

Biodiversitas Serangga Tanah di Perkebunan Teh PPTK Gambung

Soil Insects Biodiversity in RITC Gambung Plantation

Martyas Adi Cahya¹, Indika Rona Maharani¹, dan Fani Fauziah^{2,*}

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret

² Pusat Penelitian Teh dan Kina

* Correspondence : fani_fauziah@gmail.com

Received: 10 Februari 2023

Accepted: 28 Maret 2023

Published: 31 Januari 2024

Jurnal Sains Teh dan Kina
Pusat Penelitian Teh dan Kina
Desa Mekarsari, Kec. Pasirjambu,
Kab. Bandung, Jawa Barat 40972
redaksijptk@gmail.com
+62 22 5928186

Abstract: Tea (*Camellia sinensis* L.) plantation is a complex agroecosystem with an abundance of flora and fauna live within. Soil insects are one of the faunas that live in the tea plantation, especially on the surface or within the soil. Soil insects have various functions in the ecosystem. Biodiversity is an indicator of ecosystem balance and describes the process of the food chain. The aim of this study is to find out the soil insect biodiversity in Indonesia Research Institute for Tea and Chincona (IRITC) tea plantation. Samples were collected from 8 different blocks, each with 3 sampling points using the pitfall trap method. The samples were then preserved and identified. The data were analyzed by calculating the percentage of insects based on orders and species. The Shannon-Wiener Index is used to analyze the diversity of soil insects. The number of soil insects obtained was 285 individuals consisting of 6 orders, 8 families, and 13 species. The result of the analysis shows that *Diacamma* sp. is the dominant species with a percentage of 73% and belongs to the Hymenoptera Orded (Family: Formicidae) which has a percentage of 88,1%. The biodiversity of soil insects in the IRITC tea plantation is moderate with a Shannon-Wiener Index value of 1,11.

Keywords: biodiversity; soil insects; tea plantation

Abstrak: Perkebunan teh (*Camellia sinensis* L.) merupakan suatu agroekosistem kompleks yang dihuni oleh berbagai flora dan fauna. Serangga tanah menjadi salah satu fauna yang habitatnya di perkebunan teh, khususnya di atas permukaan atau di dalam tanah. Serangga tanah memiliki beragam fungsi dalam ekosistem. Keragaman atau biodiversitas menjadi indikator keseimbangan ekosistem dan menggambarkan proses berjalannya jaring-jaring makanan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui biodiversitas serangga tanah di perkebunan teh Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung. Sampel penelitian diambil dari 8 blok berbeda dengan masing-masing 3 titik sampel menggunakan metode *pitfall trap*. Serangga tanah yang diperoleh selanjutnya dikoleksi dan diidentifikasi. Data dianalisis dengan menghitung persentase serangga berdasarkan ordo dan spesies. Indeks Shannon-Wiener digunakan untuk menganalisis diversitas serangga tanah. Jumlah serangga tanah yang diperoleh, yaitu 285 individu yang terdiri atas 6 ordo, 8 famili, dan 13 spesies. Hasil analisis menunjukkan bahwa *Diacamma* sp. menjadi spesies yang dominan dengan persentase 73% dan termasuk dalam Ordo Hymenoptera (Famili: Formicidae) yang memiliki persentase 88,1%. Biodiversitas serangga tanah di perkebunan teh PPTK Gambung tergolong sedang dengan nilai Indeks Shannon-Wiener sebesar 1,11.

Kata Kunci: biodiversitas; serangga tanah; perkebunan teh

1. Pendahuluan

Teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) merupakan tanaman tahunan yang telah dibudidayakan di lebih dari 100 negara sebagai tanaman perkebunan (Ahmed dan Li, 2022). *C. sinensis* saat ini dibudidayakan secara komersial di Asia, Afrika, dan Amerika Selatan. Produsen besar teh, antara lain Tiongkok, India, Kenya, Sri Lanka, dan

Indonesia, masing-masing dengan karakteristik dan kualitas yang unik. *C. sinensis* digunakan untuk bahan baku pembuatan minuman teh (Wachira *et al.*, 2013). Teh dianggap sebagai tanaman penting dan memiliki nilai ekonomi tinggi karena popularitas dari produk olahannya (Xia *et al.*, 2020).

