

Variasi Bentuk dan Warna Sisik Sayap Kupu-Kupu dan Ngengat

Variations in Shape and Color of Butterfly Wing Scales and Moths

MARCHIKA RIMADHANTI IRMANDA RANI, TRI ATMOWIDI, TRI HERU WIDARTO

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Kampus Dramaga, Bogor 16680

Diterima 18 September 2023/Diterima dalam Bentuk Revisi 7 Desember 2023/Disetujui 12 Desember 2023

Butterflies and moths are members of Lepidoptera with the main characteristic of having two pairs of membranous wings covered with scales. The wings of butterflies and moths have colored patterns that can be used as protection from predators. The aim of this study was to compare the shape, size, and color variations of the scales on the wings of butterflies and moths. Samples of butterflies and moths were collected from the Dramaga Bogor Agricultural University campus. In this study, 11 species of butterflies were used belonging to three families, namely Pieridae, Nymphalidae, and Papilionidae, and 9 species of moths in four families, namely Erebididae, Geometrididae, Hesperiididae, and Uraniidae. Observation of scales was carried out with a compound microscope connected to a camera, and measured using imageJ. The shape of the wing scales of butterflies and moths was elongated and widened with the base of the scales and the number of teeth on the distal part varied. The shape of the serrations on the butterfly scales tends to be rounded, while on the moth it is tapered. Larger scale sizes are found on light-colored butterfly scales and dark-colored moth scales.

Key words: base of scales, Lepidoptera, scale shape, serrations

PENDAHULUAN

Lepidoptera adalah salah satu ordo dari filum Arthropoda pada kelas Insecta dengan ciri utama yaitu memiliki dua pasang sayap bermembran yang dipenuhi sisik. Ordo Lepidoptera umumnya memiliki tipe mulut sifon yang melingkar di bawah kepala, mata majemuk yang besar, dan bertungkai panjang (Jumrodah *et al.* 2023). Kupu-kupu dan ngengat merupakan serangga yang termasuk dalam ordo Lepidoptera. Peran kupu-kupu dan ngengat dalam ekosistem adalah sebagai polinator, bioindikator lingkungan, juga sebagai pakan satwa lain (Handayani & Rahayuningsih 2022). Perbedaan kupu-kupu dan ngengat umumnya terletak pada waktu keaktifan dan kecerahan warna sayapnya. Kupu-kupu aktif pada siang hari, memiliki sayap dengan warna yang cerah dan mencolok sehingga memiliki daya tarik tersendiri (Irni 2020). Ngengat aktif di malam hari memiliki sayap dengan warna buram dan gelap, serta lebih banyak aktif pada semak (Rahmawati 2020). Perbedaan lainnya terdapat pada posisi sayap ketika hinggap dan bentuk antena. Ketika hinggap sayap kupu-kupu akan mengatup, sementara sayap ngengat akan tetap membentang. Antena kupu-kupu

cenderung membesar pada bagian ujung, sedangkan antena ngengat bervariasi (Ruslan & Andayaningsih 2021).

Sumah (2019) melaporkan bahwa kupu-kupu *Papilio demoleus* (Papilionidae), *Ideopsis juvena* (Nymphalidae), *Arhopala araxes* (Lycaenidae) memiliki bentuk sisik yang sama, yaitu ujung melebar. Bentuk sisik sayap *Catopsilia scylla* (Pieridae) bervariasi, yaitu ujung bergerigi banyak dan ujung tanpa gerigi. Sisik-sisik tersusun saling tumpang tindih dan berperan menentukan warna pada permukaan sayap. Jenssen *et al.* (2001) mengamati korelasi struktur sisik dan pigmentasi pada sayap kupu-kupu *Bicyclus anynana* dan *Heliconius melpomene* dengan menusuk sayap pada fase pupa berumur 12 jam dengan jarum biasa dan jarum yang telah dipanaskan. Pola warna yang berbeda dihasilkan dari perlakuan tersebut (Gambar 1) sehingga menghasilkan ridges dan crossribs, kerapatan antar sisik, serta bentuk sisik yang berbeda, namun data sebelum perlakuan tidak disajikan dalam penelitian. Bentuk, ukuran, warna, dan venasi pada sayap menjadi bagian penting dari identifikasi kupu-kupu (Nuraini *et al.* 2020). Pernyataan yang lebih rinci akan menghasilkan deskripsi yang baik dan lengkap sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kunci identifikasi (Putra 2021).

*Penulis korespondensi:

E-mail: theru@apps.ipb.ac.id

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Februari-April 2023 di lingkungan kampus Dramaga Institut Pertanian Bogor dan Laboratorium Biosistemika dan Ekologi Hewan, Departemen Biologi, FMIPA IPB.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jaring (*sweeping net*), jar, kapas, kertas papilot, insect pin, wadah yang digunakan sebagai tempat menyimpan spesimen, *styrofoam*, pipet, kaca preparat dan tutup kaca preparat, pinset, mikroskop majemuk yang tersambung dengan kamera, kertas dan alat tulis, buku identifikasi kupu-kupu, *handphone*, serta imageJ, *microsoft excel*, iNaturalist, Kupunesia. Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain dietil eter dan air.

