

# Species Diversity of Grasshopper (Orthoptera: Caelifera) at the Rehabilitation Zone of the Bonangan Block, Wonoasri Resort, Meru Betiri National Park

(Keanekaragaman Jenis Belalang (Orthoptera: Caelifera) di Zona Rehabilitasi Blok Bonangan Resort Wonoasri Taman Nasional Meru Betiri)

Rendy Setiawan<sup>\*</sup>, Arif Mohammad Siddiq, Mia Bella Dwy Ananda  
Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember, Indonesia

## ABSTRACT

Grasshoppers (Caelifera) are herbivorous insects that act as first consumers in the food chain. Grasshoppers can detect the presence or absence of plants as a source of food and a place to live, as well as being an indicator of environmental recovery. This study aims to determine the diversity of grasshopper species in the rehabilitation zone of Bonangan Block, Resort Wonoasri Meru Betiri National Park. The sampling method used a structured roaming technique. The results obtained nine types of grasshoppers covering seven genera with a total of 228 individuals. The diversity index value obtained is 1.86. The conclusion of this study was that the composition of grasshoppers included nine types of grasshoppers found, namely *Oxya* sp., *Catantops* sp., *Trilophidia* sp. (1), *Trilophidia* sp. (2), *Schistocerca* sp., *Acrida* sp., *Phlaeoba* sp., *Atractomorpha* sp. (1) and *Atractomorpha* sp. (2). The value of the diversity index of grasshoppers is in the medium category with the diversity index value of 1.86.

Belalang (Caelifera) adalah serangga herbivor yang berperan sebagai konsumen pertama dalam rantai makanan. Belalang dapat mendeteksi ada tidaknya tumbuhan sebagai sumber makanan dan tempat hidupnya, sekaligus menjadi salah satu indikator pemulihan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan keanekaragaman jenis belalang di zona rehabilitasi Blok Bonangan, Resort Wonoasri TNMB. Metode pengambilan spesimen menggunakan teknik jelajah terstruktur. Hasil penelitian diperoleh sembilan jenis belalang yang meliputi tujuh genus dengan total 228 individu. Nilai indeks keanekaragaman yang diperoleh sebesar 1,86. Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan komposisi belalang meliputi sembilan jenis belalang yang ditemukan yaitu *Oxya* sp., *Catantops* sp., *Trilophidia* sp. (1), *Trilophidia* sp. (2), *Schistocerca* sp., *Acrida* sp., *Phlaeoba* sp., *Atractomorpha* sp. (1) dan *Atractomorpha* sp. (2). Nilai indeks keanekaragaman jenis belalang termasuk kategori sedang dengan nilai indeks keanekaragaman adalah 1,86.

**Keywords:** Grasshopper, Caelifera, Species Diversity, Meru Betiri National Park.

<sup>\*</sup>Corresponding author:  
Rendy Setiawan  
E-mail: rendy.fmipa@unej.ac.id

## PENDAHULUAN

Belalang (Caelifera) memiliki lebih dari 11000 jenis yang telah teridentifikasi sampai saat ini [1]. Belalang subordo Caelifera merupakan herbivor yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh vegetasi dalam suatu ekosistem [2]-[3]. Belalang dapat ditemukan di berbagai tipe habitat antara lain pekarangan, semak belukar, lahan pertanian, dan hutan [3]-[4]. Belalang di ekosistem hutan ataupun non hutan menjadi bagian penting dalam berlangsungnya proses aliran energi karena berperan sebagai konsumen pertama dalam

rantai makanan [5]. Belalang memakan kuncup-kuncup bunga atau dedaunan vegetasi habitus herba, semak bahkan pohon. Oleh karena itu, belalang dapat mendeteksi ada tidaknya tumbuhan sebagai sumber makanan dan tempat hidupnya, sekaligus menjadi salah satu indikator pemulihan ekosistem [6].