Perkebunan teh merupakan habitat tanaman budidaya yang berumur panjang. Konversi hutan alami menjadi perkebunan teh telah memicu hilangnya keanekaragaman hayati (Imboma *et al.*, 2020). Ekosistem perkebunan teh memiliki pengaruh besar terhadap keanekaragaman hayati berbagai flora dan fauna. Ekosistem ini merupakan agroekosistem kompleks yang terdiri dari berbagai jenis flora dan fauna biotik seperti tanaman teh, pohon rindang, tanaman pelengkap lainnya, serangga, tungau, penyakit, mikroorganisme tanah, dan lain-lain dengan berbagai unsur abiotik lain (Paul *et al.*, 2018).

Serangga tanah merupakan serangga yang hidup di tanah, baik yang hidup di permukaan tanah maupun yang berada di dalam tanah (Basna *et al.*, 2017). Serangga tanah, berdasarkan perannya dalam jaring-jaring makanan dan ekosistem, dikelompokkan menjadi lima. Pertama, serangga tanah berperan sebagai pemakan bagian tumbuhan dan disebut herbivora atau hama. Kedua, serangga tanah berperan sebagai pemakan sisa makhluk hidup mati (detritivora) atau dekomposer. Ketiga, serangga tanah yang bertindak sebagai antagonis dari serangga lain disebut predator. Keempat, serangga tanah berperan sebagai musuh alami dan hidup di serangga lain (*host*) dinamakan parasitoid. Kelima, serangga tanah yang membantu penyerbukan dikenal sebagai polinator (Karinasari *et al.*, 2021).

Keragaman jenis (diversitas) merupakan sifat komunitas yang menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis organisme yang terdapat di dalamnya (Aryoudi *et al.*, 2015). Keragaman spesies mengacu pada biodiversitas dalam level spesies dan dapat ditentukan berdasarkan perspektif keragaman taksonomi, fungsional, serta filogenetik (Xu *et al.*, 2022). Tingkat diversitas serangga tanah dapat berbeda-beda di beberapa tempat tergantung kondisi iklim, musim, ketinggian tempat, dan keragaman jenis makanan. Ekosistem yang secara fisik terkendali seperti perkebunan teh dengan beragam faktor pembatas fisik dan kimia kuat, cenderung memiliki diversitas rendah dibandingkan ekosistem alami. Diversitas tinggi mengindikasikan bahwa lingkungan ekosistem termasuk stabil dan proses jaring-jaring makanan berjalan normal (Basna *et al.*, 2017).

Teknik budidaya yang diterapkan di kebun teh, diantaranya pemupukan, pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), penanaman pohon pelindung, dan pemangkasan (Haq dan Karyudi, 2013). Aplikasi pestisida untuk mengendalikan OPT dalam kuantitas tertentu dapat menimbulkan berbagai permasalahan serius seperti munculnya resistensi hama dan mengurangi populasi serangga non-target (predator dan parasitoid) (Bhuyan *et al.*, 2020). Pemupukan secara intensif memberi pengaruh negatif terhadap komunitas mikrofauna melalui gangguan mekanik, penipisan karbon tersedia, dan paparan bahan kimia bagi serangga non-target (Lin *et al.*, 2013). Pemangkasan teh setiap 4 tahun sekali akan meninggalkan seresah ke permukaan tanah yang juga dapat mengubah iklim mikro (Zulkarnain *et al.*, 2018).

Faktor abiotik dan teknik budidaya diduga turut berpengaruh terhadap diversitas serangga tanah. Penelitian dilaksanakan di areal perkebunan teh Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung. Penelitian bertujuan untuk mengetahui biodiversitas serangga tanah di perkebunan teh yang mengalami beberapa teknik budidaya, seperti pemangkasan, pemupukan, dan pengaplikasian pestisida.

2. Metode

Penelitian dilakukan di PPTK Gambung, Desa Mekarsari, Kecamatan Pasirjambu, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Pelaksanaan penelitian untuk pengambilan data antara 10 Oktober – 12 Desember 2022. Data diambil dari masing-masing blok utara (Blok A) dan selatan (Blok B). Pemilihan blok didasarkan pada Tahun Pangkas (TP) dengan rincian: TP I meliputi blok B6 dan A8; TP II dengan blok A7 dan B7; TP III yaitu A3 dan B4; serta TP IV terdiri atas blok A11 dan B5.