Koleksi Kupu-kupu dan Ngengat. Pencarian kupu-kupu dan ngengat dilakukan pada siang dan malam hari. Keduanya ditangkap menggunakan jaring (*sweeping net*) kemudian dimasukkan ke dalam jar yang berisi kapas yang telah ditetesi dietil eter. Mereka juga dapat dimatikan dengan cara menekan bagian toraks, kemudian disimpan dalam kertas papilot dengan sayap yang direntangkan.

Penyimpanan dan Identifikasi Kupu-kupu. Kupu-kupu dan ngengat yang sudah ditangkap disimpan di dalam wadah yang diberi alas *styrofoam* dengan posisi sayap terentang. Spesimen kupu-kupu dan ngengat yang didapatkan diidentifikasi berdasarkan Peggie (2014), website *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS), serta aplikasi iNaturalist dan Kupunesia.

Pengamatan Sisik. Sisik sayap kupu-kupu dan ngengat diambil dengan cara dikerik perlahan menggunakan pinset kemudian diletakkan di kaca preparat. Sisik yang diambil adalah sisik yang memiliki warna gelap dan terang, atau warna yang berbeda di dalam satu sayap. Bagian sayap yang dikerik didokumentasikan sebagai kelengkapan informasi. Sisik ditetesi dengan air menggunakan pipet dan ditutup dengan penutup kaca preparat, kemudian diamati dengan mikroskop majemuk yang tersambung dengan kamera. Bentuk sisik, ukuran sisik, dan jumlah gerigi diamati. Bentuk sisik dikelompokkan menjadi memanjang (ukuran panjang dan lebar jauh berbeda) dan membulat (ukuran panjang dan lebar hampir sama).

Analisis Data. Seluruh sisik yang berwarna yang tampak pada sampel sayap kupu-kupu dan ngengat diukur panjang serta lebarnya menggunakan *software* imageJ, lalu diolah dengan *microsoft excel*. Bentuk sisik dan jumlah gerigi kemudian disajikan dalam bentuk tabel.

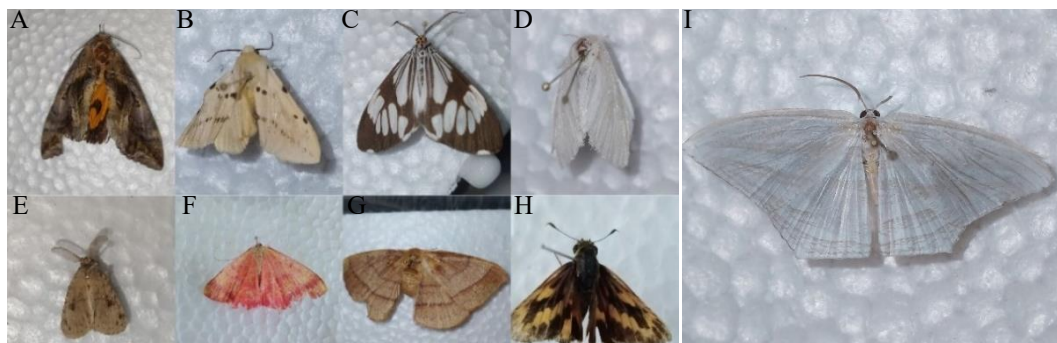
HASIL

Sampel kupu-kupu yang dikoleksi berjumlah 12 ekor. Setelah diidentifikasi didapatkan 11 spesies dalam 3 famili, yaitu Pieridae, Nymphalidae, dan Papilionidae (Gambar 1). Jumlah sampel ngengat yang dikoleksi sebanyak 20 ekor. Mereka terdiri dari 9 spesies yang tersebar dalam 4 famili, yaitu Erebidae, Geometridae, Hesperidae, dan Uraniidae (Gambar 2).