Salah satu indikator keberhasilan pemulihan ekosistem dapat diketahui dengan menentukan nilai indeks keanekaragaman jenis. Nilai indeks keanekaragaman jenis dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh gangguan lingkungan didalam suatu ekosistem [7]. Indeks keanekaragaman dapat diperoleh berdasarkan dua komponen yaitu jumlah

jenis (*richness*) dan kelimpahan jenis dalam suatu komunitas [8]. Jumlah jenis dan kelimpahan jenis dalam komunitas yang memiliki nilai hampir sama menyebabkan nilai keanekaragaman jenis tinggi [9]. Keanekaragaman jenis belalang di suatu ekosistem sangat dipengaruhi oleh sumber daya pendukung, salah satunya adalah tumbuhan [10].

Tumbuhan memiliki peran utama sebagai sumber pakan bagi belalang sehingga semakin beragam jenis tumbuhan yang tersedia mengakibatkan semakin tinggi pula sumber pakan bagi belalang [3]. Zona rehabilitasi merupakan area pemulihan suatu ekosistem yang mengalami kerusakan. Zona rehabilitasi di Resort Wonoasri terbagi menjadi empat blok pengelolaan, yaitu Curah Malang, Donglo, Pletes dan Bonangan [11]. Alasan memilih lokasi Blok Bonangan karena kawasan ini merupakan kawasan peralihan dari area rehabilitasi menuju ke hutan primer sehingga terdapat ekosistem ekoton yang diduga merupakan habitat alami belalang. Keanekaragaman dan kelimpahan belalang memiliki peran dan fungsi dalam keseimbangan ekosistem sehingga keberadaannya menjadi penting dalam membantu pemulihan ekosistem [12]. Hasil penelitian ini tentunya akan melengkapi data keanekaragaman jenis belalang di kawasan pelestarian Taman Nasional Meru Betiri (TNMB) khususnya di zona rehabilitasi Blok Bonangan.

## METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai bulan September 2022. Observasi dan pengambilan data dilakukan di zona rehabilitasi Blok Bonangan, Resort Wonoasri, TNMB. Pengambilan spesimen belalang menggunakan metode jelajah sistematis [13]-[14]. Pengumpulan data belalang menggunakan jaring serangga dengan teknik ayunan berpola. Jaring serangga diayunkan ke kanan dan ke kiri dengan konsisten sebanyak sepuluh kali ayunan disepanjang jalur yang telah ditentukan [15]. Waktu pengambilan data dilakukan pada pagi hari pukul 08.00 - 10.00 WIB dan sore hari pukul 14.00 - 16.00 WIB [16]. Setiap spesimen belalang yang sudah tertangkap kemudian dibedakan berdasarkan karakteristik morfologinya (warna, ukuran tubuh, femur belakang, bentuk kepala). Perwakilan individu belalang yang diduga memiliki jenis yang berbeda kemudian dimasukkan kedalam

*killing bottle* yang berisi alkohol 70% untuk dilakukan identifikasi lebih lanjut. Pengambilan data pendukung berupa faktor abiotik dan jenis tumbuhan yang ditempati. Faktor abiotik yang diukur yaitu suhu udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya. Sementara itu, pencatatan jenis tumbuhan merupakan tumbuhan yang ditempati oleh belalang.

### Analisis Data

Nilai indeks keanekaragaman belalang di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB dihitung menggunakan rumus nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener [18] sebagai berikut:

$$H' = -\sum (P_i \ln P_i) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- $H'$  = Indeks Keanekaragaman jenis
- $P_i$  = Jumlah individu jenis ke- $i$  terhadap jumlah total individu semua jenis ( $N_i/N$ )
- $N_i$  = Jumlah individu seluruh jenis ke- $i$
- $N$  = Jumlah individu semua jenis

Menurut [17] keanekaragaman jenis dapat dikategorikan menjadi tiga kategori sebagai berikut:

- $H' < 1$  = Keanekaragaman rendah
- $1 < H' < 3$  = Keanekaragaman sedang
- $H' > 3$  = Keanekaragaman tinggi

Pengukuran data abiotik di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB meliputi suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya digunakan sebagai data pendukung pada penelitian ini. Data abiotik yang diperoleh dimasukkan ke *Microsoft Excel* lalu diinterpretasikan sebagai interval nilai terendah dan tertinggi dari setiap parameter. Data tumbuhan yang dicatat adalah tumbuhan yang berasosiasi dengan belalang. Identifikasi dilakukan menggunakan buku *Flora of Java* [19]. Data tumbuhan yang diperoleh kemudian ditabulasikan ke aplikasi *Microsoft Excel* dan diinterpretasikan kedalam bentuk gambar

