

Keanekaragaman Serangga dan Fungsinya pada Tiga Tipe Perkebunan Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung

Astarina Utari¹, Yani Maharani², dan Sudarjat²

¹Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM.21, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: yani.maharani@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 30-09-2024 Direvisi: 28-12-2024 Dipublikasi:31-12-2024	Insect diversity and their functions in three types of Arabica coffee (<i>Coffea arabica</i> L.) plantations in Pangalengan District, Bandung Regency
Keywords: Abundance, Ecological functions, Natural enemies, Pest	The existence of insects in an ecosystem is often considered as pest, although insects have a beneficial ecological function as pollinators, decomposers, natural enemies, and environmental bioindicators. Different types of land use in coffee plantations can result in differences in community structure and ecological function of insects. Purpose of this study is to analyze insect diversity and its function in the residential, multicropping, and agroforestry of Arabica coffee plantations in Pangalengan District, Bandung Regency, West Java. Samples were taken from three Arabica coffee plantations in Pulosari and Margamulya Villages, Pangalengan District, Bandung Regency, by establishing five sampling points measuring 100 m ² with the distance between sampling points ranging from 10–50 m. Insect samples were captured using swing traps, yellow traps, and Brocap traps. Collected samples were identified based on morphological characters. There were 607 insects collected from Arabica coffee plantations which had a functional role as natural enemies, 47 individuals as pollinators, 629 individuals as decomposers, and 2,821 insects which were herbivores. The insect diversity index in residential landscapes ($H' = 2.43$) and multicropping ($H' = 2.79$) has medium criteria, while in agroforestry landscapes ($H' = 3.88$) has high criteria. The results showed the potential of coffee plantations that supports the preservation of insect biodiversity. Although the dominance of herbivores is found in all three types of coffee plantations, the presence of natural enemy insects, pollinators and decomposers helps maintain ecosystem balance and supports agricultural productivity. Therefore, proper habitat management in coffee cultivation practices is indispensable to manage balanced ecological functions.
Kata Kunci: Fungsi ekologi, Hama, Kelimpahan, Musuh alami	Keberadaan serangga dalam suatu ekosistem seringkali dianggap sebagai hama, meskipun demikian serangga memiliki fungsi ekologis yang bermanfaat sebagai penyerbuk, pengurai, musuh alami, dan sebagai bioindikator lingkungan. Perbedaan jenis penggunaan lahan pada perkebunan kopi dapat mengakibatkan perbedaan pada struktur komunitas dan fungsi ekologis serangga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman serangga dan fungsinya pada perkebunan kopi Arabika pemukiman, tumpangsari, dan agroforestri di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Sampel diambil dari tiga perkebunan kopi Arabika di Desa Pulosari dan Margamulya, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung dengan menetapkan lima titik sampling

berukuran 100 m² dengan jarak antar titik sampling berkisar 10–50 m. Sampel serangga ditangkap menggunakan perangkap ayun, perangkap kuning, dan perangkap Brocap. Sampel yang diperoleh diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi hingga tingkat morfospesies. Serangga yang berhasil dikumpulkan dari perkebunan kopi Arabika berjumlah 607 individu yang memiliki peran fungsional sebagai musuh alami, 47 individu sebagai polinator, 629 individu sebagai dekomposer, dan serangga yang merupakan herbivor berjumlah 2.821 individu. Indeks keanekaragaman serangga pada perkebunan kopi Arabika pemukiman ($H' = 2,43$) dan tumpangsari ($H' = 2,79$) memiliki kriteria sedang, sedangkan pada perkebunan kopi Arabika agroforestri ($H' = 3,88$) memiliki kriteria tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perkebunan kopi berpotensi sebagai habitat yang mendukung pelestarian keanekaragaman hayati serangga. Meskipun dominasi herbivor ditemukan di ketiga tipe perkebunan kopi, namun keberadaan serangga musuh alami, polinator, dan dekomposer membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung produktivitas pertanian. Oleh karena itu, pengelolaan habitat yang tepat dalam praktik budidaya kopi sangat diperlukan untuk mengelola fungsi ekologi yang seimbang.

PENDAHULUAN

Kopi (*Coffea* sp.) merupakan salah satu komoditas yang intensif diperdagangkan secara global. Permintaan konsumen yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya intensifikasi pertanian dalam mengelola lahan kopi. Menurut Moreaux *et al.* (2022), dalam budidaya kopi banyak petani yang cenderung mengolah lahan secara monokultur untuk mempercepat pertumbuhan tanaman. Penyederhanaan lahan pertanian, seperti sistem pertanaman secara monokultur berdampak pada berkurangnya jumlah dan keanekaragaman tutupan lahan, termasuk habitat alami yang mempunyai peranan penting untuk keberlangsungan keanekaragaman hayati di lahan perkebunan, khususnya bagi kelompok invertebrata (Medeiros *et al.*, 2019). Berkurangnya keanekaragaman atau heterogenitas tanaman dari suatu lahan pertanian mengakibatkan terjadinya homogenisasi biotik, hilangnya spesies, dan pengurangan jasa ekosistem (Tschardt *et al.*, 2012). Dengan demikian, lahan monokultur dapat menyebabkan penurunan hasil produksi dan nilai ekonomi akibat rendahnya kelimpahan serangga penyerbuk dan keanekaragaman serangga secara umum (Gonzalez-Chaves *et al.*, 2020).

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu daerah penghasil kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) di Indonesia. Perkebunan kopi di Provinsi Jawa Barat tersebar di beberapa area kabupaten, dengan luas lahan perkebunan kopi paling besar berada di

Kabupaten Bandung (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, 2022). Luas lahan kopi terbesar di Kabupaten Bandung berada di Kecamatan Pangalengan, yaitu sebesar 2.322,10 Ha pada tahun 2019 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung, 2019). Pengelolaan perkebunan kopi di Kecamatan Pangalengan didominasi oleh perkebunan kopi rakyat (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung, 2019). Permasalahan yang seringkali terjadi dalam usaha peningkatan produksi kopi adalah keterbatasan lahan, sehingga diperlukan upaya optimalisasi penggunaan lahan sesuai penerapan cara pertanian yang baik mencakup penanaman pohon peneduh sesuai jumlah tanaman utama, konservasi lahan, dan pengendalian hama terpadu (Putri *et al.*, 2023). Selain itu, rendahnya produktivitas kopi sebagian besar juga disebabkan oleh serangan serangga hama yang dapat menimbulkan kerugian secara kuantitas maupun kualitas (Hendriyal dkk., 2023).