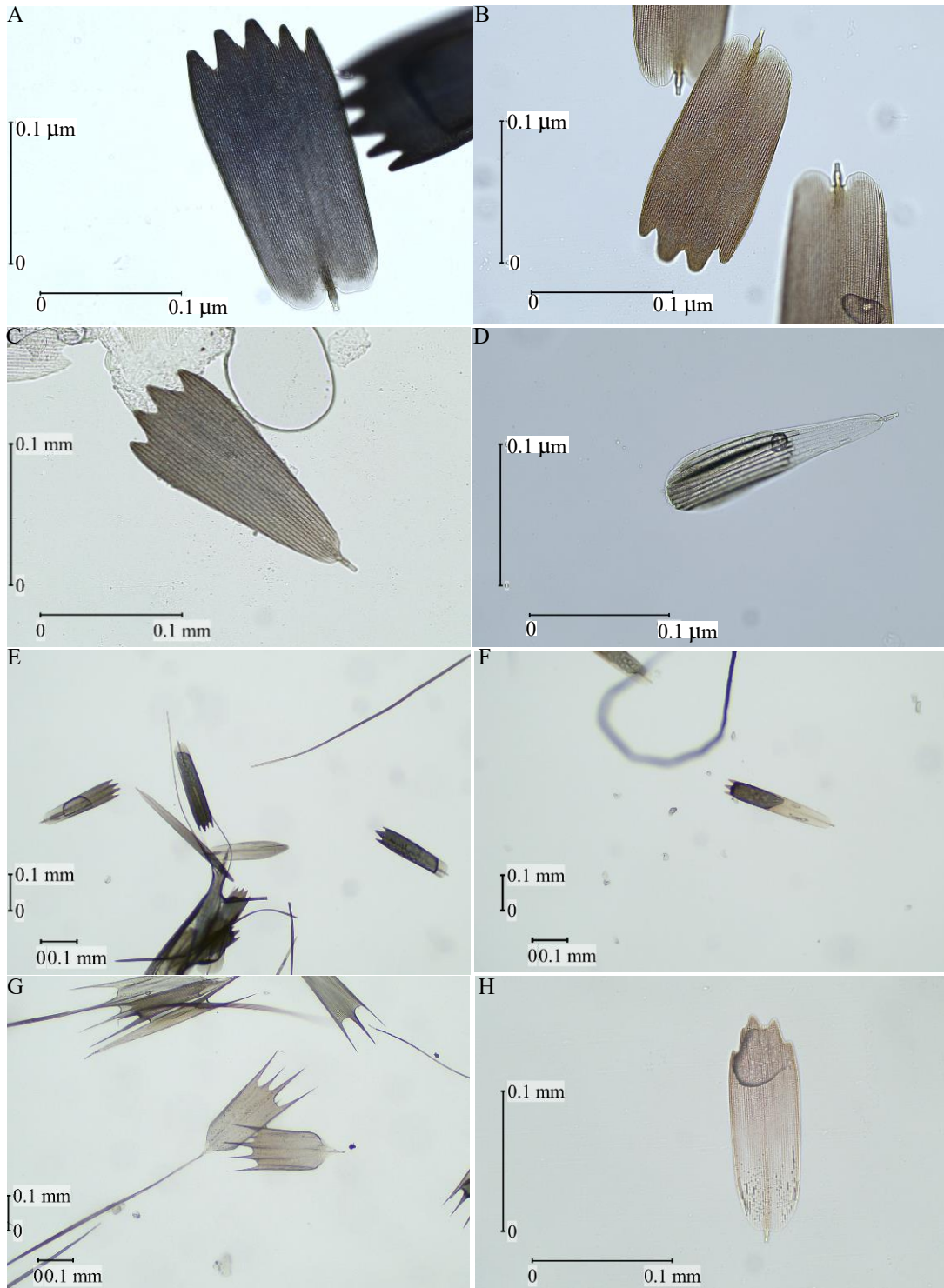
Pada kupu-kupu, warna-warna sayapnya secara makroskopis tidak terlihat jelas (Gambar 3). Famili



Gambar 1. Kupu-kupu yang digunakan dalam pengamatan sisik: (A) *Appias olferna*, (B) *Leptosia nina*, (C) *Catopsilia pomona*, (D) *Eurema hecabe*, (E) *Mycalesis perseus*, (F) *Tanaecia iapis*, (G) *Melanitis leda*, (H) *Hypolimnas bolina*, (I) *Ypthima* sp., (J) *Papilio demoleus*, (K) *Papilio memnon*



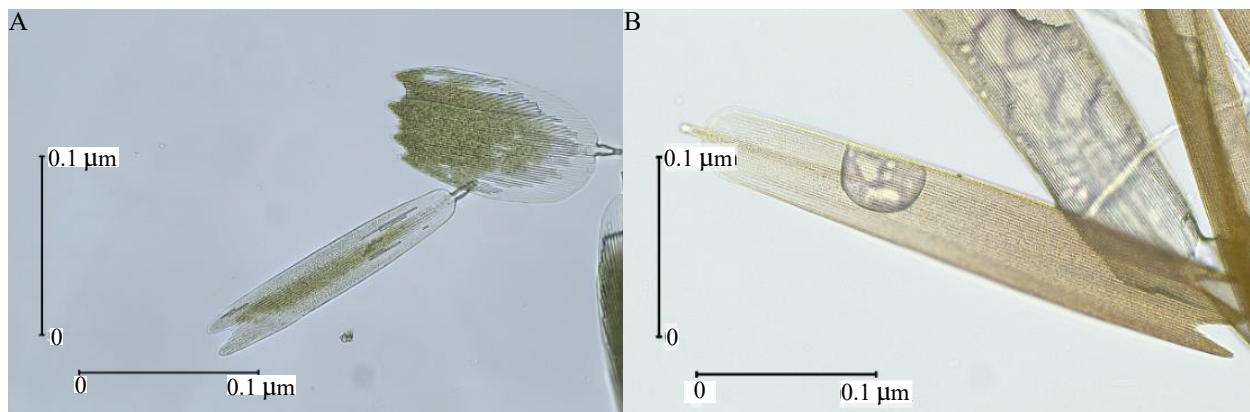
Gambar 2. Ngengat yang digunakan dalam pengamatan sisik: (A) *Eudochima phalonia*, (B) *Spilarctia luteum*, (C) *Nytemera coleta*, (D) *Pareuchaetes pseudoinsulata*, (E) *Ilema costalis*, (F) *Eumelea rosalia*, (G) *Scopula rubiginata* (H) *Polites peckius*, (I) *Acropterus* sp.