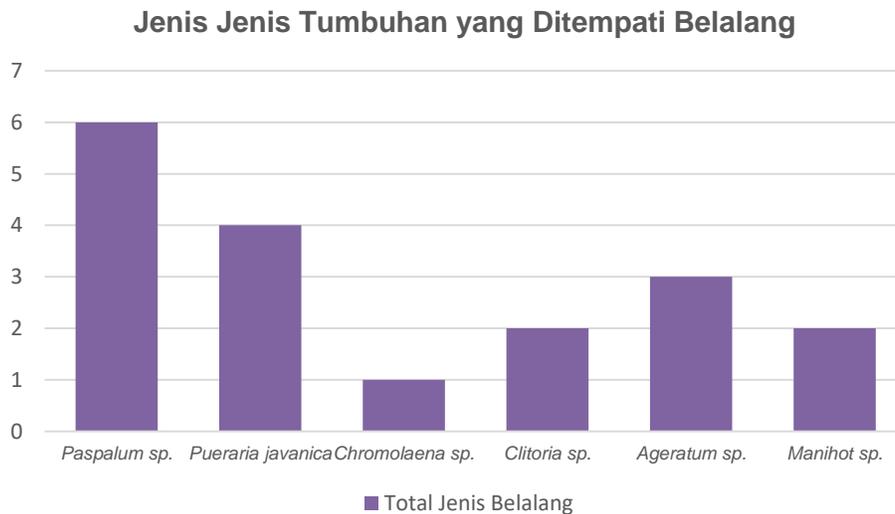
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Belalang yang ditemukan di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB sebanyak 228 individu yang termasuk dalam dua superfamili, tujuh genus, dan sembilan jenis. Jenis belalang yang ditemukan adalah *Oxya* sp., *Catantops* sp., *Trilophidia* sp. (1), *Trilophidia* sp. (2), *Schistocerca* sp., *Acrida* sp., *Phlaeoba* sp., *Atractomorpha* sp. (1) dan *Atractomorpha* sp. (2). Data jenis belalang dan total individu belalang yang

ditemukan di Blok Bonangan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi jenis belalang di zona rehabilitasi Blok Bonangan

Superfamili	Genus	Spesies	Jumlah Individu
Acridoidea	<i>Oxya</i>	<i>Oxya</i> sp.	34
	<i>Catantops</i>	<i>Catantops</i> sp.	25
	<i>Trilophidia</i>	<i>Trilophidia</i> sp. (1)	48
		<i>Trilophidia</i> sp. (2)	45
	<i>Schistocerca</i>	<i>Schistocerca</i> sp.	15
	<i>Acrida</i>	<i>Acrida</i> sp.	3
	<i>Phlaeoba</i>	<i>Phlaeoba</i> sp.	52
Pyrgomorphoidea	<i>Atractomorpha</i>	<i>Atractomorpha</i> sp. (1)	3
		<i>Atractomorpha</i> sp. (2)	3
Jumlah total individu			228



Gambar 1. Jenis tumbuhan yang ditempati belalang

Nilai Indeks Keanekaragaman jenis belalang di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB menunjukkan nilai 1,86 yang tergolong dalam kriteria sedang. Penggolongan kriteria nilai indeks keanekaragaman jenis yang bernilai lebih dari satu dan kurang dari tiga adalah termasuk kategori keanekaragaman sedang [17]. Nilai keanekaragaman jenis belalang dalam kategori sedang memiliki arti bahwa jenis belalang cukup beragam dan memiliki kelimpahan antar jenis yang cukup merata.

Keanekaragaman jenis belalang di Blok Bonangan dipengaruhi oleh kondisi ekosistem yang didominasi semak dan herba dengan adanya sedikit tegakan. Tegakan yang masih sedikit menyebabkan area di Blok Bonangan lebih terbuka. Hal ini sesuai dengan penelitian [20] bahwa belalang lebih banyak ditemukan di lingkungan yang terbuka dan tidak banyak terdapat

rerimbunan pohon sehingga lebih banyak cahaya diarea tersebut [20]. Akan tetapi, seiring dengan pengelolaan di zona rehabilitasi menjadi hutan primer dengan menambah jumlah tumbuhan tegakan akan mempengaruhi jenis belalang diekosistem. Keberadaan belalang akan semakin berkurang dikarenakan belalang akan berpindah ke tempat sekitar yang menyediakan sumber pakan dengan kondisi ekosistem yang lebih terbuka.