Karakteristik lahan perkebunan, seperti tipe penggunaan lahan, ketinggian dan tutupan hutan berperan penting dalam membentuk komunitas serangga. Secara ekologis perkebunan kopi memiliki keanekaragaman serangga yang tinggi (Rasiska & Khairullah, 2017). Serangga yang hidup di perkebunan kopi dapat mencapai sekitar 850 jenis, dan 23,5% di antaranya merupakan serangga hama di daerah tropis dan subtropis (Rasiska & Khairullah, 2017). Pada skala lanskap, banyak serangga hama pada pertanaman kopi yang meningkat atau menurun seiring dengan ketinggian (Jonsson *et al.*, 2015). Lahan perkebunan kopi dengan tutupan kanopi yang

lebih renggang juga memiliki dampak besar terhadap iklim mikro yang dapat mempengaruhi fisiologi organisme dan interaksi di antara tanaman, serangga hama, dan musuh alaminya (Jamieson *et al.*, 2012). Namun, tidak semua serangga merupakan hama pada ekosistem perkebunan kopi. Selain sebagai hama, serangga juga memiliki fungsi penting di ekosistem seperti sebagai polinator yang menguntungkan bagi tanaman kopi, agens pengendali hama, dan pendegradasi bahan organik/dekomposer yang diketahui sensitif terhadap perubahan penggunaan lahan (Campera *et al.*, 2022).

Mengingat pentingnya fungsi serangga di alam dan sebagai salah satu penentu kestabilan ekosistem, maka diperlukan kajian yang lebih mendalam terkait perbandingan keanekaragaman dan fungsi serangga pada tipe penggunaan lahan yang berbeda di perkebunan kopi. Penggunaan lahan perkebunan kopi di area penelitian terdiri atas perkebunan kopi Arabika pemukiman, tumpangsari hortikultura, dan agroforestri. Informasi mengenai perbandingan keanekaragaman dan fungsi serangga pada perkebunan kopi Arabika dengan tipe penggunaan lahan pemukiman, tumpangsari, dan agroforestri di Kecamatan Pangalengan hingga saat ini belum dilaporkan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman serangga dan fungsinya pada perkebunan kopi pemukiman, tumpangsari, dan agroforestri di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung.

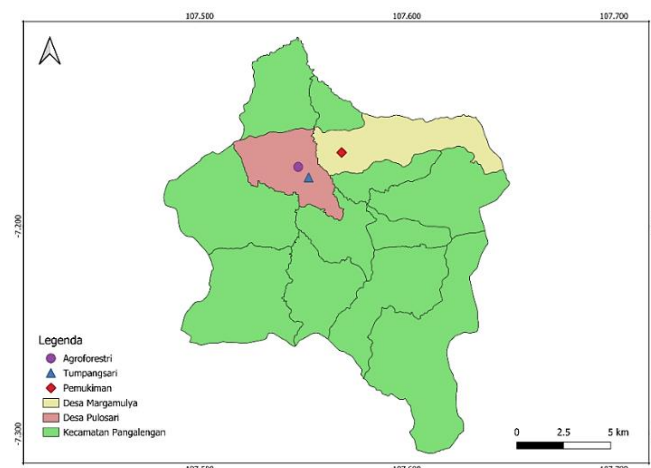
BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Lahan penelitian terletak di Desa Margamulya dan Desa Pulosari, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung yang terdiri atas tiga tipe

perkebunan kopi, yaitu perkebunan kopi pemukiman, tumpangsari, dan agroforestri (Gambar 1). Perkebunan kopi pemukiman ($7^{\circ}9'33''$ LS, $107^{\circ}33'48''$ BT) dengan ketinggian tempat berkisar 1.304 m dpl. Perkebunan kopi tumpangsari ($7^{\circ}10'25''$ LS, $107^{\circ}33'22''$ BT) dengan ketinggian tempat berkisar 1.379 m dpl. Perkebunan kopi agroforestri ($7^{\circ}17'34''$ LS, $107^{\circ}55'50''$ BT) dengan ketinggian tempat berkisar 1.429 m dpl. Pengambilan sampel serangga dilakukan dari bulan Juli-September 2023 pada setiap lahan terpilih yang ditetapkan sebanyak 5 titik sampling penelitian dengan luas lahan setiap titik sampling seluas 100 m², jarak antar titik sampling berkisar 10–50 m (Kemp & Ellis, 2017).

Karakteristik lahan yang dijadikan tempat penelitian harus memiliki bunga mekar atau buah kopi Arabika berwarna merah, dengan kriteria perkebunan kopi pemukiman di area penelitian merupakan lahan yang ditanam monokultur dan terletak di sekitar rumah atau pemukiman warga (Gambar 2a). Kriteria perkebunan kopi tumpangsari merupakan lahan kopi yang ditanam polikultur dengan tanaman semusim/tahunan secara bersamaan untuk meningkatkan pendapatan bagi petani kopi (Gambar 2b). Perkebunan kopi tumpangsari di area penelitian merupakan lahan polikultur antara tanaman kopi dengan jeruk dan cabai pada 3 titik sampling, sedangkan 2 titik sampling lainnya merupakan lahan polikultur antara tanaman kopi dengan jeruk, cabai, pisang dan singkong. Perkebunan kopi agroforestri memiliki kriteria perkebunan kopi di bawah naungan tanaman kayu berumur panjang seperti pinus, leda (*Eucalyptus*), dan suren (Gambar 2c), dengan lahan kopi agroforestri di area penelitian merupakan tanaman kopi yang dinaungi oleh tanaman pinus.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Lahan penelitian. (a) Lahan kopi pemukiman, (b) Lahan kopi tumpangsari, (c) Lahan kopi agroforestri

Pengambilan Sampel Serangga

Pengambilan sampel serangga dilakukan satu minggu sekali selama lima minggu. Pengambilan sampel serangga dilakukan dengan tiga jenis perangkat, yaitu perangkat ayun (*sweep net*), perangkat kuning (*yellow pantrap*), dan perangkat PBKo Brocap. Sampel serangga kemudian dibawa ke Laboratorium Hama, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran untuk dilakukan identifikasi. Serangga diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi sampai tingkat morfospesies menggunakan kunci identifikasi dari beberapa sumber seperti buku Borror *et al.* (1989) dan Kalshoven (1981).