Gambar 3. Hasil pengamatan sisik sayap kupu-kupu (A) *H. bolina* pada warna hitam dan (B) jingga, (C) *P. memnon* pada warna hitam kebiruan, (D) *C. pomona* pada warna putih kehijauan; ngengat (E) *E. phalonia* pada warna hitam, (F) *E. phalonia* pada warna jingga, (G) berwarna coklat berpola geometri, dan (H) *E. rosalia* berwarna kuning dan merah muda tidak berpola

Pieridae memiliki sayap dengan variasi warna cerah sehingga tampak lebih mencolok dibanding kupu-kupu dari famili lainnya (Gambar 1A-D). Warna yang tampak lebih jelas hanya pada warna kuning atau jingga, misalnya warna kuning pada sayap *C. pomona* dan warna jingga pada sayap *E. phalonia*. Warna lainnya hanya terlihat abu-abu atau tidak berwarna.

Bentuk, ukuran, dan jumlah gerigi pada sisik sayap kupu-kupu yang dikoleksi bervariasi dengan struktur *ridges* dan *crossribs* yang tersusun memanjang (*horizontal*) (Gambar 4). Sisik berbentuk memanjang atau membulat dengan gerigi di bagian distal sisik serta bentuk pangkal sisik menyempit atau melebar. Sisik dengan ukuran panjang dan lebarnya berbeda



Gambar 4. Struktur sisik sayap: (A) kupu-kupu *C. pomona* pada warna kuning; (B) ngengat *E. phalonia* pada warna jingga (pada mikroskop)

dengan signifikan disebut berbentuk memanjang, sementara jika ukuran panjang dan lebarnya tampak sama disebut berbentuk membulat. Ukuran sisik terpanjang ditemukan pada sisik *H. bolina* warna hitam (182 µm), sedangkan ukuran sisik terlebar ditemukan pada warna putih (88 µm). *L. nina* memiliki ukuran sisik terpendek, (88 µm) pada warna putih, dan ukuran lebar terkecil ditemukan pada sisik *E. hecabe* pada warna hitam (31 µm).

Berdasarkan data pada Tabel 1, kupu-kupu dalam famili Pieridae (*A. olferna*, *L. nina*, *C. pomona*, dan *E. hecabe*) umumnya memiliki bentuk sisik memanjang dengan pangkal melebar. Bentuk pangkal sisik menyempit ditemukan pada *A. olferna* pada sisik berwarna coklat kehitaman dengan jumlah gerigi 2-3, sedangkan sisik berwarna putih memiliki gerigi 1-4. Sisik sayap *C. pomona* dengan warna putih kehijauan memiliki bentuk pangkal melebar dan menyempit dengan jumlah gerigi 1-2. Penelitian ini menunjukkan bahwa sisik dengan bentuk pangkal menyempit memiliki variasi jumlah gerigi lebih sedikit. Sisik berwarna terang memiliki ukuran lebih lebar, yakni warna putih pada *A. olferna* dan *L. nina*, putih kehijauan pada *C. pomona*, dan kuning pada *E. hecabe*.

Spesies dalam famili Nymphalidae (*M. perseus*, *T. iapis*, *M. leda*, *H. bolina*, *Ypthima* sp.) umumnya memiliki bentuk sisik memanjang dan membulat. Bentuk sisik serupa terdapat pada sayap *M. perseus* berwarna coklat gelap dengan pangkal sisik menyempit dan jumlah gerigi 3-6, dan *Ypthima* sp. berwarna hitam dengan pangkal sisik melebar dan jumlah gerigi 3-4. Variasi jumlah gerigi cenderung lebih banyak pada sisik berwarna gelap. Sisik sayap berwarna terang pada famili ini juga memiliki ukuran yang lebih lebar. Kedua spesies dari famili Papilionidae (*P. demoleus* dan *P. memnon*) memiliki bentuk sisik memanjang dan membulat. Seluruh sisik sayap *P. memnon* berwarna biru kehitaman memiliki pangkal sisik yang meruncing. Sisik dengan warna yang lebih terang memiliki ukuran yang lebih besar.

