnon* (2 individu), *Graphium sarpedon* (2 individu), dan *Graphium doson* (1 individu) (Gambar 3).



Gambar 3. Spesies *Graphium* dalam penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesies kupu-kupu dalam genus *Graphium* memiliki kemiripan morfologis yang tinggi, terutama pada pola dan warna sayap yang sering sulit dibedakan secara visual. Pada kupu-kupu, sering dijumpai kasus spesies yang memiliki kemiripan morfologis sehingga sulit diidentifikasi, dan pengukuran morfometri telah digunakan secara andal untuk membantu proses identifikasi tersebut (Hajibabaei et al., 2006; Bonebrake et al., 2011; Sourakov & Zakharov, 2011).

Sebanyak lima individu dari tiga spesies kupu-kupu genus *Graphium* berhasil dikoleksi dari kawasan Wisata Taman Gading

Hasil pengukuran morfometri yang dilakukan pada tujuh karakter morfologi menunjukkan bahwa *G. agamemnon* memiliki karakter tubuh yang lebih besar dan rentang sayap lebih panjang dibandingkan dua spesies lainnya yaitu dengan panjang tubuh (BL) 28,89 mm, lebar tubuh (BW) 6,02, serta rentang sayap (WS) 85,24 mm. Sebaliknya, *G. doson* memiliki ukuran morfologi paling kecil dengan rentang sayap (WS) 51,08 mm, panjang tubuh (BL) 21,38 mm, serta lebar tubuh (BW) 4,72 mm. Adapun *G. sarpedon* menonjol pada dimensi lebar sayap, dengan rata-rata lebar sayap depan (FW) 41,07 mm, dan lebar sayap belakang (HW) 30,01 mm (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil pengukuran rata-rata morfologi *Graphium*

Spesies	Karakter morfologi yang diukur						
	WS	BL	BW	FL	FW	HL	HW
<i>G. sarpedon</i>	69.27	24.21	5.98	39.2	41.07	29.65	30.01
<i>G. agamemnon</i>	85.24	28.89	6.02	47.97	36.91	36.08	26.46
<i>G. doson</i>	51.08	21.38	4.72	35.97	29.99	26.58	20.77

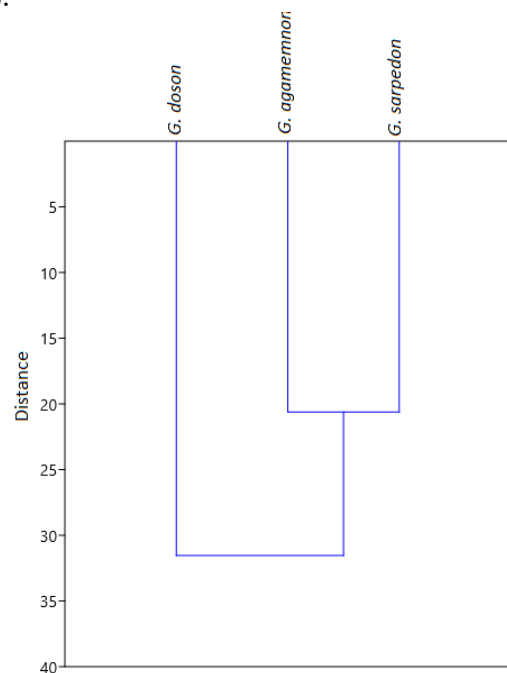
Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa perbedaan karakter morfologi yang paling mencolok dari ketiga spesies *Graphium* yaitu panjang sayap depan (FL), panjang sayap belakang (HL), dan panjang tubuh (BL). Hal ini sesuai dengan penelitian Azrizal-Wahid et al. (2023) yang menunjukkan bahwa panjang tubuh dan panjang sayap merupakan karakter paling signifikan untuk membedakan spesies dari genus *Graphium*.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan *G. sarpedon* memiliki lebar tubuh, panjang sayap depan, dan panjang sayap belakang yang lebih besar dibandingkan *G. doson*. Temuan ini berbeda dengan penelitian Azrizal-Wahid et al. (2023) yang menunjukkan sebaliknya, dimana *G. doson* memiliki panjang sayap depan dan panjang sayap belakang yang lebih besar jika dibandingkan dengan *G. sarpedon*. Hal ini menunjukkan bahwa variasi geografis turut mempengaruhi variasi ukuran tubuh mengingat *G. doson* pada penelitian Azrizal-Wahid et al. (2023) berasal dari Malaysia, sedangkan pada penelitian ini berasal dari pulau Jawa. Perbedaan komponen pembentuk habitat diduga turut memengaruhi keberadaan dan karakteristik komunitas biotik di dalamnya termasuk kupu-kupu.