Analisis Data

Keanekaragaman dan kelimpahan serangga pada tanaman kopi dihitung menggunakan rumus indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener, indeks dominansi jenis, indeks kekayaan jenis, dan indeks kemerataan jenis (Haneda *et al.*, 2023 ; Maharani *et al.*, 2024). Indeks keanekaragaman jenis dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

P_i = perbandingan jumlah individu suatu jenis dengan keseluruhan jenis (n_i/N)

N_i = jumlah individu jenis ke- i

N = jumlah individu seluruh jenis

Kriteria indeks keanekaragaman jenis berdasarkan nilai H' adalah:

$H' > 3$ = keanekaragaman spesies melimpah tinggi

$1 \leq H' \leq 3$ = keanekaragaman spesies sedang

$H' < 1$ = keanekaragaman spesies sedikit atau rendah

Indeks kemerataan dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

E = indeks kemerataan jenis Pielou

H' = indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener

S = jumlah jenis yang ditemukan

Kriteria indeks kemerataan jenis berdasarkan nilai E adalah:

$E \leq 0,4$ = kemerataan rendah

$0,4 < E \leq 0,6$ = kemerataan sedang

$E \geq 0,6$ = kemerataan tinggi

Indeks dominansi jenis dihitung dengan rumus:

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan:

C = indeks dominansi jenis

N_i = jumlah individu jenis ke- i

N = jumlah total semua individu jenis

Kriteria indeks dominansi jenis berdasarkan nilai C adalah:

$C < 1$ = jenis/famili beranekaragaman dan tidak ada yang mendominasi

$C = 1$ = jenis/famili tidak beranekaragam dan ada yang mendominasi

Indeks kekayaan jenis dihitung dengan rumus:

$$DMg = \frac{(S-1)'}{\ln N}$$

Keterangan:

DMg = indeks kekayaan jenis Margalef
S = jumlah jenis yang ditemukan
N = jumlah individu seluruh jenis

Kriteria indeks kekayaan jenis berdasarkan nilai DMg adalah:

DMg < 2,5 = kekayaan jenis rendah
2,5 ≤ DMg ≤ 4 = kekayaan jenis sedang
DMg > 4 = kekayaan jenis tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keanekaragaman Serangga pada Tanaman Kopi

Kelimpahan serangga sangat dipengaruhi oleh tipe ekosistem termasuk kompleksitas vegetasi serta pengolahan lahan dan faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, jumlah serangga yang tertangkap secara keseluruhan berjumlah 2.348 individu untuk perkebunan kopi pemukiman, 913 individu untuk perkebunan kopi tumpangsari, dan 843 individu untuk perkebunan kopi agroforestri. Perkebunan kopi pemukiman terdiri atas 9 ordo dan 67 famili, perkebunan kopi tumpangsari terdiri atas 8 ordo dan 52 famili, dan perkebunan kopi agroforestri terdiri atas 9 ordo dan 59 famili, dengan jumlah famili paling banyak di semua tipe perkebunan kopi berasal dari ordo Diptera. Dari hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener pada lahan perkebunan kopi diketahui bahwa indeks

keanekaragaman serangga pada perkebunan kopi pemukiman dan tumpangsari memiliki kriteria sedang, sedangkan pada perkebunan kopi agroforestri memiliki kriteria tinggi (Tabel 1). Suatu ekosistem yang memiliki indeks keanekaragaman dengan kriteria sedang menunjukkan adanya tekanan ekologis yang moderat, sehingga walaupun keanekaragaman serangga di perkebunan kopi pemukiman dan tumpangsari memiliki kondisi lingkungan yang belum sepenuhnya stabil seperti di perkebunan kopi agroforestri, namun ekosistem tersebut masih memiliki produktivitas yang memadai (Rahayu dkk., 2017).

Indeks keanekaragaman dengan kriteria sedang menunjukkan bahwa keberadaan serangga hama dan musuh alami hampir seimbang, dimana keberadaan musuh alami masih dapat mengendalikan serangga hama di lingkungan tersebut. Perkebunan kopi agroforestri memiliki indeks keanekaragaman serangga dengan kriteria tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di perkebunan kopi agroforestri berada dalam keadaan yang stabil. Keberadaan serangga yang memiliki pemerataan di tingkat trofik dalam suatu ekosistem memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan atau kestabilan ekosistem, semakin tinggi keanekaragaman serangga dalam suatu ekosistem juga mengakibatkan keberadaan serangga hama tidak lagi merugikan (Kinasih dkk., 2017). Tingkat keanekaragaman dalam suatu ekosistem akan tinggi jika nilai H' mendekati tiga. Hal ini menunjukkan kondisi lingkungan yang baik, sebaliknya jika nilai H' mendekati 0, maka tingkat keanekaragaman dalam ekosistem tersebut rendah dan menunjukkan kondisi lingkungan yang kurang baik (Muhtar *et al.*, 2024).

Tabel 1. Hasil analisis kuantitatif komunitas serangga pada perkebunan kopi

Perkebunan kopi	N	H'	Kriteria	E	Kriteria	C	Kriteria	DMg	Kriteria
Pemukiman	2.348	2,43	Sedang	0,49	Sedang	0,29	Rendah	17,52	Tinggi
Tumpangsari	913	2,79	Sedang	0,59	Sedang	0,17	Rendah	16,72	Tinggi
Agroforestri	843	3,88	Tinggi	0,77	Tinggi	0,05	Rendah	22,56	Tinggi

Keterangan: N: jumlah individu, H': indeks keanekaragaman jenis, E: indeks pemerataan jenis, C: indeks dominansi jenis, DMg: indeks kekayaan jenis.