Bentuk sisik sayap ngengat juga bervariasi seperti kupu-kupu dengan struktur ridges dan crossribs yang tersusun memanjang (*horizontal*) (Gambar 4). Seluruh sampel ngengat memiliki bentuk sisik memanjang dengan ukuran yang bervariasi (Tabel 2). Ukuran sisik terpanjang pada koleksi ngengat ditemukan pada sayap *E. phalonia* warna hitam (441 µm), sedangkan ukuran sisik terpendek (105 µm) ditemukan pada *P. peckius*. Spesies *S. rubiginata* memiliki sisik berukuran terlebar, (103 µm), sedangkan lebar terkecil (33 µm) ditemukan pada *Acropteris* sp.

Berdasarkan data pada Tabel 2, sisik sayap ngengat dalam famili Erebidae (*E. phalonia*, *I. costalis*, *S. luteum*, *N. coleta*, dan *P. pseudoinsulata*) umumnya memiliki bentuk pangkal menyempit. Pangkal sisik yang melebar ditemui pada semua warna sisik *E. phalonia* dan *P. pseudoinsulata*. Ngengat dengan warna sisik yang lebih gelap memiliki ukuran sisik lebih besar. Sisik pada *I. costalis* memiliki ukuran yang lebih besar, yaitu panjang 262 µm dan lebar 95 µm, dibandingkan *S. luteum* dan *P. pseudoinsulata* (Tabel 2) yang memiliki satu warna sayap dengan ukuran tubuh ketiganya yang cenderung sama. Ukuran tubuh *Acropteris* sp. (Uraniidae) hampir sama dengan ketiga spesies lainnya. *Acropteris* sp. juga memiliki bentuk pangkal menyempit, namun ukuran sayapnya jauh lebih kecil, yaitu panjang 106 µm dan lebar 33 µm. Ukuran tubuh spesies ini lebih kecil daripada spesies lainnya yang memiliki satu warna sayap.

Seluruh sampel ngengat dalam famili Geometridae dan satu sampel dari famili Hesperidae memiliki variasi bentuk sisik memanjang dan membulat. Warna yang tidak berpola memiliki variasi jumlah gerigi lebih sedikit (2-3 gerigi). Ukuran sisik sayap *E. rosalia* juga lebih kecil dibandingkan dengan *S. rubiginata* yang memiliki warna sayap lebih gelap. Ukuran sisik berwarna gelap umumnya lebih besar pada sayap pada *P. peckius* (Hesperidae). Kedua warna pada sayap *P. peckius* berbentuk memanjang dan membulat dengan pangkal melebar sehingga variasi

