# Kelimpahan Serangga Musuh Alami Dalam Ekosistem Budidaya Kubis Konvensional

Jeffij V. Hasinu*), A. Marthin Kalay

Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Jl. Ir. M. Putuhena Poka Ambon,
* Korespondensi: jeffijhasinu@gmail.com

**ABSTRAK**

Pemanfaatan musuh alami dalam mengendalikan hama ulat perusak daun (*Plutella xylostella* dan *Crocidolomia pavonana*) pada tanaman kubis menjadi alternatif ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetis dan menjaga keseimbangan ekosistem pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan kelimpahan serangga musuh alami di pertanaman kubis di desa Waimital Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat. Penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan metode survei lapangan melalui pengamatan dan koleksi berkala serangga musuh alami pada lahan kubis konvensional dengan teknik pengambilan sampel secara diagonal. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan 213 individu musuh alami yang terdiri dari 4 ordo dan 9 famili, dengan populasi predator tertinggi adalah Formicidae (147) individu dan populasi parasitoid tertinggi famili Tachinidae (5) individu. Nilai indeks keanekaragaman ($H' = 1{,}0914$) tergolong katagori sedang dan kemerataan ($e = 0{,}4967$) tergolong dalam kategori sedang.

Kata kunci: Kelimpahan, musuh alami, pertanaman kubis, konvensional

# Abundance of Natural Enemy Insects In the Conventional Cabbage Cultivation Ecosystem

**ABSTACT**

Utilization of natural enemies in controlling leaf-destroying caterpillar pests (*Plutella xylostella* And *Crocidolomia pavonana*) on cabbage plants is an environmentally friendly alternative to reduce the use of synthetic pesticides and maintain the balance of agricultural ecosystems. This study aims to find the abundance of natural enemy insects in cabbage plantations in Waimital Village, Kairatu District, West Seram Regency. Quantitative descriptive research uses a field survey method through periodic observation and collection of natural enemy insects in conventional cabbage fields with a diagonal sampling technique. Based on the results of the study, 213 natural enemy individuals were found consisting of 4 orders and 9 families, with the highest predator population being Formicidae (147) individuals and the highest parasitoid population being the Tachinidae family (5) individuals. The diversity index value *(H'* = 1,0914) is classified as moderate, and evenness (*e* = 0,4967) is included in the moderate category.

Keywords: Abundance; cabbage; cultivation; conventional.

## PENDAHULUAN

Tanaman kubis *(Brassica oleracea* var. *capitata* L.) sebagai salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peran penting dalam menunjang ketahanan pangan dan pemenuhan gizi masyarakat di Indonesia. Tanaman ini kaya akan berbagai nutrisi seperti serat pangan, vitamin C, kalium, serta senyawa fitokimia aktif golongan glukosinolat yang berfungsi sebagai antioksidan alami dapat pembasmi radikal bebas [1],[2]. Selain memberikan manfaat kesehatan, kubis juga menjadi pilar ekonomi agribisnis yang vital bagi para petani di berbagai daerah di Indonesia. Berdasarkan data nasional terakhir ini, produksi kubis di Indonesia menunjukkan tren yang stabil dengan kontribusi tertinggi dari wilayah dataran tinggi di Pulau Jawa dan Sumatera [3]. Di Provinsi Maluku, angka produksi kubis berfluktuatif akibat keterbatasan lahan dataran tinggi yang sesuai serta kendala distribusi antarpulau menjadi salah satu faktor pembatas dalam budidaya tanaman kubis. Serangan hama,