Nilai indeks pemerataan digunakan untuk mengukur derajat pemerataan dari kelimpahan suatu individu spesies di komunitas yang menggambarkan keseimbangan antara satu komunitas dengan

komunitas lainnya. Nilai indeks pemerataan mendekati satu menunjukkan bahwa jumlah semua individu pada suatu komunitas semakin merata, sedangkan jika nilainya mendekati nol maka semakin

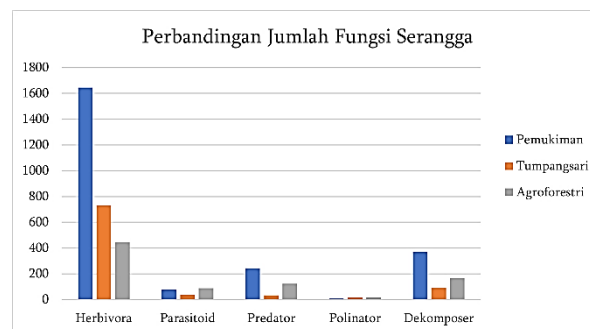
tidak merata (Fauzi *et al.*, 2023). Nilai indeks dominansi pada ketiga tipe perkebunan kopi menunjukkan kriteria rendah ($C < 1$) yang berarti tidak ada spesies yang mendominasi di ketiga ekosistem oleh satu jenis serangga. Semakin tinggi nilai indeks dominansi menunjukkan suatu kelompok yang mendominasi pada suatu ekosistem (Fauzi *et al.*, 2023). Indeks kekayaan jenis digunakan untuk mengukur jumlah jenis dari tiap spesies dalam komunitas, semakin banyak jumlah jenis yang ditemukan menunjukkan semakin tinggi indeks kekayaan jenisnya (Wahyuningsih dkk., 2019). Berdasarkan analisis nilai indeks kekayaan jenis, ketiga tipe perkebunan kopi Arabika menunjukkan kriteria tinggi ($DMg > 4$) yang berarti kekayaan jenis dari tiap spesies dalam komunitas sama besar dan tidak ada yang mendominasi.

Peran Fungsional dan Kelimpahan Serangga pada setiap Tipe Perkebunan Kopi

Penentuan keanekaragaman hayati didasarkan pada jumlah spesies dalam suatu ekosistem beserta sifat-sifat dan fungsinya. Keanekaragaman fungsi dari spesies merupakan hal penting dalam menentukan bagaimana organisme akan mengatasi perubahan dalam suatu ekosistem, kemudian hal penting lainnya adalah untuk mempertimbangkan interaksi di antara spesies yang memiliki fungsi-fungsi yang berbeda (Jankielsohn, 2018). Fungsi serangga yang ditemukan pada lahan perkebunan kopi yang diamati terdiri atas empat golongan, yaitu serangga dekomposer, herbivor, musuh alami (predator dan parasitoid), dan polinator (Gambar 3). Serangga yang tertangkap pada perkebunan kopi pemukiman terdiri dari serangga dekomposer (371 individu), herbivor (1.646 individu), parasitoid (79 individu), polinator (9 individu), dan predator (243 individu). Serangga yang tertangkap pada perkebunan kopi tumpangsari terdiri dari serangga dekomposer (90 individu), herbivor (732 individu), parasitoid (39 individu), polinator (19 individu), dan predator (33 individu). Serangga yang tertangkap pada perkebunan kopi agroforestri terdiri dari serangga dekomposer (168 individu), herbivor (443 individu), parasitoid (89 individu), polinator (19 individu), dan predator (124 individu).

Berdasarkan hasil pengamatan, perkebunan kopi pemukiman memiliki jumlah serangga herbivor dengan proporsi terbesar diikuti dengan perkebunan kopi tumpangsari, sedangkan perkebunan kopi agroforestri memiliki jumlah serangga herbivor terendah. Jumlah serangga herbivor yang tertangkap merupakan gabungan antara serangga herbivor dari

perangkap ayun dan perangkap kuning, serta serangga hama pengerek buah kopi PBKo *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) yang tertangkap dari perangkap Brocap. Serangga hama PBKo yang tertangkap dari perangkap Brocap pada perkebunan kopi pemukiman berjumlah 1.237 individu, perkebunan kopi tumpangsari berjumlah 193 individu, dan perkebunan kopi agroforestri berjumlah 22 individu. Serangga hama PBKO merupakan serangga hama utama pada tanaman kopi yang lebih banyak ditemukan di dataran rendah dibandingkan di dataran tinggi, sehingga semakin tinggi ketinggian suatu tempat berbanding terbalik dengan jumlah PBKO yang ditemukan (Ijala *et al.*, 2019). Keberadaan serangga hama/herbivor yang rendah pada perkebunan kopi agroforestri kemungkinan besar juga disebabkan jumlah serangga musuh alami yang lebih besar pada perkebunan kopi agroforestri dibandingkan dengan perkebunan kopi pemukiman dan tumpangsari (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik perbandingan jumlah fungsi serangga setiap perkebunan kopi

Perkebunan kopi pemukiman dan tumpangsari secara umum memiliki keanekaragaman serangga dengan kriteria sedang, namun jika dilihat berdasarkan fungsi ekosistemnya, komunitas serangga pada kedua lanskap tersebut memiliki kriteria sedang dan rendah (Tabel 2 dan Tabel 3). Hal yang sama juga dapat dilihat pada perkebunan kopi agroforestri. Secara umum perkebunan kopi agroforestri memiliki keanekaragaman serangga yang tinggi, namun memiliki kriteria sedang dan rendah pada keanekaragaman serangga di setiap fungsi ekosistemnya (Tabel 4). Kriteria rendah menunjukkan bahwa terdapat serangga yang mendominasi pada setiap perkebunan kopi. Pada perkebunan kopi pemukiman, serangga yang memiliki peran fungsional sebagai dekomposer didominasi oleh serangga dari famili Sphaeroceridae dengan jumlah 115 individu (31%) dan famili Lauxaniidae 114 individu (30,7%), sedangkan pada

perkebunan kopi tumpangsari didominasi oleh famili Ephydriidae dengan jumlah 41 individu (45,5%) dan pada perkebunan kopi agroforestri didominasi oleh famili Lauxaniidae dengan jumlah 95 individu (56,5%).