Semak dan herba yang tumbuh di Blok Bonangan diduga dapat menjadi sumber pakan bagi belalang sehingga dapat mengundang belalang untuk menempati ekosistem tersebut. Berdasarkan penelitian [12] menunjukkan nilai keanekaragaman caelifera tertinggi terdapat dilokasi yang memiliki kondisi tumbuhan didominasi oleh semak dan herba karena menyediakan sumber pakan bagi belalang [12].

Sumber pakan dapat diperoleh dari berbagai jenis tumbuhan, sehingga semakin kompleks tumbuhan dalam suatu ekosistem akan berpengaruh terhadap keanekaragaman serangga didalamnya [21]. Beberapa tumbuhan di Blok Bonangan yang ditempati belalang dan diduga menjadi sumber pakan bagi belalang antara lain rerumputan (*Paspalum* sp.), kacang PJ (*Pueraria javanica*), Kirinyu (*Chromolaena* sp.), kembang telang (*Clitoria* sp.), bandotan (*Ageratum* sp.), dan singkong (*Manihot* sp.). *Paspalum* sp. merupakan tumbuhan yang banyak ditempati oleh belalang, terdapat enam jenis belalang yang menempati tumbuhan tersebut antara lain *Oxya* sp., *Trilophidia* sp. (1), *Trilophidia* sp. (2), *Acrida* sp., *Phlaeoba* sp., dan *Catantops* sp. Rerumputan (*Paspalum* sp.) tumbuh secara liar dan banyak ditemukan di zona rehabilitasi Blok Bonangan. Selain *Paspalum* sp., tanaman yang banyak ditemukan di zona rehabilitasi Blok Bonangan yaitu kacang PJ (*Pueraria javanica*). Saat pengambilan data yang dilakukan di bulan Juli bertepatan dengan musim kacang PJ yang hampir panen. Adanya rerumputan dan kacang-kacangan dapat menjadi sumber pakan bagi belalang sehingga total jenis belalang yang ditemukan di zona rehabilitasi Blok Bonangan cukup beragam. Berdasarkan penelitian [22], Caelifera banyak ditemukan distasiun yang ditumbuhi rerumputan, hal ini dikarenakan rerumputan merupakan sumber pakan dan habitat yang disukai oleh belalang. Jenis *Phlaeoba* sp. mampu beradaptasi dengan cara berkamuflase dengan rerumputan sekaligus memanfaatkannya sebagai sumber makanan sehingga jumlah individunya paling tinggi dibandingkan jenis belalang lainnya.

Keanekaragaman jenis belalang selain dipengaruhi oleh tumbuhan sebagai penyedia makanan, juga dipengaruhi oleh adanya faktor abiotik. Kondisi di zona rehabilitasi Blok Bonangan memiliki area yang cukup landai dengan sedikit ditumbuhi tegakan dan banyak jenis semak dan herba. Banyaknya vegetasi rendah menyebabkan area di Blok bonangan lebih terbuka dan tidak lembab karena sinar matahari tidak tertutup oleh kanopi. Kondisi ekosistem yang cenderung kering dan masih dapat ditoleransi oleh belalang dapat mendukung pertumbuhan, aktifitas mencari makan dan kemampuan terbang dari belalang [23]. Hasil pengukuran data abiotik yang diperoleh merupakan interval dari suhu, kelembaban udara dan intensitas cahaya yang ditampilkan dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Data abiotik di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB

Faktor Lingkungan	Interval
Suhu (°C)	28,1 - 34,7
Kelembaban udara (%)	47,4 - 70,4
Intensitas cahaya (lux)	798 - 1256