Tabel 1. Bentuk, ukuran, dan jumlah gerigi sisik kupu-kupu

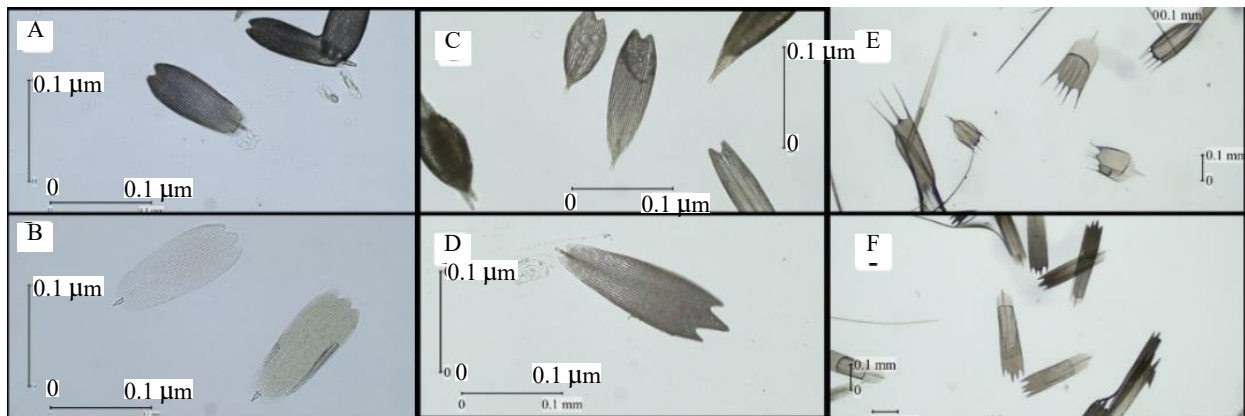
Nama spesies	Warna sisik yang diambil	Bentuk sisik	Ukuran sisik (n = 9)		Jumlah gerigi	Lokasi ditemukan
			(μm ; standar deviasi) Panjang	Lebar		
Pieridae <i>Appias olferna</i>	Coklat kehitaman	Memanjang	113 \pm 16	39 \pm 3	2-3	Taman Hutan Kampus, Kandang Departemen Biologi, FAPERTA
	Putih	Memanjang	135 \pm 4	51 \pm 4	1-4	
<i>Leptosia nina</i>	Coklat kehitaman	Memanjang dan membulat	91 \pm 13	43 \pm 7	2-5	Departemen Biologi, FAPERTA
	Putih	Memanjang dan membulat	88 \pm 23	44 \pm 9	2-4	
<i>Catopsilia pomona</i>	Coklat kehitaman	Memanjang	132 \pm 21	35 \pm 6	1-3	Taman Semangat
	Putih kehijauan	Memanjang	143 \pm 18	33 \pm 20	1-2	
	Kuning	Memanjang dan membulat	141 \pm 48	50 \pm 13	2-6	
<i>Eurema hecabe</i>	Hitam	Memanjang	114 \pm 20	31 \pm 5	2-3	Departemen Biologi, Taman Semangat, Kandang FKH
	Kuning	Memanjang dan membulat	96 \pm 13	55 \pm 8	3-6	
Nymphalidae <i>Mycalesis perseus</i>	Coklat gelap	Memanjang dan membulat	125 \pm 48	46 \pm 7	3-6	Danau SDGs
<i>Tanaecia iapis</i>	Hitam	Memanjang dan membulat	156 \pm 24	62 \pm 10	3-5	Taman Semangat, Jalan Kamper (Menuju LSI)
	Putih	Memanjang	166 \pm 11	58 \pm 5	3-4	
<i>Melanitis leda</i>	Coklat gelap	Memanjang	147 \pm 11	50 \pm 3	2-3	Jalan menuju Perumahan Dosen
<i>Hypolimnas bolina</i>	Hitam	Memanjang dan membulat	182 \pm 51	86 \pm 28	4-7	Taman Semangat, Departemen Biologi, Jalan Agatis
	Putih	Memanjang dan membulat	166 \pm 14	88 \pm 9	4-8	
	Jingga	Memanjang dan membulat	156 \pm 200	79 \pm 13	4-6	
<i>Ypthima</i> sp.	Hitam	Memanjang	145 \pm 20	47 \pm 3	3-6	Danau SDGs, Departemen Biologi, Jalan Agatis, Jalan Kamper
	Coklat	Memanjang dan membulat	181 \pm 56	69 \pm 23	3-4	
Papilionidae <i>Papilio demoleus</i>	Coklat kehitaman	Memanjang dan membulat	75 \pm 18	40 \pm 5	1-4	Taman Hutan Kampus
	Kuning	Memanjang dan membulat	123 \pm 16	66 \pm 11	3-5	
<i>Papilio Memnon</i>	Biru kehitaman	Memanjang dan membulat	171 \pm 35	69 \pm 6	2-4	Taman Hutan Kampus, Arboretum FAHUTAN
	Hitam	Memanjang dan membulat	171 \pm 47	57 \pm 10	2-5	

Tabel 2. Bentuk, ukuran, dan jumlah gerigi sisik ngengat

Nama spesies	Warna sisik yang diambil	Bentuk sisik	Ukuran sisik (n = 9)		Jumlah gerigi	Lokasi ditemukan
			(μm ; standar deviasi) Panjang	Lebar		
Erebidae <i>Eudocima phalonia</i>	Hitam	Memanjang	441 \pm 275	101 \pm 60	3-5	Kandang FAPET
	Jingga	Memanjang	300 \pm 76	69 \pm 22	2-5	
<i>Ilema costalis</i>	Coklat	Memanjang dan membulat	262 \pm 139	95 \pm 65	3-4	Perumahan Dosen IPB
<i>Spilarctia luteum</i> <i>Nyctemera coleta</i>	Krem	Memanjang	165 \pm 76	41 \pm 5	2-4	Perumahan Dosen IPB Departemen Biologi
	Coklat kehitaman	Memanjang dan membulat	131 \pm 32	39 \pm 3	2-3	
<i>Pareuchaetes</i> <i>pseudoinsulata</i>	Putih	Memanjang	158 \pm 33	45 \pm 7	1-3	Kandang FAPET, Danau SDGs, Jalan Agatis
	Putih	Memanjang	115 \pm 14	34 \pm 9	1-3	
Geometridae <i>Eumelea rosalia</i>	Kuning dan merah muda	Memanjang dan membulat	115 \pm 25	52 \pm 6	4-5	Kandang FAPET
<i>Scopula rubiginata</i>	Coklat	Memanjang dan membulat	324 \pm 76	103 \pm 20	3-6	Jalan menuju Taman Semangat

Tabel 2. Lanjutan

Nama spesies	Warna sisik yang diambil	Bentuk sisik	Ukuran sisik (n = 9)		Jumlah gerigi	Lokasi ditemukan
			(μm ; standar deviasi) Panjang	Lebar		
Hesperiidae <i>Polites peckius</i>	Hitam	Memanjang dan membulat	143 \pm 43	59 \pm 5	3-6	Jalan Agatis
Uraniidae <i>Acropterus</i> sp.	Jingga	Memanjang dan membulat	105 \pm 20	57 \pm 8	4-5	Jalan Agatis, Jalan menuju Taman Semangat
	Putih	Memanjang	106 \pm 20	33 \pm 7	2-3	