Tabel 2. Peran fungsional dan kelimpahan serangga perkebunan kopi pemukiman

Fungsi	Jumlah individu	Jumlah morfospesies	H'	Kriteria
Dekomposer	371	39	0,69	Rendah
Herbivora	1646	41	1,11	Sedang
Parasitoid	79	22	0,19	Rendah
Polinator	9	4	0,03	Rendah
Predator	243	31	0,42	Rendah

Tabel 3. Peran fungsional dan kelimpahan serangga perkebunan kopi tumpangsari

Fungsi	Jumlah individu	Jumlah morfospesies	H'	Kriteria
Dekomposer	90	22	0,45	Rendah
Herbivora	732	43	1,76	Sedang
Parasitoid	39	20	0,26	Rendah
Polinator	19	5	0,11	Rendah
Predator	33	21	0,22	Rendah

Tabel 4. Peran fungsional dan kelimpahan serangga perkebunan kopi agroforestri

Fungsi	Jumlah individu	Jumlah morfospesies	H'	Kriteria
Dekomposer	168	34	0,80	Rendah
Herbivora	443	47	1,72	Sedang
Parasitoid	89	29	0,54	Rendah
Polinator	19	4	0,11	Rendah
Predator	124	39	0,71	Rendah

Serangga yang berperan sebagai parasitoid pada perkebunan kopi pemukiman didominasi oleh serangga dari famili Tachinidae dengan jumlah 39 individu (49,4%), pada perkebunan kopi tumpangsari didominasi oleh famili Braconidae 12 individu (30,8%), dan pada perkebunan kopi agroforestri didominasi oleh famili 27 individu (30,3%). Serangga yang memiliki peran fungsional sebagai polinator pada ketiga tipe perkebunan kopi didominasi oleh serangga dari famili Halictidae dengan jumlah serangga 5 individu (55,6%) pada perkebunan kopi pemukiman, 11 individu (58%) pada perkebunan kopi tumpangsari, dan 12 individu (63,3%) pada

perkebunan kopi agroforestri. Serangga yang berperan sebagai predator didominasi dari famili Formicidae pada ketiga perkebunan kopi, dengan jumlah serangga 183 individu (75,3%) pada perkebunan kopi pemukiman, 10 individu (30,3%) pada perkebunan kopi tumpangsari, dan 67 individu (54%) pada perkebunan kopi agroforestri. Serangga yang menjadi herbivor pada perkebunan kopi pemukiman didominasi oleh serangga dari famili Curculionidae dengan jumlah 1.243 individu (75,5%). Pada perkebunan kopi tumpangsari, serangga herbivor didominasi dari famili Cicadellidae berjumlah 384 individu (52,5%), dan pada perkebunan kopi agroforestri serangga herbivor didominasi dari famili Aphididae berjumlah 218 individu (49,2%).

Serangga fungsional pada perkebunan kopi pemukiman dan tumpangsari memiliki jumlah lebih rendah dibandingkan dengan komposisi serangga fungsional pada perkebunan kopi agroforestri (Gambar 3). Perkebunan kopi pemukiman di area penelitian memiliki vegetasi sederhana yang didominasi oleh tanaman kopi. Hal ini lah yang kemungkinan besar menyebabkan sedikitnya komposisi serangga fungsional pada perkebunan kopi pemukiman. Penyederhanaan pengelolaan lahan seperti lahan monokultur berdampak pada berkurangnya jumlah dan keanekaragaman tutupan lahan, termasuk habitat alami yang mempunyai peranan penting untuk keberlangsungan keanekaragaman hayati di lahan perkebunan, khususnya bagi kelompok invertebrata (Medeiros *et al.*, 2019). Menurut Gonzalez-Chaves *et al.* (2020), dengan lahan monokultur hasil produksi dan nilai ekonomi akan berkurang karena rendahnya kelimpahan serangga penyerbuk dan keanekaragaman serangga secara umum. Jumlah serangga penyerbuk/polinator pada lanskap pemukiman memiliki jumlah lebih sedikit dibandingkan dengan dua lanskap lainnya (Gambar 3).

Pada perkebunan kopi tumpangsari komposisi serangga herbivor memiliki jumlah terbesar kedua setelah perkebunan kopi pemukiman, serangga herbivor pun memiliki persentase tertinggi di perkebunan kopi tumpangsari. Vegetasi pada perkebunan kopi tumpangsari tanaman kopi di area pengamatan ditanami oleh tanaman cabai, jeruk, pisang, dan singkong. Beragamnya jenis vegetasi merupakan salah satu penyebab banyaknya jumlah serangga herbivor pada suatu lingkungan tersebut. Hal ini dikarenakan melimpahnya vegetasi yang

dapat dijadikan inang oleh serangga tersebut. Pada perkebunan kopi tumpangsari, petani kopi memberikan perlakuan berupa insektisida sintetik pada area perkebunan dengan tujuan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman, seperti serangga hama yang seringkali ditemukan di area perkebunan. Namun, pemakaian dosis insektisida sintetik yang tidak tepat dapat memicu meningkatnya populasi serangga herbivor resisten dan menyebabkan menurunnya populasi musuh alami seperti serangga predator dan parasitoid. Aplikasi insektisida efektif dalam mengendalikan serangga hama, namun secara bersamaan juga dapat membunuh musuh alami serangga hama yang berperan dalam pengendali hama secara hayati (Pradhana dkk., 2014). Perkebunan kopi yang dikelola secara intensif seringkali menurunkan heterogenitas spasial dan keanekaragaman hayati di dalamnya (Shimales *et al.*, 2023).

Perkebunan kopi agroforestri memiliki jumlah serangga herbivor lebih rendah dan musuh alami lebih tinggi dibandingkan dengan dua lanskap lainnya (Gambar 3). Sistem agroforestri pada area pengamatan merupakan perkebunan kopi di bawah tanaman hutan atau pohon pelindung seperti pinus yang dikelola secara alami tanpa menggunakan insektisida kimia. Pengendalian serangga hama di perkebunan kopi agroforestri menggunakan musuh alami yang berada di sekitar lahan. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keanekaragaman serangga predator dan parasitoid lebih banyak ditemukan pada perkebunan kopi dengan pohon pelindung dibandingkan dengan perkebunan kopi monokultur ataupun perkebunan kopi tanpa pohon penayang (Campera *et al.*, 2022).