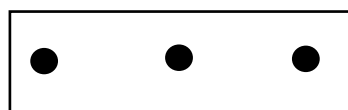
Teknik pengambilan data menggunakan metode *pitfall trap* (Gambar 1.). Alat dan bahan yang diperlukan dalam pengambilan data meliputi gelas plastik, air sabun, sekop, dan penutup. Penelitian turut menggunakan alat pendukung berupa kamera untuk identifikasi serangga, botol awetan, alkohol 40%, dan label etiket.

Pitfall trap adalah perangkap yang digunakan untuk mengambil sampel serangga di permukaan tanah. *Pitfall trap* dibuat dengan mengisi air sabun sebanyak sepertiga volume gelas plastik dan meletakkannya sejajar permukaan tanah pada lubang yang telah dibuat sebelumnya. *Pitfall trap* selanjutnya diberi penutup untuk mencegah air hujan masuk ke dalam perangkap. Air sabun pada metode ini berfungsi sebagai *trap*.



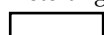
Gambar 1. Pemasangan *pitfall trap* di kebun teh PPTK Gambung

Pemasangan *pitfall trap* dilakukan di tiga titik sampel pada masing-masing blok selama 1x24 jam (Gambar 2.). Rentang waktu peletakan dan pengambilan *pitfall trap*, yaitu pukul 06.00–08.00 WIB. Serangga yang diperoleh lalu didokumentasikan, diidentifikasi, dan dikoleksi dalam bentuk awetan basah menggunakan alkohol 40%. Metode identifikasi menggunakan *Google Lens* dan studi pustaka. Selama pengambilan sampel juga dilakukan pencatatan terkait kondisi lingkungan di sekitar titik sampel (i.e. ekosistem kebun hortikultura, hutan, di bawah naungan, dan tanpa pohon pelindung). Data-data sekunder mengenai jadwal pemupukan dan pengaplikasian pestisida turut dihimpun untuk membantu kegiatan penelitian.



Gambar 2. Skema Titik *Sampling*

Keterangan:

 : Blok *sampling*
 : *Pitfall trap*

Data hasil *sampling* di analisis secara kuantitatif menjadi diagram lingkaran (*pie chart*) untuk melihat persentase tiap kelompok serangga tanah berdasarkan peran, ordo, dan spesies/genus. Tingkat keragaman serangga tanah diketahui melalui indeks Shannon-Wiener. Rumus indeks Shannon-Wiener adalah sebagai berikut:

$$H' = -\sum[(pi) \times \ln(pi)]$$

Dimana: H' merupakan indeks keberagaman Shannon-Wiener; pi adalah perbandingan jumlah individu spesies per jumlah total individu; $Pi = n_i / N$. Kriteria indeks keberagaman, yaitu $H' > 3$ = tinggi; $1 < H' < 3$ = sedang; dan $H' < 1$ = rendah (Tarihoran *et al.*, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komposisi Serangga Tanah

Berdasarkan hasil penelitian di 8 blok *sampling* perkebunan teh PPTK Gambung pada bulan Oktober – Desember 2023 dengan menggunakan metode *pitfall trap*, telah ditemukan sebanyak 285 individu serangga dari 6 ordo, 8 famili, dan 13 spesies. Hasil identifikasi serangga tanah yang ditemukan di perkebunan teh PPTK Gambung disajikan dalam Tabel 1.