Gambar 5. Struktur sisik sayap kupu-kupu *A. olferna* (A) hitam, memanjang dengan 2 gerigi, pangkal sisik melebar, (B) putih, memanjang dengan 3 gerigi, pangkal sisik melebar; sisik sayap ngengat *N. coleta* (C) hitam, memanjang dengan 2 gerigi, pangkal sisik menyempit, (D) putih, memanjang dengan 3 gerigi, pangkal menyempit; sisik sayap ngengat *S. rubiginata* (E) coklat, membulat dengan 3-4 gerigi, pangkal melebar; dan sisik ngengat *E. phalonia* (F) hitam, memanjang 3-4 gerigi, pangkal sisik melebar

jumlah gerigi lebih banyak pada warna gelap (hitam). Berbanding terbalik dengan kupu-kupu, ukuran sisik yang lebih besar pada ngengat umumnya ditemukan pada sayap dengan warna gelap. Variasi jumlah gerigi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada warna sisik sayap kupu-kupu, namun variasi jumlah gerigi pada ngengat ditemukan lebih banyak pada ukuran sisik dengan warna gelap.

Dari penelitian ini nampak bahwa ukuran sisik pada ngengat lebih besar dibandingkan dengan kupu-kupu. Bentuk sisik memanjang dan membulat dapat dimiliki dalam satu sayap kupu-kupu dan ngengat. Perbedaan sisik kupu-kupu dan ngengat dapat terlihat pada bentuk gerigi. Gerigi pada sisik sayap kupu-kupu cenderung lebih membulat (Gambar 5A & B), sedangkan pada ngengat memiliki gerigi bervariasi meruncing hingga membulat serta gerigi berukuran panjang hingga pendek (Gambar 5C-F).

PEMBAHASAN

Hasil Sayap kupu-kupu memiliki warna yang beragam dan keindahan tercipta bersamaan dengan

perlindungan diri secara optik. Pola warna pada sayap kupu-kupu dapat digunakan sebagai perlindungan dari predator, misalnya pola warna jingga-hitam pada kupu-kupu Monarch. Warna sayap yang mengkilap juga akan membuat kilauan yang dihindari predator (Giraldo 2008). Sumah (2019) menyatakan bahwa sisik sayap kupu-kupu dan ngengat berstruktur seperti genteng rumah dan memiliki susunan rapi. Beberapa jenis kupu-kupu memiliki bentuk sisik yang berbeda dalam satu sayap dengan variasi jumlah gerigi. Sampel kupu-kupu dan ngengat yang diamati dalam penelitian ini menunjukkan keragaman bentuk sisik, yaitu memanjang dan membulat.

Struktur *ridges* dan *crossribs* sayap kupu-kupu dan ngengat tersusun memanjang (Jenssen *et al.* 2001), struktur keduanya dapat terlihat dengan jelas menggunakan SEM. Thayer *et al.* (2020) melakukan penelitian mengenai pola warna yang berevolusi akibat struktur lamina pada *ridges* dan *crossribs*. Pengamatan sisik menggunakan mikroskop majemuk pada sayap coklat kekuningan pada spesies *J. evarete* lebih menampakkan warna dibanding pada sayap biru pada *J. corenia*. Pigmentasi pada sisik sayap

dihasilkan pada ketebalan lamina dan melanik pada *ridges* dan *crossribs*. Perbedaan ketebalan akan memantulkan gelombang cahaya yang berbeda. Warna biru pada sayap kupu-kupu dan ngengat dihasilkan oleh keberadaan struktur fotonik yang dipengaruhi oleh kutikula dan udara (Vukusic dan Sambles 2003).

Sisik ngengat memiliki tipe gerigi yang runcing (Faucheux 1991). Sisik yang diamati pada penelitian ini memiliki bentuk sisik dan jumlah gerigi yang bervariasi (Gambar 3A-D). Sampel sayap kupu-kupu dari famili Pieridae umumnya memiliki pola warna yang menarik. Giraldo (2008) melaporkan spesies kupu-kupu dalam famili Pieridae kaya akan warna sayap terkait dengan struktur kimia dan fisik. Sisik kupu-kupu dalam famili Nymphalidae dengan warna sayap gelap memiliki variasi jumlah gerigi lebih banyak daripada sisik dengan warna terang. Sisik dengan warna terang pada kupu-kupu Papilionidae memiliki ukuran yang lebih terang.