Total serangga predator yang tertangkap pada perangkap ayun dan perangkap kuning dari ketiga tipe perkebunan kopi berjumlah 400 individu, dengan jumlah terbanyak berasal dari famili Formicidae (Tabel 5). Serangga dari famili ini hidup berkoloni, sehingga seringkali tertangkap dalam jumlah yang besar di dalam perangkap. Beberapa spesies semut pun diketahui bersifat generalis dalam berbagai macam habitat untuk mencari makan dan berkembang biak, seperti di tanah maupun di pepohonan/arboreal (Eguchi *et al.*, 2014). Semut arboreal dapat membantu mengendalikan hama melalui pemangsaan dan serangan non-konsumsi. Pada tanaman kopi, semut arboreal diketahui memiliki interaksi dengan penggerek buah kopi (PBKo) di dalam buah kopi, maupun serangga PBKo yang berada di tanah, sehingga dapat membantu

pengendalian biologis serangga PBKo (Jauharlina *et al.*, 2024). Pada penelitian yang dilakukan oleh Jauharlina *et al.* (2024), jumlah individu semut arboreal yang mencari makan dan bersarang pada perkebunan kopi dengan naungan lebih besar dibandingkan dengan perkebunan kopi yang jarang mendapatkan naungan.

Serangga parasitoid paling banyak yang tertangkap pada perangkap di ketiga tipe perkebunan kopi adalah dari famili Tachinidae (Tabel 5). Tachinidae merupakan salah satu famili pada ordo Diptera yang paling spesifik, dan semuanya merupakan parasitoid pada serangga dan arthropoda lainnya. Famili Tachnidae berada pada urutan kedua setelah serangga parasit dari ordo Hymenoptera dalam hal keanekaragaman dan fungsi ekologis sebagai parasitoid serangga, karena dominasinya sebagai parasitoid pada larva Lepidoptera dan serangga herbivor lainnya, seperti pada ordo Hemiptera dan Coleoptera (Stireman *et al.*, 2006). Famili Tachinidae memiliki peranan penting dalam mengendalikan populasi serangga herbivor dalam menyusun komunitas ekologi, baik yang terjadi secara alami maupun yang dikelola (Stireman *et al.*, 2021). Famili ini merupakan kelompok serangga yang aktif menyebar dan ditemukan hampir di semua habitat daratan, termasuk gurun, hutan, padang rumput, pegunungan, dan tundra (Stireman *et al.*, 2006).

Serangga polinator memiliki jumlah paling sedikit di antara serangga yang tertangkap pada perangkap di setiap tipe perkebunan kopi. Serangga yang tertangkap berasal dari ordo Diptera (famili Syrphidae) dan ordo Hymenoptera (famili Apidae dan family Halictidae), dengan jumlah terbanyak berasal dari famili Halictidae (Tabel 5). Menurut Escobar-Gonzalez *et al.* (2024), serangga pengunjung utama pada bunga kopi di Panama adalah *Apis mellifera* dan serangga dari famili Halictidae dan Megachilidae untuk bunga kopi di Indonesia dan di Costa Rica. Serangga polinator yang tertangkap pada perangkap di perkebunan kopi tumpangsari dan agroforestri memiliki jumlah yang sama (19 individu), lebih besar dari yang tertangkap di perkebunan kopi pemukiman (9 individu). Hasil ini mendukung hipotesis yang menyatakan bahwa keanekaragaman dan kelimpahan serangga penyerbuk kopi lebih banyak ditemukan pada lahan yang berdekatan dengan hutan dibandingkan dengan lahan yang jauh dari hutan (Sinaga *et al.*, 2024). Oleh karena itu, ekosistem yang dekat dengan habitat alami seperti hutan dalam hal ini pada perkebunan

kopi tumpangsari dan agroforestri memiliki keanekaragaman dan kelimpahan serangga penyerbuk yang lebih besar jika dibandingkan dengan ekosistem yang jauh dari hutan seperti perkebunan kopi pemukiman.

Tabel 5. Peran fungsional dan kelimpahan serangga pada perkebunan kopi

Peran fungsional	Ordo	Famili	Jumlah	Kelimpahan (%)
Dekomposer	Diptera	Lauxaniidae	214	0,34
		Sphaeroceridae	121	0,19
		Ephydriidae	45	0,07
		Muscidae	36	0,06
Herbivor	Coleoptera	Curculionidae	1.461	0,52
		Cicadellidae	613	0,22
	Hemiptera	Aphididae	454	0,16
		Miridae	65	0,02
Parasitoid	Diptera	Tachinidae	58	0,28
		Ichneumonidae	47	0,23
	Hymenoptera	Braconidae	38	0,18
		Tiphidae	20	0,10
Polinator	Diptera	Syrphidae	7	0,15
		Apidae	12	0,26
	Hymenoptera	Halictidae	28	0,60
Predator	Hymenoptera	Formicidae	260	0,65
		Crabronidae	23	0,06
	Orthoptera	Tettigoniidae	26	0,07
	Coleoptera	Coccinellidae	23	0,06

Serangga dekomposer yang tertangkap melalui perangkap ayun dan kuning pada ketiga tipe perkebunan kopi didominasi oleh serangga dari Famili Lauxaniidae (Tabel 5) dari ordo Diptera. Kwon *et al.* (2021) menyatakan bahwa lalat adalah pengurai utama dalam ekosistem dan memerankan peranan penting dalam siklus nutrisi dan aliran energi. Famili Lauxaniidae merupakan salah satu famili dengan jumlah spesies yang besar dan tersebar meluas di seluruh bagian dunia. Sebagian besar dari famili ini merupakan serangga pengurai/dekomposer yang tersebar di wilayah tropis Asia dan Amerika, dan sedikit ditemukan di wilayah tropis Afrika (Lee *et al.*, 2015). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah serangga Lauxaniidae yang ditemukan di perkebunan kopi pemukiman lebih banyak (114 individu) dibandingkan dengan yang ditemukan di perkebunan kopi tumpangsari (5 individu) dan agroforestri (95 individu). Hal ini berkorelasi dengan penelitian yang dilakukan oleh Kwon *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa kelimpahan Lauxaniidae berkorelasi negatif dengan ketinggian tempat, serta berkorelasi positif dengan suhu maksimum. Pada area