khususnya ulat perusak daun seperti *Plutella xylostella* dan *Crocidolomia pavonana* dapat mengakibatkan penurunan kualitas hingga kegagalan panen [4]. Guna menekan dampak buruk penggunaan pestisida sintetik terhadap lingkungan, strategi pengendalian hayati berbasis pemanfaatan musuh alami kini menjadi fokus utama dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Musuh alami seperti predator dan parasitoid dapat dimanfaatkan dalam mengatur populasi organisme pengganggu tumbuhan (OPT) di ekosistem pertanian. Pemanfaatan musuh alami memiliki arti penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia sintetis, serta mendukung sistem pertanian yang ramah lingkungan [5]; [6]. Pada 'budidaya tanaman kubis (*Brassica oleracea*), musuh alami yang paling sering dijumpai dan aktif mengendalikan hama utama seperti *Plutella xylostella* dan *Crocidolomia pavonana* terbagi menjadi dua kelompok, yaitu predator dan parasitoid. Predator seperti kumbang kubah (Coccinellidae), kepik predator (*Sycanus* sp.), dan laba-laba Lycosidae menyerang hama secara langsung. Serangga parasitoid menyerang secara spesifik, yaitu dengan meletakkan telurnya pada tubuh inang atau di dalam tubuh inang, seperti *Cotesia vestalis* dan *Diadegma semiclausum*, yang terbukti sangat efektif sebagai parasitoid larva penggerek daun kubis sehingga menyebabkan kematian sebelum hama tersebut mencapai fase dewasa [7].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan parasitoid seperti *Diadegma semiclausum* dan predator mampu menekan populasi hama kubis serta menjaga keseimbangan ekosistem lahan secara efektif [8],[9]. Keberadaan famili Ichneumonidae pada pertanaman kubis seperti *Diadegma semiclausum* dan famili Braconidae sebagai parasitoid merupakam musuh alami hama utama kubis, *Plutella xylostella* di sentra pertanaman kubis Sulawesi Tengah. Tingkat parasitasi alami di lapangan bervariasi tergantung pada intensitas penggunaan pestisida sintetik oleh petani [10].

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan kelimpahan musuh alami pada pertanaman kubis di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu. Hasil penelitian ini diharapkan mampu mendukung penerapan strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang efektif, efisien serta berwawasan lingkungan bagi petani setempat.

## BAHAN DAN METODE

### Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan pertanaman kubis milik petani di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. Lahan penelitian dipilih karena lokasi tersebut merupakan sentra produksi kubis di daerah Maluku sehingga berpotensi memiliki sumber musuh alami. Identifikasi dilakukan di Laboratorium Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pertanaman kubis *Brassica oleracea* var. *capitata* yang dibudidayakan secara konvensional sebagai objek utama pengamatan populasi serangga. Alkohol 70% digunakan sebagai bahan pengawet atau fiksasi spesimen serangga musuh alami yang tertangkap agar tidak membusuk sebelum diidentifikasi.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jaring serangga atau sweep net, perangkap jatuh atau pitfall trap, perangkap kuning atau yellow sticky trap serta perangkap Cahaya atau light trap. Spesimen diambil menggunakan pinset, lalu disimpan dalam botol sampel berisi alkohol 70%. Untuk tahap identifikasi, digunakan mikroskop stereo, cawan petri, dan buku kunci identifikasi.

### Desain dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan teknik survei

lapangan. Penelitian dilakukan mulai dari penangkapan, pengamatan, dan pengoleksian serangga musuh alami secara berkala pada lahan pertanaman kubis yang dikelola secara konvensional. Lahan sampel berukuran 20 m x 20 m, ditetapkan lima petak secara diagonal sebagai subpetak pengamatan. Masing-masing subpetak dilakukan penangkapan sebanyak enam kali dengan interval waktu tiga hari.

Pengambilan sampel serangga menggunakan metode sweep net, dilakukan pada pukul 09.00-11.00 WIT. Penangkapan dilakukan dengan mengayunkan jaring ke arah tanaman secara bolak balik sebanyak 10 ayunan. Adapun pada metode yellow trap, pitfall trap, dan light trap dilakukan pemasangan perangkap di 5 titik pada tiap lahan secara diagonal. Pemasangan yellow trap dan pitfall trap dilakukan selama 24 jam dari pukul 06.00 WIT sampai 06.00 WIT, sedangkan pemasangan light trap dilakukan dari pukul 18.00-06.00 WIT.

Serangga yang tertangkap kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel yang berisi alkohol 70% untuk selanjutnya dilakukan identifikasi di laboratorium. Pengukuran parameter fisik lingkungan yang dilakukan meliputi suhu dan kelembapan menggunakan termohigrometer.

**Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan serangga musuh alami menggunakan metode aktif, pasif, dan observasi langsung. Pengambilan sampel serangga terbang dilakukan menggunakan jaring serangga melalui 10 ayunan berpola bolak balik pada setiap titik sampel acak. Musuh alami di permukaan tanah dikoleksi menggunakan pitfall trap berisi detergen yang dibenamkan rata dengan permukaan tanah selama 24 jam. Likat kuning untuk memerangkap serangga musuh alami yang tertarik dengan warna dan perangkap lampu untuk memerangkap serangga nokturnal. Semua serangga yang diperoleh diawetkan dalam botol vial beralkohol 70%, selanjutnya diberi label secara lengkap. Proses penyortiran, identifikasi taksonomi sampai tingkat famili dilakukan di laboratorium.

**Variabel yang diamati dalam**

**P**enelitian ini meliputi data kuantitatif, yaitu jenis dan jumlah populasi, serta data sekunder suhu, kelembapan, dan teknik budidaya yang diterapkan oleh petani di desa sampel sebagai data pendukung hasil pengamatan.

**Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan menghitung Indeks Kelimpahan: [11]

$$\mathrm{DI} = \frac{ni}{N} x\ 100\%$$

keterangan:
Di = Indeks kelimpahan relatif jenis ke-i
ni = Jumlah individu jenis ke-i
N = Jumlah total individu seluruh jenis.

Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener: [11]

$$\mathrm{H}' = -\sum pi \ln pi$$

Keterangan:
H' = Indeks keragaman jenis ShannonWiener
ni = Jumlah individu jenis ke-i
N = Jumlah total individu seluruh jenis

Indeks Kemerataan (Index of Evenness) [11]

$$e = \frac{H'}{lnS}$$

Keterangan:
e = indeks kemerataan (nilai antara 0 – 1)
H’ = keragaman jenis
ln = logaritma natural
S = jumlah taksa

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Keadaan Umum Lokasi Penelitian**

AGROLOGIA, Vol.15, No. 2, pp. 214-222
e-ISSN 2580-9636
DOI: http://dx.doi.org/10.30598/ajibt.v15i2.28571

Penelitian ini dilaksanakan di pertanaman kubis (*Brassica oleracea*) yang berlokasi di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Desa Waimital Kecamatan Kairatu

Secara geografis, Desa Waimital memiliki luas wilayah seluas 894,26 hektar dengan bentang topografi yang didominasi oleh dataran rendah hingga bergelombang landai dengan ketinggian berkisar antara 10 sampai 50 meter di atas permukaan laut (m dpl). Memiliki iklim topis basah; wilayah ini dipengaruhi oleh gugus kepulauan, dengan suhu udara harian rata-rata berkisar antara 25°C hingga 32°C.

Kelembapan relatif cukup tinggi sepanjang tahun. Kondisi iklim dan ketersediaan air di kawasan dataran aluvial ini membentuk mikroklimat yang stabil dan mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura serta aktivitas arthropoda di dalam ekosistem.

Sebagai salah satu sentra pertanian, Desa Waimital menerapkan pola pertanian intensif yang mengombinasikan budidaya tanaman pangan seperti padi sawah dan sayuran komersial. Pertanaman kubis di Desa Waimital umumnya diusahakan secara kontinu maupun bergilir dengan jenis hortikultura lain seperti cabai, sawi, dan terong, yang didukung oleh pengelolaan lahan dan pemeliharaan rutin. Tingginya intensitas aktivitas pertanian dan keberagaman pola tanam di kawasan ini menciptakan dinamika agroekosistem yang khas, sehingga menyediakan variasi inang serta tempat berlindung yang sangat turut mempengaruhi keanekaragaman, kelimpahan, dan efektivitas kompleks musuh alami seperti predator maupun parasitoid dalam mengendalikan hama utama pertanaman kubis.