Data suhu yang diperoleh dari empat stasiun pengambilan data di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB memiliki nilai interval yaitu 28,1°C - 34,7°C. Menurut [23], Suhu yang efektif bagi perkembangan serangga tanah termasuk ordo Orthoptera adalah 15°C (suhu minimum), 25°C (suhu optimum), 45°C (suhu maksimum). Dengan demikian, rentan suhu dilokasi penelitian termasuk suhu optimum yang efektif untuk mendukung kehidupan belalang di zona rehabilitasi Blok Bonangan TNMB. Suhu yang terdapat dalam ekosistem berhubungan dengan kelembaban udara yang terdapat di ekosistem tersebut. Nilai suhu yang tinggi menyebabkan kelembaban udara menjadi rendah begitu juga sebaliknya. Kelembaban udara yang terdapat di zona rehabilitasi Blok Bonangan diambil dari empat stasiun dan didapatkan nilai kelembaban udara berkisar antara 47,4% - 70,4%. Belalang masih dapat beradaptasi dilingkungan dengan kelembaban 40% sampai 80% [12]. Berdasarkan hal tersebut, zona rehabilitasi Blok Bonangan memiliki kelembaban udara yang mendukung kehidupan belalang. Suhu terendah dan kelembaban tertinggi didapatkan pada saat pengukuran pagi hari, hal ini disebabkan oleh kondisi lokasi pengambilan data masih berembun. Suhu dapat mempengaruhi kelimpahan jenis belalang dalam suatu ekosistem. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian dari [24] bahwa terdapat korelasi positif antara kelimpahan jenis belalang dengan suhu lingkungan.

Nilai intensitas cahaya yang didapatkan di empat stasiun zona rehabilitasi Blok Bonangan adalah 650 Lux - 1120 Lux. Intensitas cahaya mempengaruhi keberadaan belalang di alam. Intensitas cahaya dilokasi penelitian cukup tinggi dikarenakan masih sedikit tegakan yang tumbuh sehingga tutupan kanopi masih jarang dan area penelitian didominasi oleh vegetasi rendah. Intensitas cahaya mempengaruhi aktivitas belalang saat mencari makan. Menurut [25] intensitas cahaya yang tinggi memiliki kaitan dengan suhu yang tinggi, hal tersebut dapat mendukung aktivitas biologis serangga berupa perkembangan larva, kemampuan