pengamatan perkebunan kopi pemukiman memiliki ketinggian paling rendah (1.304 m dpl) dibandingkan dengan perkebunan kopi tumpangsari (1.379 m dpl) dan agroforestri (1.429 m dpl).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perkebunan kopi berpotensi sebagai habitat yang mendukung pelestarian keanekaragaman hayati serangga. Pengelolaan habitat yang tepat dalam praktik budidaya kopi sangat diperlukan untuk mengelola fungsi ekologi yang seimbang. Pengelolaan hama di pertanaman kopi harus dilakukan dengan memperhatikan fungsi ekologis serangga bermanfaat lainnya seperti musuh alami dan polinator. Serangga musuh alami efektif dalam menekan populasi serangga tidak menguntungkan, sedangkan serangga penyerbuk/polinator dibutuhkan tanaman kopi agar dapat berkembang secara optimal. Meskipun dominasi herbivor ditemukan di ketiga tipe perkebunan kopi, namun keberadaan serangga musuh alami, polinator, dan dekomposer membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung produktivitas pertanian. Informasi mengenai ekologi

pengelolaan lahan dapat membantu petani mencapai produksi kopi yang berkelanjutan.

SIMPULAN

Perbedaan tipe penggunaan lahan pada perkebunan kopi Arabika mempengaruhi keanekaragaman serangga dan fungsinya dalam ekosistem. Perkebunan kopi Arabika dengan sistem agroforestri memiliki indeks keanekaragaman serangga tertinggi dibandingkan dengan perkebunan kopi Arabika pemukiman dan tumpangsari. Serangga dengan jumlah terbanyak yang ditemukan di ketiga tipe perkebunan kopi adalah serangga herbivor, namun keberadaan serangga musuh alami, polinator, dan dekomposer membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung produktivitas pertanian. Pengelolaan lahan dan praktik budidaya yang tepat diperlukan untuk mendukung fungsi ekologis yang berkelanjutan di perkebunan kopi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI) (nomor kontrak 148/E5/PG.02.00/PL/2023), Kementerian Pertanian dan Badan Karantina Indonesia yang telah memberikan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung. 2019. Luas Areal Tanaman Perkebunan Kopi Menurut Kecamatan di Kabupaten Bandung 2019. Tersedia online pada: <https://bandungkab.bps.go.id/indicator.html> (diakses 25 September 2023).
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. 2022. Luas Lahan Tanaman Kopi (Hektar), 2019-2021. Tersedia online pada: <https://jabar.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzIwIzI=/luas-lahan-tanaman-kopi.html> (diakses 25 Desember 2024).
- Borror, DJ, CA Triplehorn, and NF Johnson. 1989. An Introduction to the Study of Insects. Saunders College Publishing. Philadelphia.
- Campera, M, B Budiadi, T Busina, BH Fathoni, J Dermody, V Nijman, MA Imron, and KAI Nekarlis. 2022. Abundance and richness of invertebrates in shade-grown versus sun-exposed coffee home gardens in Indonesia. Springer Science and Business Media B.V. Agroforestry Systems. 96(5-6): 829-841. DOI: 10.1007/s10457-022-00744-9.
- Eguchi, K, BT Viet, and S Yamane. 2014. Generic synopsis of the formicidae of Vietnam (insecta: Hymenoptera), part II-cerapachyinae, aenictinae, dorylinae, leptanillinae, amblyoponinae, ponerinae, ectatomminae and proceratiinae. Zootaxa. 3860(1): 1-46. DOI: 10.11646/zootaxa.3860.1.1.
- Escobar-Gonzalez, D, P Landaverde-Gonzalez, QB Casia-Ajche, J Morales-Sina, E Cardona, A Mejia-Coroy, and E Enriquez. 2024. Fruit production in coffee (*Coffea arabica* L.) crops is enhanced by the behaviour of wild bees (Hymenoptera: Apidae). Austral Entomology. 63(1): 82-94. DOI: 10.1111/aen.12673.
- Fauzi, A, A Zarkani, D Apriyanto, HE Wibowo, and MI Kamil. 2023. Diversity of soil arthropods in secondary forest area in Bengkulu. E3S Web of Conferences. 373: 168-174. DOI: 10.1051/e3sconf/202337307002.
- Gonzalez-Chaves, A, R Jaffe, JP Metzger, and A de MP Kleinert. 2020. Forest proximity rather than local forest cover affects bee diversity and coffee pollination services. Landscape Ecology. 35: 1841-1855. DOI: .1007/s10980-020-01061-1.
- Haneda, NF, C Kusmana, dan K Ramadhan, 2023. Keanekaragaman jenis arthropoda tajuk di hutan mangrove Ciletuh, Sukabumi, Jawa Barat. Silvikultur Tropika. 14(2): 158-167. DOI: 10.29244/j-siltrop.14.02.158-167.
- Hendrival, MY Nurdin, Usnawiyah, D Hasimi, dan R Amelia. 2022. Komposisi dan keanekaragaman Hymenoptera parasitoid di agroekosistem kopi Arabika Gayo. Jurnal Agrium. 20(1): 60-68.
- Ijala, AR, S Kyamanywa, S Cherukut, C Sebatta, and J Karungi. 2019. Parasitism of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in different farming systems and altitudes of Mount Elgon, Uganda. Journal of Applied Entomology. 143(2): 1122-1131. DOI: 10.1111/jen.12689.
- Jamieson, MA, AM Trowbridge, KF Raffa, and RL Lindroth. 2012. Consequences of climate warming and altered precipitation patterns for plant-insect and multitrophic interactions. Plant Physiology. 160(4): 1719-1727. DOI: 10.1104/pp.112.206524.
- Jankielsohn, A. 2018. The importance of insects in agricultural ecosystems. Advances in