**Indeks Kelimpahan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada lahan kubis, ditemukan 4 ordo dan 9 famili musuh alami yang terdiri dari predator dan parasitoid dengan jumlah yang berbeda. Jenis dan jumlah musuh alami yang terperangkap di pertanaman kubis di Desa Waimital dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 terlihat sebanyak 213 individu musuh alami yang dikelompokkan dalam 4 ordo dan 9 famili, yaitu famili Dilichipodidae, Formicidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Carabidae, dan Mantidae yang teridentifikasi sebagai predator, sedangkan parasitoid yang ditemukan sebanyak 3 famili, yaitu Tachinidae, Braconidae, dan famili Trichogrammatidae. Kehadiran musuh alami pada lahan sampel menunjukkan adanya potensi pengendalian hayati alami terhadap hama tanaman kubis, seperti *Plutella xylostella* dan *Crocidolomia pavonana*. Keanekaragaman predator dan parasitoid di dalam agroekosistem berperan penting dalam menjaga kestabilan rantai makanan dan menekan lonjakan populasi hama secara signifikan. [12],[13].

Tabel 1. Populasi Serangga Musuh Alami pada Pertanaman Kubis di Desa Waimital Kecamatan Kairatu.

| Ordo | Famili | Jumlah | Di | Peran |
|---|---|---|---|---|
| Diptera | Tachinidae | 5 | 23,47 | Parasitoid |
| | Dilichipodidae | 1 | 0,47 | Predator |
| Hymenoptera | Formicidae | 147 | 69,01 | Predator |
| | Braconidae | 2 | 0,94 | Parasitoid |
| | Trichogrammatidae | 1 | 0,47 | Parasitoid |
| Coleoptera | Coccinelide | 28 | 13,15 | Predator |
| | Staphylinidae | 6 | 2,82 | Predator |
| | Carabidae | 20 | 9,39 | Predator |
| Orthoptera | Mantidae | 3 | 1,41 | Predator |
| Jumlah | | 213 | | |

Pada Tabel 1 terlihat sebanyak 213 individu musuh alami yang dikelompokkan dalam 4 ordo dan 9 famili, yaitu famili Dilichipodidae, Formicidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Carabidae, dan Mantidae yang teridentifikasi sebagai predator, sedangkan parasitoid yang ditemukan sebanyak 3 famili, yaitu Tachinidae, Braconidae, dan famili Trichogrammatidae. Kehadiran musuh alami pada lahan sampel menunjukkan adanya potensi pengendalian hayati alami terhadap hama tanaman kubis, seperti *Plutella xylostella* dan *Crocidolomia pavonana*. Keanekaragaman predator dan parasitoid di dalam agroekosistem berperan penting dalam menjaga kestabilan rantai makanan dan menekan lonjakan populasi hama secara signifikan [12]; [13] . Dari total 9 famili yang teridentifikasi, ordo Hymenoptera memiliki famili dengan kelimpahan individu tertinggi, yaitu famili Formicidae dengan jumlah 147 individu atau Di = 69,01%. Famili ini merupakan famili yang hidup pada berbagai habitat dan memiliki kemampuan reproduksi tinggi sehingga populasinya ada di mana-mana. Famili Formicidae dikenal sebagai predator yang umumnya aktif menjelajahi kanopi serta permukaan tanah guna memangsa telur dan larva Lepidoptera [14]. Selain Formicidae, Ordo Coleoptera juga ditemukan dalam jumlah melimpah di lokasi penelitian, yaitu Coccinellidae (28 individu), Carabidae (20 individu), dan Staphylinidae (6 individu). famili yang tersebut berperan penting sebagai musuh alami hama tanaman kubis. Kumbang dari famili Coccinellidae dan Carabidae telah diketahui merupakan agens pengendali hayati yang sangat efektif di Indonesia karena memiliki kemampuan pemangsaan yang tinggi terhadap kutu daun *Aphididae* serta larva berbagai serangga hama yang hidup di permukaan tanah [15]. Populasi predator ditemukan dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan parasitoid, hal ini diduga disebabkan karena predator memiliki kemampuan untuk memangsa serangga alternatif jika mangsanya berada dalam populasi rendah sehingga bisa bertahan hidup. Umumnya predator mampu mendominasi lahan pertanian karena kemampuannya dalam memanfaatkan berbagai jenis mangsa alternatif saat populasi hama utama sedang rendah [16],[17],[18],[19].