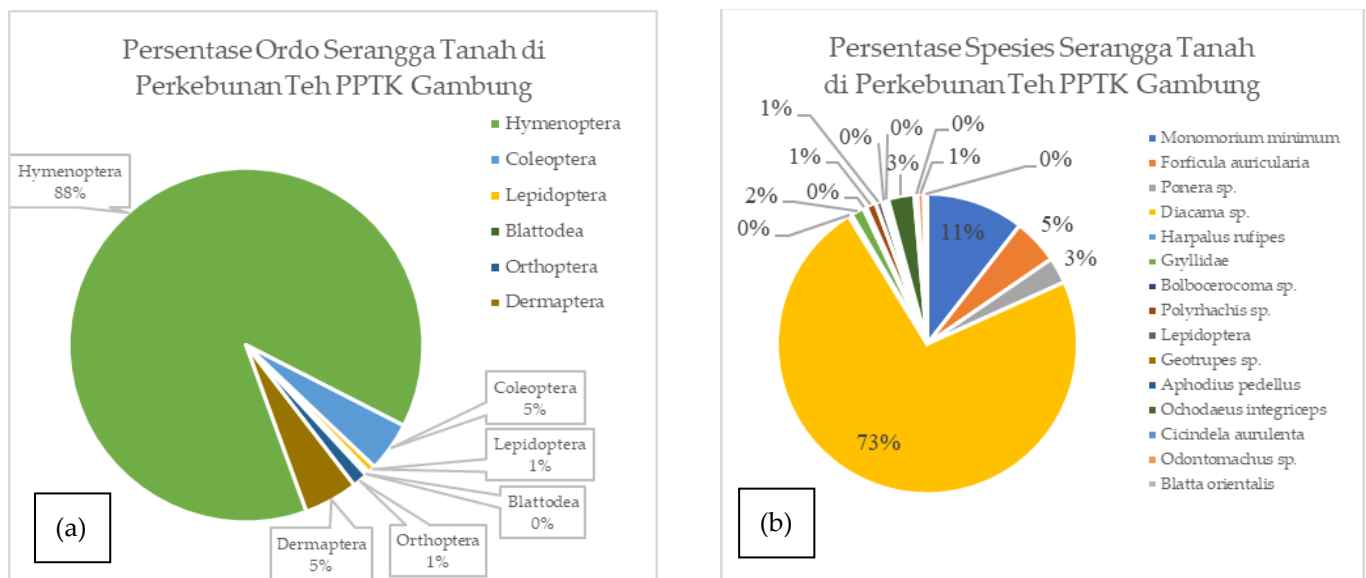
Tabel 1. Komposisi Serangga Tanah di Perkebunan Teh PPTK Gambung

Ordo	Famili	Genus/Spesies	Peran	Jumlah
Blattodea	Blattidae	<i>Blatta orientalis</i>	Dekomposer	1
	Bolboceratidae	<i>Bolbocerocoma sp.</i>	Dekomposer	1
Coleoptera	Carabidae	<i>Cicindela aurulenta</i>	Predator	1
		<i>Harpalus rufipes</i>	Dekomposer	1
	Geotrupidae	<i>Geotrupes sp.</i>	Dekomposer	1
	Scarabaeidae	<i>Aphodius pedellus</i>	Dekomposer	1
		<i>Ochodaeus integriceps</i>	Dekomposer	8
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>	Predator	14
		<i>Diacamma sp.</i>	Predator	208
		<i>Monomorium minimum</i>	Dekomposer	30
Hymenoptera	Formicidae	<i>Odontomachus sp.</i>	Predator	2
		<i>Polyrhachis sp.</i>	Predator	3
		<i>Ponera sp.</i>	Predator	8
Lepidoptera			Hama	2
Orthoptera	Gryllidae		Dekomposer	4
JUMLAH TOTAL				285

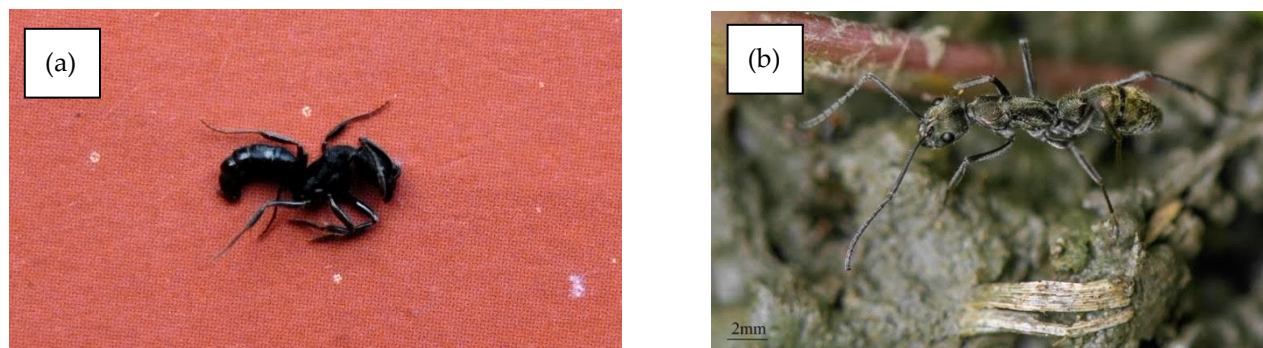
Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa komposisi serangga tanah di perkebunan teh PPTK Gambung terdiri atas 6 ordo, 8 famili, dan 13 spesies. Jumlah serangga tanah yang ditemukan dan diidentifikasi sebanyak 285 individu. Ordo tersebut meliputi Blattodea, Coleoptera, Dermaptera, Hymenoptera, Lepidoptera, dan Orthoptera. Ordo Blattodea terdiri atas famili Blattidae. Ordo Coleoptera memiliki jumlah famili paling beragam, yaitu 4 famili yang meliputi Bolboceratidae, Carabidae, Geotrupidae, dan Scarabaeidae. Ordo Dermaptera diwakili oleh famili Forficulidae. Famili yang terdapat dalam ordo Hymenoptera dan Orthoptera berturut-turut adalah Formicidae dan Gryllidae.