Menurut Azahra et al. (2017) sebagai organisme indikator, kupu-kupu memberikan respons dan kecenderungan tertentu terhadap kondisi habitat sesuai dengan kebutuhan dan preferensinya. Kondisi ini dapat memengaruhi ukuran tubuh dan rentang sayap *G. doson* pada habitat yang berbeda. Rentang sayap yang lebih lebar pada genus *Graphium* umumnya berfungsi untuk menstabilkan penerbangan dan memudahkan manuver saat menghadapi kondisi angin kencang (Le Roy et al., 2019). Adaptasi ini relevan mengingat kupu-kupu *Graphium* banyak ditemukan di daerah dataran tinggi (Le Roy et al., 2019).

Berdasarkan hasil penelitian, *G. agamemnon* dan *G. sarpedon* berada dalam satu kelompok kluster yang lebih dekat,

menandakan bahwa keduanya memiliki kemiripan morfologi tubuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan *G. doson*. Hal ini tercermin dari jarak kluster yang lebih kecil diantara keduanya, yakni sekitar 20 satuan jarak, sedangkan *G. doson* baru bergabung dalam kluster tersebut pada jarak yang lebih besar, sehingga menunjukkan perbedaan morfometrik yang lebih signifikan (Gambar 4).



Gambar 4. Dendrogram yang dihasilkan dari analisis kluster UPGMA

Hasil *cluster analysis* (CA) pada penelitian Azrizal-Wahid et al., (2023) menunjukkan bahwa *G. sarpedon* memiliki hubungan yang lebih dekat dengan *G. doson* berdasarkan karakter pengukuran morfologi. Namun, pada penelitian ini, *G. sarpedon* memiliki hubungan lebih dekat dengan *G. agamemnon* dibandingkan *G. doson*. Hal ini dikarenakan pada penelitian Azrizal-Wahid et al. (2023) tidak adanya sampel *G. agamemnon* yang digunakan.

Kemiripan morfometrik antara *G. agamemnon* dan *G. sarpedon* dapat mencerminkan adaptasi ekologis yang serupa pada habitat yang sama, meskipun belum tentu menandakan hubungan kekerabatan

yang dekat secara evolusioner. Namun, hal tersebut perlu untuk diteliti lebih lanjut.

Lokasi penelitian berada di wilayah yang dikelilingi oleh formasi gumuk Ledokombo, yaitu bukit-bukit kecil dengan ketinggian kurang dari 60 meter yang terbentuk akibat letusan Gunung Raung (Maisyaroh et al., 2021). Kondisi geologi ini memengaruhi laju pertumbuhan berbagai jenis vegetasi dan menciptakan mikrohabitat yang berpotensi mendorong terjadinya tumpang tindih habitat (*habitat overlap*) antara *G. agamemnon* dan *G. sarpedon* yang memicu kemiripan morfometrik akibat tekanan seleksi yang serupa.

Meskipun identifikasi *Graphium* dapat dilakukan hanya berdasarkan warna dan pola vena sayapnya, kesalahan identifikasi tetap dapat terjadi akibat keterbatasan informasi karakter diagnostik morfologi. Oleh karena itu, pengukuran morfometri sayap dan tubuh sangat penting untuk membantu mendeteksi dan mengoreksi kesalahan identifikasi, sehingga klasifikasi menjadi lebih akurat, terutama untuk genus *Graphium*.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa spesies *Graphium* yang ditemukan di kawasan Wisata Taman Gading secara visual memiliki kemiripan morfologi yang tinggi. Berdasarkan hasil analisis morfometrik, diketahui bahwa *G. agamemnon* memiliki panjang tubuh, lebar tubuh dan rentang sayap terbesar, sementara *G. sarpedon* menonjol pada dimensi lebar sayap, dan *G. doson* memiliki morfologi terkecil. Hasil cluster analysis (CA) mengelompokkan *G. agamemnon* dan *G. sarpedon* dalam satu klaster, menunjukkan kedekatan morfologi yang lebih tinggi. Temuan ini membuktikan bahwa pendekatan morfometri efektif dalam mendukung identifikasi spesies pada genus *Graphium*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk mendukung pemetaan biodiversitas kupu-kupu di Jawa