**Indeks Keanekaragaman Musuh Alami**

Berdasarkan hasil analisis indeks keanekaragaman famili musuh alami yang terperangkap di pertanaman kubis Desa Waimital diperoleh nilai indeks keanekaragaman *H'* = 1,0914, artinya keanekaragaman famili tergolong sedang (Tabel 2).

AGROLOGIA, Vol.15, No. 2, pp. 214-222
e-ISSN 2580-9636
DOI: http://dx.doi.org/10.30598/ajibt.v15i2.28571

Tabel 2. Nilai Indeks Keanekaragaman Serangga Musuh Alami pada Kubis di Desa Waimital Kecamatan Kairatu.

| Ordo | Famili | ni | pi | Ln (pi) | H' |
|---|---|---|---|---|---|
| Diptera | Tachinidae | 5 | 0,0259 | -3,6531 | 0,0946 |
| | Dolichopodidae | 1 | 0,0052 | -5,2627 | 0,0273 |
| Hymenoptera | Formicidae | 147 | 0,7617 | -0,2722 | 0,2073 |
| | Braconidae | 2 | 0,0104 | -4,5696 | 0,0473 |
| | Trichogrammatidae | 1 | 0,0052 | -5,2627 | 0,0273 |
| Coleoptera | Coccinellidae | 28 | 0,1451 | -1,9305 | 0,2801 |
| | Staphylinidae | 6 | 0,0311 | -3,4710 | 0,1079 |
| | Carabidae | 20 | 0,1036 | -2,2670 | 0,2349 |
| Orthoptera | Mantidae | 3 | 0,0155 | -4,1643 | 0,0647 |
| Total | | $N = 213$ | 1,0000 | | 1,0914 |

Berdasarkan data pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H′ ) serangga musuh alami pada pertanaman kubis tergolong dalam kategori sedang (H′ = 1,0914). Hal ini menunjukkan struktur komunitas musuh alami ada pada tingkat ketidakseimbangan populasi akibat dominansi famili tertentu. Ordo Hymenoptera, khususnya famili Formicidae (semut), menjadi kelompok yang paling dominan dengan kelimpahan relatif ($p_i$) mencapai 76,17% ($n_i = 147$). Hal ini sejalan dengan penelitian menurut [18] bahwa keanekaragaman musuh alami pada pertanaman sangat berhubungan dengan stabilitas populasi hama. Kelompok predator lain yang memberikan kontribusi berarti berasal dari ordo Coleoptera, seperti Coccinellidae (14,5%) dan Carabidae (10,36%). Kelompok parasitoid spesifik yang terperangkap adalah dari famili Braconidae yaitu sebesar 1,04%, famili Trichogrammatidae sebesar 0,52%, serta famili Tachinidae ditemukan dalam jumlah yang sangat terbatas yaitu 2,59%. Hal ini diduga disebabkan karena frekuensi penggunaan insektisida sintetik oleh petani dapat mengakibatkan kelompok parasitoid rentan terhadap residu pestisida. Dominansi Formicidae yang tinggi menekan nilai indeks keanekaragaman keseluruhan, mencerminkan kondisi agroekosistem pertanaman kubis yang kurang stabil dan belum mendukung keberagaman parasitoid secara optimal [15], [20]. Populasi parasitoid di lahan kubis lebih sedikit daripada predator karena parasitoid bersifat spesifik yang hanya bisa hidup dari inang tertentu, sedangkan predator bersifat generalis yang mampu mengonsumsi berbagai jenis mangsa. Ketergantungan yang tinggi pada keberadaan inang spesifik ini membuat populasi parasitoid sangat fluktuatif dan sering kali jumlahnya lebih sedikit [15].

## Kemerataan Serangga Musuh Alami Pada Pertanaman Kubis

Berdasarkan hasil analisis Indeks Kemerataan terhadap serangga musuh alami yang terperangkap, diperoleh nilai indeks kemerataannya sebesar 0.4967 yang tergolong tingkat kemerataan sedang (Tabel 3).