Gambar 3a menunjukkan bahwa ordo serangga tanah yang mendominasi di perkebunan teh PPTK Gambung adalah Hymenoptera khususnya famili Formicidae sejumlah 251 individu atau sebesar 88,1% dari keseluruhan individu yang ditemukan. Ordo terbanyak kedua, yaitu Coleoptera dan Dermaptera sebesar 5% kemudian diikuti ordo Lepidoptera serta Orthoptera masing-masing 1%. Ordo dengan persentase paling kecil ditunjukkan oleh Blattodea sebesar 0,35%.

Formicidae atau kelompok semut tersebar di seluruh titik sampling. Spesies yang terdapat dalam Formicidae, diantaranya *Diacamma sp.*, *Monomorium minimum*, *Odontomachus sp.*, *Polyrhachis sp.*, dan *Ponera sp.* Setiap spesies dalam kelompok ini memiliki peranan yang berbeda dalam ekosistem. Formicidae, menurut Oliveira *et al.* (2012), memiliki peran fungsional dalam ekosistem sebagai dekomposer. Eisawi *et al.* (2022) menambahkan bahwa Formicidae mempunyai perilaku dan karakteristik morfologi sebagai predator atau pengendali hayati. Peran lain Formicidae, seperti dikemukakan oleh Agus dan Septianjaya (2021), yaitu sebagai pemakan nektar, biji-bijian, embun madu, dan sekresi tumbuhan. Fakta ini menunjukkan bahwa Formicidae dapat berperan sebagai dekomposer (detritivor), predator, dan herbivora dalam jaring-jaring makanan.



Gambar 3. (a) Persentase Ordo Serangga Tanah di Perkebunan Teh PPTK Gambung; (b) Persentase Spesies Serangga Tanah di Perkebunan Teh PPTK Gambung.



Gambar 4. (a) Awetan *Diacamma* sp. yang terperangkap; (b) *Diacamma* sp. Sumber : Annagiri (2021)

Berdasarkan Gambar 3b diketahui bahwa spesies yang dominan di kebun teh PPTK Gambung yaitu *Diacamma* sp. yang mempunyai persentase 73% atau sebanyak 208 dari 285 individu total. Spesies ini berasal dari ordo Hymenoptera famili Formicidae (Gambar 4.). Karakteristik *Diacamma* sp. yang sangat khas dan mudah diidentifikasi, yaitu keberadaan pola lurik seperti pahatanan yang dalam di sisi mesosoma. Kombinasi pahatan tersebut, arolia yang menonjol, petiola bispinose, dan lubang kelenjar metapleurale yang membuka secara lateral juga membedakan *Diacamma* sp. dari genus *Ponera* (Schmidt dan Shattuck, 2014). *Diacamma* sp. tergolong ke dalam kelompok serangga predator. Menurut Prayoga *et al.* (2021), *Diacamma* sp. merupakan predator yang menjadi musuh alami bagi hama. Semut dalam koloni *Diacamma* sp. umumnya memangsa rayap (*Microtermes obesi*) yang merupakan hama pemakan batang pohon teh dan juga invertebrata lainnya (Annagiri, 2021; Deka *et al.*, 2021).