terbang, aktivitas mencari makan, bertelur dan mempengaruhi proses metabolisme serangga.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan komposisi belalang meliputi sembilan jenis yang termasuk kedalam tujuh genus dengan total individu sejumlah 228 individu. Jenis belalang yang ditemukan yaitu *Oxya* sp., *Catantops* sp., *Trilophidia* sp. (1), *Trilophidia* sp. (2), *Schistocerca* sp., *Acrida* sp., *Phlaeoba* sp., *Atractomorpha* sp. (1) dan *Atractomorpha* sp. (2). Nilai indeks keanekaragaman jenis belalang di zona rehabilitasi Blok Bonangan, Resort Wonoasri, Taman Nasional Meru Betiri termasuk kategori sedang dengan nilai indeks keanekaragaman adalah 1,86.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pengelola Taman Nasional Meru Betiri yang telah memberkan izin terhadap kegiatan penelitian yang dilakukan di Blok Bonangan, Resort Wonoasri.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Song, M. M. Amédégnato, Cigliano, L. G. Desutter, S. W. Heads, Y. Huang, and M. F. Whiting, "300 Million years of diversification: elucidating the patterns of orthopteran evolution based on comprehensive taxon and gene sampling," *Cladistics*, vol. 31, no. 6, pp. 621-651, 2015.
- [2] D. J. Borror, C. A. Triplehorn, and N. F. Johnson, *An Introduction to The Study of Insects 6<sup>th</sup> Edition*, USA: Saunders College Publishing, 1989.
- [3] B. Prakoso, "Biodiversitas belalang (Acrididae: Ordo Orthoptera) pada agroekosistem (*Zea mays* L.) dan ekosistem hutan tanaman," *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, vol. 34, no. 2, pp. 80-88, 2017.
- [4] J. F. Meyer, Orthoptera, <https://bit.ly/3REOGIO> [diakses pada 29 Maret 2022].
- [5] S. Rosyada, and W. Budijastuti, "Hubungan faktor lingkungan terhadap keanekaragaman belalang dan hubungan antarkarakter morfometri belalang di Hutan Kota Surabaya," *Lentera Bio*, vol. 10, no. 3, pp. 375-384, 2021.
- [6] A. Nurnafiah, "Keanekaragaman jenis belalang di lahan rehabilitasi Blok Pletes Resort Wonoasri Taman Nasional Meru Betiri dan pemanfaatannya sebagai buku referensi," *Skripsi*, Universitas Jember, 2020.
- [7] E. P. Odum, *Dasar Dasar Ekologi Edisi Ketiga*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1983.
- [8] T. D. Schowalter, *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*, USA: Elsevier Inc, 2006.
- [9] A. Soegianto, *Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas*, Surabaya: Usaha Nasional, 1994.
- [10] C. G. Semiun, and Y. I. Mamulak, "Keanekaragaman jenis belalang (Ordo Orthoptera) di pertanian kacang hijau (*Vigna radiata* L.) Desa Manusak Kabupaten Kupang," *STIGMA: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, vol. 12, no. 02, pp. 66-70, 2019.
- [11] Balai Taman Nasional Meru Betiri, <https://merubetiri.id/> [diakses pada 29 Maret 2022].
- [12] M. Abrori, A. S. Leksono, and Z. P. Gama, "The abundance and diversity of grasshopper (Orthoptera) in Batu City, East Java," *Journal of Tropical Biology*, vol. 9, no. 1, pp. 19-26, 2021.
- [13] T. A. Bookhout, *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*, Kansas (US): Allen Press Inc, 1996.
- [14] M. A. Rina, A. Ajizah, and R. Irianti, "Keragaman jenis belalang (Orthoptera) di persawahan Desa Beringin Kencana Kecamatan Tabungane," *Wabana-Bio: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, vol. 13, no. 2, pp. 74-81, 2021.
- [15] H. I. Kojon, M. F. Dien, and N. N. Wantah, "Serangga predator pada ekosistem padi sawah di Kecamatan Tombatu, Kabupaten Minahasa Tenggara," *In Cocos*, vol. 6, no. 6, 2015.
- [16] A. N. Afdila, M. Kanedi, N. Nukmal, and S. Sutyarso, "The diversity of grasshoppers in Liwa Botanical Garden based on time capture," *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, vol. 7, no. 1, pp.18-24, 2020.
- [17] C. J. Krebs, *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, Second Edition, New York: Harper & Row Publishers. Inc, 1989.
- [18] A. E. Magurran, *Ecological Diversity and Its Measurement*, London: Croom Helm Limited, 1988.
- [19] C. A. Backer, and R. C. B. V. D. Brink, *Flora of Java*, Netherland: The Rijksherbarium, 1968.
- [20] M. Farhan, A. S. Leksono, and B. Yanuwadi, "The diversity and abundance of grasshopper communities based on differences altitude in Malang Indonesia," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 9, no. 12, 2020.
- [21] N. V. Erawati, and S. Kahono, "Keanekaragaman dan kelimpahan belalang dan kerabatnya (Orthoptera) pada dua ekosistem pegunungan di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak," *Jurnal Entomologi Indonesia*, vol. 7, no. 2, pp. 100-115, 2010.

- [22] M. Mawardi, R. Yolanda, and A. A. Purnama, “Jenis-jenis belalang (Orthoptera: Caelifera) di Dusun II Desa Tambusai Timur Kecamatan Tambusai Kabupaten Rokan Hulu,” *Disertasi*, Riau: Universitas Pasir Pengaraian, 2016.
- [23] M. Basna, R. Koneri, and A. Papu, “Distribusi dan diversitas serangga tanah di taman hutan raya Gunung Tumpa Sulawesi Utara,” *Jurnal MIPA Unsrat*, vol. 6, no. 1, pp. 36-42, 2017.
- [24] A. S. Leksono, B. Yanuwadi, A. Afandhi, M. Farhan, and A. Zairina, “The abundance and diversity of grasshopper communities in relation to elevation and land use in Malang, Indonesia,” *BIODIVERSITAS*, vol. 21, no. 12, pp. 5614-5620, 2020.
- [25] M. R. R. Taradipha, S. B. Rusyanti, and N. F. Haneda, “Karakteristik lingkungan terhadap komunitas serangga,” *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 394-404, 2019.