Tabel 3. Kemerataan Serangga Musuh Alami pada Pertanaman Kubis Secara konvensional di Desa Waimital Kecamatan Kairatu.

| Parameter | | Nilai Perhitungan | Katagori |
|---|---|---|---|
| Indeks Keanekaragaman | *H'* | 1,0914 | Sedang |
| Indeks kemerataan | *e* | 0,4967 | Sedang |

Nilai $e = 0{,}4967$ artinya bahwa tingkat kemerataan famili serangga di lokasi pengamatan masuk dalam kategori sedang, tetapi posisinya berada tepat di ambang batas bawah kategori rendah ($e < 0{,}4$). Kondisi ini menunjukkan bahwa secara kuantitatif struktur populasi dalam komunitas serangga tersebut tidak seimbang. Ketidakseimbangan struktur komunitas ini diduga disebabkan oleh tingginya dominasi famili Formicidae yang mampu beradaptasi secara agresif pada ekosistem monokultur kubis. Penerapan sistem pertanaman monokultur secara berulang dan intensif membatasi keanekaragaman vegetasi, sehingga dapat mengurangi variasi ketersediaan sumber pakan bagi serangga bukan hama maupun musuh alami. Akibatnya, famili yang berperan sebagai hama utama mengalami penyebaran kelimpahan individu yang tidak merata. Hal ini ditunjang oleh hasil penelitian, yang menyatakan bahwa kurangnya keberagaman habitat dalam sistem monokultur berakibat menurunkan keanekaragaman hayati secara fungsional, yang pada akhirnya mendorong penyebaran tak terkendali dari spesies hama tertentu [21]. Selain itu, aplikasi penyemprotan insektisida sintetik pada pertanaman kubis sering kali dapat membasmi famili predator maupun parasitoid secara tidak berimbang, sehingga memperparah dominansi famili yang telah resisten [21],[22],[23]. Ketiadaan kontrol biologis alami yang optimal ini pada akhirnya mendorong komunitas serangga bergeser menuju struktur populasi yang tidak stabil. Korelasi antara keanekaragaman dan kemerataan musuh alami di lokasi penelitian Desa Waimital merupakan nilai indeks keanekaragaman yang tergolong sedang akibat tingginya kekayaan famili Formicidae, namun kemerataan musuh alami juga tergolong sedang cenderung rendah. Keadaan ini mengakibatkan terbentuknya struktur komunitas yang kurang stabil akibat dominansi kelompok tertentu. Hal ini ditunjang oleh Magurran[24], bahwa ketimpangan distribusi kelimpahan antar taksa pada kekayaan spesies sedang mengindikasikan dominasi ekologis yang dapat mengurangi kapasitas dan stabilitas ekosistem terhadap gangguan eksternal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan 213 individu musuh alami yang terdiri dari 4 ordo dan 9 famili pada pertanaman kubis di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, dengan jumlah predator tertinggi yaitu famili Formicidae (147) individu, terendah adalah famili Dolichopodidae (1) individu. Pada kelompok parasitoid populasi tertinggi adalah famili Tachinidae (5) individu dan terendah adalah famili Trichogrammatidae (1) individu. Nilai indeks keanekaragaman ($H' = 1{,}0914$) tergolong kategori sedang dan indeks kemerataan ($e = 0{,}4967$) tergolong dalam kategori sedang.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] W. S. Raissa and F. Suryandika, "The effect of organic fertilizer dosage and planting distance on the growth and yield of kale (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala*)," *Jurnal Biologi Tropis*, 2025.

[2] D. K. Yang, "Image-induced oxidative stress by preventing mitochondrial

dysfunction in H9c2 cardiomyoblasts," *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2018, Art. no. 2179021, 2018, doi: 10.1155/2018/2179021.

[3] Badan Pusat Statistik, *Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim di Indonesia 2024–2025*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik, 2025.

[4] Mbogho *et al*., "Effects of DBM and Croci on cabbage yield in Tanzania," 2021.

[5] N. M. Endersby and P. M. Ridland, *The Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*, 2001.