3.2. Keanekaragaman Serangga Tanah

Keanekaragaman serangga tanah digunakan sebagai bioindikator keadaan ekosistem, khususnya indikator kesuburan tanah yang menjaga keseimbangan ekosistem (Juniarti dan Rusniarsyah, 2022). Keanekaragaman serangga dapat diketahui dengan menggunakan indeks Shannon-Wiener. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa indeks Shannon-Wiener untuk serangga tanah di perkebunan teh PPTK Gambung, yaitu sebesar 1,11. Menurut Tarihoran *et al.* (2013), nilai indeks tersebut tergolong sebagai keragaman sedang.

Keragaman medium dapat terjadi apabila terdapat satu atau dua spesies yang mendominasi di suatu ekosistem, sedangkan spesies lain memiliki proporsi yang tidak merata. Menurut Suheriyanto *et al.* (2017), semakin banyak jenis spesies dan semakin merata persebarannya, maka keragaman akan semakin tinggi. Keragaman yang tinggi di suatu komunitas tidak bisa diikuti dominasi populasi spesies tertentu. Komunitas yang kurang beragam umumnya

memiliki satu atau dua spesies yang memiliki kepadatan lebih besar daripada yang lain. Keragaman serangga tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor lingkungan maupun teknik budidaya yang diterapkan. Basna (2017) mengemukakan bahwa perbedaan diversitas serangga pada tiap ekosistem disebabkan oleh faktor iklim, musim, ketinggian tempat, serta jenis makanan yang tersedia. Teknik budidaya turut memberikan pengaruh bagi keragaman serangga tanah. Teknik budidaya pada perkebunan teh meliputi pemangkasan, pengaplikasian pestisida dan herbisida, serta pemupukan.

Pemangkasan adalah teknik budidaya untuk memotong cabang-cabang teh. Borgohain *et al.* (2022) menjelaskan bahwa pemangkasan bertujuan untuk mengatur perdu, mengurangi hama dan insidensi penyakit, serta meningkatkan hasil. Pemangkasan rutin dilaksanakan setiap 4 tahun sekali di perkebunan teh PPTK Gambung, sehingga terdapat 4 tahun pangkas. Menurut Zulkarnain *et al.* (2018), pemangkasan mempengaruhi keragaman serangga tanah yang disebabkan oleh perbedaan faktor mikro. Faktor mikro yang dimaksud terdiri atas ketebalan seresah sisa pemangkasan, bahan organik, pH, dan kelembaban tanah.

Penggunaan pestisida dapat mempengaruhi diversitas serangga tanah. PPTK Gambung menggunakan herbisida berbahan aktif glifosat dengan interval aplikasi 2 bulan sekali dan dosis 2 liter/hektar. Insektisida yang diaplikasikan memiliki bahan aktif deltametrin. Menurut Gunstone (2021), intensifikasi dan polusi pertanian dari pengaplikasian pestisida menjadi pendorong utama penurunan serangga. Sanchez-Bayo (2021) menambahkan bahwa pestisida mengurangi kelimpahan serangga secara langsung dan tidak langsung. Pestisida secara langsung meningkatkan kematian atau mengurangi fekunditas spesies target. Pengaruh tidak langsung ditimbulkan melalui peningkatan pada satu spesies diikuti dengan penurunan populasi spesies lain. Efek ini muncul akibat modifikasi habitat terkait persaingan sumber daya antar spesies melalui jaring makanan.

Pemupukan di perkebunan teh PPTK Gambung dilaksanakan setiap tahun sekali dengan menggunakan berbagai dosis dan jenis pupuk anorganik. Rata-rata penggunaan pupuk PPTK Gambung, yaitu Urea (130 kg/ha), SP-36 (26 kg/ha), KCl (39 kg/ha), dan Kiesrit (33 kg/ha). Pemupukan bertujuan untuk menambah hara tanah dan memiliki pengaruh terhadap keragaman serangga tanah. Culliney (2013) mengemukakan bahwa nutrisi tanah mempengaruhi komunitas artropoda dengan meningkatkan pertumbuhan, fekunditas, kelangsungan hidup, dan kepadatan artropoda. Pemupukan juga dapat mempengaruhi iklim mikro tanah. Lin *et al.* (2013) menegaskan bahwa distribusi dan keragaman serangga tanah dipengaruhi oleh interval pemupukan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya variasi suhu dan kelembaban tanah.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 285 individu serangga tanah berhasil yang teridentifikasi dan berasal dari 6 ordo, 8 famili, serta 13 spesies. Spesies dengan komposisi terbanyak, yaitu *Diacamma* sp. dengan persentase sebesar 73% dan termasuk Ordo Hymenoptera yang memiliki persentase 73%. Keragaman serangga tanah di perkebunan teh PPTK Gambung memiliki nilai indeks Shannon-Wiener 1,11; sehingga dikategorikan sebagai keragaman sedang.