- Entomology. 6(2): 62–73. DOI: 10.4236/ae.2018.62006.
- Jauharlina, J, H Husni, M Sayuthi, N Pramayudi, NF Safitrti, and MH Irba. 2024. The abundance of ants (Hymenoptera: Formicidae) and their ecological roles as predators in Arabica coffee plantations with different densities of shade trees. IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science. 1297: 012048. DOI: 10.1088/1755-1315/1297/1/012048.
- Jonsson, M, IA Raphael, B Ekbo, S Kyamanywa, and J Karungi. 2015. Contrasting effects of shade level and altitude on two important coffee pests. Journal of Pest Science. 88(2): 281–287. DOI: 10.1007/s10340-014-0615-1.
- Kalshoven.1981. The Pests of Crops in Indonesia. Ichtar Baru-Van Hoeve. Jakarta.
- Kemp, JE, and AG Ellis. 2017. Significant local-scale plant-insect species richness relationship independent of abiotic effects in the temperate cape floristic region biodiversity hotspot. PLoS ONE. 12(1): e0168033. DOI: 10.1371/journal.pone.0168033.
- Kinasih, I, T Cahyanto, dan ZR Ardian. 2017. Perbedaan keanekaragaman dan komposisi dari serangga permukaan tanah pada beberapa zonasi di hutan Gunung Geulis Sumedang. Jurnal Istek. 10(2):19–32.
- Kwon, TS, CM Lee, O Jie, SS Kim, S Jung, and YS Park. 2021. Effects of climate change on the occurrence of two fly families (Phoridae and Lauxaniidae) in Korean Forests. Korean Journal of Ecology and Environment. 54(1): 71–77. DOI: 10.11614/KSL.2021.54.1.071.
- Lee, CM, TS Kwon, OY Ji, SS Kim, GE Park, and JH Lim. 2015. Prediction of abundance of forest flies (Diptera) according to climate scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 in South Korea. Journal of Asia-Pacific Biodiversity. 8(4): 349–370. DOI: 10.1016/j.japb.2015.10.009.
- Maharani, Y, APK Dewi, S Rasiska, D Hutapea, Y Maxiselly, and A Sandrawati. 2024. The diversity and ecological roles of insects and arachnids in arabica coffee (*Coffea arabica*) plantation in Palasari, Bandung Regency. Jurnal Entomologi Indonesia. 20(1): 54–62. DOI: 10.5994/jei.21.1.54.
- Medeiros, HR, F Martello, EAB Almeida, X Mengual, KA Harper, YC Grandinete, JP Metzger, CA Righi, and MC Ribeiro. 2019. Landscape structure shapes the diversity of beneficial insects in coffee producing landscapes. Biological Conservation. 238(1): 108193. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.07.038.
- Moreaux, C, DAL Meireles, J Sonne, EI Badano, A Classen, A Gonzalez-Chaves, J Hipolito, AM Klein, PK Maruyama, JP Metzger, SM Philpott, C Rahbek, FT Saturni, T Sritongchuay, T Tschardtke, S Uno, CH Vergara, BF Viana, N Strange, and B Dalsgaard. 2022. The value of biotic pollination and dense forest for fruit set of Arabica coffee: A global assessment. Agriculture, Ecosystems and Environment. 323(80): 107680. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107680.
- Muhtar, M, S Sjam, V Sartika Dewi, and A Rosmana. 2024. Arthropods diversity in insectary plant on cocoa cultivation ecosystems. BIO Web of Conferences. 96: 06003. DOI: 10.1051/bioconf/20249606003.
- Pradhana, RAI, G Mudjiono, dan S Karindah. 2014. Keanekaragaman serangga dan laba-laba pada perkebunan padi organik dan konvensional. Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan). 2(2): 58–66.
- Putri, A, R Syahni, Hasnah, and A Miko. 2023. The effect of Arabica coffee farmers' innovation on good agriculture practice in Solok. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1160: 012064. DOI: 10.1088/1755-1315/1160/1/012064.
- Rahayu, MS, Wiryanto, dan Sunarto. 2017. Keanekaragaman krustasea di kawasan mangrove Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Jurnal Sains Dasar. 6(1): 57–65. DOI: 10.21831/jsd.v6i1.12643.
- Rasiska, S, dan A Khairullah. 2017. Efek tiga jenis pohon penabung terhadap keragaman serangga pada pertanaman kopi di Perkebunan Rakyat Manglayang, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung. Agrikultura. 28(3): 161–166. DOI: 10.24198/agrikultura.v28i3.15750.
- Sinaga, RR, N Maryana, and P Hidayat. 2024. Diversity and foraging activity of coffee insect pollinators in land near and far from the forest of North Sumatra, Indonesia. Biodiversitas. 25(1): 240–248. DOI: 10.13057/biodiv/d250127.
- Shimales, T, E Mendesil, B Zewdie, B Ayalew, K Hylander, and AJM Tack. 2023. Management intensity affects insect pests and natural pest control on Arabica coffee in its native range.

- Journal of Applied Ecology. 60(5): 911–922. DOI: 10.1111/1365-2664.14410.
- Stireman, JO, JE O'Hara, and DM Wood. 2006. Tachinidae: Evolution, behavior, and ecology. Annual Review of Entomology. 51(1): 525–555. DOI: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151133.
- Stireman, JO, P Cerretti, JE O'hara, and JK Moulton. 2021. Extraordinary diversification of the “bristle flies” (Diptera: Tachinidae) and its underlying causes. Biological Journal of the Linnean Society. 133(1): 216–236. DOI: 10.1093/biolinnean/blab010.
- Tscharntke, T, JM Tylianakis, TA Rand, RK Didham, L Fahrig, P Batary, J Bengtsson, Y Clough, TO Crist, CF Dormann, RM Ewers, J Frund, RD Holt, A Holzschuh, AM Klein, D Kleijn, C Kremen, DA Landis, W Laurance, D Lindenmayer, C Scherber, N Sodhi, I Steffan-Dewenter, C Thies, WH van der Putten, and C Westphal. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes eight hypotheses. Biological Reviews. 87(3): 661–685. DOI: 0.1111/j.1469-185X.2011.00216.x.
- Wahyuningsih, E, E Faridah, Budiadi, dan A Syahbudin. 2019. Komposisi dan keanekaragaman tumbuhan pada habitat ketak (*Lygodium circinatum* (BURM. (SW.)) di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Lombok. Hutan Tropis. 7(1): 92–105. DOI: 10.20527/jht.v7i1.7285.