Timur melalui identifikasi genus *Graphium* secara lebih akurat. Diperlukan kombinasi analisis morfometrik dengan pendekatan molekuler serta perluasan cakupan lokasi bagi peneliti selanjutnya guna memvalidasi hubungan antarspesies dan variasi morfologi pada genus *Graphium*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Musawir selaku pengelola Wisata Taman Gading atas izin dan bantuannya selama kegiatan lapangan, serta kepada semua pihak yang telah terlibat dan mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Wahid, N., Azirun, M., & Rizman-Idid, M. (2016). The significance of wing and body morphometry in discriminating of Six *Eurema* butterflies (Lepidoptera: Pieridae) of Peninsular Malaysia. 45, 1413–1422.
- Azahra, S. D., Masy'ud, B., & Haneda, N. F. (2017). Perbandingan Komunitas Kupu-Kupu pada Berbagai Tipe, Karakteristik, dan Gangguan Lingkungan Hutan Kota. *Media Konservasi*, 21(2), 108–115. <https://doi.org/10.29244/medkon.21.2.108-115>
- Azrizal-Wahid, N., Mohd Noor, N., Mamat, N., & Ain Izzati Mohd Zainudin, N. (2023). Length-Based Morphometric Study of the Morphologically Resembling Butterfly Species Within the Genus *Graphium* (Lepidoptera: Papilionidae). *Andalasian International Journal of Entomology*, 1(01), 7–14. <https://doi.org/10.25077/aijent.1.01.7-14.2023>
- Baylac, M., Villemant, C., & Simbolotti, G. (2003). Combining geometric

- morphometrics with pattern recognition for the investigation of species complexes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 80(1), 89–98. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2003.00221.x>
- Bonebrake, T. C., Watt, W. B., Perez, A., & Boggs, C. L. (2011). One variable species or multiple cryptic? Mitochondrial phylogeny of Central and North American *Chlosyne lacinia* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 108(4), 529–535. <https://doi.org/10.14411/eje.2011.068>
- Daly, H. V. (1985). Insect Morphometrics. *Annual Review of Entomology*, 30(1), 415–438. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.30.010185.002215>
- De La Riva, J., Le Pont, F., Ali, V., Matias, A., Mollinedo, S., & Dujardin, J. (2001). Wing geometry as a tool for studying the *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) complex. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 96(8), 1089–1094. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762001000800011>
- Digo, E., Abad, K. L. M., Guino-O, I. J. B., Samillano, L. K. C., Jr, E., Torres, M. A., & Requieron, E. (2015). Application of geometric morphometrics in the body shapes of flying fish (*Parexocoetus brachypterus*) in Maitum, Sarangani Province. 8, 1027–1034.
- Ferreira, T., & Rasband, W. (2012). ImageJ User Guide-IJ1.46r. [Computer software]. <http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide>
- Hajibabaei, M., Janzen, D. H., Burns, J. M., Hallwachs, W., & Hebert, P. D. N. (2006). DNA barcodes distinguish species of tropical Lepidoptera. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(4), 968–971. <https://doi.org/10.1073/pnas.0510466103>
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1–9.
- Hla Wut Yee. (2019). Morphology and Biology of Two Butterfly Species, *Graphium sarpedon* Linnaeus, 1758 and *Graphium agamemnon* Linnaeus, 1758 on Their Respective Host Plants. Dagon University.
- Jones, R. T., Poul, Y. L., Whibley, A. C., Mérot, C., French-Constant, R. H., & Joron, M. (2013). Wing Shape Variation Associated with Mimicry in Butterflies: Wing Shape and Mimicry. *Evolution*, 67(8), 2323–2334. <https://doi.org/10.1111/evo.12114>
- Kyerematen, R., Akuamoah-Boateng, A., Acquah - Lamptey, D., & Anderson, R. (2014). Land use type affects butterfly diversity: A case study of the University of Ghana main campus , Legon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5, 205–214.
- Le Roy, C., Debat, V., & Llaurens, V. (2019). Adaptive evolution of butterfly wing shape: From morphology to behaviour. *Biological Reviews*, 94(4), 1261–1281. <https://doi.org/10.1111/brv.12500>
- Mahdi, S. H., Malo, S., Nesa, M., & Rahim, Md. A. (2021). First report of morphometrics and length-length relationships of the common grass yellow butterfly, *Eurema hecabe* (L.) (Lepidoptera: Pieridae). *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 8(2), 01–05. <https://doi.org/10.22271/23940522.2021.v8.i2a.802>
- Maisyaroh, W., Hakim, L., Sudarto, & Batoro, J. (2021). Bird diversity in the Gumuk ecosystem in Jember. IOP Conference Series: Earth and