Daftar Pustaka

- Agus, Y.H.; Septianjaya, T. (2021). Semut (Hymenoptera: Formicidae) yang ditemukan di hutan kota Bendosari, Kota Salatiga. *Agric*, 33, 215-224.
- Ahammed, G.J.; Li, X. (2022). Hormonal regulation of health-promoting compounds in tea (*Camellia sinensis* L.). *Plant physiology and biochemistry*, 185, 390-400. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.06.021.
- Annagiri, S. *Diacamma*. (2021). In *Encyclopedia of Social Insects*; Starr, C.K; Springer: Cham, Swiss, 2021; pp. 325-330. DOI: 10.1007/978-3-030-28102-1_35.
- Aryoudi, A.; Pinem, M.I.; Marheni. (2015). Interaksi tropik jenis serangga di atas permukaan tanah (*yellow trap*) dan pada permukaan tanah (*pitfall trap*) pada tanaamn terung belanda (*Solanum betaceum* Cav.) di lapangan. *Online Agroteknologi*, 3, 1250-1258.
- Basna, M.; Koneri, R.; Papu, A. (2017). Distribusi dan diversitas serangga tanah di Taman Hutan Raya Gunung Tumpa Sulawesi Utara. *MIPA UNSRAT Online*, 6, 36-42.
- Bhuyan, G.D.; Nath, R.K.; Borthakur, S. (2020). Management of soft bodied insect of tea by using tellow sticky trap and blue sticky trap. *International Journal of Recent Scientific Research*, 11, 39509-39511. DOI: 10.24327/ijrsr.2020.1108.5517.
- Borgohain, A., Sarmah, M., Konwar, K., Gogoi, R., Gogoi, B.B., Khare, P., Paul, R.K., Handique, J.G., Malakr, H., Deka, D., Saikia, J., Karak, T. (2022). Tea pruning litter biochar amendment in soil reduces arsenic, cadmium, and chromium in made tea (*Camellia sinensis* L.) and tea infusion: A safe drink for the consumers. *Food Chemistry: X*, 13, 1-11. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100255.