[6] M. Ramzan, U. Naeem-ullah, M. Hanif, M. Nadeem, and M. A. Qayyum, "Biology of diamondback moth," 2013.

[7] C. R. Philips, Z. Fu, T. P. Kuhar, A. M. Shelton, and R. J. Cordero, "Natural history, ecology, and management of diamondback moth (*Lepidoptera: Plutellidae*), with emphasis on the United States," *Capinera 2001*, pp. 1–11, 2014.

[8] M. Sarfraz, A. B. Keddie, and L. M. Dosdall, "Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review," *Biocontrol Science and Technology*, vol. 15, no. 7, pp. 3157, 2007, doi: 10.1080/09583150500136956.

[9] N. K. Defitra and Witjaksono, "Tingkat parasitasi dan identifikasi parasitoid larva *Plutella xylostella* pada pertanaman kubis (*Brassica oleracea*) di Kabupaten Magelang," pp. 1–5, 2025.

[10] P. District, "Eksplorasi parasitoid dan tingkat parasitasinya pada larva-pupa *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) di sentra pertanaman kubis (*Brassica oleracea* L.) di Sulawesi," vol. 9, no. 5, pp. 1056–1065, 2021.

[11] C. J. Krebs, *The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, 3rd ed. Harper Collins, 1985.

[12] J. Myers, J. Smith, and J. Elkinton, "Biological control and refuge theory," *Science*, vol. 265, p. 811, 1994, doi: 10.1126/science.265.5173.811.

[13] D. A. Landis, S. D. Wratten, and G. M. Gurr, "Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests," *Annual Review of Entomology*, vol. 45, pp. 175–201, 2000.

[14] M. Way and K. Khoo, "Role of ants in pest management," *Annual Review of Entomology*, vol. 37, pp. 479–503, 2003, doi: 10.1146/annurev.en.37.010192.002403.

[15] P. Brown, "I. Hodek, H. F. van Emden and A. Honěk (eds): Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)," *Journal of Insect Conservation*, vol. 16, pp. 111–112, 2012, doi: 10.1007/s10841-012-9530-z.

[16] W. Cahyana, A. L. Hakim, and D. Hindayana, "Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey," vol. 77, no. 7, pp. 1975–1988, 1996.

[17] W. Symondson, K. Sunderland, and M. Greenstone, "Can generalist predators be effective biocontrol agents?" *Annual Review of Entomology*, vol. 47, pp. 561–594, 2002, doi: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145240.

[18] S. Manuwoto, D. Buchori, P. Hidayat, and L. B. Prasetyo, "Keanekaragaman arthropoda pada struktur lanskap pertanian berbeda di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat," vol. 7, no. 1, pp. 10–20, 2007.

[19] O. M. Smith, E. G. Chapman, M. S. Crossley, D. W. Crowder, Z. Fu, J. D. Harwood, A. S. Jensen, K. L. Krey, C. A. Lynch, G. B. Snyder, and W. E. Snyder, "Alternative prey and predator interference mediate thrips consumption by generalists," *Frontiers in Ecology and Evolution*, vol. 10, pp. 1–9, 2022, doi: 10.3389/fevo.2022.752159.

[20] K. Heong, Z. Lu, H. Chien, M. Escalada, J. Settele, and Z. Zhu, "Ecological engineering for rice insect pest management: The need to communicate widely, improve farmers' ecological literacy and policy reforms to sustain adoption," 2021.

[21] M. A. Altieri, "The ecological role of biodiversity in agroecosystems," *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 74, nos. 1–3, pp. 19–31, 1999, doi: 10.1016/S0167-8809(99)00028-6.

[22] A. Salvo and G. R. Valladares, "Leafminer parasitoids and pest management," vol. 34, pp. 125–142, 2007.

[23] I. S. Handayani and A. Nurmansyah, "Perbedaan pola tanam dan kriteria aplikasi insektisida memengaruhi keanekaragaman arthropoda tanah pada pertanaman kubis (*Brassica oleracea*)," *Jurnal Entomologi Indonesia*, vol. 16, no. 3, pp. 163–170, 2019, doi: 10.5994/jei.16.3.163.

[24] A. Magurran, *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, 2004.