Bentuk sisik dan jumlah dan serta bentuk gerigi pada ngengat juga bervariasi. Penelitian mengenai *Acanthocorona spinifera* (spesies ngengat yang telah punah) menunjukkan ngengat bahkan memiliki sisik berbentuk memanjang dan membulat dengan ujung runcing atau bulat (Mey *et al.* 2021). Spesies ngengat yang hidup hingga saat ini memiliki bentuk sisik yang kaya variasi. Ngengat dengan sayap berwarna lebih terang memiliki ukuran sayap yang lebih kecil. Variasi jumlah gerigi juga lebih sedikit pada sayap ngengat dengan warna terang. Zang *et al.* (2011) menyatakan bahwa warna pada sisik sayap ngengat dapat berubah pada pemberian 0.9% NaCl dan aquades menyebabkan sel-sel pada sisik membengkak sehingga sisik akan memunculkan warna yang berbeda.

Bentuk, ukuran, dan jumlah gerigi pada sisik sayap Lepidoptera adalah bervariasi. Kupu-kupu memiliki bentuk sisik memanjang dan membulat dengan gerigi cenderung membulat. Sisik pada sayap ngengat memiliki bentuk yang bervariasi, namun umumnya memanjang dengan gerigi cenderung tajam. Bentuk pangkal sisik kupu-kupu dan ngengat adalah melebar dan menyempit. Sisik pada famili Pieridae dengan pangkal menyempit memiliki variasi jumlah gerigi lebih sedikit. Ukuran sisik yang besar umumnya ditemukan pada kupu-kupu dengan warna sayap terang, sedangkan pada ngengat ditemukan pada sayap berwarna gelap.

DAFTAR PUSTAKA

- Faucheux MJ. 1991. Morphology and distribution of sensilla on the cephalic appendages, tarsi and ovipositor of the european sunflower moth, *Homoeosoma nebulella* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Pyralidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology* 20:291-307. [https://doi.org/10.1016/0020-7322\(91\)90018-5](https://doi.org/10.1016/0020-7322(91)90018-5)
- Giraldo MA. 2008. Butterfly wing scales: pigmentation and structural properties. *Advances in Insect Physiology* 38:6-10.
- Handayani A, Rahayuningsih M. 2022. Keanekaragaman jenis kupu-kupu (Papilionoidea) di Taman Kota Semarang Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa* 8:43-52. <https://doi.org/10.20886/jped.2022.8.1.43-52>
- Irni J. 2020. Keragaman kupu-kupu (Lepidoptera) di Tangkahan Kabupaten Langkat Sumatera Utara. *Agroprimitech* 3:83-93.
- Jenssen JM, Monteiro A, Brakefield PM. 2001. Correlations between scale structure and pigmentation in butterfly wings. *Evolution & Development* 3:415-423.
- Jumrodah, Purwanti DY, Sari P. 2023. Keanekaragaman serangga malam (nocturnal) di Desa Teluk Bogam Pakalan Bun. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences* 15:54-62. <https://doi.org/10.30599/jti.v15i1.2102>
- Mey W, Leger T, Lien VV. 2021. New taxa of extant and fossil primitive moths in South-East Asia and their biogeographic significance (Lepidoptera, Micropterigidae, Agathiphagidae, Lophocoronidae). *Nota Lepi* 44:29-56. <https://doi.org/10.3897/nl.44.52350>
- Nuraini U, Widhiono I, Riwidharso E. 2020. Keanekaragaman dan kelimpahan kupu-kupu (Lepidoptera: Rhopalocera) di Cagar Alam Bantarbolang, Jawa Tengah. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed* 2:157-164.
- Peggie D. 2014. Mengenal Kupu-kupu. Bogor: Pandu Aksara Publishing.
- Putra IP. 2021. Panduan karakterisasi jamur makroskopik di Indonesia: bagian 1-deskripsi ciri makroskopis. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 10:25-37. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2021.vol10iss1pp25-37>
- Rahmawati F. 2020. Keanekaragaman kupu-kupu di Taman Wisata Alam Pananjung, Kabupaten Pangandaran. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi* 2:52-59.
- Ruslan H, Andayaningsih D. 2021. Buku Panduan "Kupu-Kupu" (Class Insecta : Ordo Lepidoptera). Jakarta: LPU-UNAS.
- Sumah ASW. 2019. Struktur sisik sayap kupu-kupu superfamili Papilionoidea (Lepidoptera). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan* 10:8-14.
- Thayer RC, Allen FI, Patel NH. 2020. Structural color in Junonia butterflies evolves by tuning scale lamina thickness. *eLife* 9:1-21. <https://doi.org/10.7554/eLife.52187>
- Vukusic P, Sambles JR. 2003. Photonic structures in biology. *Nature Insight Review Articles* 424:852-855.
- Zang X, Ge Y, Gu J, Zhu S, Su H, Feng C, Zhang W, Liu Q, Zhang D. 2011. Tunable optical photonic devices made from moth wing scales: a way to enlarge natural functional structures' pool. *Journal of Materials Chemistry* 21:13913-13919. <https://doi.org/10.1039/c1jm12370j>