- Culliney, T.W. (2013). Role of arthropods in maintaining soil fertility. *Agriculture*, 3, 629-659. DOI: 10.3390/agriculture3040629.
- Deka, B.; Babu, A.; Peter, A.J.; Kumhar, K.C.; Sarkar, S.; Rajbongshi, H.; Dey, P.; Amalraj, E.L.D.; Talluri, V.R. (2021). Potential of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* s.l. in controlling live-wood eating termite, *Microtermes obesi* (Holmgren) (Blattodea: Termitidae) infesting tea crop. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31, 1-8. DOI: 10.1186/s41938-021-00477-4.
- Eisawi, K.A.E.; Subedi, I.P.; Yode, C.D.; He, H. (2022). Ants (Hymenoptera: Formicidae) increase predation of *Belenois solilucis* (Lepidoptera: Pieridae) eggs in organic agriculture production systems: A multiple-site field study at Rashad, Sudan. *Sociobiology*, 69, 1-13. DOI: 10.13102/sociobiology.v6i2.7746.
- Gunstone, T.; Cornelisse, T.; Klein, K.; Dubey, A.; Donley, N. (2021). Pesticides and soil invertebrates: A hazard assessment. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1-21. DOI: 10.3389/fenvs.2021.643847.
- Haq, M.S.; Karyudi. (2013). Upaya peningkatan produksi teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) melalui penerapan kultur teknis. *Warta PPTK*, 24, 71-84.
- Imboma, T.S.; Gao, D.P.; You, M.S.; You, S.; Lovei, G.L. (2020). Predation pressure in tea (*Camellia sinensis*) plantations in south-eastern China measured by the sentinel prey method. *Insects*, 11, 1-10. DOI: 10.3390/insects11040212.
- Juniarti, F.; Rusniarsyah, L. (2022). Diversity of soil surface insects in three land use types in Sintang District, West Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 959, 1-9. DOI: 10.1088/1755-1315/959/1/012026.
- Karinasari, F.; Gama, Z.P.; Leksono, A.S. (2021). Composition and ecological role of soil macrofauna in Selorejo and Punten Citrus Farming, Malan – East Java. *Biotropika*, 9, 10-18. DOI: 10.21776/ub.biotropika.2021.009.01.02.
- Lin, Y.H.; Lu, P.; Yang, X.Y.; Zhang, F.D. (2013). Soil insect diversity and abundance following different fertilizer treatments on the Loess Plateau of China, 12, 1644-1651.
- Oliveira, R.F.; Almeida, L.C.; Souza, D.R.; Munhae, C.B.; Bueno, O.C.; Morini, S.C. (2012). Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) and predation by ants on the different stages of the sugarcane over life cycle *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *European Journal of Entomology*, 109, 381-387.
- Paul, S.K.; Ahmed, M.J.; Mamun, M.S.A.; Alam, M.J. (2018). Diversity of insect, mite and nematode species in tea ecosystem of Bangladesh. *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 3, 31-44. DOI: 10.3329/jbcbm.v3i1.36758.
- Prayoga, N.A.; Rahardjo, B.T.; Widjayanti, T. (2021). Keanekaragaman jenis semut (Hymenoptera: Formicidae) pada ekosistem tanaman tebu PHT dan konvensional. *HPT*, 9, 78-84. DOI: 10.31776/ub.jurnalhpt.2021.009.3.2.
- Sanchez-Bayo, F. (2021). Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. *Toxics*, 9, 177-198. DOI: 10.3390/toxics9080177.
- Saroh, I.; Krisdianto. (2020). Manfaat ekologis kanopi pohon terhadap iklim mikro di ruang terbuka hijau kawasan perkotaan. *Hutan dan Masyarakat*, 12, 136-145.
- Schmidt, C.A.; Shattuck, S.O. (2014). The higher classification of the ant subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a review of ponerine ecology and behavior. *Zootaxa*, 3817, 1-242. DOI: 10.11646/zootaxa.3817.1.1.
- Suheriyanto, D.; Qiptiyah, M.; Prahardika, B.A. (2017). Diversity of soil arthropods in the tea plantation of PTPN XII Bantaran Blitar. *El-Hayah*, 6, 96-103.
- Tarihoran, P.; Siregar, A.Z.; Marheni. (2020). Diversity index of insect species on sorghum plantations in Kolam Village, Percut Sei Tuan District, Deli Serdang. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 3, 3-17. DOI: 10.32734/injar.v3i2.3865.
- Wachira, F.; Kamunya, S.; Karori, S.; Chalo, R.; Maritim, T. (2013). The tea plants: Botanical aspects. *Tea in Health and Disease Prevention*, 3-17. DOI: 10.1016/B978-0-12-384937-3.00001-X.
- Xia, E.H.; Tong, W.; Wu, Q.; Wei, S.; Zhao, J.; Zhang, Z.Z.; Wei, C.L.; Wan, X.C. (2020). Tea plant genomics: achievements, challenges and perspectives. *Horticulture Research*, 7, 1-19. DOI: 10.1038/s41438-019-0225-4.
- Xu, C.; Zeng, Y.; Zheng, Z.; Zhao, D.; Liu, W.; Ma, Z.; Wu, B. (2022). Assessing the impact of soil on species diversity estimation based on UAV imaging spectroscopy in a Natural Alpine Steppe. *Remote Sensing*, 14, 671. DOI: 10.3390/rs14030671.
- Zulkarnain; Arifin, Z.; Riyanto. (2018). Inventarisasi serangga tanah di lahan bekas kebakaran Desa Tanjung Batu Kecamatan Tanjung Batu, Kabupaten Ogan Ilir dan sumbangannya pada pembelajaran biologi SMA. *Pembelajaran Biologi*, 5, 1-10.