- Environmental Science, 886(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012046>
- Mubarok, H., Dwi Candra, A. E., Sandika, B., Maisyaroh, W., Yusti, E., & Qodri, A. (2023). Diversity of Butterflies in Ledokombo Hillocks Jember, East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 8(1), 77655. <https://doi.org/10.22146/jtbb.77655>
- Munisi, E. J., Masenga, E. H., Nkwabi, A. K., Kiwango, H. R., & Mjingi, E. E. (2024). Butterfly Abundance and Diversity in Different Habitat Types in the Usangu Area, Ruaha National Park. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2024, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2024/8833655>
- Nawer, F., Hossain, Md. Y., Hossen, M., Khatun, D., Parvin, M., Ohtomi, J., & Islam, M. (2017). Morphometric Relationships of the Endangered Ticto barb *Pethia ticto* (Hamilton, 1822) in the Ganges River (NW Bangladesh) through Multi-Linear Dimensions. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 10, 199–203.
- Nkongolo, N., & Bapeamoni, F. (2018). The effect of land use type on butterfly diversity at Masako Forest Reserve, Kisangani, Democratic Republic of Congo. <https://doi.org/10.5897/IJBC2017.1160>
- Panjaitan, R., Hidayat, P., Peggie, D., Buchori, D., Scheu, S., & Drescher, J. (2021). The Butterflies of Jambi (Sumatra, Indonesia): An EFForTS Field Guide. LIPI Press. <https://doi.org/10.14203/press.370>
- Peggie, D. (2014). Mengenal Kupu-kupu. Pandu Aksara Publishing.
- Peggie, D., & Amir, M. (2006). Practical guide to the butterflies of Bogor Botanic Garden: Panduan praktis kupu-kupu di Kebun Raya Bogor. Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, LIPI; Nagao Natural Environment Foundation.
- Putri, M. M., Santosa, Y., & Masy'ud, B. (2021). Does the Change in Land Cover Alters Birds and Butterflies Diversity? *International Journal of Oil Palm*, 4(1), 8–21. <https://doi.org/10.35876/ijop.v4i1.55>
- Rizki, U. Z., Lianah, L., & Hidayat, S. (2022). Analysis of The Diversity Of Butterfly (Rhopalocera) Based On Environmental Conditions In Muria Kudus Tourism Area Central Java. *Jurnal Biota*, 8(1), 53–58. <https://doi.org/10.19109/Biota.v8i1.7089>
- Ruslan, H. (2015). Keanekaragaman Kupu-Kupu. LPU Unas.
- Ruslan, H., & Andayaningsih, D. (2021). Buku Panduan Kupu-Kupu di Hutan Lindung, Suaka Margasatwa, Ekowisata, dan Taman Wisata Alam Angke Kapuk Jakarta Utara.
- Rusman, R., Atmowidi, T., & Peggie, D. (2016). Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of Mount Sago, West Sumatra: Diversity and Flower Preference. *HAYATI Journal of Biosciences*, 23(3), 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2016.12.001>
- Sourakov, A., & Zakharov, E. (2011). “Darwin’s butterflies”? DNA barcoding and the radiation of the endemic Caribbean butterfly genus *Calisto* (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae). *Comparative Cytogenetics*, 5(3), 191–210. <https://doi.org/10.3897/compcytogen.v5i3.1730>
- Syaripuddin, K., Sing, K.-W., & Wilson, J.-J. (2015). Comparison of Butterflies, Bats and Beetles as Bioindicators Based on Four Key Criteria and DNA Barcodes. *Tropical Conservation Science*, 8(1), 138–149.

- <https://doi.org/10.1177/194008291500800112>
- Tüzün, A. (2009). Significance of wing morphometry in distinguishing some of the hymenoptera species. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY*, 8, 3353–3363.
- Wagner, K. D., Krauss, J., & Steffan-Dewenter, I. (2013). Butterfly diversity and historical land cover change along an altitudinal gradient. *Journal of Insect Conservation*, 17(5), 1039–1046.
- <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9587-3>
- Wilson, J.-J., Karen-Chia, H.-M., Sing, K.-W., & Sofian-Azirun, M. (2014). Towards resolving the identities of the *Graphium* butterflies (Lepidoptera: Papilionidae) of Peninsular Malaysia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17(3), 333–338. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.02.007>